مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۷ / شماره ۲۸/ پاییز ۱۳۸۵

ترکیب اطلاعات در نرم افزار تصمیم یار برای انتخاب بهینه ادوات خاک‌ورزی*

هومن شریف نسب و رضا علیمردانی**

* برگرفته از پایان نامه دکتری با عنوان: «ایجاد نرم افزار سیستم خبره ادوات خاک‌ورزی »

** به ترتیب عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشانی: کرج ، بلوار شهید فهمیده ، مقابل بانک کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، تلفن: ۲۷۰۵۲٤۲ – ۰۲٦۱، پیام نگار: hsharifnasab@yahoo.com ، و دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۸٤/٦/۲٦ ؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۸٤/۱۱/۸

چکیده

استفاده از فناوری و رایانه برای کمک به تصمیم‌گیری در زمینه‌های تخصصی از مقولاتی است که امروزه در تصمیم‌گیری‌های مدیران صنایع بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به ویژه تصمیماتی که با توجه به شرایط خاص موجود مورد نیاز هستند نظیر تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب ادوات مناسب خاک‌ورزی اولیه برای شرایط مشخصی از وضعیت مزرعه. از آنجا که خاک‌ورزی در بین مراحل کشاورزی بیشترین انرژی را مصرف می‌کند، یک اشتباه در انتخاب بهینهٔ ادوات خاک‌ورزی نه تنها مقادیر زیادی انرژی را به هدر خواهد داد بلکه منجر به صدمات جدی به خاک، محصول، و سایر عملیات زراعی می‌شود. انتخاب بهینهٔ ادوات خاک‌ورزی، تحت تأثیر عوامل و شرایط محیطی و جغرافیایی و امکانات موجود قرار دارد. در این مقاله تلاش شده است تا با استفاده از تئوری ترکیب اطلاعات (عملگر قدرتمند OWA)، ترکیب بهینه‌ای از تمام عوامل دخیل در تصمیم‌گیری صورت گیرد و فهرستی رتبه‌بندی شده از ادواتی پیشنهاد شود که کشاورز می‌تواند از آنها استفاده کند. در مقایسهٔ نتایج حاصل از نرم‌افزار و پیشنهادهای افراد خبره، مشاهده می‌شود که پاسخ‌های نرم‌افزار ۹۹ درصد با مراجع علمی تطابق دارد، در حالی که پاسخ‌های افراد خبره فقط ۹٤ درصد با منابع علمی تطابق دارد.

واژه‌های کلیدی

ادوات خاک‌ورزی، تئوری ترکیب اطلاعات، عملگر میانگین‌گیر وزنی مرتب، قوانین فازی، سیستم‌های تصمیم یار

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 کرد تا از کمترین نهاده‌ها بیشترین برداشت را داشته باشد. عصر کشاورزی بسیار مهم و حیاتی بود و هنوز هم بشر از آن فارغ نشده و از همان نهاده‌ها استفاده می‌کند. دانش بشری به سمتی سوق پیدا کرد که دوام منابع را بهبود بخشد و برای به دست آوردن محصول، انرژی کمتری مصرف کند. در این زمان بشر به اهمیت خاک و دیگر منابع پی برده و همواره تلاش کرده است تا مدت زمانی طولانی‌تر این منابع را در اختیار داشته باشد.

عصر صنعت نه تنها منفک از عصر کشاورزی به حساب نمی‌آید، بلکه مکمل و در امتداد آن تلقی می‌شود. مکانیزاسیون کشاورزی نمادی از پیوند کشاورزی و صنعت است. استفاده از منابع قدرت و مولدهای جدیدِ توان، بهره‌گیری از سیستم‌های مکانیکی و پس از آن سیستم‌های الکتریکی برای سهولت، کارها، 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 سخت‌افزار سپری شده است و بشر به اطلاعات و نرم‌افزار نیاز دارد؛ این اطلاعات و نحوهٔ نگهداری، ذخیره‌سازی، و فرآیند بهره‌گیری از آنها امروزه خود دامنهٔ بسیار گسترده‌ای از علوم را به خود اختصاص داده است (تکنولوژی اطلاعات، IT[1]) (Sharifnasab *et al*., 2001). خاک‌ورزی شامل عملیات مختلف مکانیکی بر سطح یا اعماق خاک زراعی و هدف از آن آماده کردن بستری مناسب جهت کشت است. بی‌توجه بودن به صحت اجرای این عملیات نه تنها مقادیر معتنابهی انرژی را به هدر خواهد داد، بلکه با به وجود آوردن شرایط نامناسب، بقیهٔ مراحل زراعی را تحت تأثیر نامطلوب قرار می‌دهد. امروزه ادوات بسیار متنوعی (بیش از ۱۵۰ وسیلهٔ گوناگون) برای عملیات خاک‌ورزی در دنیا طراحی و ساخته شده است که انتظار می‌رود با توجه به اهمیت ادغام مراحل زراعی، این تعداد بیشر و پیچیده‌تر نیز شود. همچنین امروزه متخصصان معتقدند که خاک‌ورزی در دو سطح مختلف باید انجام پذیرد: یکی در لایه عمیقِ خاک و با شدت عملیات بیشتر به نام خاک‌ورزی اولیه[2] و دیگر در سطح خاک و با شدت عملیات کمتر به نام خاک‌ورزی ثانویه[3] (Shafii, 1995).

در این مقاله برای تصمیم‌گیری در انتخاب بهینهٔ ادوات خاک‌ورزی اولیه، تلاش شده است ابتدا کلیهٔ ابزارها و گونه‌های مختلف آن شناسایی و بعد تمام شرایط محیطی مؤثر بر انتخاب هر ابزار دسته‌بندی گردند. سپس با بهره‌گیری از مکانیزم ترکیب اطلاعات با استفاده از عملگر میانگین‌گیر وزنی مرتب (OWA[4]) در نرم افزار تصمیم یار (DSS[5]) امتیاز مربوط به ادوات مورد نظر محاسبه شده است. سرانجام با مرتب کردن ادوات بر حسب امتیازات حاصل، بهترین‌های آنها که در بالای فهرست قرار می‌گیرند، برای کاربر معرفی شده‌اند.

ویژگی بارز عملگر OWA، انعطاف‌پذیری بسیار زیاد و ساده بودن کار با آن است. کاربرد عملگر OWA را می‌توان در موضوعات مختلف یافت از جمله: تصمیم‌سازی، سیستم‌های خبره، کنترل فازی، سیستم‌های پایگاه داده، فشرده سازی تصاویر، و بسیاری از زمینه‌های دیگر. گسترهٔ کاربرد آن در زمینه‌های متعدد و متنوع، کارآیی و اهمیت عملگر OWA را اثبات می‌کند (Cutllo & Montero, 1994; Engemann *et al*., 1992; Kacprzyk, 1990; Yager & Filev, 1992; Yager, 1991).

مواد و روش‌ها

– خاک‌ورزی و ادوات مربوط به آن

خاک‌ورزی با توجه به دو مرحله‌ای بودن و دارا بودن تعداد زیادی ادوات، یکی از مشکل‌ترین مراحل کشاورزی است که بیشترین میزان انرژی را مصرف می‌کند.

جدول شمارهٔ ۱– ارتباط فازی بین شرایط و ابزارهای خاک‌ورزی (Sharifnasab, 2003)

گروه	ردیف	شرایط	نوع ابزار	برچسب فازی
ابعاد زمین	۱	زمین بزرگ	ابزارهای کشیدنی	عالی
			ابزارهای نیمه کشیدنی	خوب
			ابزارهای سوار	قابل استفاده
	۲	زمین متوسط	ابزارهای نیمه کشیدنی	عالی
			ابزارهای سوار	خوب
			ابزارهای کشیدنی	قابل استفاده

1- Information Technology 2- Primary Tillage 3- Secondary Tillage
4- Orded Weighted Averaging 5- Decision Support System

ادامهٔ جدول شمارهٔ ۱-

گروه	ردیف	شرایط	نوع ابزار	برچسب فازی
	۳	زمین کوچک	ابزارهای سوار	عالی
			ابزارهای نیمه سوار	غیرقابل استفاده
			ابزارهای کشیدنی	غیرقابل استفاده
شکل هندسی ...	٤	زمین منظم	ابزارهای دوطرفه	عالی
			ابزارهای یکطرفه	خوب
	٥	زمین غیر منظم	ابزارهای یکطرفه	عالی
		.	ابزارهای دوطرفه	غیرقابل استفاده
		.	.	.
		.	.	.
			.	.

همان گونه که در جدول شمارهٔ ۱ مشاهده می‌شود، همواره مناسب بودن ابزارها با واژگان: «عالی- خوب - قابل استفاده - غیر قابل استفاده» که همان برچسب‌های فازی هستند مشخص شده است و ابزارها مطابق با برچسب‌ها الویت‌بندی شده‌اند:

اندیشهٔ موجود آن است که نرم افزار تصمیم یار (DSS) با توجه به شرایط خاص تعریف شده (توسط کاربر)، به جستجو می‌پردازد و چنانچه ابزار یا ابزارهای مناسب آن شرایط یافت شود، به ترتیب اولویت استفاده مرتب و به صورت فهرستی رتبه‌بندی شده به عنوان پاسخ به کاربر ارائه خواهند شد.

جدول شمارهٔ ۲- روش کدگذاری در بانک اطلاعاتی نرم افزار (Sharifnasab, 2003)

مجموعه کد	جزئیات کد	مورد کاربرد
A	۱	ادوات خاک‌ورزی اولیه
B	۱	گاوآهن‌های برگرداندار
	۲	گاوآهن‌های بشقابی
	۳	گاوآهن‌های چیزل
	٤	زیرشکن‌ها
	٥	خاک‌ورزهای 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 مهیا نباشد (اعم از اینکه در دسترس نباشد، یا صرفهٔ اقتصادی نداشته باشد یا به دلائل دیگر)، کاربر قادر به استفاده از سایر ابزارها خواهد بود. نکتهٔ مهم 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 ٤۹ هکتار زمین غیر بزرگ تلقی خواهد شد، در حالی که برای انتخاب ادوات خاک‌ورزی، عملاً تفاوت معنی‌داری بین ۵۰ یا ٤۹ هکتار وجود ندارد. در صورت به کارگیری 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 استوانه‌ای وخیش کلشی با تیغهٔ ساده مجهز به کفش قابل تنظیم می‌توان نوشت:

A(1)-B(1)-C(1)-D(1)-E(1)-F(1)-G(1)-H(2)-I(0)-J(0)-K(0)-L(0)-M(0)-N(0)-O(0)-P(0)-Q(0) (۱)

چنانچه فرض کنیم تمام احتمال‌های موجود برای تهیهٔ ابزارها واقعی باشند، در این صورت تعداد کل ابزارهایی که نرم‌افزار قادر به تولید نام آنهاست بالغ خواهد بود بر:

$$\text{تعداد ابزارها} = N_A \times N_B \times N_C \times N_D \times N_E \times N_F \times N_G \times N_H \times N_I \times N_J \times N_K \times N_L \times N_M \times N_N \times N_O \times N_P \times N_Q \quad (۲)$$

که در آن منظور از N_A تعداد زیر ابزارهای گروه A است.

$$Total = 161740800 \quad (۳)$$

جدول شمارهٔ ۳- بررسی ارتباط بین جنبه‌های اثرگذار و اثرپذیر (Sharifnasab, 2003)

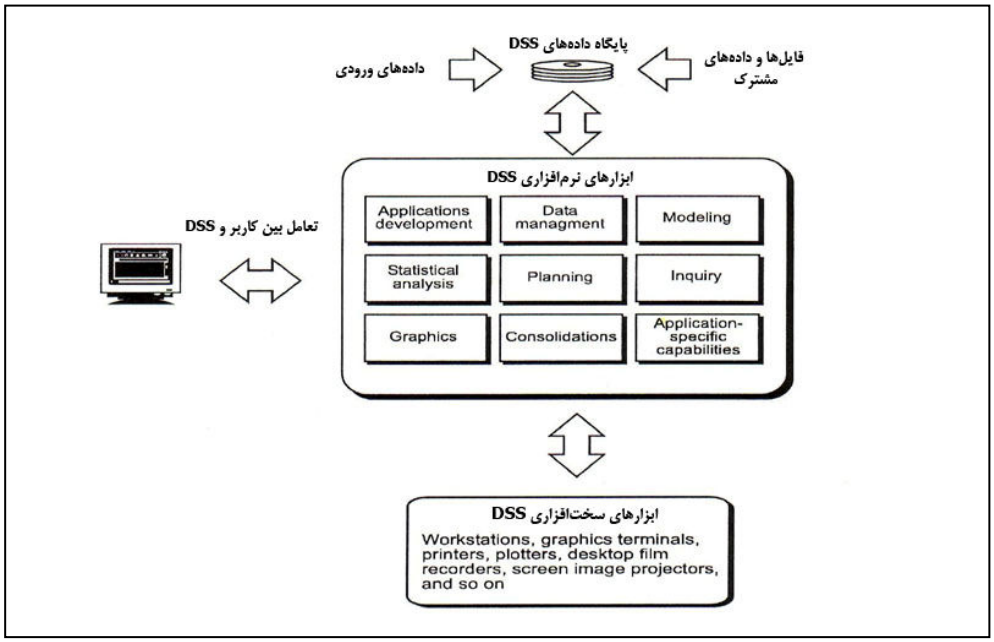
ردیف	جنبهٔ اثرگذار	جنبهٔ اثرپذیر	مجموعه کدها
۱	ابعاد زمین	نوع اتصال	C
۲	شکل هندسی زمین	سوی ابزار	D
۳	نوع خاک مزرعه	خیش - صفحه برگردان - تیغه - بشقاب	E-F-G-L
٤	وجود کود	نوع گاوآهن	B
۵	سرعت حرکت	خیش	E
٦	میزان رطوبت خاک	نوع گاوآهن	B
۷	شیب زمین	صفحه برگردان	F
۸	وجود سخت لایه	نوع گاوآهن	B
۹	عمق شخم	خیش	E
۱۰	زمان شخم	نوع گاوآهن- تیغه	B-G
۱۱	کاربری زمین	نوع گاوآهن- نوع گاوآهن بشقابی	B-K

همان‌گونه که در جدول شمارهٔ ۳ دیده می‌شود، برخی جنبه‌ها تحت تأثیر چندین عامل هستند (مانند انتخاب نوع گاوآهن یا انتخاب نوع خیش) و تنها توجه به یک عامل نمی‌تواند پاسخگو باشد. لذا برای منظور کردن تمام شرایط برای انتخاب یک ابزار، از روشی باید استفاده کرد که تمام عوامل در آن مدنظر قرار گرفته باشد و علاوه بر آن اولویت‌های مطرح بین اهمیت شرایط بیان گردد، و از این رو ضریب تأثیر آنها باید در نظر گرفته شود. مثلاً برای انتخاب خیش با توجه به جدول شمارهٔ ۳ ملاحظه می‌شود که عواملی نظیر: نوع خاک، سرعت حرکت، و عمق شخم تأثیرگذارند در حالی که ما هنوز نمی‌دانیم بین تأثیرات آنها چه اولویت و برتری وجود دارد و آیا می‌توان میزان اثرگذاری آنها را یکسان فرض کرد یا نه.

- کاربرد فناوری اطلاعات در مدیریت و تصمیم‌گیری

قبل از به کارگیری فناوری اطلاعات لازم است به ویژگی‌های این فناوری توجه کرد:

- فناوری اطلاعاتی صرفاً فرصتی را فراهم می‌کند برای کسب مزیت رقابتی و افزایش کارایی عملیات و نه تضمین نتایج.
- برای استفاده از فناوری اطلاعاتی باید هزینهٔ زیادی بابت تجهیزات و نیز کاربرد و اجرای آنها پرداخت کرد.
- مزایای احتمالی فناوری اطلاعاتی، برای تمام سازمان‌ها از جمله رقبا نیز مطرح است.
- سرمایه‌گذاری در سیستم‌های اطلاعاتی، داده‌هایی را فراهم می‌کند که می‌تواند منبعی برای اطلاعات با کیفیت برتر باشد، اما موفقیت در تصمیم‌گیری را تضمین نمی‌کند. زیرا کیفیت این تصمیمات نهایتاً بستگی دارد به مهارت و تجربه کارکنان و توانایی آنها در استفادهٔ کارآمد از سیستم اطلاعاتی (Sarafizadeh & Alipanahi, 2005).



شکل شمارهٔ ۱- اجزای تشکیل دهندهٔ یک DSS (Sarafizadeh & Alipanahi, 2005)

- انواع سیستم‌های اطلاعاتی

ساده‌ترین سیستم، سیستم پردازش عملیات (TPS[1]) است. این نوع سیستم‌ها از دهۀ ۱۹۵۰ شکل گرفتند و هدف آنها افزایش کارایی سازمان و کاهش هزینه‌های محاسباتی است. به عنوان مثال می‌توان به سیستم محاسبۀ حقوق فردی شاغل با دانستن میزان ساعات کارکرد و حق‌الزحمه ساعتی او و دانستن میزان کسورات، اشاره کرد. از جمله عملیات پردازش می‌توان به ثبت داده‌ها، مرتب کردن داده‌ها، ترکیب داده‌ها، محاسبه، جمع‌بندی، ذخیره-سازی، بازیافت، تولید مجدد، و نمایش اشاره کرد (Sarafizadeh & Alipanahi, 2005).

دومین نسل از سیستم‌های اطلاعاتی، سیستم اطلاعات مدیریت یا سیستم گزارش‌ها مدیریت (MRS[2]) نام دارد. این سیستم‌ها در هر یک از زمینه‌های خاص عملیات طراحی و گزارش‌ها مربوط به آن عملیات را ارائه می‌دهد. این سیستم‌ها از اواخر دهۀ ۱۹۶۰ مطرح شده‌اند. سیستم گزارش‌های مدیریت از نظر مفهومی از برنامه‌های TPS یک سطح بالاتر است و به عملیات روزمره مربوط نمی‌شود، بلکه به مدیریت فعالیت‌هایی مرتبط است که عملیات را پشتیبانی می‌کنند. به عنوان نمونه در مورد رزرو بلیط، از TPS برای دریافت سفارش‌های بلیط و نیز چاپ بلیط استفاده می‌شود. از MRS می‌توان برای تهیۀ گزارش از عملکرد نمایندگی‌های فروش بلیط و ارزیابی آنها استفاده کرد (Sarafizadeh & Alipanahi, 2005).

سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری، یا تصمیم یار (DSS)، در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ با به وجود آمدن احساس نیاز به سیستم‌هایی تولید شدند که بتوانند سازمان‌ها را در تحلیل مشکلات و ارائه نتایج راه حل‌های مختلف یاری کنند. این سیستم‌ها معمولا تعاملی[3] هستند و برای مدیران سازمان طراحی می‌شوند. یک DSS برای حل یک مسئله خاص به کار می‌رود که ممکن است موردی باشد یعنی روزمره نباشد. با DSS می‌توان کمبود اطلاعات را جبران کرد به نحوی که مدیران بتوانند کیفیت تصمیمات خود را ارتقا دهند. مهمترین توانمندی‌های یک DSS عبارت‌اند از: ابزار تهیۀ برنامه کاربردی، ابزار مدیریت داده‌ها، مدل‌سازی، روش تجزیه و تحلیل آماری، طرح‌ریزی[4]، پرس و جو[5]، نمودار، و ادغام و ترکیب داده‌ها[6] (Sarafizadeh & Alipanahi, 2005).

امروزه سیستم‌های تصمیم یار در زمینه‌های مختلف علوم کاربرد پیدا کرده‌اند و دانش کشاورزی نیز از آنها بی بهره نبوده است. به عنوان مثال، تعدادی از نرم افزارهای خبره در زمینۀ کشاورزی در جدول شمارۀ ٤ ذکر شده‌اند.

جدول شمارۀ ٤- نمونه‌هایی از نرم افزارهای تصمیم یار در زمینۀ کشاورزی (Sharifnasab *et al*., 2004)

نام برنامه	تاریخ	صاحب اثر	زمینۀ کاربرد
Comex	۱۹۸٤	Baker Mi.c.c.p Univ.	نمونه شبیه‌سازی شدۀ کشت پنبه
Comex2	۱۹۸۵	Mc Kinion & Lemon	تکمیل Comex براساس قانون If … Then
Planter	۱۹۸۵	Purdue Univ.	کشت و کشت مجدد ذرت و نخود
No name	۱۹۸٦	J.Palmer Clemson Univ.	راهنمای انتخاب گونۀ نخود
No name	۱۹۸۷	J.W.Uhing Purdue Univ.	انتخاب دانه برای کاشت و توصیه‌های لازم
Extra	۱۹۸۷	Harold L. Barrels & Donald Illinois Univ.	نرم افزار خبره برای کمک به انتخاب و مدیریت سیستم‌های کشاورزی و بهینه‌سازی شرایط خاک
Limex	۱۹۹٦	Ahmad Rafea	سیستم خبره چندرسانه‌ای برای کنترل و ارزیابی محصول لیموترش
Neper Wheat	۱۹۹٦	Ahmad Rafea	سیستم خبره برای گندم قابل آبیاری
Citex	۱۹۹٦	Ahmad Rafea	سیستم خبره برای تولید پرتقال
Tomatex	۱۹۹٦	Ahmad Rafea	سیستم خبره برای گوجه‌فرنگی
Cuptex	۱۹۹٦	Ahmad Rafea	مراقبت از گیاه (داشت)
Cucumber	۱۹۹۷	Jewett & Jarvis	سیستم خبره قوی در زمینۀ مدیریت محصولات باغی

1- Transaction Processing System 2- Management Reporting System
3- Interactive 4- Planning 5- Inquiry 6- Data Fusion

- عملگر میانگین‌گیر وزنی مرتب (OWA) و نقش آن در ترکیب اطلاعات

یکی از مسائل مهم در تصمیم‌سازی، ترکیب معیارها و تشکیل تابع تصمیم است (Azar & Faraji, 2002). از یک سو گاهی می‌خواهیم همهٔ معیارها برآورده شوند و از سوی دیگر در بعضی موارد علاقه‌مندیم که حداقل یکی از آنها برآورده شود. این دو جهت به استفاده از عملگرهای and و or برای ترکیب توابع معیار برمی‌گردند. عملگر OWA نوعی جمع‌آوری انجام می‌دهد که در میان دو حالت ذکر شده قرار می‌گیرد و به همین دلیل می‌توان به آن عملگر orand گفت. این عملگر را اولین بار یاگر معرفی کرده است و تا کنون از سوی خود او و بسیاری از محققان دیگر کاربردها و نسخه‌های جدیدی برای آن ارائه شده است. یک اپراتور OWA از بُعد n یک نگاشت $F:\Re^n \to \Re$ بایک بردار وابستهٔ n تایی $W=[w_1, w_2,..., w_n]^T$ با شرط $\begin{cases} w_j \in [0,1] \\ \sum_j w_j = 1 \end{cases}$ است به طوری که:

$$F(a_1,...,a_n)=\sum_{j=1}^{n} w_j b_j \qquad (٤)$$

خواهد بود که در آن: a_i= عاملی برای محاسبه وزن (اهمیت)؛ و $b_j = j$ امین عنصر بزرگ در میان a_i هاست (Yager, 1992).

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 مرتب‌سازی است که به این عملگر خاصیت غیر خطی می‌بخشد. اگر B یک بردارnتایی باشد که اعضای آن را b_jها تشکیل می‌دهند، می‌توان عملگر OWA را به صورت زیر توصیف نمود (Kavoosi, 2001).

$$F(a_1,...,a_n)=W^T B \qquad (٥)$$

نتایج و بحث

مهم‌ترین کاری که باید انجام شود، پیاده‌سازی شرایط مساله در قالب معادلات یاگر جهت محاسبات لازم برای عملگر OWA می باشد.

می‌توان با استفاده از قوانین فازی، یک تابع یکنوای افزایشی (RIM[1]) مناسب برای محاسبهٔ وزن‌های OWA را پیدا کرد. در این روش، از یک تابع RIM مانند چندیگر[2] رابطهٔ شمارهٔ ٦ برای محاسبهٔ وزن‌ها استفاده شده است.

$$Q(r)=Q_a(r) \qquad (a \geq 0) \qquad (٦)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$w_j = Q\left(\frac{j}{T}\right) - Q\left(\frac{j-1}{T}\right) \quad ; \quad j=1,2,...,T \qquad (٧)$$

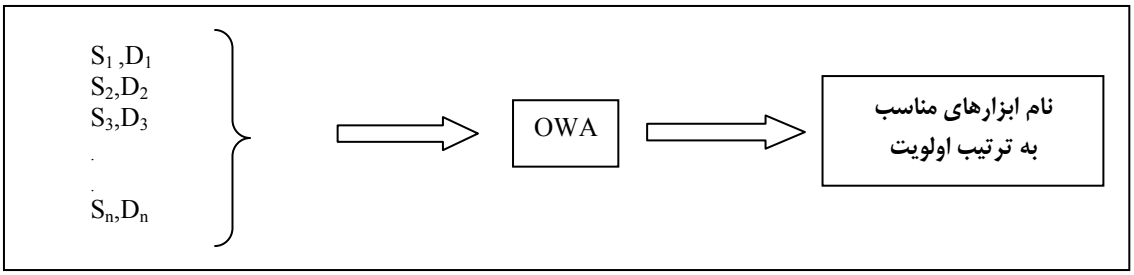
که در آن، T= تعداد وزن‌هاست و به سادگی دیده می‌شود که:

$$\sum_{j=1}^{T} w_j = 1 \qquad (٨)$$

است. اما نکتهٔ مهم نحوهٔ انتخاب a و انتخاب ضابطهٔ تابع $Q_a(r)$ است. یک راه مناسب برای انتخاب a وضع کردن چند قانون فازی است که محدودهٔ انتخاب وزن‌ها را تعیین می‌کنند و با توجه به ضابطهٔ تابع مقدار مناسب a به دست می‌آید (Yager, 2001).

با توجه به پرسش‌هایی که از کاربر می‌شود و مدل کردن پاسخ‌های او در مورد هر سؤال، بدیهی است وزنی به دست می‌آید که با وزن سؤال دیگر متفاوت است. شکل شمارهٔ ۲، ایدهٔ فوق را تبیین می‌کند:

1- Regular Increasing Monotone 2- Quantifier



شکل شمارهٔ ۲ – کاربرد OWA روی داده‌های کاربر

در شکل شمارهٔ ۲، s امتیازِ داده و D دادهٔ مربوط به آن است. بدیهی است که:

$D \in$
{ابعاد زمین، شکل هندسی، نوع خاک، وجود کود، سرعت پیشروی، میزان رطوبت، شیب زمین، عمق}
(۹)

$$0 \le s_i \le 1 \quad \text{و} \quad \sum_{i=0}^{n} s_i = 1 \qquad (۱۰)$$

ابزار بهینهٔ حاصل، ابزاری خواهد بود با فرمولاسیون زیر:

$$(s_a A_{ia})(s_b B_{ib})(s_c C_{ic})(s_d D_{id})$$
$$(s_e E_{ie})(s_f F_{if})(s_g G_{ig})(s_h H_{ih})$$
$$(s_i I_{ii})(s_j J_{ij})(s_k K_{ik})\ldots$$
(۱۱)

که در آن داریم:

$$1 \le ia \le N_A$$
$$1 \le ib \le N_B$$
$$1 \le ic \le N_C$$
$$\vdots$$
$$1 \le iq \le N_Q$$
(۱۲)

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

$s \in$ {عالی، خوب، قابل استفاده، غیرقابل استفاده}
(۱۳)

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

s (عالی) = 1
s (خوب) = 0.66
s (قابل استفاده) = 0.33
s (غیرقابل استفاده) = 0
(۱٤)

اما برای دستیابی به وزن هر امتیاز در فرمولاسیون OWA لازم است یک چندیگر مناسب انتخاب شود 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 می‌گیریم (Moghadasi, 1998).

$$Q(r) = r^a \qquad (a \ge 0) \qquad (۱۵)$$

اکنون برای محاسبهٔ وزن‌ها (w) خواهیم داشت:

$$w_j = Q(\frac{j}{T}) - Q(\frac{j-1}{T}) \qquad (۱۶)$$

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 است). ضمناً رابطهٔ فوق شرط $\sum_{i=1}^{T} w_j = 1$ را تأمین می‌کند.

یادآور می‌شود که w_1 وزن بزرگ‌ترین امتیاز، w_2 وزن امتیاز بعدی و ... و w_{17} وزن کوچک‌ترین امتیاز ابزار در شرایط مورد نظر کاربر است.

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

البته همانگونه که در بخش پیشنهادها بحث خواهد شد، شایسته است برای تعیین اهمیت یک ویژگی نسبت به سایر ویژگی‌ها، آزمایش‌هایی طراحی و اجرا شوند. مثلاً طراحی آزمایشی که نشان دهد برای انتخاب یک ابزار خاک‌ورزی آیا شیب زمین مهم‌تر است یا میزان رطوبت آن، ضمن آنکه و میزان اهمیت آن را نیز تعیین کند. واضح است که به تعداد $\frac{n^2-n}{2} = \frac{11^2-11}{2} = 55$ آزمایش (در شرایط فعلی) نیاز است (Asgharpour, 1998) که در آن n تعداد شرایط محیطی مختلف دخیل در انتخاب ادوات، نظیر ابعاد زمین، شکل هندسی، نوع خاک، و غیره است. بدیهی است پس از آزمایش‌های لازم نیز با جایگذاری مقادیر به دست آمده می‌توان مجدداً 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 است.

- قاعدهٔ اول:

اگر بیشتر از m درصد ابزارهای جزئی[1] 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 کوچک‌تر از x' باشد. با توجه به قوانین فوق، برای تعیین کران بالای a داریم:

upper boundary edge :

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

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

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

.

.

.

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

(۱۷)

که در نهایت با جمع وزن‌ها خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^{j} w_i = \left(\frac{j}{T}\right)^a \qquad (۱۸)$$

که در آن داریم:

$$j = \text{roundup}\left(\frac{m}{100} \times T\right) \qquad (۱۹)$$

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

$$\left(\frac{j}{T}\right)^a \times y \geq x \qquad (۲۰)$$

و از این رابطه به دست خواهیم آورد:

1- Sub Tools

$$a \le \frac{\ln\left(\frac{x}{y}\right)}{\ln\left(\frac{j}{T}\right)} \qquad (۲۱)$$

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

$$\text{Lower boundary edge}:$$
$$\left(w_1 + w_2 + w_3 + ... + w_{T-j'}\right)\times 1 +$$
$$\left(w_{T-j'+1} + w_{T-j'+2} + ... + w_{T-1} + w_T\right)\times y' \le x'$$

که در آن شبیه به فرمول ۱۹ داریم:

$$j' = \text{roundup}\left(\frac{m'}{100}\times T\right) \qquad (۲۲)$$

پس با جایگذاری مقادیر به دست می‌آید:

$$\left(\frac{T-j'}{T}\right)^a \times 1 + \left[1-\left(\frac{T-j'}{T}\right)^a\right]\times y' \le x' \qquad (۲۳)$$

و از این رابطه به دست خواهد آمد:

$$a \ge \frac{\ln\left(\frac{x'-y'}{1-y'}\right)}{\ln\left(\frac{T-j'}{T}\right)} \qquad (۲٤)$$

پس نهایتاً خواهیم داشت (Yager, 1991):

$$\frac{\ln\left(\frac{x}{y}\right)}{\ln\left(\frac{j}{T}\right)} \ge a \ge \frac{\ln\left(\frac{x'-y'}{1-y'}\right)}{\ln\left(\frac{T-j'}{T}\right)} \qquad (۲۵)$$

برای تهیهٔ این دو شرط (محدودهٔ بالایی و محدوده پایینی) a، گسترهٔ عمل بسیار وسیع است و هر فرد خبره بسته به تجربه و سلیقهٔ خود ممکن است این شرایط را تعریف کند. در ادامه، ضمن بیان اصول قواعد، چند سناریوی مختلف برای تعاریف محدوده‌ها ذکر شده است (Sharifnasab *et al*., 2001):

جدول شمارهٔ ۵- چند سناریوی مختلف مربوط به شرط نخست

a	x	y	m
۱/۱۷	۰/٦	۱	٦۰
۱/۰۲	۰/۷	۱	۷۰

جدول شمارهٔ ٦- چند سناریوی مختلف مربوط به شرط دوم

a	x′	y′	m′
۰/۹۹	۰/٤٥	۰/۳۳	۸۰
۱	۰/۷۲	۰/٦٦	۸۰

تعبیر جدول‌های شمارهٔ ۵ و ٦، که به عنوان نمونه ذکر شده‌اند، در زیر آورده شده است:

قاعدهٔ اول

- اگر بیشتر از ٦۰ درصد ابزارهای جزئی یک ابزار، عالی باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید بزرگ‌تر از ۰/٦ 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 کوچک‌تر از ۰/٤٥ باشد.
- اگر بیشتر از ۸۰ درصد ابزارهای جزئی یک ابزار، خوب باشند، امتیاز نهایی آن ابزار باید کوچک‌تر از ۰/۷۲ باشد.

اکنون چنانچه یک قاعدهٔ بالایی و یک قاعدهٔ پایینی برای a در نظر بگیریم، می‌توانیم محدوده‌ای را برای a به دست آوریم.

$$0.99 \le a \le 1.17 \qquad (۲٦)$$

از رابطهٔ بالا می‌توان $a = 1$ گرفت.

حتی با در نظر گرفتن سناریوی دوم نیز خواهیم داشت:

$$1 \le a \le 1.02 \qquad (۲۷)$$

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

با توجه به مقادیر محاسبه شده برای a، می‌پذیریم (Sharifnasab *et al*., 2001):

$$a = 1$$

اکنون با جایگذاری مقدار $a = 1$ در روابط محاسبهٔ وزن، تمام وزن‌ها یکسان می‌شوند و خواهیم داشت: $w_j = \frac{1}{T}$ که در شرایط کنونی مسئله این مقدار $w_j = \frac{1}{17}$ به دست می‌آید.

نزدیکی مقدار a با عدد یک، مبین آن است که بین عوامل و شرایط (نظیر ابعاد مساحت زمین، شیب زمین، میزان رطوبت زمین، و غیره) هیچ برتری وجود ندارد و این بدان معنی است که پاسخ به این سؤال که آیا در انتخاب ادوات خاک‌ورزی، 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 کردن اهمیت آنهاست. به عنوان مثال، نتایج ارزیابی عملکرد نرم افزاری که با همین رویکرد توسط شریف نسب و همکاران تدوین شده است (Sharifnasab *et al*., 2004)، در مقایسه با کارشناسان خبره در زمینهٔ خاک‌ورزی که در مقابل ۱۰ سؤال مرتبط پاسخ‌های تخصصی خود را بیان کرده‌اند، به شرح جدول شمارهٔ ۷ است.

جدول شمارهٔ ۷- مقایسهٔ نظرات ۱۰ کارشناس خبره خاک‌ورزی با خروجی نرم افزار و مرجع

شمارهٔ سؤال	پاسخ رفرنس (کتاب)	پاسخ کارشناس ۱	پاسخ کارشناس ۲	پاسخ کارشناس ۳	پاسخ کارشناس ٤	پاسخ کارشناس ٥	پاسخ کارشناس ٦	پاسخ کارشناس ۷	پاسخ کارشناس ۸	پاسخ کارشناس ۹	پاسخ کارشناس ۱۰	پاسخ نرم‌افزار
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱
۲	۱	۱	۱	۳	٤	۲	۱	۲	٤	۲	۱	۱
۳	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۳	۲	۱	۱
٤	۱	۱	۱	۳	٥	٥	۱	٥	۱	۳	۲	۱
٥	۱	۱	۱	۱	٥	٥	۱	٥	۲	۱	۳	۱
٦	۱	۱	۱	۱	۳	۳	۱	۲	۱	٤	۳	۰
۷	۱	۱	۱	۳	۳	۱	۱	۱	۲	۲	٥	۱
۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	٥	۲	۱
۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱
۱۰	۱	۱	۱	۱	۲	۳	۱	۲	۱	۱	۱	۱

همان طور که در جدول شمارهٔ ۷ مشاهده می‌شود پاسخ‌های صحیح کارشناسان با عدد ۱ (نشان‌دهندهٔ گزینهٔ ۱ در تست‌های فرم نظرخواهی که منطبق بر پاسخ مرجع بوده‌اند) و سایر پاسخ‌ها با شماره‌های دیگر مشخص شده‌اند. در یک تحلیل آماری با روش آزمون Chi_Square که با استفاده از نرم‌افزار SPSS استنتاج شده است، نتایج زیر به دست می‌آید:

جدول شمارهٔ ۸- مقایسهٔ پاسخ‌های نرم‌افزار و مرجع

مرجع (کتاب)

	Residual	Expected N	Observed N	
۱	۰/۰	۱۰/۰	۱۰	
Total			۱۰	

نرم افزار

	Residual	Expected N	Observed N	
۰	-٤/۰	٥/۰	۱	
۱	٤/۰	٥/۰	۹	
Total			۱۰	

آزمون آماری

	نرم‌افزار
Chi_Squar	٦/٤۰۰
df	۱
Asymp. Sig.	۰/۰۱۱

جدول شمارهٔ ۹- مقایسهٔ پاسخ‌های کارشناسان و مرجع

مد کارشناسان

	Observed N	Expected N	Residual
۰	۲	۵/۰	-۳/۰
۱	۸	۵/۰	۳/۰
Total	۱۰		

مرجع

	Observed N	Expected N	Residual
۱	۱۰	۱۰/۰	۰/۰
Total	۱۰		

آزمون آماری

	نرم افزار
Chi_Squar	۳/۶۰۰
df	۱
Asymp. Sig.	۰/۰۵۸

جدول شمارهٔ ۱۰- مقایسهٔ پاسخ‌های نرم افزار و کارشناسان

مدکارشناسان

	Observed N	Expected N	Residual
۰	۲	۵/۰	-۳/۰
۱	۸	۵/۰	۳/۰
Total	۱۰		

نرم افزار

	Observed N	Expected N	Residual
۰	۱	۵/۰	-٤/۰
۱	۹	۵/۰	٤/۰
Total	۱۰		

آزمون آماری

	نرم افزار
Chi_Squar	۳/۶۰۰
df	۱
Asymp. Sig.	۰/۰۵۸

تحلیل نتایج حاصل، به قرار زیر است:

- به احتمال ٪۹۹= (۰/۰۱۱-۱) پاسخ‌های نرم افزار و مرجع با یکدیگر تطابق دارند (جدول شمارهٔ ۸).
- به احتمال ٪۹٤= (۰/۰۵۸-۱) پاسخ‌های کارشناسان و مرجع با یکدیگر تطابق دارند (جدول شمارهٔ ۹).
- به احتمال ٪۹٤= (۰/۰۵۸-۱) پاسخ‌های نرم افزار و کارشناسان با یکدیگر تطابق دارند (جدول شمارهٔ ۱۰).

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

نتیجه‌گیری

به کارگیری نرم افزار سیستم خبره برای انتخاب ادوات خاک‌ورزی، نه تنها باعث کاهش هزینه‌های مشاوره‌ای می‌شود، بلکه امکان اطلاع‌رسانی و مشاورهٔ به موقع را نیز فراهم می‌آورد. نتایج ارزیابی و مقایسهٔ پاسخ‌های نرم‌افزار با پاسخ‌های کارشناسان و متخصصان، مبین این نکته است که نرم‌افزار به مراتب پاسخ‌های بهتر (نزدیک‌تر به مرجع) را به وجود می‌آورد.

همان گونه که مشاهده شد، به دلیل نبود اطلاعات کافی در زمینهٔ اهمیت شرایط دخیل در انتخاب ادوات مناسب، ضریب a (که وزن‌های OWA براساس آن تعیین می‌شوند)، 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 می‌توان وزن‌ها (w) را با دقت بیشتری محاسبه کرد. پیشنهاد می‌شود این آزمایش‌ها، که شامل تعیین اهمیت یک ویژگی نسبت به سایر ویژگی‌هاست، طراحی و اجرا شوند. مثلاً طراحی آزمایشی که نشان دهد برای انتخاب یک ابزار خاک‌ورزی آیا شیب زمین مهم‌تر است یا میزان رطوبت آن و میزان اهمیت آن را نیز تعیین کند.

مراجع

1- **Asgharpour, M. J., 1998. Multi Parameters in Decision Making. Tehran University Pub. (in Farsi)**

2- **Azar, A., Faraji, H. 2002. Fuzzy Management Science. Iranian Center of Efficient Study. Tehran. (in Farsi)**

3- **Cutllo, V. and Montero, J. 1994. Hierarchies of aggregation operators. International J. of Intelligent Sys. No. 9.**

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

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

6- **Kavoosi, K. 2001. Qualification of function of Intelligent method for software agent data fusion in internet. M. Sc. Thesis. Tehran University. (in Farsi)**

7- Moghadasi, A. 1998. Data fusion by intelligent software agent in internet. M. Sc. Thesis. Tehran University. (in Farsi)

8- Sarafizade, A., Alipanahi, A. 2005. Management Information Systems, Tehran Mir Pub. (in Farsi)

9- Shafii, A. 1995. Tillage Machines. Tehran University Pub. (in Farsi)

10- Sharifnasab, H. 2003. Development a decision support system software for tillage implements selecting. Ph. D. Thesis. Faculty of Agriculture. Tehran University. (in Farsi)

11- Sharifnasab, H., Alimardani, R. and Borghaee, A. M. 2001. Intelligent software usage in agriculture. Intelligent System Conference. March 5-7. Khajeh Nasir University. (in Farsi)

12- Sharifnasab, H., Alimardani, R. and Borghaee, A. M. 2004. A farm DSS. J. of agric. sci. No. 10. Vol. 3. (in Farsi)

13- Yager, R. R. 1991. Fuzzy quotient operators for fuzzy relational data base. Proc. Int. Fuzzy Eng. Sym. Japan.

14- Yager, R. R. 1992. Decision making under Dempster-Shafer. International J. of General Sys. No. 20.

15- Yager, R. R. 2001. On induced aggregation operators. Proceeding of An Eurofuse Workshop on Preference Modeling and Applications. Canada.

16- Yager, R. R. and Filev, D. P. 1992. Fuzzy logic controllers with flexible structures. Proceeding of 2nd International Conference in Fuzzy Sets and Neural Networks.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.7 /No.28 / Autumn 2006*

Data Fusion in Tillage Tools DSS (Decision Support System)

H. Sharifnasab and R. Alimardani

Nowadays, using the technology and computer for making decision in specialized fields is one of the subjects which in the levels of industrial management and decisions has been very much noticed. In particular, the decisions which on the base of current specific conditions are required, such as making decision in the selection of primary tillage suitable equipment for a given condition of farm. Tillage consumes more energy than other agricultural operation, in this case, one mistake in optimum selection of tillage equipment, not only will waste the huge amount of energy, but also leads to serious impacts to soil, crop and other farm operation. The optimum selection of tillage equipment is affected by environmental and geographical condition factors and available facilities. In this study an attempt has been made to combine all of the important factors in making decision and to suggest a classified list of equipment that farmer can use, by using the data fusion theory (Ordered Weighted Averaging). Based on, the results obtained from software and experts's suggestions, it can be concluded that the software is compatible with scientific references by 99% confidence whereas experts's suggestions are compatible with scientific references only by 94% confidence.

Key words: Data Fusion Theory, Decision Support Systems, Fuzy Rules, Ordered Weighted Averaging, Tillage Equipment