نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

# انتخاب مناسب‌ترین پمپ هیدرولیکی ماشین‌های کشاورزی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره به کمک نرم‌افزار DEXi

**میلاد رضاپورسرابی[۱*]، ترحم مصری گندشمین[۲] و عظیم احمدی[۳]**

۱- دانشجوی سابق کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشجوی دکترای فیزیولوژی زراعی، دانشگاه شاهد تهران

ایمیل مکاتبه کننده: hpr@dr.com

## چکیده

امروزه یکی از چالش‌های اساسی پیش روی مدیران صنعت و کشاورزی اتخاذ تصمیم صحیح می‌باشد. با پیشرفت مکانیزاسیون و ورود نرم‌افزارها و سیستم‌های تصمیم‌یاب، تصمیم‌گیری از حالت سعی و خطا خارج شده است. هدف از این مطالعه استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره با استفاده نرم‌افزار DEXi در انتخاب مناسب ترین نوع پمپ هیدرولیکی از بین سه نوع پمپ رایج و موجود در بازار می‌باشد. معیارهای در نظر گرفته شده شامل هزینه‌ها، مشخصات ساختاری و کارایی می‌باشد. داده‌های جمع آوری شده وارد نرم افزار DEXi نسخه 304en شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصله از نرم افزار، بین پمپ‌های بررسی شده، پمپ‌های نوع پیستونی به عنوان مناسبترین پمپ‌های هیدرولیکی برای مصارف کشاورزی انتخاب و معرفی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** انتخاب صحیح، پمپ هیدرولیکی، تصمیم‌گیری چند معیاره.

## مقدمه

در مواردی که تصمیم‌گیری در خصوص پروژه‌ها با اتکا بر معیارهای چندگانه و متکی به اخذ تصمیم در شرایط نامطمئن باشد، فرآیند تصمیم‌گیری به علت عدم وجود استانداردهای لازم، از سرعت و دقت لازم برخوردار نبوده و همین امر باعث می‌شود که تصمیمات تا حد زیادی به خرد تصمیم‌گیر وابسته باشد. با توجه به اهمیت ماشین‌های صنعتی و کشاورزی به عنوان منبع توان در تولیدات مکانیزه قرن حاضر، ارزیابی و انتخاب این ادوات از اولویت‌های اجتناب ناپذیر مدیریت واحدهای صنعتی می باشد. از آنجا که اتخاذ تصمیم صحیح و به موقع می تواند تاثیر قابل توجه در زندگی انسان‌ها داشته باشد، ضرورت وجود یک راهکار قوی که بتواند انسان را در این زمینه یاری کند کاملا محسوس می‌باشد. یکی از کارآمدترین این راهکارها، استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. این تکنیک براساس مقایسه زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. فرآیند

تصمیم‌گیری چند معیاره به علت ماهیت ساده و در عین حال جامعی که دارد مورد استقبال مدیران و کاربران مختلف واقع شده است. زمانی که در پروژه‌هایی با معیارهای چندگانه، نیاز به تصمیم‌گیری باشد، به علت عدم وجود استاندارد، فرآیند تصمیم‌گیری از سرعت و دقت لازم برخوردار نبوده و همین امر باعث می‌شود که تصمیم تا حد زیادی به خود تصمیم‌گیر وابسته باشد. برای حل این مشکل و یا حداقل کردن آثار جانبی آن، روش‌های تصمیم-گیری با معیارهای چندگانه طراحی شده‌اند که هر یک، از قوانین و اصول خاصی پیروی می‌کرده و دارای مزایا و معایبی هستند. با توجه به اهمیت ماشین‌های صنعتی و کشاورزی به عنوان منبع توان در تولیدات مکانیزه قرن حاضر، ارزیابی و انتخاب این ادوات از اولویت‌های اجتناب ناپذیر مدیریت واحدهای صنعتی می‌باشد. از آنجا که اتخاذ تصمیم صحیح و به موقع می تواند تاثیر بسزایی در زندگی انسان‌ها داشته باشد، ضرورت وجود یک تکنیک قوی که بتواند انسان را در این زمینه یاری کند کاملا محسوس می‌باشد (Saaty, 1980).

با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چند معیاری (TOPSIS[1]) به انتخاب تراکتور مناسب در ایران پرداخته شده است. معیارهای ارزیابی تراکتور مناسب عبارت بودند از: توان مالبندی، توان هیدرولیک، توان محور توانده‌ی، نوع محور توانده‌ی، مصرف سوخت ویژه، دامنه سرعت حرکت، دور مشخصه موتور، جعبه دنده و کارخانه سازنده. در بین یازده مدل تراکتور بررسی شده، تراکتور مسی فرگوسن ۴۴۰ نسبت به دیگر مدل‌ها ترجیح داده شد و به عنوان تراکتور مناسب توصیه شد (لک و برقعی، ۱۳۸۹). به کمک تصمیم‌گیری چند معیاره، رویکردی یکپارچه در مورد انتخاب محل انبار و نوع فرآیند، با در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفت (Korpela, Tuominen, 1996). تحلیل سلسله مراتبی و تصمیم‌گیری چند معیاره به عنوان یک راهبرد در تصمیم‌سازی برای انتخاب ابزار ماشینی معرفی گردید (Yurdakul, 2004).

روش تجزیه و تحلیل به کمک تصمیم‌گیری چند معیاره معمولا به صور مختلفی ارزیابی می‌شود، یکی از این روش‌ها استفاده از نرم‌افزار و روش DEXi می‌باشد (Bohanec and Rajkovic, 1990; Bohanec, et al., 2000). همه روش‌های تصمیم‌گیری در نهایت با داده‌های کمی قادر به انتخاب می‌باشند، اما به کمک نرم‌افزار DEXi می‌توان داده‌ها را به صورت کیفی نیز وارد کرد. از ویژگی‌های این روش تسهیل طراحی مدل‌های تصمیم‌گیری به صورت کیفی در مقایسه با طراحی مدل‌های کمی می‌باشد که دیگر نیازی به محاسبات پیچیده تصمیم‌گیری نمی‌باشد (Bohanec and Rajkovic, 1990). یکی از مزایای استفاده از معیارهای کیفی، اندازه‌گیری ویژگی‌هایی است که قابل اندازه‌گیری به صورت عددی نمی‌باشند، مثل اهمیت برند (Potocˇnik, 2006).

استفاده از سیالات برای انتقال و یا تبدیل انرژی به صدها سال پیش باز می‌گردد، زمانیکه از آسیاب‌های بادی برای آسیاب کردن غلات و از چرخهای آبی برای تبدیل انرژی پتانسیل آب به حرکت دورانی استفاده می‌شد. با پیشرفت تکنولوژی و افزایش کاربرد ماشین موضوعات دیگری چون سهولت انجام کار، فرسایش، سر و صدا، هزینه کمتر و مسائلی از این قبیل موضوع کار طراحی قرار گرفتند. استفاده از سیستم هیدرولیک تا حد زیادی مکشلات فوق را از بین می‌برد، لذا روزبروز جایگزین روش‌های دیگر انتقال توان می‌گردند. توجه به نفوذ روز افزون سیستم‌های

[1] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

هیدرولیکی در صنایع مختلف وجود پمپ‌هایی با توان و فشارهای مختلف بیش از پیش مورد نیاز است (McGraw-Hill, 2003). پمپ به عنوان قلب سیستم هیدرولیک انرژی مکانیکی را که توسط موتورهای الکتریکی، احتراق داخلی و... تامین می‌گردد به انرژی هیدرولیکی تبدیل می‌کند. در واقع پمپ در یک سیکل هیدرولیکی انرژی سیال را افزایش می‌دهد تا در مکان مورد نیاز این انرژی افزوده به کار مطلوب تبدیل گردد. پمپ فقط مولد جریان سیال بوده و سطح فشار ایجاد شده به میزان بار مقاومی که توسط عملگر سیستم هیدرولیک بر آن غلبه می‌شود، بستگی دارد (Parr, 2006). سیستم‌های هیدرولیکی در ماشین‌های کشاورزی نیز اهمیت ویژه‌ای یافته است. دستگاه هیدرولیک تراکتور که در ابتدا فقط برای بلند کردن ادوات بکار می‌رفت، امروزه برای کنترل ادوات سوار و دنباله‌بند و نیز برای بکار انداختن دستگاه فرمان، کمک به ترمز کردن، تنظیم صندلی راننده، تغییر فاصله چرخ، نسبت دنده در دستگاه انتقال، اتصال کلاچ محور توان‌دهی، تحریک دستگاه کمک راه‌اندازی و کنترل قدرت موتورهای هیدرولیکی از راه دور و چندین مورد استفاده دیگر، بکار می‌رود (Parr, 2011).

هدف از این مطالعه، انتخاب مناسب ترین نوع پمپ هیدرولیک برای مصارف کشاورزی از بین سه نوع پمپ موجود (پیستونی، تیغه‌ای و دنده‌ای)[2] با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره با نرم‌افزار DEXi می‌باشد.

**مواد و روش‌ها**

در این تحقیق برای داشتن معیارهایی مناسب جهت انتخاب مناسب‌ترین پمپ از نظرات سه گروه از افراد مرتبط با این زمینه (تولید کنندگان، فروشندگان و تعمیرکاران، استفاده کنندگان) در قالب پرسشنامه استفاده شد. برای کسب اطلاعات و پاسخ به پرسشنامه‌ها از نظر کارشناسان، تولیدکنندگان، فروشندگان، تعمیرکاران و استفاده‌کنندگان به صورت تصادفی و در دسترس بودن افراد استفاده شد. که در آخر موفق به جمع‌آوری هفتاد و چهار پرسشنامه که جامعه آماری بسیار بالایی در این حوضه است، از چهار گروه مورد بررسی در منطقه استان آذربایجان شرقی به صورت کامل و مورد اتکا انجام شد. شاخص‌های مورد بررسی در طراحی پرسشنامه شامل، هزینه، مشخصات ساختاری و کارایی و چهارده معیار اصلی شامل قیمت اولیه، هزینه‌های نگهداری و تعمیر، مصرف انرژی، قیمت و موجودیت قطعات یدکی، مشخصات ساختاری پمپ شامل فشار، دبی متغیری و قابلیت کار با دورهای مختلف، کارایی شامل طول عمر، مدت زمان بین دو خرابی، سطح صدا، مقاومت به دما و آلودگی‌های درون روغن هیدرولیک و زمان عکس العمل در نظر گرفته شد. قیمت اولیه، قیمت و موجودیت قطعات یدکی، مشخصات ساختاری و سطح صدا مهمترین عامل‌ها از عوامل فوق با توجه به گزارشات و بررسی‌های به عمل آمده، در نظر گرفته شد (شکل ۵).

برای شروع کار سه مرحله اصلی را باید مد نظر قرار داد (Žnidaršič, et al., 2009) :

طراحی درخت ویژگی‌ها، وارد کردن داده‌های کیفی و مقایسه شکل‌های حاصل.

[2] Piston pump, Vane pump and Gear pump

در گام اول باید معیارها را دسته‌بندی کرد، تا با هم دچار تداخل نشوند. در این مقاله داده‌ها در سه شاخص هزینه‌ها، مشخصات ساختاری و کارایی و چهارده معیار اصلی تقسیم‌بندی شدند و درخت ویژگی حاصل در شکل ۱ نشان داده شده است: داده‌های جمع آوری شده توسط نرم افزار DEXi 304en مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**DEXi multi-attribute model**

**Attribute tree**

**Attribute**

- **pumps**
  - **Costs**
    - Buy price
    - Maintenance costs
    - Fuel economy
    - Service Charge (Parts & Labor)
  - **Specifications**
    - Pressure
    - The variable flow
    - The amount depends on the velocity of flow and pressure
  - **Performance**
    - Longevity life
    - Time between failures
    - Noise level
    - **Persistence**
      - Temperature
      - Foreign materials in oil
    - Reaction

شکل ۱- سلسله مراتب و درخت ویژگی‌های معیارهای انتخاب پمپ هیدرولیک

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از نرم افزار DEXi را می توان به دو صورت ذیل خلاصه کرد.

**Average weights**

| Attribute | Local | Global | Loc.norm. | Glob.norm. |
|---|---|---|---|---|
| **pumps** | | | | |
| **Costs** | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Buy price | 25 | 8 | 25 | 8 |
| Maintenance costs | 25 | 8 | 25 | 8 |
| Fuel economy | 25 | 8 | 25 | 8 |
| Service Charge (Parts & Labor) | 25 | 8 | 25 | 8 |
| **Specifications** | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Pressure | 34 | 11 | 39 | 12 |
| The variable flow | 35 | 11 | 27 | 9 |
| The amount depends on the velocity of flow and pressure | 30 | 10 | 34 | 11 |
| **Performance** | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Longevity life | 20 | 7 | 27 | 9 |
| Time between failures | 20 | 7 | 16 | 6 |
| Noise level | 20 | 7 | 16 | 6 |
| **Persistence** | 20 | 7 | 27 | 9 |
| Temperature | 50 | 4 | 50 | 5 |
| Foreign materials in oil | 50 | 4 | 50 | 5 |
| Reaction | 20 | 7 | 16 | 6 |

شکل ۲- ارزش نسبی (وزن) معیارهای تصمیم در هر یک از زیر شاخه‌های معیارهای تصمیم

حالت اول، که در شکل ۲ بطور خلاصه نشان داده شده است، مقایسه و وزن‌دهی معیارهای تصمیم‌گیری را در شاخه‌های اصلی و زیرشاخه‌ها را در بین هر شاخه و زیرشاخه‌هایش[3] و نیز در حالت کلی[4] و حالت نرمالیزه هر کدام

[3] Local
[4] Global

را نیز نشان می‌دهد. با توجه به شکل، میزان اهمیت نسبی (وزن) معیارهای "قیمت اولیه"، "هزینه‌های نت"، "سطح صدا"، "طول عمر"، "قابلیت دبی متغیری"، "فشار تولیدی" به ترتیب برابر با: ۸، ۸، ۶، ۹، ۹ و ۱۲ می‌باشند. در نرم-افزار DEXi وزن‌دهی با روش نرمالیزه کردن وزن‌ها در کل شاخص‌ها به دست می‌آید.

حالت دوم، که در شکل ۳ بطور خلاصه نشان داده شده است، نحوه ارزش‌گذاری گزینه‌های تصمیم و شاخص‌ها را نشان می‌دهد؛ که با توجه به شرایط و ویژگی‌های ساختاری پمپ‌ها و بیشترین میزان دقت انتخاب شدند. در شکل ۴، ارزش نهایی هریک از گزینه‌ها با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده برای سه نوع پمپ مورد نظر مشاهده می‌شود.

| Attribute | Scale |
|---|---|
| **pumps** | unacc; acc; medium; good; ***excellent*** |
| **Costs** | high; down high; medium; up low; ***low*** |
| Buy price | high; medium; ***low*** |
| Maintenance costs | high; medium; ***low*** |
| Fuel economy | high; medium; ***low*** |
| Service Charge (Parts & Labor) | high; medium; ***low*** |
| **Specifications** | bad; acc; medium; good; ***exc*** |
| Pressure | to 150 Bar; to 200 Bar; ***to 700 Bar*** |
| The variable flow | no; ***yes*** |
| The amount depends on the velocity of flow and pressure | higt; few; ***no*** |
| **Performance** | bad; acc; medium; good; ***exc*** |
| Longevity life | bad; acc; medium; good; ***exc*** |
| Time between failures | high; medium; ***low*** |
| Noise level | 80-100; 60-80; ***40-60*** |
| **Persistence** | bad; acc; medium; good; ***exc*** |
| Temperature | 1; 2; 3; 4; ***5*** |
| Foreign materials in oil | 1; 2; 3; 4; ***5*** |
| Reaction | low; medium; ***high*** |

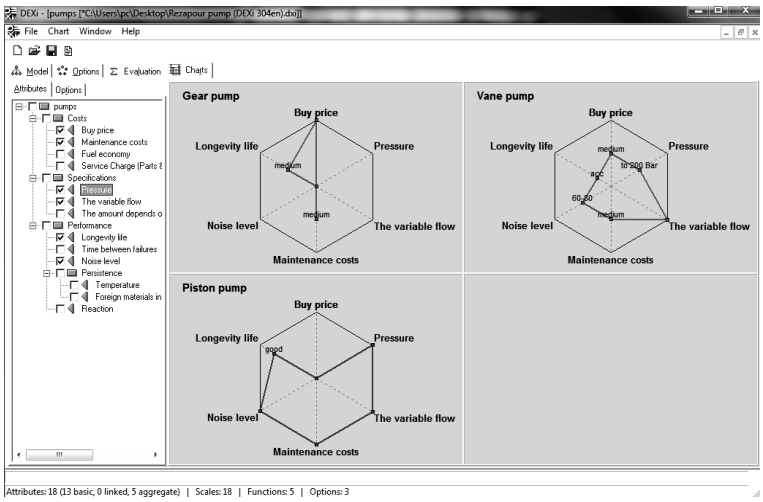
شکل ۳- نحوه ارزش‌گذاری گزینه‌های تصمیم و شاخص‌ها

**Evaluation results**

| Attribute | Gear pump | Vane pump | Piston pump |
|---|---|---|---|
| **pumps** | medium | medium | ***excellent*** |
| **Costs** | up low | medium | up low |
| Buy price | ***low*** | medium | high |
| Maintenance costs | medium | medium | ***low*** |
| Fuel economy | medium | medium | ***low*** |
| Service Charge (Parts & Labor) | ***low*** | medium | ***low*** |
| **Specifications** | acc | medium | ***exc*** |
| Pressure | to 150 Bar | to 200 Bar | ***to 700 Bar*** |
| The variable flow | no | ***yes*** | ***yes*** |
| The amount depends on the velocity of flow and pressure | few | higt | few |
| **Performance** | medium | medium | good |
| Longevity life | medium | acc | good |
| Time between failures | medium | medium | ***low*** |
| Noise level | 80-100 | 60-80 | ***40-60*** |
| **Persistence** | medium | medium | medium |
| Temperature | 4 | 3 | 3 |
| Foreign materials in oil | 3 | 3 | 4 |
| Reaction | medium | ***high*** | ***high*** |

شکل ۴- مقادیر نهایی ارزش های کیفی گزینه های تصمیم

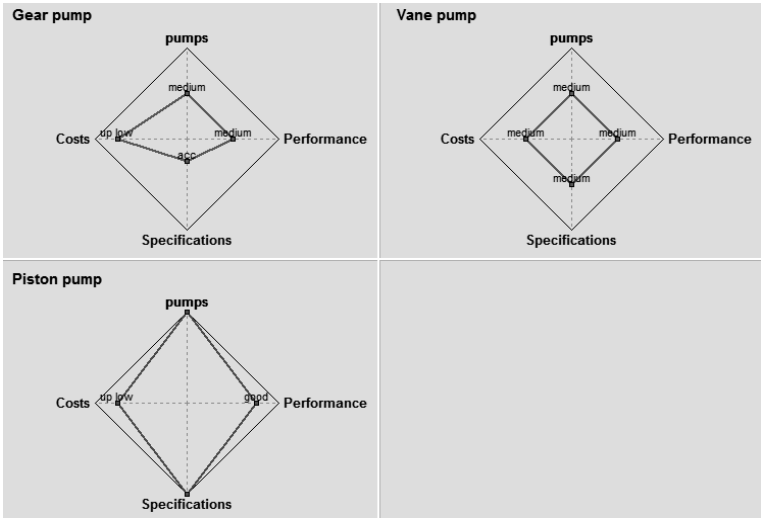
در شکل ۸ ارزیابی هر کدام از پمپ‌ها با توجه به نظرات و اطلاعات جمع آوری شده از تولید کنندگان، فروشندگان و تعمیرکاران و استفاده کنندگان در شش معیاری که اهمیت بیشتری داشتند نشان داده شده است. یکی از نقاط ضعف نرم‌افزار DEXi خروجی نهایی نموداری آن است که فقط تا شش شاخص را می‌توان همزمان با هم مقایسه کرد، که البته حتی این مقایسه نموداری هم در نرم‌افزارهای مشابه دیگر وجود ندارد.




شکل ۸- مقایسه مهمترین فاکتورها در انتخاب پمپ‌ها (محیط نرم افزار)

## نتیجه‌گیری

این مطالعه به منظور انتخاب مناسب‌ترین نوع پمپ هیدرولیک با توجه به سه معیار هزینه ها، مشخصات ساختاری و کارایی انجام گردید. با توجه به نظرات جمع آوری شده از تولید کنندگان، فروشندگان وتعمیرکاران و استفاده کنندگان وتحلیل نتایج نرم افزار DEXi پمپ هیدرولیکی نوع پیستونی به عنوان مناسب‌ترین پمپ انتخاب و معرفی گردید. همچنین پمپ دنده‌ای، با توجه به قیمت اولیه پایین در بین استفاده‌کنندگان رایج شده است اما به دلیل کیفیت و کارایی و مشخصات نسبی کمتر نسبت به پمپ‌های پیستونی هیدرولیکی، رتبه پایین‌تری را کسب کرده است (شکل۶)؛ در صورتی که با توجه به زیاد بودن هزینه‌ها و همچنین مشخصات و کارایی بهتر پمپ‌های تیغه‌ای تفاوت قابل محسوسی نسبت به هم ندارند (شکل۶).




شکل ۶- نمودارهای مقایسه‌ای خروجی نهایی نرم‌افزار برای سه نوع پمپ با توجه به سه معیار اصلی

## منابع و مآخذ

۱. لک، م. و س. برقعی، ۱۳۹۰. انتخاب تراکتور مناسب بر مبنای تصمیم‌گیری چند معیاری. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

۲. وهابزاده، ا.، ۱۳۹۲. سایت شرکت هیدرولیکی بنیان تدبیر فلوید، http://www.iranfluidpower.com/.

۳. بی‌نام، ۲۰۱۰. کاتالوگ اطلاعات فنی شرکت رکسروت بوش آلمان.

۴. بی‌نام، ۱۳۸۵. کاتالوگ اطلاعات فنی پمپ‌های هیدرولیکی شرکت پمپ ایران. انتشارات پمپ ایران.

5. Bohanec, M. and V. Rajkovicˇ, 1990. DEX: an expert system shell for decision support. Sistemica, 1(1), 145–157.

6. Bohanec, M., B. Zupan and V. Rajkovicˇ, 2000. Applications of qualitative multi attribute decision models in health care. International Journal of Medical Informatics, 58–59, 191–205.

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

8. McGraw-Hill, T., 2003. The Editorial Staff of the McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. Dictionary of Engineering. 2nd ed. dui: 10.1036/71417990.

9. Parr, A., 2006. Hydraulic pumps and pressure regulation. In Hydraulics: A technician's and engineer's guide. 2nd Ed. Great Britain: Butterworth-Heinemann.

10. Parr, A., 2011. Hydraulics and pneumatics a technician's and engineer's guide, p. 38. Elsevier.

11. Potocˇnik, M., 2006. Multi-attribute model for the assessment of farm tourism’s supply quality. Unpublished master’s thesis, University of Maribor, Maribor, Slovenia.

12. Saaty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.

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

14. Žnidaršič, M., M. Bohanec, E.J. Kok and T.W. Prins, 2009. Qualitative risk assessment for adventitious presence of unauthorized genetically modified organisms. Proceedings of ISIT, 1st International Conference on Information Society and Information Technologies, Novo Mesto: Faculty of information studies, Dolenjske Top lice, 7 p. 12-13. 10.

# Selecting the most appropriate agricultural machinery, hydraulic pump using multi-criteria decision software

## Abstract

In modern industry and agriculture, one of the main challenges that managers and responsible face is to make correct decisions. With the advance of mechanization and developing decision finder software and systems, making decision is not now a “trial and error” work. The purpose of this study is to use multi-criteria decision making method by using the DEXi software to choose the most suitable type of hydraulic pump of the three common types of pumps available in the market. Considered criteria include costs, specification and performance and structural. The collected data were entered and analyzed by DEXi version 304en. According to the results of the application, among analyzed pumps, the piston pump type was selected as the best hydraulic pumps and it was introduced for agricultural purposes.

**Keywords:** expert choice, multi-criteria decision making, hydraulic pumps.