



## اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقات کشاورزی با تاکید بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

- مهدی مرتضوی، عضو هیأت علمی مرکز نوسازی و تحول اداری وزارت جهاد کشاورزی
- عظیم زارعی، دانشجوی دکتری مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس
- حبیب ا... رعنائی، دانشجوی دکتری مدیریت، دانشگاه علامه طباطبائی

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۸۴

Email: mahdymortazavi@yahoo.com

### چکیده

نظام تحقیقات کشاورزی در هدف غایی خویش پاسخگویی به موقع، صحیح و شفاف به مسائل، مشکلات و انتظارات بهره برداران و ذینفعان کشاورزی را دنبال می‌کند. اما در این خصوص به دلیل تنوع و تعدد مسائل، مشکلات و انتظارات و از سویی دیگر به علت وجود محدودیت‌های فرآوانی نظیر محدودیت‌های مالی، زمانی، نیروی انسانی، تجهیزات و غیره قادر به پاسخگویی کامل و همه جانبه نمی باشد. لذا ضرورت بهینه سازی توان پاسخگویی نظام مذکور از طریق اولویت‌بندی طرح‌ها به عنوان یک چالش جدی و اساسی همواره پیش روی مسئولین و مدیران ذیربط قرار دارد. در این مقاله با معرفی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به عنوان یکی از روش‌های مشهور تصمیم‌گیری چند شاخصه چگونگی ترکیب شاخص‌های کمی و کیفی در اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند نشان داده شده است. در این مقاله به منظور پیاده‌سازی روش مزبور پس از بررسی مبانی و روش‌های اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی شاخص‌های نهایی تصمیم‌گیری مشخص و پس از ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم، اولویت طرح‌های پژوهشی موجود در این موسسه تعیین گردیده است. داده‌های مورد نیاز به کمک پرسشنامه مقایسات زوجی و توسط خبرگان و محققان موسسه تهیه و با استفاده از نرم افزار Expert Choice مراحل محاسباتی انجام گرفته است. بر اساس نتایج حاصل شاخص‌های توسعه پایدار، توسعه علمی، امکان‌پذیری انجام تحقیق و توسعه اقتصادی به ترتیب با ضرایب اهمیت ۰/۳۷۴، ۰/۳۰۴، ۰/۱۹۴ و ۰/۱۵۹ اولویت‌های موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند را تشکیل می‌دهند. به علاوه زیر شاخص‌های حفظ ذخائر ژنتیک (۰/۱۴)، حفظ پایه منابع (۰/۱۳۶)، دستیابی به دانش و تکنولوژی (۰/۱۳۱) و دستیابی به محصولات و خدمات جدید (۰/۱۱۳) بیشترین اولویت را کسب کرده‌اند. بر این اساس اولویت طرح‌های تحقیقاتی موسسه به ترتیب بیماری ریزومانیا و کرلی تاپ چغندر قند در ایران (۰/۲۷۶)، تنش‌های محیطی چغندر قند (شوری و خشکی) در ایران (۰/۱۶۹)، بررسی کمی و کیفیت چغندر قند (۰/۱۶۶)، بررسی مقاومت به ریزوکتینا در ارقام و لاین‌های چغندر قند در شرایط درون شیشه و مناطق آلوده (۰/۱۳۷)، بررسی خصوصیات مهم آگرونیومی - فیزیولوژیکی چغندر قند ایران (۰/۱۳۵) و در نهایت بررسی کمی و کیفیت محصول چغندر قند در دو سیستم آبیاری نشستی و میکرو (۰/۱۱۸) عنوان می‌شود.

کلمات کلیدی: اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

Pajouhesh &amp; Sazandegi No 72 pp: 2-14

**Priority setting in agriculture program and projects research by analytic hierarchy process (AHP)**

By: M. Mortazavi, Assistant Professor, Ministry of Jihad Agriculture, A.Zarei, Ph.D Student, Tarbiat Modarres University.

H. Ranaei, Management Ph.D Student, Allameh Tabatabaei University.

Agricultural research system in its goal pursues on-time, real and transparent responsibility to the problems and expectations of the research stakeholders and users. In this area it cannot completely respond to problems and expectations because of many constraints such as time, cost, facilities and so on. Thus managers and authorities always face to the necessity to optimize the responsibility of that system as a challenge. In this paper Analytical hierarchical process (AHP) as a well known multi criteria decision making method that combines qualified and quantified criterions was implemented in the research institute for the modification and provision of sugar beet seed. therefore we examined the priority setting literature and methods in the agricultural research, so identified some decision making criteria. We then draw the decision making tree and extracting the research programs priorities for this institute. Required data was gathered through pairwise comparison questionnaires filled by the experts and researchers. Finally we used Expert Choice software to analysis and determine the priorities. Based on results criteria of stability development, scientific development, research possibility and economic development with respective weight 0.374, 0.304, 0.194, and 0.159 are the most important criteria for the institute. Besides protect genetic resource, protect baseline resource, achieve to knowledge and technology, and reach to new products and services with respective weight 0.14, 0.136, 0.131, and .113 are the most important criteria in this study.

**Keywords:** Agricultural research priority setting, Analytical hierarchical process (AHP)

**مقدمه**

در قرن جدید اقتصاد مبتنی بر علم و فناوری به عنوان پدیده جدیدی در مناسبات جهانی متجلی شده به گونه‌ای که ماهیت و توان یک اقتصاد از طریق دانش محور بودن آن سنجش می‌شود و نقش به یقین تعیین کننده عامل دانش و دانایی در رشد و توسعه اقتصادی مسجل شده است. توسعه همه جانبه، پویا و پایدار عمده‌تأ مبتنی بر توسعه فناوری بوده که خود بر پایه خلاقیت و نوآوری و توسعه علمی صورت می‌گیرد و دستیابی به توسعه علمی نیز از طریق مطالعه و پژوهش میسر است. بر همین اساس کشورهای توسعه یافته توجه خاصی به سرمایه گذاری بر نظام ملی تحقیقات و بالاخص تحقیقات کشاورزی دارند، به طوری که تا اواسط دهه ۱۹۹۰، هزینه‌های سالیانه تحقیق و توسعه کشاورزی در کشورهای مختلف جمعاً حدود ۳۳/۲ میلیارد دلار و سهم کشورهای در حال توسعه از این رقم سالانه ۱۲/۲ میلیارد دلار برآورد گردیده است (۲۴).

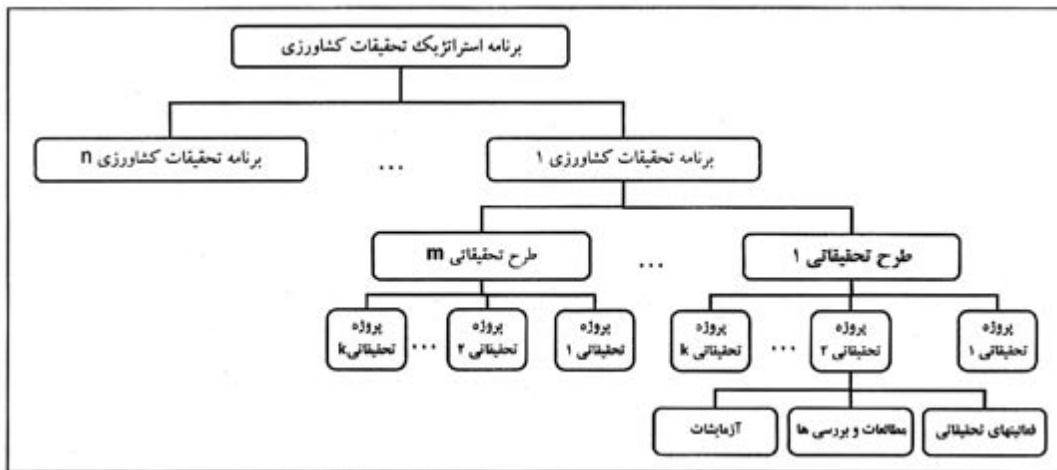
در نظام تحقیقات کشاورزی فعالیت‌ها و اقدامات زمانی مرهون موفقیت خواهد بود که این نظام بتواند به مسائل، مشکلات و انتظارات بهره‌برداران و سایر گروه‌های ذینفع پاسخ دهد. اما در این بین باید توجه داشت که گستردگی، تنوع، تعدد و پیچیدگی مسائل، مشکلات و نیازهای تحقیقاتی بخش کشاورزی از یک سو و محدودیت‌های ناشی از امکانات و تجهیزات، منابع مالی و پولی، نیروی انسانی و محدودیت‌های زمانی، از سوی دیگر امکان پاسخگویی کامل و جامع را عملاً ممکن نمی‌سازد. در یک چاره‌جویی عقلایی و منطقی گزینشی جز تخصیص بهینه منابع و امکانات به اولویت‌های

تحقیقاتی نمی‌باشد. لذا بدیهی است که تعیین اولویت‌های تحقیقاتی در نظام تحقیقات کشاورزی یکی از دغدغه‌ها و چالش‌های اساسی خواهد بود. در این راستا با توجه به توصیه صاحب‌نظران، قبل از اولویت‌بندی باید فعالیت‌های تحقیقاتی در یک ارتباط منطقی و ساختارمند به صورت نمودار ۱ تعیین و تعریف می‌شود.

با توجه به شکل فوق پر واضح است که اولویت‌بندی تحقیقات نیز در سطوح مختلف برنامه تحقیقاتی، طرح و پروژه تحقیقاتی مصداق می‌یابد. از سویی دیگر باید همواره توجه داشت اگر نتیجه حاصل اولویت‌بندی در امر برنامه ریزی و تخصیص منابع مورد توجه قرار نگیرد، اثربخشی و کارایی مورد انتظار حاصل نمی‌گردد. در شکل دو ارتباط بین این سه مقوله مهم نشان داده شده است.

همانگونه که مشاهده می‌شود اولویت‌بندی مقدمه برنامه ریزی است. در واقع نتیجه حاصل از اولویت‌بندی چارچوب و اصول ناظر بر برنامه‌ریزی تحقیقات کشاورزی را مشخص میکند. به همین ترتیب محتوای برنامه‌ریزی تحقیقات به نوبه خود چارچوب و اصول ناظر فرآیندهای بودجه بندی و تخصیص منابع خواهد بود. با توجه به اطلاعات عملکردی مربوط به تخصیص منابع در خصوص تناسب اولویت‌ها و استفاده از منابع، بازخورد لازم به اولویت‌بندی ارائه می‌شود. در حالت تفصیلی و به منظور پیاده سازی اثربخش چرخه فوق باید در خصوص اولویت‌بندی تحقیقات گام‌های نشان داده شده در شکل سه دنبال شود.

در اولین گام می‌بایست یک پایگاه اطلاعاتی جامع، شفاف و روزآمد



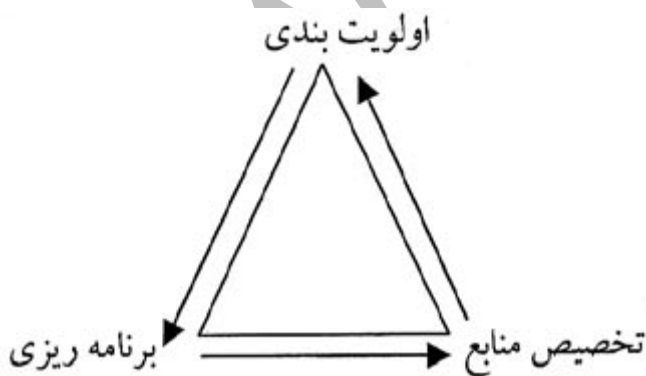
شکل ۱: سلسله مراتب برنامه‌های تحقیقاتی

### مواد و روش‌ها

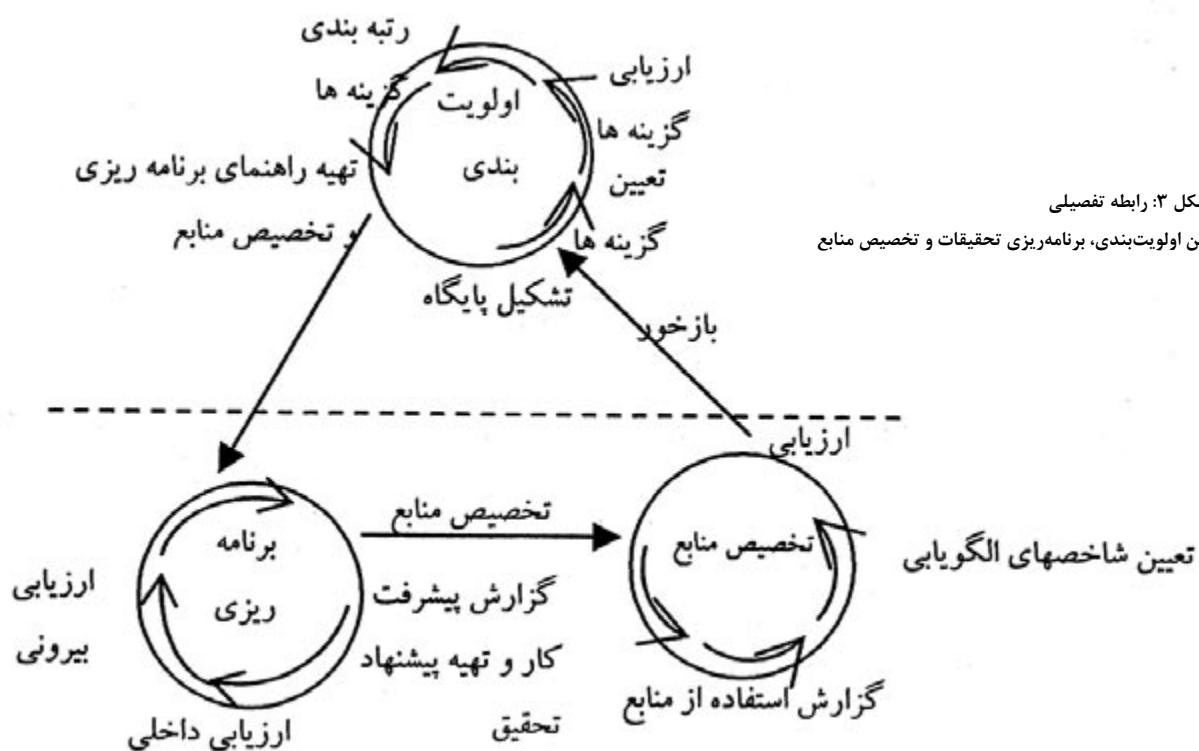
در این مقاله با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یکی از روش‌های مشهور تصمیم‌گیری چند شاخصه چگونگی ترکیب شاخص‌های کمی و کیفی در اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقاتی موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه بذر چغندر قند نشان داده شده است. به منظور پیاده‌سازی روش مزبور پس از بررسی مبانی اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی و استفاده از مطالعه تطبیقی فهرست اولیه شاخص‌ها و زیرشاخص‌های تصمیم‌گیری مشخص و با نظرسنجی خبرگان نهایی‌سازی گردید. به دنبال آن مدل‌سازی مسأله تصمیم با تعیین طرح‌های تحقیقاتی در قالب روش AHP انجام گرفت که به منزله ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم است. داده‌های مورد نیاز به کمک پرسشنامه مقایسات زوجی و توسط خبرگان و محققان موسسه تهیه و با استفاده از نرم افزار Expert Choice مراحل محاسباتی انجام و نتایج اولویت‌بندی تعیین گردید. در ادامه ابتدا مقاله ابتدا مروری بر متداول‌ترین روش‌های اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی گردیده است و

از طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی تهیه گردد به گونه‌ای که در آن طرح‌ها و پروژه‌ها با توجه به نیازها و خواسته‌های بهره برداران و ذینفعان از یک سو و از سویی دیگر مسائل، مشکلات و تنگناهای قابل تحقیق تعیین شوند. از آنجایی که به خاطر وجود محدودیت‌ها امکان انجام همزمان کلیه تحقیقات وجود ندارد، لذا در دومین گام باید با توجه به پایگاه اطلاعاتی فوق فهرستی اولیه از موضوعات بالقوه برای انجام تحقیق تهیه شود که به آنها گزینه‌های اولویت‌بندی اطلاق می‌گردد. در سومین گام در مورد هر یک از گزینه‌های تحقیق باید اثرات و نتایج بالقوه آنها با فرض انجام تحقیق و پیاده‌سازی نتایج حاصله برآورد شود. سپس در چهارمین گام، گزینه‌ها به کمک یکی از روش‌ها مورد اولویت‌بندی قرار می‌گیرند. در گام پنجم می‌بایست بر اساس نتایج اولویت‌بندی رهنمودهای لازم برای لحاظ نمودن اولویت‌ها در برنامه‌ریزی تحقیقات و تخصیص منابع تدوین گردد.

ارزیابی گزینه‌ها و اولویت‌بندی آنها تحت تاثیر عواملی نظیر شاخص‌های تصمیم، نقطه نظرات تصمیم‌گیرندگان کلیدی، و لحاظ نمودن شرایط سازمانی است که این امر دلالت بر یک نوع تصمیم‌گیری پیچیده دارد. این شاخص‌ها از لحاظ ماهیت می‌توانند به صورت کمی، کیفی و یا هر دو مطرح شوند که گواهی بر پیچیدگی تصمیم‌گیری در مورد آنها می‌باشد، به ویژه زمانی که گزینه‌ها بر اساس برخی شاخص‌ها مطلوب و بر اساس برخی دیگر نامطلوب ارزیابی شوند. از سویی دیگر، در این موارد تصمیم‌گیری غالباً به صورت گروهی انجام می‌شود و لذا تلفیق نظرات به گونه‌ای که منجر به یک تصمیم مورد توافق و رضایت تمام اعضای گروه گردد، یکی از چالش‌های اساسی است. این امر از لحاظ کاهش سطح مقاومت و افزایش روحیه همکاری قابل توجه است. چنین فضایی از تصمیم‌گیری با قابلیت‌های فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) مطابقت دارد. در این مقاله نحوه استفاده از روش AHP به عنوان معروف‌ترین روش MADM در یک مطالعه موردی برای اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقاتی موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه بذر چغندر قند تشریح گردیده است.



فشکل ۲: رابطه بین اولویت‌بندی با برنامه‌ریزی و تخصیص منابع



شکل ۳: رابطه تفصیلی بین اولویت بندی، برنامه ریزی تحقیقات و تخصیص منابع

به ارزیابی طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی می‌نمایند. براساس پاسخ‌های به دست آمده و با توجه به قضاوت و دیدگاه شخصی و کارشناسی، اولویت طرح‌ها و پروژه‌ها مشخص می‌گردد. مقبولیت یافته‌ها، نقش پروژه تحقیقاتی در کمک به امنیت غذایی، افزایش صادرات (کاهش واردات)، میزان نیاز به منابع و امکانات، از جمله نمونه‌هایی از معیارهای مورد استفاده در این روش است.

سپس چگونگی پیاده‌سازی روش AHP در خصوص مسأله تصمیم یاد شده و نتایج بدست آمده به همراه شرح مختصری از مبانی و مفاهیم این روش ذکر شده است.

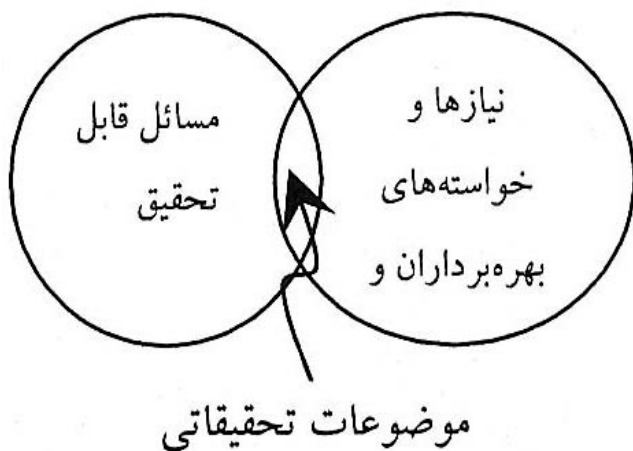
### مروری بر متداول‌ترین روش‌های اولویت بندی تحقیقات کشاورزی

روش سرانگشتی (Rule of Thumb)

روش اولویت بندی روش سرانگشتی در زمره یکی از ساده‌ترین روش‌های اولویت بندی محسوب می‌شود چراکه در این روش به حداقل داده‌ها نیاز است. روش سرانگشتی به دو نوع حق تقدم<sup>۱</sup> و تناسب<sup>۲</sup> تقسیم می‌گردد (۶). در رویکرد حق تقدم بودجه سال قبل مبنای تخصیص بودجه سال جاری قرار می‌گیرد و تغییرات بودجه و سایر منابع به نسبتی برابر برای هر فعالیت تحقیقاتی تقسیم می‌شود. روش تناسب نیز تنها با مد نظر قرار دادن یک معیار یا شاخص، اولویت‌ها را مشخص می‌نماید. به عبارت دیگر در اولویت بندی تحقیقات کشاورزی به کمک این روش نقش و ضرورت کلیه عوامل و شواهد لازم و تاثیرگذار بر کارایی و اثربخشی تحقیقات یکسان در نظر گرفته می‌شود و تنها براساس سهم هر یک از زیربخش‌ها یا محصولات در ارزش افزوده کشاورزی، کل اعتبارات تحقیقاتی تقسیم می‌شود.

روش فهرست بندی (Checklist)

در این روش تصمیم گیرندگان ذیربط ابتدا فهرستی از معیارها و شاخص‌های ارزیابی تعیین نموده و سپس با طرح سؤالاتی مرتبط اقدام



شکل ۴: تعیین موضوعات تحقیقاتی از تعامل بین نیازها و مسائل قابل تحقیق

شکل ۵: ارزیابی روش‌های مختلف اولویت‌بندی

روش	مشارکت	شفافیت	پیچیدگی	داده‌های مورد نیاز
سرانگشتی	کم	کم	کم	کم
فهرست برداری	کم	متوسط	کم	کم
امتیازبندی	زیاد	متوسط	کم	کم
هزینه فایده	کم	متوسط	متوسط	متوسط
مازاد اقتصادی	کم	زیاد	زیاد	زیاد
مزیت نسبی	کم	زیاد	زیاد	زیاد
برنامه ریزی ریاضی	کم	کم	زیاد	زیاد
شبیه سازی	کم	کم	زیاد	زیاد

تحقیقات در قالب تاثیر آن بر منحنی عرضه محصول مربوطه به تصویر کشیده می‌شود و آنگاه تاثیر تغییر منحنی عرضه بر تعادل بازار تعیین و براساس تئوری رفاه اقتصادی کل منافع حاصل از تحقیقات محاسبه می‌شود.

#### روش مزیت نسبی (Domestic resource cost)

اساس این روش در اولویت‌بندی تحقیقات بر مزیت نسبی کشور در خصوص محصول مورد نظر نسبت به بازار جهانی قرار داد. چنانچه مزیت نسبی وجود داشته باشد، می‌توان در مورد محصول مورد نظر سرمایه گذاری تحقیقاتی انجام داد و در غیر اینصورت بهتر است که از تولید محصول مورد نظر در داخل کشور صرف نظر گردد و در نتیجه هیچگونه

شکل ۶: درخت سلسله مراتب تصمیم

روش	مشارکت	شفافیت	پیچیدگی	داده‌های مورد نیاز
سرانگشتی	کم	کم	کم	کم
فهرست برداری	کم	متوسط	کم	کم
امتیازبندی	زیاد	متوسط	کم	کم
هزینه فایده	کم	متوسط	متوسط	متوسط
مازاد اقتصادی	کم	زیاد	زیاد	زیاد
مزیت نسبی	کم	زیاد	زیاد	زیاد
برنامه ریزی ریاضی	کم	کم	زیاد	زیاد
شبیه سازی	کم	کم	زیاد	زیاد

#### امتیازبندی (Scoring)

روش امتیازبندی در حقیقت نسخه پیچیده‌تری از روش فهرست‌بندی بوده و بیشتر از سایر روش‌ها در تعیین اولویت‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش ابتدا شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی تعیین می‌گردد و درخصوص هر یک از شاخص‌ها ضرایب اهمیت نیز مشخص می‌شود. آنگاه طرح یا پروژه تحقیقاتی ذیربط براساس شاخص‌ها و معیارهای مزبور مورد ارزیابی و سنجش قرار می‌گیرد و در نهایت از طریق حاصل ضرب ضرایب اهمیت شاخص در مقادیر ارزیابی، امتیاز موزون هر طرح یا پروژه محاسبه می‌شود. امتیازات موزون مبنای اولویت‌بندی قرار می‌گیرد به گونه‌ای که بیشترین و کمترین امتیاز موزون به ترتیب به منزله بالاترین و پایین‌ترین اولویت خواهد بود.

#### روش هزینه - فایده (Cost-Benefit)

روش هزینه- فایده یکی از روش‌های کمی اولویت‌بندی می‌باشد. در این روش کلیه نتایج و پیامدهای مترتب بر تحقیقات در قالب هزینه و فایده برحسب ارزش پولی بیان می‌شود. لذا به منظور پیاده‌سازی این روش ابتدا می‌بایست هزینه‌ها و فواید گزینه‌ها شناسایی و سپس برحسب ارزش پولی اندازه‌گیری شوند.

#### روش مازاد اقتصادی (Economic surplus)

روش مازاد اقتصادی در حقیقت مدل تغییر شکل یافته‌ای از روش هزینه فایده می‌باشد. این روش نیز در ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های تحقیقاتی مبنای ملاک بر کارایی اقتصادی قرار می‌گیرد. با این تفاوت که در این روش کلیه نتایج و پیامدهای مترتب بر

شکل ۷. طیف ساعتی برای انجام مقایسات زوجی

درجه اهمیت در مقایسات دو به دو	ترجیح یکسان	یکسان تا نسبتاً مرجح	نسبتاً مرجح	نسبتاً قویاً مرجح	قویاً مرجح	قویاً تا بسیار قوی	ترجیح بسیار قوی	بسیار تا بی اندازه قوی	بی اندازه مرجح
مقدار عدی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

شکل ۸: نمونه ای از مقایسه زوجی یکی از محققین بر اساس شاخص امنیت غذایی

طرح‌های تحقیقاتی	۱	۲	۳	۴	۵	۶
بیماری ریزومانیا و کرلی تاپ چغندر قند در ایران (۱)	۱	۲	۱	۴	۳	۳
بررسی خصوصیات مهم آگرونیمی - فیزیولوژیکی ... (۲)	۱/۲	۱	۱/۲	۴	۲	۲
تنش‌های محیطی چغندر قند (شوری و خشکی) ... (۳)	۱	۲	۱	۴	۳	۳
کمیت و کیفیت چغندر قند (۴)	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱	۱/۲	۱/۲
بررسی کمیت و کیفیت محصول چغندر قند ... (۵)	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۲	۱	۱
بررسی مقاومت به ریزوکتینا در ارقام و لاین‌های ... (۶)	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۲	۱	۱

شکل ۹: ماتریس گروهی (تلفیق شده) مقایسات زوجی بر اساس شاخص امنیت غذایی

طرح‌های تحقیقاتی	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱ - بیماری ریزومانیا و کرلی تاپ چغندر قند در ایران (۱)	۱	۳/۶۸۹	۳/۰۱۴	۲/۱۱۷	۵/۰۱	۳/۳
۲ - بررسی خصوصیات مهم آگرونیمی - فیزیولوژیکی ... (۲)	۰/۲۷۱	۱	۰/۵۷۸	۰/۵۱	۱/۲۶	۰/۸۹۳
۳ - تنش‌های محیطی چغندر قند (شوری و خشکی) در ایران (۳)	۰/۳۳۲	۱/۷۳	۱	۱/۲۱۴	۲/۴۵	۰/۷۱۵
۴ - کمیت و کیفیت چغندر قند (۴)	۰/۴۷۲	۱/۹۶	۰/۸۲۴	۱	۲/۲۲	۱/۳۲
۵ - بررسی کمیت و کیفیت محصول چغندر قند در دو ... (۵)	۰/۰۴	۰/۷۹۴	۰/۴۰۸	۰/۴۵	۱	۰/۴۶۴
۶ - بررسی مقاومت به ریزوکتینا در ... (۶)	۰/۳۰۳	۱/۱۲	۱/۳۹۹	۰/۷۵۸	۲/۱۵۵	۱

سرمايه گذاري تحقيقاتي انجام نشود.

### مدل‌های شبیه‌سازی (Simulation)

در این مدل‌ها نیز رابطه بین نهاده‌ها (سرمايه گذاري بر تحقيقات) و ستاده‌های تحقيقاتی به صورت تابعی برآورد می‌شود. در این روش لازم است برای نمایش رابطه اقتصادسنجی بین بهره وری کشاورزی از یک طرف و مخارج تحقيقات (و ترویج) و سایر عوامل از طرف دیگر تابع تولید برآورد گردیده، سپس اثرات آن بر روی بهره وری مخارج مختلف تحقيقاتی مثل معرفی نوآوری تکنولوژیکی شبیه‌سازی می‌شود. در نهایت تغییر نتایج در بهره وری به تغییر منحنی عرضه تبدیل می‌شود تا نتایج اقتصادی آنرا

### روش برنامه ریزی ریاضی

فنون ریاضی تصمیم‌گیری غالباً تحت عناوین تحقیق در عملیات، پژوهش عملیاتی و یا روش‌های کمی تصمیم‌گیری در محافل علمی شناخته می‌شوند. هدف از برنامه ریزی ریاضی، بهینه‌سازی تخصیص منابع محدود و انتخاب ترکیب بهینه تحقيقات است. یکی از ویژگی‌های جالب این روش توانایی آن در تعیین سطوح مختلف بودجه هر فعالیت تحقيقاتی است.

شکل ۱۰: رویه استانداردسازی متغیرهای کمی منفی

مقدار استاندارد	مقدار معکوس	مدت زمان انجام تحقیق (ماه)	طرح‌های تحقیقاتی	امتیاز موزون
۰/۰۰۷۹۵	۰/۰۸۳۳۳	۱۲	بیماری ریزومانیو کرلی تاپ چغندر قند در ایران	۰/۰۰۷۹۵
۰/۰۰۸۷	۰/۰۹۰۹۱	۱۱	رسی خصوصیات مهم آگرونیمی - فیزوبولوژیکی...	۰/۰۰۸۷
۰/۰۰۷۹۵	۰/۰۸۳۳۳	۱۲	تنش‌های محیطی چغندر قند (شوری و خشکی) در ایران	۰/۰۰۷۹۵
۰/۰۰۸۷	۰/۰۹۰۹۱	۱۱	کمیت و کیفیت چغندر قند	۰/۰۰۸۷
۰/۰۱۹۱	۰/۲	۵	بررسی کمیت و کیفیت محصول چغندر قند در دو ...	۰/۰۱۹۱
۰/۰۴۷۷	۰/۵	۲	بررسی مقاومت به ریزوکتینا در ...	۰/۰۴۷۷

شکل ۱۱: شاخص‌های تصادفی برای ابعاد مختلف ماتریس مقایسات زوجی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

آن می‌بایست اثرات هر گزینه تحقیقاتی نسبت به معیارهای متعدد و در مقیاس‌های مختلف بررسی و سنجش شود. نوع و میزان داده‌های مورد نیاز یکی از ملاحظات مهم انتخاب روش مناسب اولویت‌بندی است. به عنوان مثال استفاده از روش‌هایی چون مزیت نسبی نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات وسیعی می‌باشد که عدم وجود آنها محققان را با مشکل مواجه می‌کند. در این گونه موارد استفاده از روش‌های کیفی اولویت‌بندی اهمیت بیشتری می‌یابد. در شکل ۵ هر یک از روش‌های مختلف اولویت‌بندی با توجه به ارکان یاد شده مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

از میان روش‌های فوق، روش امتیازبندی با الزامات برخاسته از پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری‌های تحقیقات کشاورزی تناسب بیشتری دارد. این روش غالباً در سطح وسیعی به همراه دیگر روش‌های ساده مورد استفاده قرار گرفته و شاید بتوان گفت پر استفاده‌ترین روش اولویت‌بندی است. (۱۱). در مباحث اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی اولین بار Shumway و McCracken بودند که از این روش برای اولویت‌بندی برنامه‌های ایستگاه تحقیقات کشاورزی کالیفرنیا شمالی استفاده کردند (۲۸). در سال ۱۹۹۶ Franzel و همکاران نیز از تکنیک امتیازبندی در اولویت‌بندی درختان چندمنظوره استفاده کردند (۱۳). در سال‌های اخیر ترکیبی از روش‌ها شامل دو مطالعه اولویت‌بندی در آمریکای جنوبی بکار گرفته شده است که در آن (۱۳) روش مازاد اقتصادی را با مدل امتیازبندی ترکیب نموده‌اند. مرکز بین‌المللی سیب زمینی (CIP) و CGIAR نیز از برخی روش‌های ترکیبی استفاده کرده است. Collion و Gregory برای تخصیص منابع CIP مدل امتیازبندی را با تجزیه و تحلیل هزینه-فایده ترکیب نموده‌اند (۱۰). McCalla و Ryan (۲۳) نیز ترکیبی از روش تناسب (سرانگشتی) و مدل‌های

نشان دهد (۸).

به‌طور کلی در فرآیند اولویت‌بندی مشارکت، شفافیت، میزان پیچیدگی (وجود رویه‌های استاندارد اندازه‌گیری) و نوع و میزان داده‌های مورد نیاز از جمله ارکان اصلی و تعیین‌کننده محسوب می‌شوند. به لحاظ اینکه در اولویت‌بندی غالباً قضاوت‌های ذهنی مشارکت‌کنندگان اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، لذا حضور مشارکت‌کنندگان آگاه و مطلع حائز اهمیت است. در این خصوص ذینفعان تحقیقات کشاورزی به عنوان بخشی از مشارکت‌کنندگان مطرح هستند. ذینفعان اصلی تحقیقات شامل سیاست‌گذاران در حوزه‌هایی نظیر علوم و فناوری، مدیران تحقیقات، محققان و کاربران نهایی (مثل کشاورزان، مصرف‌کنندگان و بخش خصوصی) قرار دارند. مشارکت ذینفعان ضمن آنکه نقطه قوت و شرط لازم موفقیت اولویت‌بندی محسوب می‌شود، اما با نارسایی‌هایی نیز توأم است. برخی از آنها غالباً در جایگاهی نیستند که اهمیت تحقیقات استراتژیک و پایه‌ای بلند مدت را درک کنند. لذا بین کارآیی و اثربخشی تصمیم‌گیری می‌بایست مصالحه‌ای برقرار شود. بدین معنی که بالابردن میزان مشارکت به افزایش اثربخشی آن منتهی می‌شود، اما رسیدن به اجماع نظر نیز با افزایش تعداد مشارکت‌کنندگان به کاهش کارآیی ختم می‌شود و بالعکس.

از سوی دیگر شفافیت تحقیقات با میزان مشارکت در ارتباط است. بدین مفهوم که فرآیند اولویت‌بندی می‌بایست به اندازه‌ای شفاف باشد که مشارکت فعال تمام گروه‌های ذینفع را تضمین نماید. وجود یک فرآیند شفاف، نقش مهمی در استخراج قضاوت‌های ذهنی داشته و موجب می‌شود اطلاعات دقیق‌تری ارائه شود که به تبع آن اولویت‌های صحیح‌تر بدست می‌آید. سرانجام پیچیدگی (میزان رویه استاندارد) اولویت‌بندی عمدتاً به خاطر ماهیت چندشاخصه بودن تصمیمات تحقیقات دولتی است که در

شکل ۱۲: نتایج اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقاتی

هدف	شاخص‌های تصمیم و ضرایب اهمیت	اهمیت کار	نرخ سازگاری	امتیاز موزون گزینه‌های رقیب از لحاظ شاخص مربوطه						
				۱	۲	۳	۴	۵	۶	
توسعه اقتصادی (۰/۱۹۴)	افزایش امنیت غذایی (۰/۳۸۱)	۰/۰۷۴	۰/۰۱	۰/۳۸۴	۰/۰۹۵	۰/۱۴۹	۰/۱۶۳	۰/۰۶۹	۰/۱۳۹	
	کاهش ضایعات (۰/۲۱۹)	۰/۰۴۲	۰/۰۲	۰/۲۵۹	۰/۱۲۴	۰/۱۲۷	۰/۳۰۱	۰/۰۶۹	۰/۱۲۰	
	بهبود تراز تجاری (۰/۱۲۷)	۰/۰۲۵	۰/۰۳	۰/۴۲۱	۰/۰۶۴	۰/۱۶۹	۰/۱۴۰	۰/۰۸۱	۰/۱۲۶	
	بهبود بهره‌وری منابع تولید (۰/۲۷۲)	۰/۰۵۳	۰/۰۲	۰/۲۵۶	۰/۱۲۵	۰/۱۷۸	۰/۱۹۷	۰/۱۲۴	۰/۱۲۰	
	توسعه علمی (۰/۳۰۴)	دستیابی به دانش و فناوری (۰/۴۳۳)	۰/۱۳۱	۰/۰۱	۰/۳۱۱	۰/۱۶۳	۰/۱۵۸	۰/۱۰۷	۰/۱۰۶	۰/۱۵۵
		دستیابی به منابع، خدمات و محصولات جدید (۰/۳۷۳)	۰/۱۱۳	۰/۰۲	۰/۳۵۸	۰/۰۶۹	۰/۱۷۰	۰/۱۷۱	۰/۰۷۸	۰/۱۲۷
		تعداد بهره‌برداران از نتایج تحقیقات (۰/۱۹۵)	۰/۰۵۹	۰/۰۳	۰/۳۵۷	۰/۰۹۵	۰/۱۷۳	۰/۱۷۲	۰/۰۹۵	۰/۱۰۸
	توسعه پایدار (۰/۳۴۳)	کاهش آلودگی (۰/۱۹۷)	۰/۰۶۸	۰/۰۲	۰/۳۲۲	۰/۱۷۵	۰/۰۹۹	۰/۱۳۵	۰/۱۱۰	۰/۱۵۹
		حفظ منابع پایه (۰/۳۹۵)	۰/۱۳۶	۰/۰۲	۰/۱۳۸	۰/۲۵۵	۰/۱۶۷	۰/۱۲۳	۰/۲۱۷	۰/۱۰۰
		حفظ ذخائر ژنتیک (۰/۴۰۸)	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۳۱۸	۰/۰۶۱	۰/۲۰۷	۰/۱۹۶	۰/۰۶۳	۰/۱۵۵
قابلیت انجام تحقیق (۰/۱۵۹)	هزینه انجام تحقیق (۰/۲)	۰/۰۳۲	۰	۰/۱۰۸	۰/۱۰۳۴	۰/۲۸۴	۰/۲۰۸۲	۰/۱۴۷	۰/۱۴۸	
	مدت زمان انجام تحقیق (۰/۱)	۰/۰۱۶	۰	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶۷	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶۸	۰/۴۷۶	۰/۱۹۱	
	عرصه، آزمایشگاه و تجهیزات مورد نیاز مهندسی (۰/۲۴۹)	۰/۰۴۰	۰/۰۲	۰/۱۱۷	۰/۱۵۴	۰/۲۰۵	۰/۲۹۳	۰/۱۲۲	۰/۱۰۹	
	مشارکت ذینفعان در انجام تحقیق (۱۴۲/۰)	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۰/۳۳۰	۰/۱۱۳	۰/۱۵۴	۰/۱۱۹	۰/۱۰۳	۰/۱۸۱	
	انطباق با جهت‌گیری‌ها و سیاست‌های تحقیقات (۰/۳۰۹)	۰/۰۴۹	۰/۰۱	۰/۳۲۹	۰/۰۸۴	۰/۱۴۵	۰/۱۵۲	۰/۰۸۸	۰/۲۰۲	
میانگین موزون امتیازات				۰/۲۷۶	۰/۱۳۵	۰/۱۶۹	۰/۱۶۶	۰/۱۱۸	۰/۱۳۷	
اولویت نهایی				۱	۵	۲	۳	۶	۴	

ارزایی و اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند

بیشتر متعادل می‌شود. مثلاً پتانسیل کاهش هزینه‌های پیاده‌سازی نتیجه اولویت‌بندی (به خاطر اجماع نظر وسیع‌تر محققان و مدیران) می‌تواند به نوبه خود هزینه‌های بالای اجراء را توجیه کند. انتقاد دوم از ملاحظات چندگانه آن ناشی می‌شود. بدین معنی که هیچ رویه نظام مندی در استفاده از این روش وجود ندارد که از همپوشانی شاخص‌ها، تبدیل اثرات کمی مختلف و عبارات لفظی (کیفی)، و مدنظر قرار دادن اوزان مختلف جلوگیری کند.

امتیازبندی را برای CGIAR به کار برده‌اند. با وجود کاربردهای فراوان مدل‌های امتیاز بندی، استفاده از آنها همراه با نارسائی‌هایی بوده است که از بین آنها می‌توان به هزینه بالا و فقدان چارچوب عمیق تئوریک اشاره داشت (۸). هزینه بالای اجراء آنها به خاطر مقدار زمان قابل ملاحظه‌ای است که از محققان و سایر مشارکت‌کنندگان در اولویت‌بندی صرف می‌کنند. در مقابل با توجه به مباحث فوق این هزینه‌ها با مزایای حاصله از مشارکت



نگرشی جامع تمام ابعاد و ملاحظات مد نظر قرار گیرد به گونه‌ای که ابعاد و ملاحظات اساسی و عملیاتی هر دو دیده شوند. به عبارت دیگر یکی دیگر از مشکلاتی که ممکن است در این مرحله ایجاد شود توجه یک جانبه به بخشی از ابعاد و ملاحظات و نادیده انگاشتن سایر ابعاد و ملاحظات است. بدیهی است که این امر منجر به عدم جامع‌نگری در تعریف معیارها و شاخص‌ها شده و به نوبه خود تاثیر قابل توجهی در نادرست بودن نتایج اولویت‌بندی دارد. به منظور پرهیز از این مشکل باید اولاً در تعریف معیارها و شاخص‌ها کلیه افراد و گروه‌های ذینفع مشارکت و همکاری فعال داشته باشند و در ثانی قبل از نهایی کردن شاخص‌ها و معیارها، آنها را مورد بازبینی قرار داد. جهت شناسایی و تعریف شاخص‌ها و معیارها می‌توان به شیوه‌های مختلف اقدام نمود که عمدتاً آنها عبارتند از انجام مطالعه تطبیقی و برگزاری کارگاه تخصصی با خبرگان و صاحب‌نظران. از آنجائیکه برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی یکی از موضوعات جدی نظام‌های تحقیقات کشاورزی در کلیه کشورها می‌باشد، لذا مطالعه و بررسی تجارب و نتایج به دست آمده در سایر کشورها یکی از راه‌های شناسایی و تعریف معیارها و شاخص‌های ارزیابی تحقیقات کشاورزی محسوب می‌شود که از آن تحت عنوان مطالعه تطبیقی یاد می‌شود. در این خصوص با مطالعه تحقیقات صورت گرفته، شاخص‌ها و معیارهای زیر جهت اولویت‌بندی طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی پیشنهاد شده است:

Braunschweig (۸) برای اولویت‌بندی تحقیقات بیوتکنولوژی شیلی، از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های زیر استفاده کرد:

**هدف ۱:** توزیع بهینه منابع برنامه‌های ملی بیوتکنولوژی

شاخص‌های اقتصادی (خالص مزایای اجتماعی، متنوع سازی تولید، هزینه‌های مستقیم پروژه)

شاخص‌های اجتماعی (توزیع درآمد بین گروه‌های اجتماعی، ریسک‌های سلامتی)

شاخص‌های محیطی (آب، خاک، تنوع زیستی، ایمنی زیستی) شاخص‌های نهادی (ظرفیت سازی نهادی، ظرفیت سازی منابع انسانی)

**هدف ۲:** احتمال موفقیت

شاخص‌های منابع انسانی (صلاحیت علمی، تجربه) شاخص خصوصیات تحقیق (چالش‌های تکنولوژیکی، کیفیت پروپوزال، قوانین و مقررات حقوق مالکیت فکری)

شاخص‌های محیط تحقیق (همکاری بین محققان، موجود بودن زیرساختها، مدیریت پروژه)

**هدف ۳:** احتمال اقتباس موفقیت آمیز تکنولوژی نهایی

شاخص‌های وضعیت استفاده کنندگان نهایی (تعداد، درجه سازماندهی)

شاخص‌های منافع استفاده کنندگان نهایی (منافع بخش خصوصی، تقاضای دقیق و روشن، مشارکت)

شاخص‌های فرآیند توسعه و انتقال تکنولوژی (زمان بلوغ، تعداد مراحل، وجود برنامه تحقیقاتی، سیستم انتقال)

شاخص‌های پذیرش عمومی (نگرش عموم نسبت به محصولات فرآورشی، نگرش عموم نسبت به بقایای شیمیایی)

برای همین امر ساعتی در دهه ۱۹۷۰ روشی را موسوم به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP<sup>۲</sup>) پیشنهاد می‌دهد که فاقد نارسائی‌های روش امتیازبندی بوده و در عین حال تمام مزایای مشارکت، شفافیت و رویه استاندارد را نیز دارا می‌باشد. در حال حاضر از این تکنیک در دامنه وسیعی از تصمیم‌گیری‌های پیچیده مدیریت استفاده گردیده که از آن جمله می‌توان به مواردی چون بودجه بندی دستگاه‌های دولتی (۲)، برنامه ریزی حمل و نقل (۲۷)، برنامه ریزی تخصیص منابع انرژی (۲۶)، برنامه‌ریزی شهری (۷)، اولویت‌بندی پروژه‌های تحقیقات انرژی و محیط زیست (۱۹)، اولویت‌بندی در صنعت برق (۱۸)، طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر (۱۵)، مشخص نمودن سوخت مطلوب در صنعت حمل و نقل (۲۵) و ارزیابی تکنولوژی (۱۰) اشاره کرد. کاربرد متعدد این تکنیک توسط زاهدی در سال ۱۹۸۶ (۳۰)، Golden و همکاران در سال ۱۹۸۹ (۱۴) و Vargas در سال ۱۹۹۰ (۲۹) احصاء گردیده و شماره‌های ویژه مجلات متعددی به AHP اختصاص یافته است. در سال‌های اخیر استفاده از این روش در مباحث مدیریت تحقیقات کشاورزی نیز جای خود را باز کرده است. Alphonse (۴) آن را برای استفاده در تحقیقات کشاورزی پیشنهاد داد، Anderas و Mueller (۵) نیز برای طراحی آزمایشات می‌دانی بلندمدت در موسسه بین‌المللی تحقیقات گیاهان نواحی نیمه خشک استوایی (ICRISAT) از این تکنیک استفاده کردند. برخی دیگر از محققان روش فوق را برای انتخاب ترکیب بهینه تحقیقات بخش خصوصی (۲۰، ۲۱، ۲۲) و انتخاب ترکیب سبد تحقیقات کشاورزی بخش دولتی (۷) به کار برده اند.

### پایه‌سازی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

بر اساس رویکرد AHP، هر موضوع تصمیم‌گیری را می‌توان در یک ساختار سلسله‌مراتبی تبیین نمود که از آن تحت عنوان درخت سلسله مراتب تصمیم یاد می‌شود. در این درخت در سطح یک هدف، سطح آخر گزینه‌های رقیب و سطح یا سطوح میانی شاخص‌های تصمیم‌قرار می‌گیرند. مدل‌سازی تصمیم‌گیری به کمک AHP با تشکیل درخت سلسله مراتب تصمیم آغاز می‌شود (۱). از این رو بررسی و اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند هدف مسأله تحقیق حاضر می‌باشد. از سویی دیگر تعیین شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی مهمترین مرحله ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم محسوب می‌شود که در قسمت بعد این موضوع تشریح شده است.

### تعیین شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی

به طور کلی در هر فرآیند اولویت‌بندی تعیین و تعریف شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی یکی از مراحل اجتناب‌ناپذیر تلقی می‌شود زیرا کارایی و اثربخشی سایر مراحل اولویت‌بندی و صحت و پذیرش نتایج اولویت‌بندی به میزان قابل توجهی تحت تاثیر شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی قرار دارد. از این رو ضمن حفظ جایگاه و اهمیت کلیه مراحل فرآیند اولویت‌بندی، تعریف شاخص‌ها و معیارهای مورد استفاده به عنوان سنگ بنای زیرین و اولیه اولویت‌بندی محسوب می‌شود. شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی در حقیقت ترجمان ابعاد و ملاحظات مترتب بر مسأله اولویت‌بندی می‌باشد. لذا در این خصوص باید با

### مراحل محاسباتی روش AHP مرحله اول: انجام مقایسات زوجی

پس از تشکیل درخت سلسله مراتب تصمیم، عناصر موجود در هر سطح به ترتیب از سطوح پائین به بالا نسبت به کلیه عناصر مرتبط در سطوح بالاتر ارزیابی می‌شوند. از این رو گزینه‌های تصمیم بر اساس آخرین سطح شاخص‌های تصمیم ارزیابی و از سویی دیگر شاخص‌ها نیز بر اساس سلسله مراتب خود با یکدیگر ارزیابی می‌شوند. در روش AHP چنانچه مبنای ارزیابی به صورت کیفی مطرح باشد، ارزیابی به صورت مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. در این حالت ماتریسی مربع متناظر با تعداد عناصر مورد نظر تشکیل می‌شود که هر یک در سطر و ستون قرار می‌گیرند. سپس این گزینه‌ها توسط تصمیم‌گیرنده دو به دو با یکدیگر مقایسه و طبق جدول استاندارد شده ساعتی (شکل هفت) به آنها امتیازدهی عددی صورت می‌پذیرد که در سلولهای ماتریس درج می‌گردند.

در شکل هشت نمونه‌ای از مقایسات زوجی صورت گرفته بین پروژه‌ها و طرح‌های مختلف بر اساس شاخص تامین امنیت غذایی نشان داده می‌شود.

به طور کلی ماتریس داده‌ها،  $A$ ، مثبت و معکوس بوده و عناصر آن با  $a_{ij}$  نشان داده می‌شود. بنابراین، با توجه به خاصیت عکس‌پذیری  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$  تنها به تعداد  $\frac{n(n-1)}{2}$  مقایسه در یک ماتریس  $n \times n$  لازم خواهد بود. از سویی دیگر چنانچه مبنای ارزیابی به صورت کمی باشد، عناصر مورد ارزیابی نسبت به یک مبنا سنجش می‌گردند. از این رو در یک تصمیم‌گیری گروهی نقطه نظر هر تصمیم‌گیرنده در قالب ماتریس‌های یاد شده کسب و در یک ماتریس گروهی، تلفیق می‌گردد (۱۲).

برای تهیه ماتریس‌های گروهی همچنان که ساعتی (۲۷) نشان داده‌اند، بهترین روش استفاده از میانگین هندسی است زیرا در این میانگین خاصیت عکس‌پذیری مقایسات حفظ می‌گردد. مؤلفه‌های متناظر در ماتریس گروهی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$a'_{ij} = \left( \prod_{i=1}^k a_{ij} \right)^{\frac{1}{k}} \quad k=1, 2, \dots, n$$

تعداد تصمیم‌گیرندگان

چنانچه لازم باشد، می‌توان بر اساس تخصص و مسئولیت به نظرات تصمیم‌گیرندگان اولویت،  $w_i$ ، داده شود. چنانچه نتوان  $w_i$  را به طور مطلق تعیین کرد، می‌توان از AHP استفاده نمود. به هر حال، در این شرایط چنانچه  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  باشد، نیازی به ریشه  $\frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i}$  در محاسبه  $a'_{ij}$  نخواهد بود، لذا:

$$a'_{ij} = \left( \prod_{i=1}^k a_{ij} \right)^{\frac{1}{k}}$$

سرانجام باید اشاره کرد که الزاماً نایست تمام اعضای گروه تمام ارزیابی‌ها را انجام دهند. به عبارت دیگر، می‌توان نقطه نظر هر فرد را در حوزه تخصص وی دریافت کرد. ماتریس گروهی مقایسه زوجی بین طرح‌های مختلف بر اساس شاخص تامین امنیت غذایی در شکل نه نشان داده شده است.

در این تحقیق شاخص هزینه تحقیق و مدت زمان انجام تحقیق<sup>۴</sup> به صورت کمی تعیین شده و لذا در خصوص این شاخص‌ها مقایسات زوجی انجام نگرفته است. این شاخص‌ها دارای جنبه منفی می‌باشند؛ بدین

در تحقیق دیگری که موسسه بین المللی ایزنار برای موسسه تحقیقات کشاورزی کنیا انجام داده است بر اساس اهداف ملی توسعه کشاورزی آن کشور (رشد پایدار درآمد، ایجاد اشتغال، کاهش فقر، امنیت غذایی، تراز بین المللی و پس انداز) شاخص‌ها و معیارهای یاد شده به صورت زیر تعیین گردید (۱۷).

- کارایی: تاثیر تحقیقات بر رفاه ملی
- عدالت: توزیع مزایای حاصل از تحقیقات
- عایدات مبادلات خارجی: اثر تحقیقات بر تراز تجاری
- خودکفایی غذایی: سهم تحقیقات نسبت به برآورده شدن تمام نیازهای غذایی در داخل
- پایداری: سهم تحقیقات نسبت به حفاظت از منابع ملی برای نسلهای آینده

همچنین برگزاری کارگاه تخصصی با خبرگان و صاحب‌نظران نیز یکی از روش‌های مورد استفاده در تعیین و تعریف شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی می‌باشد. در این روش براساس دیدگاه و نقطه نظرات خبرگان و صاحب‌نظران می‌توان شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی را تعیین نمود. به منظور حصول اطمینان از جامعیت شاخص‌ها لازم است که نقطه نظرات و دیدگاه‌های مدیران و کارشناسان کلیدی سازمانها و نهادهای تحقیقاتی را نیز اخذ شود. البته همانگونه که ذکر شد این گونه سازمان‌ها و نهادهای تحقیقاتی جزئی از مجموعه ذینفعان تحقیقات می‌باشند و لذا حضور و مشارکت آنان در فرآیند اولویت‌بندی به منزله کسب نقطه نظرات و دیدگاه‌های آنان خواهد بود. در تحقیق حاضر به منظور تعیین شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی ابتدا بر مبنای مطالعه تطبیقی فهرستی اولیه از شاخص‌ها تهیه و با تشکیل جلسه نظر سنجی از خبرگان، مسئولین و کارشناسان کلیدی آن موسسه نهایی سازی شده است. بر این اساس درخت سلسله مراتب تصمیم تصمیم به صورت شکل شش ترسیم گردیده است.

شاخص‌های مورد اشاره در درخت تصمیم عام بوده و به طور کلی برای هر نوع اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی به کار می‌روند. در این تحقیق شاخص‌های مورد نظر بر اساس مورد مطالعه یعنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند متناسب سازی گردیده است. به همین منظور طی نشست با مسئولین و محققان آن موسسه برخی از شاخص‌ها حذف گردیدند. از آنجا که این موسسه از نوع موسسه تحقیقات محصولی است و پروژه‌های تحقیقاتی آن تنها بر روی یک محصول خاص صورت می‌گیرد، شاخص‌های حفظ و توسعه اشتغال، ایجاد ارزش افزوده و فعالیت میان رشته‌های موضوعیت نداشته و از درخت تصمیم حذف می‌گردند، همچنین طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی این موسسه غالباً توسط نیروهای داخلی آن اجراء می‌گردد و به استثناء مواردی خاص در دسترسی به نیروی انسانی متخصص لازم برای پروژه‌های مورد اشاره این تحقیق مشکل خاصی وجود ندارد. لذا شاخص نیروی انسانی متخصص نیز از مجموعه شاخص‌ها حذف گردید. از سویی دیگر به دلیل ماهیت آزمایشی بودن<sup>۴</sup> تحقیقات کشاورزی کار مطالعه و اجرای طرح‌ها همزمان صورت گرفته و پیاده سازی نتایج بدست آمده به مقامات ترویج و اگذار می‌شود، بنابراین از شاخص مدت زمان پیاده سازی نیز می‌توان چشم‌پوشی کرد.

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

بنابراین اگر تمام مولفه‌های ماتریس A از سازگاری کامل برخوردار باشند آنگاه

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$$

با این وجود باید خاطر نشان کرد که در مسایل کاربردی، احتمال خطا همواره در مقایسات وجود دارد. لذا با محاسبه نرخ سازگاری بایستی تعیین گردد که آیا خطا از میزان قابل قبولی برخوردار است یا خیر. در تحلیل شاخص سازگاری، چنانچه این مقدار کمتر از ۰/۱ باشد مقایسات از سازگاری قابل قبول برخوردار است. در غیر این صورت، لازم است در مقایسات تجدید نظر به عمل آید. معمولاً وجود نرخ سازگاری می‌تواند به عنوان یکی از نقاط ضعف AHP در مدل‌های تصمیم‌گیری بزرگ عنوان شود. هر چند که این امر بیشتر در تصمیم‌گیری‌های فردی مطرح است و زمانی که تصمیم‌گیری به صورت گروهی انجام می‌شود به علت وجود میانگین هندسی در تلفیق ماتریس‌ها، نرخ سازگاری به شدت کاهش می‌یابد.

در این راستا ابتدا بردار حاصل جمع موزون<sup>۱۱</sup> به صورت  $WSV=A.W$ ، سپس بردار سازگاری<sup>۱۱</sup> به صورت  $CV = \frac{WSV}{W}$  و سرانجام شاخص سازگاری<sup>۱۲</sup> به صورت  $CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$  محاسبه می‌گردد.  $n$  بیانگر ابعاد ماتریس و  $\lambda$  متوسط بردار سازگاری است. نرخ سازگاری عبارت است از  $CR = \frac{CI}{RI}$ ، که در آن RI شاخص تصادفی است که توسط ساعتی متناسب با ابعاد ماتریس، به صورت شکل بازده تهیه شده است:

نتیجه محاسبات نرخ سازگاری شاخص‌های ماتریس گروهی در ستون سوم شکل نشان داده شده که در کلیه موارد نرخ سازگاری مقایسات تأیید می‌شود. به لحاظ استفاده از AHP گروهی در تلفیق ماتریس‌های انفرادی از میانگین هندسی استفاده می‌شود و بدین لحاظ نرخ سازگاری مقایسات به میزان زیادی کاهش می‌یابد.

برای انتخاب بهترین گزینه یا اولویت‌بندی آنها، همه گزینه‌های رقیب درهای متناظر با شاخص‌های تصمیم‌ضرب که حاصل آن میانگین موزون هر گزینه است. در نهایت، گزینه‌ای با بالاترین میانگین موزون، بهترین گزینه و گزینه‌های دیگر در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. بدیهی است چون طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی از لحاظ ۱۵ شاخص ارزیابی شده‌اند لذا ۱۵ دسته  $W_i$  حاصل گردید که در شکل دوازده نشان داده شده است و بر همین اساس در انتهای شکل اولویت کسب شده هر طرح نیز آورده شده است.

بر اساس این شکل شاخص‌های توسعه پایدار، توسعه علمی، امکان‌پذیری انجام تحقیق و توسعه اقتصادی به ترتیب با امتیاز ۰/۳۷۴، ۰/۳۰۴، ۰/۱۹۴ و ۰/۱۵۹ اولویت‌های موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند را تشکیل می‌دهند. همین‌طور زیر شاخص‌های حفظ ذخائر ژنتیک (۰/۱۴)، حفظ پایه منابع (۰/۱۳۶)، دستیابی به دانش و تکنولوژی (۰/۱۳۱) و دستیابی به محصولات و خدمات جدید (۰/۱۱۳) بیشترین اولویت را به خود اختصاص می‌دهند. بر این اساس اولویت طرح‌های تحقیقاتی موسسه

معنا که مقادیر کمتر آن دارای مطلوبیت بیشتری است. بدین منظور جهت استانداردسازی آنها مقادیر تعیین شده معکوس و به صورت خطی استانداردسازی شده‌اند. این رویه درخصوص شاخص مدت زمان انجام تحقیق به صورت شکل ده محاسبه گردیده است.

مقادیر استاندارد شده از تقسیم مقادیر معکوس بر حاصل جمع آنها (۱/۰۴۸) بدست آمده است. همچنین امتیاز موزون از حاصل ضرب ضریب اهمیت شاخص ذریبط (۰/۱) در مقادیر استاندارد شده محاسبه گردیده است. بدیهی است در روش AHP جهت استانداردسازی شاخصی که کمی بوده و از جنبه مثبت برخوردار باشد (مقادیر بزرگتر دارای مطلوبیت بیشتری است) لزومی به معکوس نمودن نمی‌باشد.

### مرحله دوم: استخراج ضرایب اهمیت ماتریس‌ها

در این مرحله، ابتدا ماتریس مقایسات نرمال سازی می‌شوند. برای این کار روش‌های متعددی همچون بی‌مقیاس کردن با استفاده از نرم اقلیدسی<sup>۹</sup>، بی‌مقیاس کردن فازی<sup>۷</sup> و بی‌مقیاس کردن خطی وجود دارد که در AHP از روش آخر به صورت زیر استفاده می‌شود (۳):

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad j = 1, \dots, m$$

یا

$$r'_{ij} = \frac{a'_{ij}}{\sum_{i=1}^n a'_{ij}}, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

که  $r'_{ij}$  مؤلفه ماتریس نرمال شده است. بدین ترتیب می‌توان به کمک ماتریس نرمال شده ضرایب اهمیت،  $W_j$  را استخراج کرد. برای این کار می‌توان از روش آنتروپی،  $\ln \text{map}$ ، کمترین مجزورات وزین شده، و روش بردار ویژه استفاده کرد (۱۶).  $W_i$  اهمیت عامل  $i$  را در میان سایر عوامل همسطح خود، نسبت به یک عامل سطح بالاتر، نشان می‌دهد.

### مرحله سوم: محاسبه نرخ سازگاری<sup>۷</sup>

فیل از آنالیز داده‌ها بایست نسبت به سازگاری مقایسات اطمینان حاصل شود. زیرا تصمیم‌گیرنده به مقایسه دو به دو عوامل پرداخته و امکان دارد مقایسات او در کل با هم سازگار نباشد. لذا یکی از نقاط قوت روش AHP استفاده از نرخ سازگاری برای بررسی درجه پایایی<sup>۸</sup> ماتریس‌های مقایسات زوجی است. محاسبه نرخ سازگاری در صورتی امکان‌پذیر است که مقایسات بر مبنای طیف ساعتی انجام گرفته باشد. سنجش نرخ سازگاری با استفاده از منطق ریاضی بردارهای ویژه صورت می‌گیرد (۱۶). به زبان ریاضی اگر مقایسات از سازگاری کامل<sup>۹</sup> برخوردار باشد، آنگاه

باشد. از این رو در حالت کلی بسیاری از متغیرها و شرایط تاثیر گذار که حالت کیفی دارند را نمی‌توان در مدل‌سازی اعمال کرد. بنابراین از آنجائی که روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه قادر به در نظر گرفتن شرایط و متغیرهای کمی و کیفی مسأله به طور همزمان می‌باشند، کاربرد و گسترش چشمگیری یافته‌اند. در این راستا مقاله حاضر به معرفی و چگونگی به کارگیری روش AHP به عنوان یکی از مشهورترین روش‌های اولویت‌بندی در مورد طرح‌های تحقیقاتی موسسه تحقیقات چغندر قند پرداخته است. نتایج بدست آمده در شفاف‌تر نمودن تصمیمات گروهی ارزش به سزایی داشته و باعث ایجاد یک هم‌رایی در نظرات گروه تصمیم‌گیرنده گردید که بدین ترتیب از بروز تضاد و تعارض در دیدگاه‌های حاکم جلوگیری کرده و احتمال اجرایی شدن تصمیمات اتخاذ شده افزایش می‌دهد. با وجود این مزایا، باید توجه داشت که اخذ داده‌های مورد نیاز در عمل، زمانبر بوده و تفهیم تصمیم‌گیرندگان در مشارکت موثر با گروه تحلیلگر کار آسانی نیست. به هر حال بدیهی است که می‌توان از روش فوق جهت اولویت‌بندی برنامه‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی نیز استفاده نمود با این تفاوت که باید در تعیین و تعریف شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی تجدید نظر کرد. در این خصوص می‌توان با انجام مطالعه تطبیقی شاخص‌های اولیه را مشخص و سپس با همکاری و مشارکت خبرگان و کارشناسان آنها را نهایی‌سازی نمود.

سرانجام باید توجه داشت این دسته از فنون تصمیم‌گیری نیز همانند هر روش دیگری تنها داده را به اطلاعات تبدیل کرده و در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. این تصمیم‌گیرنده است که می‌بایست بر مبنای اطلاعات بدست آمده و موقعیت و شرایط سازمانی تصمیم‌بهرینه را اتخاذ و از پذیرش مطلق نتایج بپرهیزد. در این خصوص معمولاً تشکیل کارگاه آموزشی با حضور تصمیم‌گیرندگان جهت تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده و اخذ تصمیم نهایی پیشنهاد می‌گردد. همچنین از آنجاکه شرایط و عوامل تاثیرگذار بر اولویت‌بندی تحقیقات کشاورزی تحت تاثیر تحولات و تغییرات روزافزون در حال افزایش و پیچیده‌تر شدن می‌باشد و از سویی دیگر جهت بهبود تصمیم‌گیری‌ها باید در مدل‌سازی آنها کمتر ساده‌سازی صورت گیرد، استفاده از AHP فازی توصیه می‌شود. از سویی دیگر، استفاده از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه از جمله TOPSIS و ELECTRE می‌توان سناریوهای متفاوتی از اولویت‌ها را ایجاد کرد که از مقایسه آنها نتایج قابل توجهی برای تصمیم‌گیرندگان حاصل می‌گردد. در این وضعیت تحلیل معنیداری نتایج می‌تواند به تبیین نقاط قوت و ضعف هر روش و ارائه راهکاری جهت انتخاب مناسبترین روش حسب شرایط کمک کند. این موضوع به عنوان یکی از زمینه‌های تحقیقاتی پیشنهاد می‌گردد.

### پاورقی‌ها

- 1-Precedence
- 2-Congruency
- 3-Analytical hierarchy process
- 4- Experimental
- 5- Euclidean norm
- 6- Fuzzy dimensionless
- 7- Consistency Rate
- 8- Reliability
- 9- Full Consistency

به ترتیب بیماری ریزومانیا و کرلی تاپ چغندر قند در ایران (۰/۲۷۶)، تنش‌های محیطی چغندر قند (شوری و خشکی) در ایران (۰/۱۶۹)، بررسی کمیّت و کیفیت چغندر قند (۰/۱۶۶)، بررسی مقاومت به ریزوکتینا در ارقام و لاین‌های چغندر قند در شرایط درون شیشه و مناطق آلوده (۰/۱۳۷)، بررسی خصوصیات مهم آگرونیمی- فیزیولوژیکی چغندر قند ایران (۰/۱۳۵) و در نهایت بررسی کمیّت و کیفیت محصول چغندر قند در دو سیستم آبیاری نشتی و میکرو (۰/۱۱۸) عنوان می‌شود.

### بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی طیف گسترده و متعدد ذینفعان تحقیقات کشاورزی و در پی آن تنوع خواسته‌ها، انتظارات و توقعات آنان از یک سو و محدودیت‌های قابل توجه نظیر محدودیت‌های مالی و زمان عملاً امکان پوشش کامل و همه جانبه مسائل و مشکلات و خواسته‌ها را در نظام تحقیقات کشاورزی غیر ممکن می‌سازد. لذا در چنین فضایی ضرورت استفاده بهینه از امکانات، منابع و ظرفیت موجود از طریق برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی تحقیقات مطرح می‌شود، به طوری که منابع تحقیقات را در سطح مشخصی از هزینه‌ها حداکثر نموده و یا هزینه‌ها را نسبت به سطح معینی از منابع به حداقل ممکن رساند. اولویت‌بندی تحقیقات در سطوح مختلف فعالیت‌های تحقیقاتی نظیر برنامه‌های تحقیقات، طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی ضرورت دارد. بدین ترتیب که ابتدا با توجه به برنامه استراتژیک تحقیقات لازم است که برنامه‌های تحقیقات مقایسه و اولویت‌بندی شده و آنگاه در ذیل هر برنامه، طرح‌های تحقیقاتی اولویت‌دار تعیین و سرانجام نسبت به هر طرح منتخب پروژه‌های مربوطه نیز اولویت‌بندی شوند.

اما در مقام عمل اولویت‌بندی و تصویب طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی در نظام تحقیقات کشاورزی به دلایل متعدد از جمله نامشخص بودن سیاست‌ها و اولویت‌های پژوهشی، تعدد مراجع و نهادهای ذی مدخل، عدم واقع بینی در تخصیص منابع مالی به طرح‌ها و پروژه‌ها، و حاکمیت رویه‌های بروکراتیک اداری بر فرآیند اولویت‌بندی از کارایی و اثربخشی لازم برخوردار نمی‌باشد. نهادها و مراجع یاد شده هر یک از نقطه نظری به بررسی و ضرورت انجام تحقیق پرداخته که این دیدگاه‌ها با یکدیگر منسجم نبوده بلکه متفاوت و بعضاً متضاد نیز می‌باشند که تبعات منفی خاص خود را به دنبال دارد.

به هر حال یکی از شروط لازم جهت کارآمدسازی فرآیند اولویت‌بندی طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی استفاده از روش‌هایی مناسب اولویت‌بندی است. برای انجام اولویت‌بندی می‌توان از روش‌های متفاوت بهره گرفت که در حال حاضر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در زمینه‌های مختلف به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. دلیل این امر توانایی و قابلیت بالای آنها در مدل‌سازی مسائل واقعی، سادگی و قابل فهم بودن آنها برای کاربران می‌باشد. فنون و روش‌های ریاضی برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری، اگرچه جوابی بهینه را ارائه می‌دهند، اما تحت شرایط و مفروضات خاصی از این توانایی برخوردار هستند. این دسته از فنون نیازمند اطلاعات اولیه دقیق و قطعی می‌باشند که در مسائل واقعی امکان تهیه این اطلاعات یا فراهم نیست و یا با صرف هزینه بالا میسر می‌گردد. از طرف دیگر، در این روش‌ها، در نظر گرفتن تمام ابعاد و جنبه‌های مسأله امکان پذیر نیست، بلکه جنبه‌هایی از مسأله در مدل‌سازی مورد توجه قرار می‌گیرد که حالت کمی داشته، و ارزیابی آنها مقرون به صرفه

- 16- Hwang, C. L et al .1995; Multiple Attribute Decision Making: An Introduction"; London, Sage
- 17- ISNAR .1998; Agricultural Research Priority Setting: Information Investments for Improved Use of Resources ; Edited by Bradford Mills
- 18- Kablan, M.1997; Prioritization of decentralized electricity options available for rural areas in Jordan, Energy Convcrs, Manage, 38 (14) (1997) 1515-1521.
- 19- Kaga7yo, T, et al .1997; Methodology and evaluation of priorities for energy and environmental research projects; Energy 22 (2/3) (1997) 121-129.
- 20- Libei-atore, M.J. 1989; A Decision Approach for R&D Project Selection. In The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies, edited by B.L.
- 21- Lockell, G. B, et al .1986; Modeling a Research Portfolio Using AIPP: A Group Decision Process ;R&D Management 16(2): 151-60-
- 22- Manahan, M.P.1989; Technology Acquisition and Research Prioritization"; International Journal of Technology Management 4(1): 9-19-
- 23- McCalla, A.F- and J.G, Ryan; 1992; Setting Agricultural Research Priorities: Lessons from the CGIAR Study; American Journal of Agricultural Economics 74(5): 1095-100
- 24- Pardcy. P.G., and J, Roseboom .1998; Development of National Agricultural Research Systems in an International Quantitative Perspective In Technology Policy for Sustainable Agriculural Growth", IFPRI Policy Briefs No. 7. Washington. D.C,
- 25- Poh K. L., & B. W. Ang.1999; Transportation fuels and policy for Singapore: An AIPP planning approach". Comput. Ind. Eng. 37; 507-525
- 26- Ramanathan, R, & L. S. Ganesh .1995; Energy resource allocation incorporating qualitative and quantitative criteria: An integrated model using goal programming and AHP"; Socio-Econ. Plann. Sci. 29 (3)(1995) 197-218.
- 27- Saaty, T. L. 1995; Transport Planning with Multiple Criteria: The Analytic Hierarchy Process Applications and Progress Review", Journal of Advanced Transportation, Vol. 29, No. 1, p, 81-126
- 28- Shumway C.R-: R.J. McCracken. 1975; Use of scoring models in evaluating research programs";American J. of Agric.Economics. 57: 714-718.
- 29- Vargas, L.G., 1990; An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications", European J. of Operational Research 48/1, 2-8
- 30- Zahedi, F, .1986; The Analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and its Applications", Interfaces, 16 (4), S, 96-108research projects: state of the art"; Prometheus, 1,June 180-201Publications.
- 10-Weighted Sum Vector
- 11- Consistency vector
- 12- Consistency Rate

### منابع مورد استفاده

- ۱ - آذر عادل، زارعی عظیم، ۱۳۸۱؛ تبیین عوامل مؤثر بر بهره‌وری سازمان با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، دانشور، سال دهم، شماره ۴۲، ص ۱-۱۶
- ۲ - آذر، عادل. ۱۳۷۴؛ طراحی مدل ریاضی برنامه‌ریزی هزینه در سازمانهای دولتی ایران، پایان‌نامه دکتری دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
- ۳ - اصغرپور محمد جواد. ۱۳۷۷؛ تصمیم‌گیری‌های چند معیاری، تهران، انتشارات دانشگاه تهران
- 4- Alphonc, C.B. .1997; Application of the Analytic Hierarchy Process in Agriculture of Developing Countries"; Agricultural System 53(1): 97-112
- 5- Anders, M.M. and R.A.E. Mueller.1995; Managing Communication and Research Task Perceptions in Interdisciplinary Crops Research"; Quarterly
- 6- Anderson, J, & K. Parton. 1983; Techniques for guiding the allocation of resources among rural.
- 7- Bose, R. & G. Anandalingam.1996; Sustainable urban energy-environment management with multiple objectives; Energy 21 (4) (1996) 305-318.
- 8- Braunschweig, T.2000; Priority Setting in Agricultural Biotechnology Research ; ISNAR
- 9- Chedid. R. et al. 1998; Decision support technique for the design of hybrid solar-wind power systems";IEEE Trans- Energy Convers. 13 (1) 76-83.
- 10- Collion, M-H. and P, Gregory .1993; Priority Setting at CIP: An Indicative Framework for Resource Allocation; International Potato Center (CIP) and International Service for National Agricultural Research (ISNAR)
- 11- Contant. R-B. and A, Bottomlcy .1988; Priority Setting in Agricultural Research"; The Hague:International Service for National Agricultural Research Working Paper No. 10.
- 12- Ernest F. & K.. Peniwati. 1998; Aggregating Individual Judgment and Priorities With the Analytic Hierarchy Process"; European Journal of Operation Research, 108. , pp 156 - 169.
- 13- Franzel. Setal; .1996; Choosing the Right Trees - Setting Priorities for Multi-purpose Tree Improvement"; ISNAR Research Report No. 8
- 14- Golden, B. L. & Wang, Q. .1989; An Alternate Measure of Consistency, The Analytic Hierarchy Process - Applications and Studies"; Berlin u.a.O.,S,68-81
- 15- Herkert J. R., & J. Farrell .1996; Winebrake, Technology choice for sustainable development";IEEE Technol. Soc. Mag. 15 (2) 12-20.