کاربرد تئوری ترکیب اطلاعات در انتخاب بهینهٔ ادوات خاک ورزی

هومن شریف نسب[۱]- رضا علیمردانی[۲]- بهزاد مشیری[۳]

چکیده

با توجه به توسعهٔ روزافزون فناوری در دنیای امروز، می توان نماد پیشرفت علوم را با حضور رایانه در تمام زمینه های صنعتی و کشاورزی مشاهده نمود. کارایی و توانمندی رایانه موجب می شود تا انسان ترقی خواه، خواهان به کارگیری این پدیدهٔ قرن بیستم در تمام عرصه ها باشد. طبعاً صنعت کشاورزی نیز از این قاعده مستثنی نیست. از آنجایی که خاک ورزی در بین مراحل کشاورزی بیشترین انرژی را مصرف می کند، یک اشتباه در انتخاب بهینهٔ ادوات خاک ورزی، نه تنها مقادیر زیادی انرژی را به هدر خواهد داد، بلکه منجر به صدمات جدی به خاک، محصول و سایر عملیات زراعی می شود. انتخاب بهینهٔ ادوات خاک ورزی، تحت تاثیر عوامل و شرایط محیطی و جغرافیایی و امکانات موجود می باشد. نظر به اینکه حضور کارشناسان و مشاورین ورزیده، در نقاط دور افتاده مشکل و پر هزینه است، ضمناً زمان مناسب برای انجام عملیات زراعی بسیار کوتاه و مقطعی می باشد، وجود یک سیستم خبره که بتواند جایگزین یک کارشناس گردد، ضروری به نظر می رسد. با توجه به این نیاز، در این مقاله تلاش شده است تا با استفاده از تئوری ترکیب اطلاعات (عملگر قدرتمند OWA)، ترکیب بهینه ای از تمام عوامل دخیل در تصمیم گیری صورت گیرد و فهرستی رتبه بندی شده از ادواتی که کشاورز می تواند مورد استفاده قرار دهد، به او پیشنهاد گردد. در مقایسهء نتایج حاصل از نرم افزار و پیشنهادهای افراد خبره، ملاحظه می شود پاسخهای نرم افزار به مراتب بهتر و نزدیکتر به منابع و مراجع علمی هستند.

۱- دکترای مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران
۳- دانشیار گروه مهندسی برق وکامپیوتر دانشکده فنی دانشگاه تهران

واژگان کلیدی: ادوات خاک ورزی – تئوری ترکیب اطلاعات – عملگر میانگیر وزنی مرتب- قوانین فازی – برچسبهای فازی

۱- مقدمه

عصر کشاورزی زمانی بود که بشر برای تامین مایحتاج و خوراک خود به ناچار به سوی شناخت زمین، گیاه و محیط روی آورد و تلاش نمود تا از کمترین نهاده ها، بیشترین برداشت را داشته باشد. عصر کشاورزی بسیار مهم و حیاتی بود و هنوز هم بشر از آن فارغ نشده و از همان نهاده ها استفاده می نماید. دانش بشری به سمتی سوق پیدا نمود که دوام منابع را بهبود بخشد و برای به دست آوردن محصول، انرژی کمتری مصرف نماید. در این زمان بشر به اهمیت خاک و دیگر منابع پی برده و همواره تلاش کرده است تا مدت طولانی تری این منابع را در اختیار داشته باشد.

عصر صنعت نه تنها منفک از عصر کشاورزی به حساب نمی آید، بلکه مکمل و در امتداد آن تلقی می شود. مکانیزاسیون کشاورزی نمادی از پیوند کشاورزی و صنعت است. استفاده از منابع قدرت و مولدهای جدیدِ توان، بهره گیری از سیستمهای مکانیکی و پس ازآن سیستمهای الکتریکی برای سهولت انجام امور، توجه به معادن و منابع نهفته در زمین و ... همگی باعث شدند که بشر فقط به فکر امرار معاش خود نباشد، بلکه هرچه بیشتر به قدرتمندی خود در برابر سایرین بیندیشد. پس بیراه نیست که عصر تکنولوژی و صنعت را عصر قدرت بدانیم. امروزه دوران قدرت و سخت افزار سپری شده و آنچه که بشر بدان محتاج است، اطلاعات ونرم افزار می باشد و این اطلاعات و نحوهٔ نگهداری، ذخیره سازی و فرآیند بهره گیری از آنها امروزه خود دامنهٔ بسیار گسترده ای از علوم را به خود اختصاص داده است(تکنولوژی اطلاعات، *IT*[1]) {۳}. خاک ورزی که متشکل از عملیات مختلف مکانیکی بر سطح یا اعماق خاک زراعی می باشد، با هدف آماده سازی بستری مناسب جهت کشت انجام می گیرد. عدم توجه به صحت انجام این عملیات نه تنها مقادیر معتنی بهی انرژی را به هدر خواهد داد، بلکه با به وجود آوردن شرایط نامناسب، بقیهٔ مراحل زراعی را تحت تاثیر نا مطلوب خود قرار می دهد. شایان ذکر است که امروزه ادوات بسیار متنوعی (بیش از ۱۵۰ وسیلهٔ گوناگون) برای عملیات خاک ورزی در دنیا طراحی و ساخته شده است که انتظار می رود با توجه به اهمیت ادغام مراحل زراعی، این تعداد بیشر و پیچیده تر نیز گردد. همچنین امروزه متخصصین معتقدند که خاک ورزی در دو سطح مختلف باید انجام پذیرد: یکی در سطح عمیقِ خاک و با شدت عملیات بیشتر به نام *خاک ورزی اولیه*[2] و دیگر در سطح خاک و با شدت عملیات کمتر به نام *خاک ورزی ثانویه*[3]. {۵}

در این مقاله برای انتخاب بهینهٔ ادوات خاک ورزی اولیه، ابتدا تلاش شده است کلیهٔ ابزارها و گونه های مختلف آن شناسایی و سپس تمام شرایط محیطی که برای انتخاب یک وسیله مؤثرند، دسته بندی گردند. سپس با بهره گیری از مکانیزم ترکیب اطلاعات با استفاده از عملگر میانگیر وزنی مرتب *(OWA)* امتیاز مربوط به ادوات مورد نظر را محاسبه می کنیم، و در نهایت با مرتب کردن ادوات برحسب امتیازات حاصل، بهترین های آنها را که در بالای فهرست قرار می گیرند، برای کاربر معرفی می نماییم.

ویژگی بارز عملگر*OWA* ، انعطاف پذیری بسیار زیاد و ساده بودن کار با آن می باشد. کاربرد عملگر *OWA* را در موضوعات مختلف شامل تصمیم سازی، سیستمهای خبره، کنترل فازی، سیستمهای پایگاه داده، فشرده سازی تصاویر، و بسیاری از زمینه های دیگر می توان یافت. گسترهٔ کاربرد آن در زمینه های متعدد و متنوع، کارآیی و اهمیت عملگر *OWA* را اثبات می نماید. {۸و۹و۱۰و۱۲و۱۵}

---

[1] - Information Technology

[2] - Primary Tillage Tools

[3] -Secondary Tillage Tools

۲- خاک ورزی و ادوات مربوط به آن

همانگونه که در بخش مقدمه نیز ذکر گردید، خاک ورزی با توجه به دو مرحله ای بودن، و دارا بودن تعداد زیادی ادوات، یکی از مشکل ترین مراحل کشاورزی است که بیشترین میزان انرژی را مصرف می کند.

جدول ۱ – ارتباط فازی بین شرایط و ابزارهای خاک ورزی[۴]

گروه	ردیف	شرایط	نوع ابزار	برچسب فازی
ابعاد زمین	۱	زمین بزرگ	ابزارهای کشیدنی ابزارهای نیمه کشیدنی ابزارهای سوار	عالی خوب قابل استفاده
	۲	زمین متوسط	ابزارهای نیمه کشیدنی ابزارهای سوار ابزارهای کشیدنی	عالی خوب قابل استفاده
	۳	زمین کوچک	ابزارهای سوار ابزارهای نیمه سوار ابزارهای کشیدنی	عالی غیرقابل استفاده غیرقابل استفاده
شکل هندسی...	۴	زمین منظم	ابزارهای دوطرفه ابزارهای یکطرفه	عالی خوب
	۵	زمین غیر منظم . . .	ابزارهای یکطرفه ابزارهای دوطرفه . . .	عالی غیرقابل استفاده . . .

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می شود، همواره مناسب بودن ابزارها با واژگان زیر که همان برچسبهای فازی می باشند، به ترتیب اولویت بندی شده است:

عالی – خوب – قابل استفاده – غیر قابل استفاده

اندیشهٔ موجود آن است که نرم افزار سیستم خبره با توجه به شرایط خاص تعریف شده (توسط کاربر)، به جستجو پرداخته و چنانچه ابزار یا ابزارهای مناسب آن شرایط یافت شوند، به ترتیب اولویت استفاده مرتب می شوند وبه صورت یک فهرست رتبه بندی شده به عنوان پاسخ به کاربر ارائه خواهند شد.

جدول ۲- تعریف روش کد گذاری در بانک اطلاعاتی[۴]

مجموعه کد	جزئیات کد	مورد کاربرد
A	۱	ادوات خاک ورزی اولیه
B	۱	گاوآهنهای برگرداندار
	۲	گاوآهنهای بشقابی
	۳	گاوآهنهای چیزل
	۴	زیر شکنها
	۵	خاک ورزهای دوار
C . . .	۱	ابزارهای سوار
	۲	ابزارهای نیمه سوار
	۳	ابزارهای کششی
	. . .	. . .

مزیت این کار آن است که اگر ابزار معرفی شده با اولویت بالاتر به هر دلیل (اعم از دردسترس نبودن یا عدم صرفه اقتصادی یا ...) مهیا نباشد، کاربر قادر به استفاده از سایر ابزارها می باشد. نکتهٔ مهمی که اینجا به نظر می رسد، آن است که برخی مفاهیم، برای بیان شرایط، معنای کاملاً دقیقی ندارند. مثلاً چنانچه حد بزرگی زمین را فرضاً ۵۰

هکتار تلقی کنیم، زمینی با مساحت ۴۹ هکتار زمینی غیر بزرگ تلقی خواهد شد، و این درحالی است که عملاً برای انتخاب ادوات خاک ورزی، تفاوت معنی داری بین ۵۰ یا ۴۹ هکتار وجود ندارد. در صورت متوسل شدن به مفاهیم فازی قادر خواهیم بود با استفاده از برچسبهای فازی نظیر : بزرگ ، متوسط ، کوچک ، ... بسیاری از مشکلات را حل کنیم.

مثال) برای بیان ابزاری نظیر: گاوآهن برگرداندار سوار یکطرفه با صفحه برگردان استوانه ای وخیش کلشی با تیغهٔ ساده مجهز به کفش قابل تنظیم می توان نوشت:

$$\mathcal{A}(1)\text{-}\mathcal{B}(1)\text{-}\mathcal{C}(1)\text{-}\mathcal{D}(1)\text{-}\mathcal{E}(1)\text{-}\mathcal{F}(1)\text{-}\mathcal{G}(1)\text{-}\mathcal{H}(2)\text{-}\mathcal{I}(0)\text{-}\mathcal{J}(0)\text{-}\mathcal{K}(0)\text{-}\mathcal{L}(0)\text{-}\mathcal{M}(0)\text{-}\mathcal{N}(0)\text{-}\mathcal{O}(0)\text{-}\mathcal{P}(0)\text{-}\mathcal{Q}(0)$$

نکتهٔ جالب و قابل توجه در اینجا آن است که چنانچه فرض کنیم تمام احتمالهای موجود برای تهیه ابزارها واقعی باشند، در این صورت تعداد کل ابزارهایی که نرم افزار قادر به تولید نام آنها می باشد بالغ خواهد بود بر:

$$\text{تعدادابزارها}=\mathcal{N}_{\mathcal{A}}*\mathcal{N}_{\mathcal{B}}*\mathcal{N}_{\mathcal{C}}*\mathcal{N}_{\mathcal{D}}*\mathcal{N}_{\mathcal{E}}*\mathcal{N}_{\mathcal{F}}*\mathcal{N}_{\mathcal{G}}*\mathcal{N}_{\mathcal{H}}*\mathcal{N}_{\mathcal{I}}*\mathcal{N}_{\mathcal{J}}*\mathcal{N}_{\mathcal{K}}*\mathcal{N}_{\mathcal{L}}*\mathcal{N}_{\mathcal{M}}*\mathcal{N}_{\mathcal{N}}*\mathcal{N}_{\mathcal{O}}*\mathcal{N}_{\mathcal{P}}*\mathcal{N}_{\mathcal{Q}}$$

که در آن منظور از $\mathcal{N}_{\mathcal{A}}$ تعداد زیر ابزارهای گروه $\mathcal{A}$ می باشد.

$$\mathcal{T}otal= 161740800$$

جدول ۳- بررسی ارتباط بین جنبه های اثرگذار و اثر پذیر(۴)

ردیف	جنبهٔ اثر گذار	جنبهٔ اثر پذیر	مجموعه کدها
۱	ابعاد زمین	نوع اتصال	$\mathcal{C}$
۲	شکل هندسی زمین	سوی ابزار	$\mathcal{D}$
۳	نوع خاک مزرعه	خیش-صفحه برگردان-تیغه-بشقاب	$\mathcal{E}\text{-}\mathcal{F}\text{-}\mathcal{G}\text{-}\mathcal{L}$
۴	وجود کود	نوع گاوآهن	$\mathcal{B}$
۵	سرعت حرکت	خیش	$\mathcal{E}$
۶	میزان رطوبت خاک	نوع گاوآهن	$\mathcal{B}$
۷	شیب زمین	صفحه برگردان	$\mathcal{F}$
۸	وجود سخت لایه	نوع گاوآهن	$\mathcal{B}$
۹	عمق شخم	خیش	$\mathcal{E}$
۱۰	زمان شخم	نوع گاوآهن – تیغه	$\mathcal{B}\text{-}\mathcal{G}$
۱۱	کاربری زمین	نوع گاوآهن-نوع گاوآهن بشقابی	$\mathcal{B}\text{-}\mathcal{K}$

همانگونه که در جدول ۳ ملاحظه می شود، برخی جنبه ها تحت تاثیر چندین عامل هستند (مانندانتخاب نوع گاوآهن یا انتخاب نوع خیش) و تنها توجه به یک عامل نمی تواند پاسخگو باشد. لذا برای دخیل کردن تمام شرایط برای انتخاب یک ابزار، از روشی باید استفاده نمود که تمام عوامل را مدنظر داشته باشد و علاوه برآن اولویتهای مطرح بین اهمیت شرایط بیان گردد، لذا ضریب تاثیر آنها باید در نظر گرفته شود. مثلاً برای انتخاب خیش با توجه به جدول ۳ ملاحظه می شود که عواملی نظیر : نوع خاک، سرعت حرکت وعمق شخم تاثیر گذارند در حالی که ما هنوز نمی دانیم بین تاثیرات آنها چه اولویت و برتری وجود دارد و آیا می توان میزان اثرگذاری آنها را یکسان فرض کرد.

۳- عملگر میانگیر وزنی مرتب ($\mathcal{OWA}$)[۴] و نقش آن در ترکیب اطلاعات

یکی از مسائل مهم در مسائل تصمیم سازی ، ترکیب معیارها و تشکیل تابع تصمیم می باشد{۲}. از یک سو گاهی می خواهیم که همه معیارها برآورده شود و از سوی دیگر در بعضی موارد علاقه مندیم که حداقل یکی از آنها برآورده شود. این دو جهت به استفاده از عملگرهای *and* و *or* برای ترکیب توابع معیار برمی گردند. عملگر $\mathcal{OWA}$ نوعی

[4]-Ordered Weighted Averaging

جمع آوری انجام می دهد که در میان دو حالت ذکر شده قرار می گیرد و به همین دلیل می توان بـه آن عملگـر *orand* گفت. این عملگر را اولین بار یاگر *(Yager)* معرفی کرده است و تا کنون از سوی خود او و محققان بسیار دیگـری کـاربرد ها و نسخه های جدیدی برای آن ارائه شده است. یک اپراتور *OWA* (*Ordered Weighted Averaging*) از بُعـد n یـک نگاشت $F:\Re^n \to \Re$ بایک بردار وابستهٔ n تایی $W=[w_1,w_2,\ldots,w_n]$ با شرط $\begin{cases} w_j \in [0,1] \\ \sum_j w_j = 1 \end{cases}$ می باشـد بـه طوری که :

$$F(a_1,\ldots,a_n)=\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$$

که در آن b_j ، j امین عنصر بزرگ در میان a_i ها می باشد{۱۱}.

نکتهٔ مهم و اساسی در ارتباط با این عملگر این است که یک وزن مانند w_j به یک آرگومان خاص a_j وابسته نبوده، بلکه به یک مکان مرتب شده وابستگی دارد. در واقع همین نحوهٔ مرتب سازی است که به این عملگر خاصیت غیر خطی می بخشد. اگر B یک بردار n تایی باشد که اعضای آنرا b_j ها تشکیل می دهند، می توان عملگر *OWA* را به صورت مقابل توصیف نمود : $F(a_1,\ldots,a_n)=WB$ {۶}

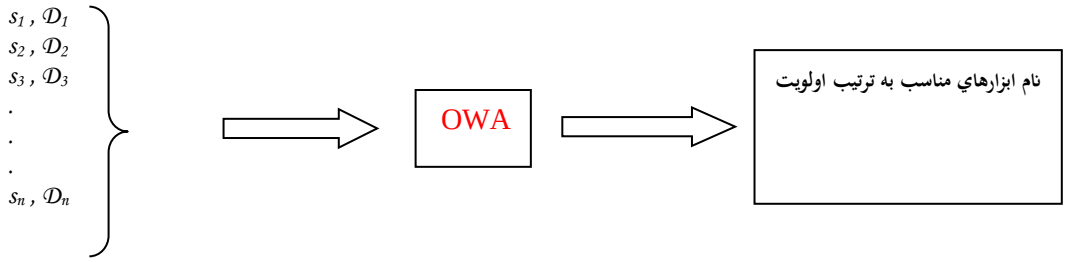
۴- تعیین وزن های عملگر *OWA*

نشان خواهیم داد که چگونه می توان با استفاده از قوانین فازی ، یک تابع یکنـوای افزایشـی (*RIM*[۵]) مناسـب برای محاسبهٔ وزنهای *OWA* پیدا نمود. در این روش از یک تابع *RIM* مانند چندیگر[۶] $\begin{cases} Q_a(r) \\ a \geq 0 \end{cases}$ برای محاسبهٔ وزن ها استفاده شده است . بنابر این خواهیم داشت :

$$w_j = Q\left(\frac{j}{T}\right) - Q\left(\frac{j-1}{T}\right) \quad ; \quad j=1,2,\ldots,T$$

به سادگی دیده می شود که $\sum_{j=1}^{T} w_j = 1$ می باشد. اما نکتهٔ مهم نحوهٔ انتخاب a و انتخاب ضابطهٔ تابع $Q_a(r)$ می باشد. یک راه مناسب برای انتخاب a وضع چند قانون فازی می باشد که محدودهٔ انتخاب وزن ها را تعیین می کنند و با توجه به ضابطهٔ تابع مقدار مناسب a به دست می آید.{۱۳}

با توجه به پرسشهایی که از کاربر می شود و مدل کردن پاسخهای او در مورد هر سؤال،بدیهی اسـت وزنـی بـه دست می آید که با وزن سؤال دیگر متفاوت است. شکل زیر به صورت تصویری ایدهٔ فوق را تبیین می نماید:



شکل ۲ – کاربرد *OWA* روی داده های کاربر

در تصویر بالا s امتیازِ داده و $\mathcal{D}$ دادهٔ مربوط به آن می باشد.

بدیهی است که:

$D \in$ { ابعاد زمين، شكل هندسي،نوع خاك،وجودكود،سرعت پيشروي،ميزان رطوبت،شيب زمين،عمق شخم،..... }

---

[5]-**R**egular **I**ncreasing **M**onotone

[6]-Quantifier

$$0 \le s_i \le 1 \text{ و } \sum_{i=0}^{n} s_i = 1$$

ابزار بهینهٔ حاصل، ابزاری خواهد بود با فرمولاسیون زیر:

$$(s_a A_{ia})(s_b B_{ib})(s_c C_{ic})(s_d D_{id})(s_e E_{ie})(s_f F_{if})(s_g G_{ig})(s_h H_{ih})(s_i I_{ii})(s_j J_{ij})(s_k K_{ik})\ldots$$

که در آن داریم:

$$1 \le ia \le N_A$$
$$1 \le ib \le N_B$$
$$1 \le ic \le N_C$$
$$.$$
$$.$$
$$.$$
$$1 \le iq \le N_Q$$

امتیازهای s با توجه به اطلاعات موجود در بانک وتوجه به شرایط ارائه شده توسط کاربر تعیین می گردند و داریم:

$s \in$ { عالي ، خوب، قابل استفاده، غير قابل استفاده

که برای نزدیک شدن ذهن به برچسبهای فازی فوق، مقادیر زیر را

$$s(\text{عالی}) = 1$$
$$s(\text{خوب}) = 0.66$$
$$s(\text{قابل استفاده}) = 0.33$$
$$s(\text{غیرقابل استفاده}) = 0$$

اما برای دستیابی به وزن هر امتیاز در فرمولاسیون OWA لازم است یک چندیگر مناسب انتخاب گردد که طبق نظر یاگر چندیگر زیر هم از نظر محاسبه چندان پیچیده نخواهد بود و هم به اندازهٔ کافی جوابهای نزدیک به واقعیت ایجاد خواهد کرد. لذا چندیگر مورد نظر را مطابق فرمولاسیون زیر در نظر می گیریم:{۷}

$$\begin{cases} Q(r) = r^a \\ a \ge 0 \end{cases}$$

اکنون برای محاسبهٔ وزنها (w) خواهیم داشت:

$$w_j = Q(\frac{j}{T}) - Q(\frac{j-1}{T})$$

که در آن T تعداد کل وزنها خواهد بود (تعداد کل حداکثر اجزای موجود در یک ابزار که در شرایط کنونی فعلاً از A تا Q یعنی ۱۷ می باشد). ضمناً رابطه فوق شرط $\sum_{i=1}^{T} w_j = 1$ را تامین می کند.

یادآورمی شود w_1 وزن بزرگترین امتیاز، w_2 وزن امتیاز بعدی و ... و w_{17} وزن کوچکترین امتیاز ابزار در شرایط مورد نظر کاربر می باشد.

برای محاسبهٔ بهترین ابزار و مناسبترین پاسخها، نیاز است که ابتدا a را به صورت بهینه محاسبه نماییم.

البته همانگونه که در بخش پیشنهادات بحث خواهد شد، شایسته است برای تعیین اهمیت یک ویژگی نسبت به سایر ویژگیها، آزمایشتهایی طراحی و انجام گیرند. مثلاً طراحی آزمایشی که نشان دهد برای انتخاب یک ابزار خاک ورزی آیا شیب زمین مهمتر است یا میزان رطوبت آن و میزان اهمیت آن را نیز تعیین نماید. واضح است که به تعداد $\frac{n^2-n}{2} = \frac{17^2-17}{2} = 136$ آزمایش (در شرایط فعلی) نیاز است {۲} (n تعداد شرایط محیطی مختلف دخیل در انتخاب ادوات می باشد). بدیهی است پس از انجام آزمایشات لازم نیز با جایگذاری مقادیر به دست آمده مجدداً می توان از روش OWA بهره جست.

در حال حاضر برای تعیین a احتیاج به دو قانون مرزی جهت محدود کردن حد بالا و حد پایین a می باشد.

قاعدهٔ اول:

اگر بیشتر از m درصد ابزارهای جزئی[7] یک ابزار، امتیازی بیشتر از y داشته باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید بزرگتر از x باشد.

قاعدهٔ دوم:

اگر بیشتر از m' درصد ابزارهای جزئی یک ابزار، امتیازی کمتر از y' داشته باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید کوچکتراز x' باشد. با توجه به قوانین فوق، برای تعیین کران بالای a داریم:

$$upper\ boundary\ edge:$$

$$w_1 = \left(\frac{1}{T}\right)^a - \left(\frac{0}{T}\right)^a$$

$$w_2 = \left(\frac{2}{T}\right)^a - \left(\frac{1}{T}\right)^a$$

$$w_3 = \left(\frac{3}{T}\right)^a - \left(\frac{2}{T}\right)^a$$

.

.

.

$$w_j = \left(\frac{j}{T}\right)^a - \left(\frac{j-1}{T}\right)^a$$

که در نهایت با جمع وزنها خواهیم داشت:

$$\sum w = \left(\frac{j}{T}\right)^a$$

که در آن داریم: $j = roundup\left(\frac{m}{100} * T\right)$

با مراجعه به اصول قواعد (قاعدهٔ اول) می توان روابط بالا را بدین شکل مدل کرد:

$$\left(\frac{j}{T}\right)^a * y \geq x$$

و از این رابطه به دست خواهیم آورد:

$$a \leq \frac{\ln\left(\frac{x}{y}\right)}{\ln\left(\frac{j}{T}\right)}$$

و مشابهاً برای به دست آوردن حد پایینی a و توجه به اصول قواعد (قاعدهٔ دوم)خواهیم داشت:

$$Lower\ boundary\ edge:$$

$$\left(w_1 + w_2 + w_3 + \ldots + w_{T-j'}\right) * 1 + \left(w_{T-j'+1} + w_{T-j'+2} + \ldots + w_{T-1} + w_T\right) * y' \leq x'$$

که در آن داریم: $j' = roundup\left(\frac{m'}{100} * T\right)$

پس با جای گذاری مقادیر به دست می آید:

$$\left(\frac{T-j'}{T}\right)^a * 1 + \left[1 - \left(\frac{T-j'}{T}\right)^a\right] * y' \leq x'$$

و از این رابطه به دست خواهد آمد:

---

[7] - Sub Tools

$$a \geq \frac{\ln\left(\frac{x'-y'}{1-y'}\right)}{\ln\left(\frac{T-j'}{T}\right)}$$

پس نهایتاً خواهیم داشت:{۱۵}

$$\boxed{\frac{\ln\left(\frac{x}{y}\right)}{\ln\left(\frac{j}{T}\right)} \geq a \geq \frac{\ln\left(\frac{x'-y'}{1-y'}\right)}{\ln\left(\frac{T-j'}{T}\right)}}$$

برای تهیه این دو شرط (محدودهٔ بالایی و محدودهٔ پایینی a)، گسترهٔ عمل بسیار وسیع است و هرفرد خبره ای بسته به تجربه و سلیقهٔ خود ممکن است این شرایط را تعریف نماید. در ادامه،ضمن بیان اصول قواعد، چند سناریوی مختلف برای تعاریف محدوده ها ذکر شده است:{۳}

۵- پیاده سازی نرم افزار طراحی شده:

جدول۴-چند سناریوی مختلف مربوط به شرط نخست

a	x	Y	m
1.17	*0.6*	*1*	*60*
1.02	*0.7*	*1*	*70*

جدول۵-چند سناریوی مختلف مربوط به شرط دوم

a	x'	y'	m'
0.99	*0.45*	*0.33*	*80*
1	*0.72*	*0.66*	*80*

تعبیر جداول ۴ و ۵ که به عنوان نمونه ذکر شده اند در زیر آورده شده است:

قاعدهٔ اول

- اگر بیشتر از ۶۰ درصد ابزارهای جزئی یک ابزار، عالی باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید بزرگتر از ۰٫۶ باشد.

- اگر بیشتر از ۷۰ درصد ابزارهای جزئی یک ابزار، عالی باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید بزرگتر از ۰٫۷ باشد.

قاعدهٔ دوم

- اگر بیشتر از ۸۰ درصد ابزارهای جزئی یک ابزار، قابل استفاده باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید کوچکتراز ۰٫۴۵ باشد.

- اگر بیشتر از ۸۰ درصد ابزارهای جزئی یک ابزار، خوب باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید کوچکتراز ۰٫۷۲ باشد.

اکنون چنانچه یک قاعدهٔ بالایی و یک قاعدهٔ پایینی برای a در نظر بگیریم، می توانیم محدوده ای را برای a به دست آوریم.

$$0.99 \le a \le 1.17$$

از رابطهٔ بالا می توان $a=1$ گرفت.

حتی با در نظر گرفتن سناریوی دوم نیز خواهیم داشت:

$$1 \le a \le 1.02$$

که از این رابطه نیز $a=1$ منطقی به نظر می رسد.

با توجه به مقادیر محاسبه شده برای a ، می پذیریم :{۳}

$$\boxed{a=1}$$

اکنون با جایگذاری مقدار $a=1$ در روابط محاسبهٔ وزن، تمام وزنها یکسان شده و خواهیم داشت: $w_j = \frac{1}{T}$

که در شرایط کنونی مساله این مقدار $w_j = \frac{1}{17}$ به دست می آید.

بحث بالا (نزدیکی مقدار a با عدد یک) مبین آن است که بین عوامل و شرایط (نظیر ابعاد مساحت زمین، شیب زمین، میزان رطوبت زمین، و ...) هیچ برتری وجود ندارد و این بدان معنی است که پاسخ به این سؤال که آیا در انتخاب ادوات خاک ورزی، مساحت زمین مهمتر است یا شیب آن و این درجهٔ اهمیت چقدر است، تا زمانی که آزمایشهای کاملی در این زمینه انجام گیرد، پاسخ قطعی نخواهد داشت و در حال حاضر تنها راه کار مناسب یکسان تلقی نمودن اهمیت آنهاست. به عنوان مثال نتایج ارزیابی عملکرد نرم افزار در مقایسه با کارشناسان خبره در زمینهٔ خاک ورزی که در مقابل ۱۰ سؤال مرتبط پاسخهای تخصصی خود را بیان نموده اند، به شرح جدول ۶ می باشد.

جدول ۶ : مقایسه نظرات ۱۰ کارشناس خبره خاک ورزی با خروجی نرم افزار و مرجع

شماره سؤال	پاسخ رفرنس (کتاب)	پاسخ کارشناس ۱	پاسخ کارشناس ۲	پاسخ کارشناس ۳	پاسخ کارشناس ۴	پاسخ کارشناس ۵	پاسخ کارشناس ۶	پاسخ کارشناس ۷	پاسخ کارشناس ۸	پاسخ کارشناس ۹	پاسخ کارشناس ۱۰	پاسخ نرم افزار
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
2	1	1	1	3	4	2	1	2	4	2	1	1
3	1	1	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1
4	1	1	1	3	5	5	1	5	1	3	2	1
5	1	1	1	1	5	5	1	5	2	1	3	1
6	1	1	1	1	3	3	1	2	1	4	3	0
7	1	1	1	3	3	1	1	1	2	2	5	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	3	5	2	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
10	1	1	1	1	2	3	1	2	1	1	1	1

همانطور که در جدول۶ مشاهده می گردد پاسخ های صحیح کارشناسان با عدد ۱ (نشاندهنده گزینه ۱ در تست های فرم نظرخواهی که منطبق بر پاسخ مرجع بوده اند)و سایر پاسخها با شماره های دیگر مشخص شده اند. در یک تحلیل آماری با روش آزمون *Chi_Square* که با استفاده از نرم افزار *SPSS* استنتاج گردیده، نتایج زیر به دست می آید:

جدول ۷- مقایسه پاسخهای نرم افزار و مرجع

مرجع (کتاب)

	Observed N	Expected N	Residual
1	10	10.0	0.0
Total	10		

نرم افزار

	Observed N	Expected N	Residual
0	1	5.0	-4.0
1	9	5.0	4.0
Total	10		

آزمون آماری

	نرم افزار
Chi_Squar	6.400
.df	1
Asymp. Sig.	0.011

جدول ۸- مقایسه پاسخهای کارشناسان و مرجع

مُد کارشناسان

	Observed N	Expected N	Residual
0	2	5.0	-3.0
1	8	5.0	3.0
Total	10		

مرجع (کتاب)

	Observed N	Expected N	Residual
1	10	10.0	0.0
Total	10		

آزمون آماری

	نرم افزار
Chi_Squar	3.600
.df	1
Asymp. Sig.	0.058

جدول ۹- مقایسه پاسخهای نرم افزار و کارشناسان

مُد کارشناسان

	Observed N	Expected N	Residual
0	2	5.0	-3.0
1	8	5.0	3.0
Total	10		

نرم افزار

	Observed N	Expected N	Residual
0	1	5.0	-4.0
1	9	5.0	4.0
Total	10		

آزمون آماری

	نرم افزار
Chi_Squar	3.600
.df	1
Asymp. Sig.	0.058

تحلیل نتایج حاصل، از قرار زیر می باشد:

- به احتمال *99%=(1-0.011)* پاسخهای نرم افزار و مرجع با یکدیگر تطابق دارند. (جدول ۷)
- به احتمال *94%=(1-0.058)* پاسخهای کارشناسان و مرجع با یکدیگر تطابق دارند. (جدول ۸)
- به احتمال *94%=(1-0.058)* پاسخهای نرم افزار و کارشناسان با یکدیگر تطابق دارند. (جدول ۹)

با توجه نتایج فوق، عملکرد نرم افزار در مقایسه با کارشناسان، تطابق بیشتری با مرجع دارد.

۶-نتیجه گیری و پیشنهادات

به کار گیری نرم افزار سیستم خبره برای انتخاب ادوات خاک ورزی، نه تنها باعث کاهش هزینه های مشاوره ای می گردد، امکان اطلاع رسانی و مشاوره به موقع را نیز فراهم می آورد. نتایج ارزیابی و مقایسه پاسخهای نرم افزار با پاسخهای کارشناسان و متخصصین، مبین این نکته است که نرم افزار به مراتب پاسخهای بهتر (نزدیکتر به مرجع) را به وجود می آورد.

همانگونه که ملاحظه شد به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی در زمینه اهمیت شرایط دخیل در انتخاب ادوات مناسب، ضریب a (که وزنهای *OWA* براساس آن تعیین می گردند)،بسیار نزدیک به عدد یک به دست آمد. بدیهی است چنانچه به تعداد مناسب آزمایشهایی انجام گیرد که اولویت پارامترهای بالا را نسبت به یکدیگر به دست دهند، آنگاه می توان وزنها (w) را با دقت بیشتری محاسبه نمود. پیشنهاد می گردد این آزمایشها، که شامل تعیین اهمیت یک ویژگی نسبت به سایر ویژگیها می باشد، طراحی و انجام گیرند. مثلاً طراحی آزمایشی که نشان دهد برای انتخاب یک ابزار خاک ورزی آیا شیب زمین مهمتر است یا میزان رطوبت آن و میزان اهمیت آن را نیز تعیین نماید.

منابع

۱- آذر.عادل؛ و حجت فرجی؛ علم مدیریت فازی ؛ تهران: مرکزمطالعات مدیریت و بهره وری ایران (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس)، ۱۳۸۱

۲- اصغر پور،محمد جواد؛ تصمیم گیریهای چند معیاره؛ انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷

۳- شریف نسب ،هومن ؛ رضا علیمردانی و سید علیمحمد برقعی ؛ "کاربرد نرم افزارهای هوشمند در کشاورزی"، کنگره سیستمهای هوشمند،دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی ۱۴ تا ۱۶ اسفند۱۳۸۰

۴- شریف نسب ،هومن ؛ رضا علیمردانی و سید علیمحمد برقعی و بهزاد مشیری؛ "طراحی نرم افزار سیستم خبره برای انتخاب ادوات خاک ورزی (با روش ترکیب اطلاعات)"، رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۱۳۸۱

۵- شفیعی ،سید احمد؛ ماشینهای خاک ورزی ؛ انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۷۴

۶- کاووسی ، کاوه؛ بهبود عملکرد روشهای هوشمند عامل نرم افزاری ترکیب اطلاعات در اینترنت، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر بهزاد مشیری، دانشگاه تهران، ۱۳۸۰

۷- مقدسی، علی؛ ترکیب اطلاعات با استفاده از عاملهای نرم افزاری هوشمند در اینترنت، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر بهزاد مشیری، دانشگاه تهران، ۱۳۷۷

8- Hierarchies of aggregation operators, V. Cutllo & J. Montero. International Journal of Inteligent Systems, Vol. 9

9- Decision making with belief structures: an application in risk management, K.J.Engemann , H.E. Miller , Ronald Yager , Technical Report # MII-1234 , Machine Intelligence Institute, Iona College 1992

10- Inductive learning from considerably erroneous examples with a specifity based stopping rule,J. Kacprzyk , Proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks , Iisula , Japan , 1990

11- Decision making under Dempster-Shafer , Ronald. R. Yager , International Journal of General Systems . Vol 20 , 1992

12- Fuzzy Logic Controlers with flexible structures . Ronald .R. Yager & D.P. Filev. Proceeding of 2nd International Conference in Fuzzy Sets and Neural Networks 1992

13- On Induced aggregation operators , R.R. Yager . Proceeding of a Eurofuse Workshop on preference Modeling and Applications , Canada 2001

14- Piecewise Linear Aggregation Functions ,S. Ovchinnikov . International Journal of uncetainity , Fuzziness and Knowledge –Based Systems , Vol 1. No 1 , 2000

15- Fuzzy quotient operators for fuzzy relational Data base . R.R. Yager Proc. Int. Fuzzy Engineering Sym. Japan. 1991