ارزیابی و انتخاب تراکتور از بین چهار نوع تراکتور به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محدوده توان ۳۰-۹۰ کیلو وات

صادق سرخیل[۱]؛ حسین نوید[۲]

۱و۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی - دانشگاه تبریز
sarkheil@can.ut.ac.ir

چکیده

در خرید یک تراکتور علاوه بر اینکه توان تراکتور خریداری شده باید متناسب با سطح زیر کشت و میزان توان مورد نیاز برای عملیات های مختلف باشد، باید دارای سطح قابل قبولی از ایمنی، صرفه اقتصادی، خدمات پس از فروش، تجهیزات و امکانات و... متناسب با خواسته های کشاورز یا فرد خریداری کننده باشد. در فرآیند تصمیم گیری با معیار های چندگانه، به علت عدم وجود استاندارد، از سرعت و دقت تصمیم گیری کاسته می شود. در این تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیار های چندگانه است استفاده گردید. برای تعیین میزان اهمیت نسبی معیارها از دیدگاه خریداران و بهره برداران، از پرسشنامه و تحقیقات میدانی استفاده شد. با توجه به نتایج به دست آمده تراکتور ساخت شرکت تراکتور سازی ایران - تبریز با توجه به معیار های مورد نظر و اهمیت نسبی هر یک از معیار ها در نظر خریداران و بهره برداران بهترین گزینه در میان سایر گزینه‌ها است. باید دقت شود که اندازه تراکتور متناسب با میزان سطح زیر کشت و ساعات استفاده از آن باشد تا هزینه ی استفاده از آن و در نتیجه هزینه تولید محصولات کشاورزی کاهش یابد.

واژه های کلیدی: تراکتور، تحلیل سلسله مراتبی، انتخاب و ارزیابی

مقدمه

زمانی که در مساله‌ای با معیار های چند گانه نیاز به تصمیم گیری باشد، به علت عدم وجود استاندارد، فرآیند تصمیم گیری از سرعت و دقت لازم برخوردار نبوده وهمین امر باعث می شود که تصمیم تا حد زیادی به خود تصمیم گیر وابسته باشد. برای حل این مشکل و یا حداقل کردن آثار جانبی آن، روش های تصمیم گیری با معیار های چندگانه طراحی شده اند که هر یک، از قوانین و اصول خاصی پیروی می کرده و دارای مزایا و معایبی هستند.

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[۱]) یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیار های چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم کرده و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مساله را دارد. این فرآیند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت می دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیار ها و زیر معیار ها را فراهم می آورد. علاوه براین، بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده است و قضاوت ومحاسبه ها را تسهیل می کند. همچنین میزان سازگاری و

۱ - Analytic Hierarchy Process

ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک است. همچنین دارای یک مبنای تئوری قوی و بر اساس اصول بدیهی است، بنا نهاده شده است.

- اصول فرآیند نحلیل سلسله مراتبی که توماس ساعتی۱ بنیان گذار این روش را در چهار قسمت بیان نموده است :
- اصل معکوسی۲: اگر ترجیح عنصرA بر عنصر B برابر n باشد ترجیح عنصر B برA برابر ۱/nاست.
- اصل همگنی۳: عنصرA با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصرB نمی تواند بی نهایت یا صفر باشد.
- اصل وابستگی٤: 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 انتظارات۵: هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد پروسه ی ارزیابی باید مجددا انجام گیرد.

روش تحلیل سلسله مراتبی از جمله روش های بسیار مناسب در تحلیل و ارزیابی چند معیاره است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

"ساعتی" (۱۹۸۳) این روش را بر اساس تحلیل فکری انسان برای مسائل پیچیده، ارائه نمود است.در یک مسئله تحلیل سلسله مراتبی در بالاترین سطح، هدف قرار دارد. در سطوح میانی معیار های اصلی و فرعی به ترتیب در سطوح جدا گانه قرار می گیرند.

روش AHP بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه دودوئی یا جفتی و جمع بندی و اولویت بندی گزینه ها استوار است. بر مبنای اصل تجزیه یک مسئله پیچیده با در نظر گرفتن معیار های مورد نظر به منظور حل مسئله به طور متوالی به زیر شاخه هایی تقسیم شده و به این ترتیب ساختار درخت تصمیم گیری شکل می گیرد.

در این روش معیار هایی که دارای اهمیت بیشتری باشند. در ردیف های بالاتر ساختار های شاخه ای قرار می گیرند که خود این معیار ها ی اصلی به معیار های فرعی دیگری تقسیم می شوند. در نهایت این معیار های فرعی به وسیله شاخص هایی که در پایین ترین قسمت ساختار قرار دارند، نسبت به یکدیگر سنجیده می شوند. بر مبنای اصل دوم، معیار ها با استفاده از جدول وزن دهی دو به دو با هم مقایسه می شوند و وزن آن ها مشخص می گردد در مرحله نهایی، اولویت بندی گزینه ها بر مبنای معیار ها و وزن ها آن ها انجام می گیرد.

هنینگ در سال۲۰۰٤، به کمک برنامه ریزی خطی مختلط انتخاب اندازه مناسب تراکتور و ماشین ها و ادوات را مدل سازی نمود. و مقایسه مدل با داده های واقعی نشان داد که بین مدل ایجاد شده و واقعیت تفاوت معنی داری وجود ندارد. همچنین تاکید در توسعه مدل در انتخاب بین مدل های مختلف داشته است. پائولسن و جاکوبسن در

---

۱ - Thomas Saaty
۲ - Reciprocal Condition
۳ - Homogeneity
٤ - Dependency
۵- Expectations

سال ۱۹۹۷در مطالعه ای در دانمارک نشان دادند که هزینه ماشین ها و ادوات در مزارع مختلف بین ۳۰۰۰ تا ۷۰۰۰ واحد پولی است. و سعی درارائه مدلی جهت کاهش این هزینه ها انجام دادند. جاکوبسن(۲۰۰۰)، بر انتخاب مدلی بهینه در انتخاب اندازه ماشین و تراکتور و توسعه آن تاکید کرده است تا هزینه های استفاده از ماشین ها و ادوات کشاورزی در مزرعه کاهش یابد. پژوهشگران با استفاده از برخی از رویکرد های نوین و تکنیک ها و روش ها جدید به بخش هایی از پرسش های مطرح شده، نوین پاسخ داده اند. از جمله می توان به مک کلنتدون و همکاران (۱۹۸۷)، آدسلی و بویس(۱۹۷٤)، پارمر و همکاران (۱۹۹٦) و سرنسن (۲۰۰۳)، که از برنامه ریزی خطی برای مدل سازی و روش های یافتن جواب استفاده نمودند.آنها موفق شدند که استفاده از نهاده‌ها در مزرعه را به حالت بهینه نزدیک کنند به ویژه نهاده مکانیزاسیون، که هزینه‌های یک مزرعه را به میزان قابل توجهی افزایش می‌داد. همچنین نیلسون (۱۹۷۲)،بندر و همکاران (۱۹۸٤)، کلینگ و همکاران (۱۹۸۹) و جانوت و کاریول (۱۹۹٤) پژوهش گسترده-ای بر روی مدل های مختلف برای ارزیابی قابلیت تجهیزات مورد نیاز در یک مزرعه انجام دادند. و تا حدودی نتایج قابل قبولی را کسب کردند. اما تاکنون در زمینه انتخاب بین مدل های مختلف تراکتور متناسب با نیاز های کشاورزان و خریدان پژوهشی انجام نشده است.

کیم و یوون در سال ۱۹۹۲، مدلی را جهت انتخاب و تشخیص کیفیت بر اساس اولویت با استفاده از سیستم های خبره و تلفیق آن با روش تحلیل سلسله مراتبی توسعه دادند. و پس از مقایسه، ضریب تبیین بالای از ۰/۹۵ را گزارش کردند. کورپلا و تومینن در سال ۱۹۹٦ به کمک تحلیل سلسله مراتبی، رویکردی یکپارچه در مورد انتخاب محل انبار ونوع فرآیند، با در نظر گرفتن معیار های کمی و کیفی مورد بررسی قرار دادند. چانگ و چوی در سال ۱۹۹۹ مدلی برای انتخاب بهترین نرم افزار تولید از میان نرم افزارهای ارائه نمودند که در آن از تحلیل سلسله مراتبی کمک گرفتند. وزن ماژول‌ها بر اساس دسترسی به هریک در نرم افزار اختصاص داده شد.

کرمی در سال ۲۰۰۳ با معیار هایی که در نظر گرفت به کمک تحلیل سلسله مراتبی مناسب ترین شیوه‌ی آبیاری را انتخاب کرد. کورتیلا و همکاران نیز در همان سال از تحلیل سلسله مراتبی به همراه تحلیل SWOT[۱] به عنوان ابزاری جهت مدیریت استفاده نمودند و نتایج رضایت بخشی را از آن به دست آوردند.

گانگاس و همکاران (۱۹۹٦)، تحلیل سلسله مراتبی را به همراه روش دلفی زمانی به صورت یکپارچه درسیستم های خبره و تحلیل تصمیم به کار گرفتند. رام و همکاران (۲۰۰٤) به پژوهش در مورد پتانسیل ناحیه مرتعی – جنگلی در جنوب مرکز فلوریدا به کمک تحلیل تلفیقی سلسله مراتبی وSWOT پرداخته است. و توانستند محل های مناسب از این نظر را شناسایی کنند. یورداکول ۲۰۰٤، تحلیل سلسله مراتبی را به عنوان یک راهبرد در تصمیم سازی برای انتخاب ابزار ماشینی معرفی کرد. ساعتی در سال ۲۰۰۷، نشان داد که با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه ای با متغییر های پیچیده و واقعی می توان تصمیم های وابسته به زمان اتخاذ کرد. توشیوکی سییواوشی و همکاران در سال ۲۰۰۹، در ایجاد یک ساختار سیستم تصمیم یار جهت باز بینی داخلی اولویت ها در

۱- Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats

شرکت های کرایه اتومبیل به کمک تلفیقی از تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده ها کوشیدند و موفق به ارائه مدلی برای تعیین اولویت ها شدند.

علیرغم استفاده از این روش در تصمیم گیری با معیار های چندگانه در سایر موارد، هنوز این روش در بخش ماشین های کشاورزی از این تکنیک به خوبی مورد استفاده واقع نشده است.

در خرید یک تراکتور علاوه بر اینکه توان تراکتور خریداری شده باید متناسب با سطح زیر کشت و میزان توان مورد نیاز برای عملیات های مختلف باشد باید از میان تراکتور های دردسترس، تراکتوری را انتخاب کرد که دارای سطح قابل قبولی از ایمنی، صرفه اقتصادی، خدمات پس از فروش، تجیزات و امکانات و... متناسب با خواسته های کشاورز یا فرد خریداری کننده باشد. از این رو در این پژوهش سعی شده با استفاده از روش های نوین در انتخاب های چند معیاره، به بررسی و حل این موضوع پرداخته شود. در میان پژوهش های انجام شده کمتر به این موضوع پرداخته شده است و اغلب به انتخاب تراکتور بر مبنای توان مورد نیاز و بهینه کردن استفاده از آن پرداخته شده است.

مواد و روش ها

تصمیم گیری در انتخاب تراکتور و ماشین های کشاورزی با در نظر گرفتن معیارهای متعدد کاری دشوار است. این معیارهای کمی و کیفی شامل معیار های فنی، اقتصادی، پذیرش های اجتماعی و ... می‌باشد. با توجه به توان مناسب تعیین شده برای تراکتور های مزرعه مورد استفاده در ایران، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و با در نظر گرفتن معیار های ارزیابی، ٤ نوع تراکتور موجود در ایران با یکدیگر مقایسه شده ودر نهایت مناسب ترین تراکتور از بین آنها انتخاب شد.

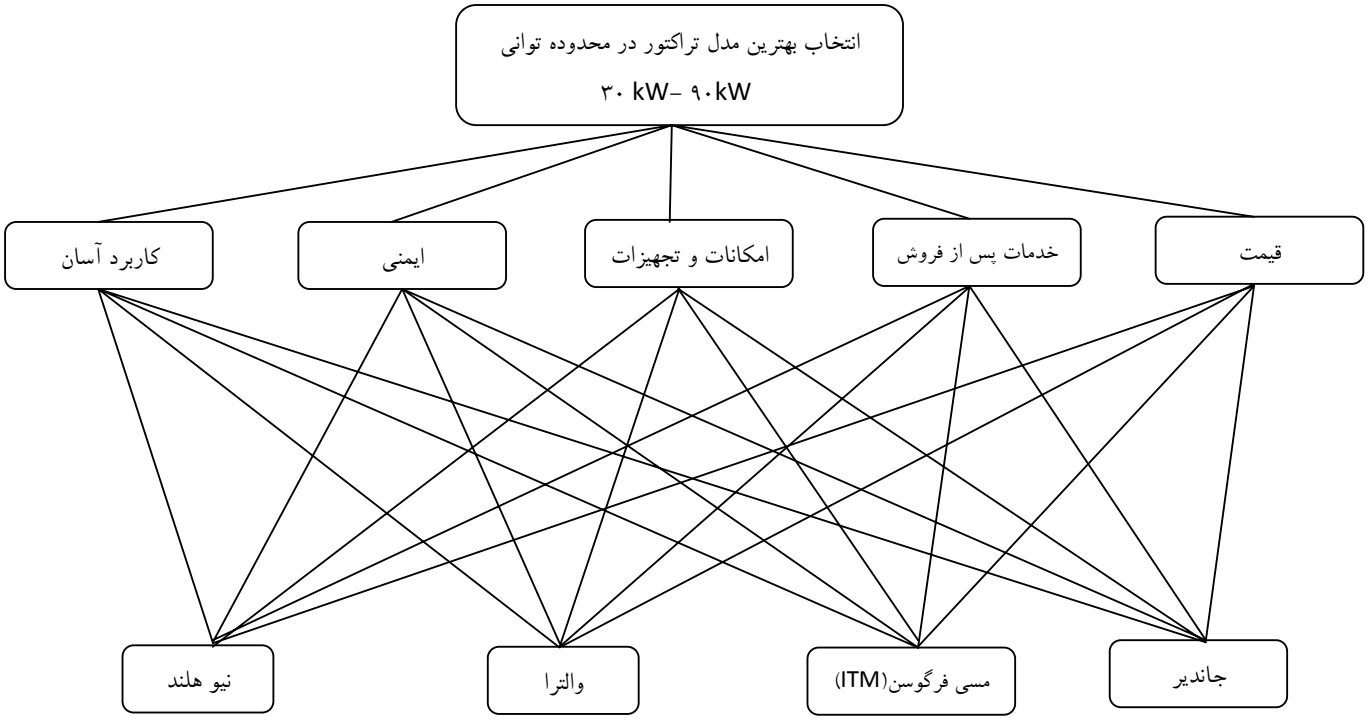
معیارهای اصلی در نظر گرفته شده در این تحقیق بر اساس توصیه های فائو[1] عبارت بودند از :قیمت، خدمات پس از فروش، امکانات و تجهیزات، ایمنی و کاربرد آسان.اولویت بندی و وزن دهی این معیارها با استفاده از پرسشنامه های توزیع شده در بین کشاورزان، تعاونی‌های خدمات مکانیزه، مهندسان و کارشناسان خبره صورت گرفت.

در سطح پایین ترمطابق شکل (۱)، با استفاده از اطلاعات هر یک از تراکتور ها و داده های آزمون و ارزیابی‌ها آنها، تراکتورها دو به دو مقایسه و رتبه بندی گردید. شکل (۱)معیار ها و گزینه‌ها و نحوه ارتباط آنها رادر یک مسئله سلسله مراتبی نشان می‌دهد.

برای هریک از معیارهای در نظر گرفته شده داده های مورد نظر از گزارش های مراکز آزمون و ارزیابی، کاتالوگ ها و دفتر چه های راهنمای تراکتور های در نظر گرفته شده و همچنین در شاخص های خدماتی با استفاده از پرسشنامه از میزان رضایت مندی افراد و مدت زمان ارائه خدمات و نحوه ی ارائه خدمات بدست آمد. و در قالب یک ماتریس به صورت دودویی نسبت به یکدیگر سنجیده شد. در روش سلسله مراتبی برای هر جفت از معیار های

[1] - FAO

دخیل در تصمیم گیری در هر یک از شاخه های درخت تصمیم گیری یک مقایسه انجام می گیرد که در ابتدا به صورت توصیفی و در مرحله بعد به شکل کمی در مقیاس جدول تعیین ارزش از ۱ تا ۹ انجام می شود.



شکل ۱- ساختار درختی مسئله انتخاب مناسب تراکتور در سه سطح

برای مقایسه قیمت‌ها، به دلیل متفاوت بودن توان تولیدی هر یک از تراکتورها، با این فرض که اینکه رابطه بین قیمت و توان خطی می باشد (هنینگ ۲۰۰٤) به ناچار از قیمت هر واحد توان تولیدی استفاده گردید. نتایج مقایسه قیمت ها در جدول (۱) مشاهده می شود.

جدول ۱ – ماتریس مقایسه دو به دو معیار" قیمت تراکتورها" بر حسب قیمت به ازای توان تولیدی در محدوده توان ۳۰ تا ۹۰ کیلو وات

	NH	JD	ITMCO	V
NH	۱	۳	۰/۲	۳
JD	۰/۳٤	۱	۰/۱٤۲	۱
ITMCO	٥	۷	۱	۷
V	۰/۳٤	۱	۰/۱٤۲	۱

مقایسه سایر معیارها نیز در جدول (۲) تا(۵) مشاهده می‌شود.

جدول ۱ – ماتریس مقایسه دو به دو معیار" خدمات پس از فروش تراکتورها"

	NH	JD	ITMCO	V
NH	۱	۵	۰/۱٤۲	٦
JD	۰/۲	۱	۰/۱٤۲	۵
ITMCO	۷	۷	۱	۹
V	۰/۱۷	۰/۲	۰/۱۲	۱

جدول ۲ – ماتریس مقایسه مقایسه دو به دو معیار" تجهیزات و امکانات تراکتورها"

	NH	JD	ITMCO	V
NH	۱	۲	۷	۵
JD	۰/۵	۱	۵	۳
ITMCO	۰/۱٤۲	۰/۲	۱	۰/۳٤
V	۰/۲	۰/ ۱ ۳٤آمده	۳	۱

جدول ۳ – ماتریس مقایسه دو به دو معیار" ایمنی تراکتورها"

	NH	JD	ITMCO	V
NH	۱	۰/۳٤	۵	۳
JD	۳	۱	٦	٤
ITMCO	۰/۲	۰/۱٦۵	۱	۰/۲۵
V	۰/۳٤	۰/۲۵	٤	۱

جدول ٤ – ماتریس مقایسه مقایسه دو به دو معیار"استفاده آسان از تراکتورها"

	NH	JD	ITMCO	V
NH	۱	۰/۳٤	۰/۲	۳
JD	۳	۱	۰/۱٦۵	٤
ITMCO	۵	٦	۱	۷
V	۰/۳٤	۰/۲۵	۰/۱٤۲	۱

پس از مقایسه از دودویی معیار ها در بین چهار نوع تراکتور، معیار ها با یکدیگر مقایسه شدند تا اهمیت نسبی هر یک معیار ها مشخص شود. برای این منظور از تحقیقات میدانی استفاده شد و پرسشنامه ای طراحی و اهمیت معیار ها در بین خریداران و استفاده کنندگان ارزیابی گردید. جدول(٦) مقایسه دوبه دو معیار ها را نشان می دهد.

جدول ٥ – ماتریس مقایسه دو به دو معیارهای انتخاب تراکتور

	قیمت	خدمات	امکانات	ایمنی	استفاده آسان
قیمت	١	٤/٣٤	٥/٦٧	٣/٦٧	٤/٣٤
خدمات	٠/٢٣	١	٤/٧٨	٢/٠٧	٤/٧٨
امکانات	٠/١٧٦	٠/٢٠٩	١	٢	١/٣٨
ایمنی	٠/٢٧٢	٠/٤٨٣	٥	١	٥/٦٧
استفاده آسان	٠/٢٣	٠/٢٠٩	٠/٧٢٥	٠/١٧٦	١

در تحلیل سلسله مراتبی برای محاسبه وزن ها از روش های متعددی استفاده می شود. اگر ماتریس سازگار باشد محاسبه وزن ها ساده بوده و از نرمالیزه کردن عناصر هر ستون از ماتریس به دست می آید. اما در حالتی که ماتریس ناسازگار باشد که غالبا اینطور است از روش های زیر برای محاسبه وزن ها از روشهای حداقل مربعات[١]، حداقل مربعات لگاریتمی[٢]، بردار ویژه[٣] و روش های تقریبی[٤] استفاده می شود. در این تحقیق برای محاسبه‌ی وزن های نسبی و مطلق از روش حداقل مربعات استفاده شد به طوری که اختلافات w_j ,w_i و a_{ij} حداقل گردد. به عبارت دیگر سعی شد که اختلاف w_i/w_j با a_{ij} حداقل شده و سیستم به حالت سازگاری نزدیکتر شود. برای این منظور از برنامه ریزی غیر خطی زیر استفاده شد:

$$\min(z) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} (a_{i,j} w_j - w_i)^2 \quad (١)$$

$$st: \sum_{i=1}^{n} W_i = 1$$

برای حل مسئله فوق، معادله لاگرانژ آن به صورت زیر در نظر گرفته شد:

$$L = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} (a_{i,j} w_j - w_i)^2 + 2\lambda \left(\sum_{i=1}^{n} w_i - 1 \right) \quad (٢)$$

[١] Least Squares Method-
[٢] Logarithmic Least Squares Method-
[٣] Eigenvector Method-
[٤] Approximation Methods-

اگر از معادله فوق مشتق گرفته شود خواهیم داشت:

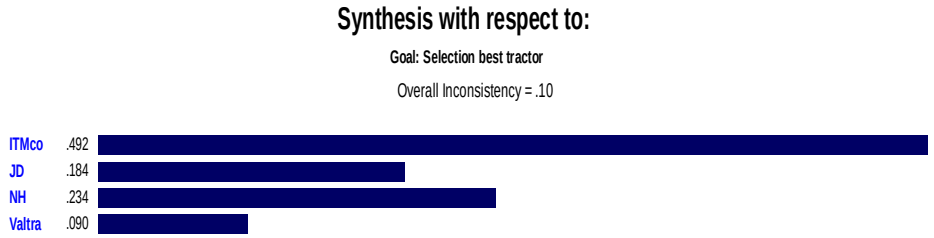
$$\sum_{i=1}^{n}(a_{il}w_l - w_i)a_{il} - \sum_{j=1}^{n}(a_{lj}w_j - w_l) + \lambda = 0 \qquad l = 1,2,...,n \qquad (۳)$$

از روابط فوق به تعداد n+1 معادله و n+1 مجهول به دست می آید که با حل آنها به وزن های مورد انتظار خواهیم رسید. پس از جمع آوری داده ها و قالب بندی آنها در ماتریس های مقایسه ای مطابق روش تحلیل سلسله مراتبی، داده ها در نرم‌افزار "Expert Choice 11" وارد گردید و نتایج به دست آمد

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از تحلیل توسط نرم افزار Expert Choice 11 شامل دو قسمت می‌باشد: بخش مربوط به ارزش های نسبی و مطلق و بخش مرتبط با تحلیل حساسیت انتخاب ها نسبت به ارزش های نسبی معیار ها.

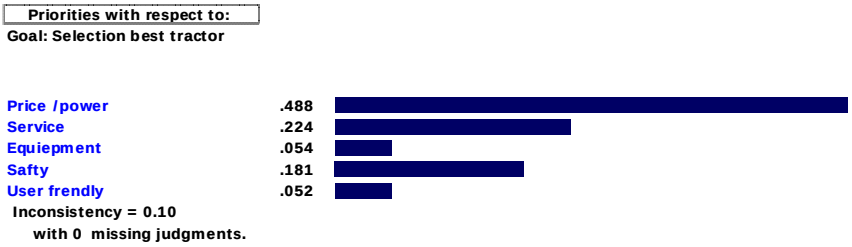
در شکل(۲) ارزش نهایی هر یک از گزینه‌ها همراه با نمایش گرافیکی آن مشاهده می شود. ارزش مطلق با معیار های در نظر گرفته شده برای تراکتور های ساخت کارخانه تراکتور سازی ایران –تبریز ۰/٤۹۲ است. برای جاندیر ، نیوهلند و والترا به ترتیب ۰/۱۸٤، ۰/۲۳٤ و ۰/۰۹ است. همچنین نرخ ناسازگاری[۱] تمامی قضاوت ها ۰/۱ است که در حد قابل قبولی است.



شکل ۲- نمایش گرافیکی و مقادیر ارزش های مطلق گزینه ها

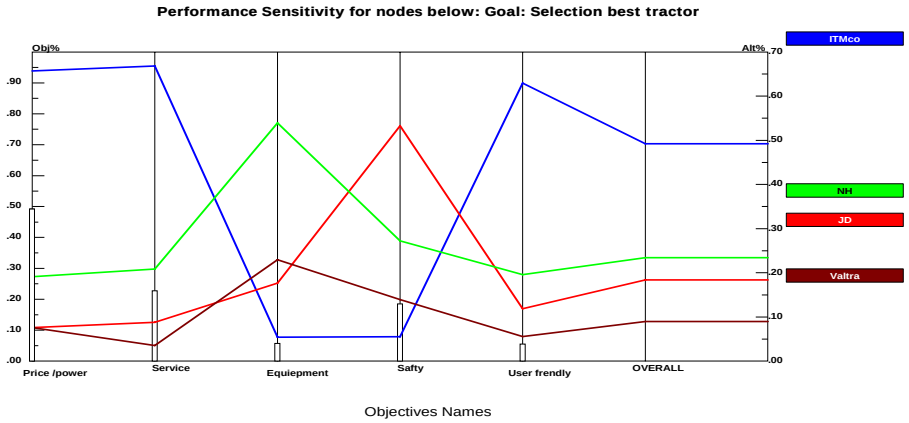
در مقایسه معیار های تصمیم با یکدیگر در پژوهش میدانی مشخص گردید که خریداران و بهره برداران تراکتور، به ترتیب قیمت، خدمات پس از فروش تراکتور، ایمنی وسیله، میزان تجهیزات و امکانات تراکتور و استفاده آسان از تراکتور را با میزان اهمیت نسبی ۰/٤۸۸، ۰/۲۲٤، ۰/۱۸۱، ۰/۰٥٤و ۰/۰٥۲ ترجیح می دهند. همچنین در این مرحله نیز میزان ناساز گاری قضاوت ها ۰/۱ می باشد. نمایش گرافیکی ارزش نسبی معیار ها در مقایسه با یکدیگر در شکل (۳) نشان داده شده است.

[۱]- (I.R.) -Inconsistency Ratio



شکل ۳- مقایسه اهمیت معیار ها به صورت دو به دو (ارزش نسبی معیار های تصمیم)

در شکل (٤) میزان حساسیت تصمیم به تغییر ارزش معیار های تصمیم آمده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش ارزش نسبی معیار قیمت هر واحد توان تولیدی، خدمات پس از فروش و استفاده آسان از تراکتور، تغییری در انتخاب ها صورت نمی‌گیرد. با افزایش میزان اهمیت دو معیار ایمنی و تجهیزات و امکانات به ترتیب تراکتور جاندیر و نیوهلند به عنوان بهترین انتخاب مطرح می شوند. همچنین کمترین میزان تاثیر در انتخاب ها را معیار استفاده آسان از تراکتور و بیشترین تاثیر را معیار قیمت هر واحد توان تراکتور به خود اختصاص داده است.



شکل ٤- میزان حساسیت تصمیم با تغییر میزان قضاوت ها در مورد معیار ها

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تراکتور ITMco مناسب استفاده در ایران می باشد. این تراکتور با توجه به معیار های مورد نظر و اهمیت نسبی هر یک از معیار ها در نظر خریداران و بهره برداران، بهترین گزینه در میان سایر گزینه‌ها است. ولی باید دقت شود که اندازه تراکتور متناسب با میزان سطح زیر کشت و ساعات استفاده از آن انتخاب شود تا هزینه‌ی استفاده از آن و در نتیجه هزینه تولید محصولات کشاورزی کاهش یابد.

همچنین نتایج حاکی از آن است که با توجه به پایین بودن قدرت خرید کشاورزان برای ماشین های کشاورزی در ایران معیار قیمت برای آنها از اهمیت بالاتری برخوردار است. همچنین خدمات پس از فروش نیز برای بهرهبرداران و تراکتورداران حائز اهمیت ویژه‌ای است . این موضوع با توجه به اینکه عملیات کشاورزی وابسته به زمان هستند و باید در زمان محدود ومشخصی به سرانجام برسند قابل توجیه می باشد.

منابع ومآخذ

H.W. Jung, Choi,1999, Optimization models for quality and cost of modular software systems, European Journal of Operational Research 112 (3) (1999) 613–619.

C.S. Kim, Y. Yoon, 1992,Selection of good expert system shell for instructional purposes in business. Information and Management 23 (5) (1992) 249–262.

J. Korpela, M. Tuominen,1996, A decision aid in warehouse site selection, International Journal of Production Economics45 (1–3) (1996) 169–180.

Karami E,2003,Appropriateness of farmers_ adoption of irrigation methods: The application of the AHP model, Agricultural Systems 87 (2006) 101–119.

Kurttila M. and et al. ,2000,Utilizing the analytic hierarchy process _AHP. in SWOT analysis } a hybrid method and its application to a forest-certification case,Foresty Policy and Economics 1- (41)52.

Alho, J.M., Kangas, J., Kolehmainen, O., 1996. Uncertainty in expert predictions of the ecological consequences of forest plans. Applied Statistical, 45 -1,(1)14.

Ram K. and et al,2004, Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central Florida: an application of SWOT–AHP method, Agricultural Systems 81 , 185–199.

Yurdakul M,2004, AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection, Journal of Materials Processing Technology 146 ,365–376.

Saaty Thomas L.,2007, Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables, Mathematical and Computer Modelling 46 (2007) 860–891.

Toshiyuki Sueyoshi, Jennifer Shang, Wen-Chyuan Chiang,2009,A decision support framework for internal audit prioritization in a rental car company: A combined use between DEA and AHP, European Journal of Operational Research 199 (2009) 219–231.

Henning T. Sgaard,2004,A Model for Optimal Selection of Machinery Sizes within the Farm Machinery System, Biosystems Engineering (2004) 89 (1), 13–28.

Audsley E; Boyce D S (1974). Use of weather uncertainty, compaction and timeliness in the selection of optimum machinery for autumn field work: a dynamic program. Journal of Agricultural Engineering Research, 29(2), 141–149.

Brooke A; Kendrick D; Meeraus A (1992). GAMS: A User's Guide, Release 2.25. The Scientific Press, Redwood City, California, USA.

Ekman S (2000). Tillage system selection: a mathematical programming model incorporating weather variability. Journal of Agricultural Engineering Research, 77, 267–276, doi: 10.1006/jaer.2000.0602.

Glen J J (1987). Mathematical models in farm planning: a survey. Operations Research, 35, 641–666.

Kline D E; Bender D A; McCarl B A (1989). FINDS: farm-level intelligent decision support system. Applied Engineering in Agriculture, 5(2), 273–282.

McClendon R W; WetZstein M E; Edwards L H (1987). Risk efficiency of machinery selection for double cropping via simulation. Transactions of the ASAE, 30(5), 1259–1265.

Nilsson B (1972). Optimering av maskinkapacitet ved spanm(alsskord. [Optimisation of machinery capacity for combine harvesting.] Report No. 11.

Tsai Y J; Jones J W; Mishoe J W (1987). Optimizing multiple cropping systems: a systems approach. Transactions of the ASAE, 30(6), 1554–1561

Bender D A; Peart R M; Barret J.R; Doster D H; Baker T G(1984). Optimizing cropping systems using simulation and linear programming. ASAE Paper No. 84–5017