

طراحی، ساخت و آزمون دینامومتر اتصال سه نقطه

محمد عسکری^{*۱} - محمد حسن کماریزاده^۲ - نعمت نوبخت^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۴

چکیده

برای اندازه‌گیری نیازهای کششی ادوات خاک‌ورزی از دینامومترهایی که به دوگروه مالبندی و اتصال سه نقطه تقسیم می‌گردند، استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری نیروهای بین تراکتور و ادوات سوار، نیاز به استفاده از دینامومترهای اتصال سه نقطه می‌باشد. در این تحقیق، اقدام به طراحی، ساخت و آزمون دینامومتر قابل تنظیمی با ظرفیت کششی ۲۵ کیلو نیوتن شده است که به صورت اتصال سه نقطه سوار بوده و از دو قاب ریلی (کشویی) که در داخل یکدیگر قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. تنها نیروسنجی که در این دستگاه استفاده شده است شامل یک عدد لودسل نصب شده بین دو قاب دینامومتر می‌باشد. انواع ادوات سوار به استثناء آن‌هایی که از محور تواندهی تراکتور نیرو می‌گیرند، قابل آزمون با این دستگاه بوده و بوسیله این دینامومتر می‌توان تغییرات نیروی مقاومت کششی آن‌ها را در شرایط مختلف خاک‌ورزی اعم از عمق کارهای مختلف و سرعت‌های متفاوت پیشروی مورد بررسی قرار داد. بعد از کالیبره کردن دینامومتر، آزمون‌های مزرعه‌ای دستگاه با استفاده از چهار نوع از ادوات سوار انجام و نتایج به دست آمده از این آزمون‌ها با اعداد محاسبه شده از روابط داده شده در استاندارد *ASAE D497.5* مقایسه گردید. با اندازه‌گیری نیروی مقاومت کششی ادوات توسط این دینامومتر، کار طراحی تیغه‌ها، ساقه‌ها و شاسی ادوات خاک‌ورزی و انتخاب اندازه صحیح ادوات با توجه به نوع خاک منطقه و توان تراکتورهای موجود به صورت علمی، میسر می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اتصال سه نقطه، اندازه‌گیری کشش، خاک‌ورزی، دینامومتر، طراحی و ساخت

مقدمه

تراکتور، طراحی شده‌اند (Chen et al, 2007). این نوع دینامومترها توسط تعداد زیادی از محققین مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Zoerb et al, 1983; Kitson, 1987; Kirisci et al, 1993; Godwin et al, 1993; Chen et al, 2007). اندازه‌گیری نیروهای بین تراکتور و ادوات سوار، محققین را به استفاده از دینامومترهای اتصال سه نقطه ناگزیر ساخته است (Aljalil et al, 2001). دینامومترهای اتصال سه نقطه خود به دو گروه تقسیم می‌شوند. یک گروه آن‌هایی هستند که نیروسنج‌ها مستقیماً بر روی بازوهای تراکتور نصب می‌شوند درحالی‌که در گروه دیگر، نیروسنج‌ها بر روی قاب و یا قاب‌هایی که بین تراکتور و ادوات قرار می‌گیرند، نصب می‌گردند که به دینامومترهای اتصال سه نقطه نوع قابی معروف هستند. این نوع دینامومترها نیز توسط تعداد زیادی از محققین مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Chaplin et al, 1987; Aljalil et al, 2001; Kheiralla et al, 2003; Alimardani et al, 2008). مزیت این دینامومترها، قابلیت تجزیه نیروهای اندازه‌گیری شده به مؤلفه‌های آن در جهات افقی، جانبی و عمودی می‌باشد. از معایب این دینامومترها نیز می‌توان به جایابی ادوات به عقب بعلت نصب قاب‌ها بین تراکتور و ادوات، همچنین افزایش وزن ترکیب تراکتور- ادوات اشاره کرد. تعداد زیادی از

خاک‌ورزی جزء عملیات‌های زیربنایی در کشاورزی بوده و مصرف انرژی آن بیشتر از سایر عملیات‌های زراعی می‌باشد (Larson and Clyma, 1995). در نتیجه تعیین نیروهای وارده از خاک به ابزارهای خاک‌ورزی بسیار مهم بوده و با شناخت آن‌ها کار طراحی و ساخت ادوات با کارایی بیشتر و مصرف انرژی کمتر امکان‌پذیر می‌گردد. نیازهای کششی ادوات خاک‌ورزی ارتباط گسترده‌ای با طراحی این ادوات و تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تراکتور مناسب دارد (McLaughlin et al, 2008). برای اندازه‌گیری نیروی مقاومت کششی مورد نیاز ادوات خاک‌ورزی از وسایلی به نام دینامومتر استفاده می‌شود که به دوگروه اصلی شامل دینامومترهای مالبندی و دینامومترهای اتصال سه نقطه تقسیم می‌شوند. دینامومترهای مالبندی به منظور اندازه‌گیری نیروهای وارده بوسیله ادوات کششی بر مالبند

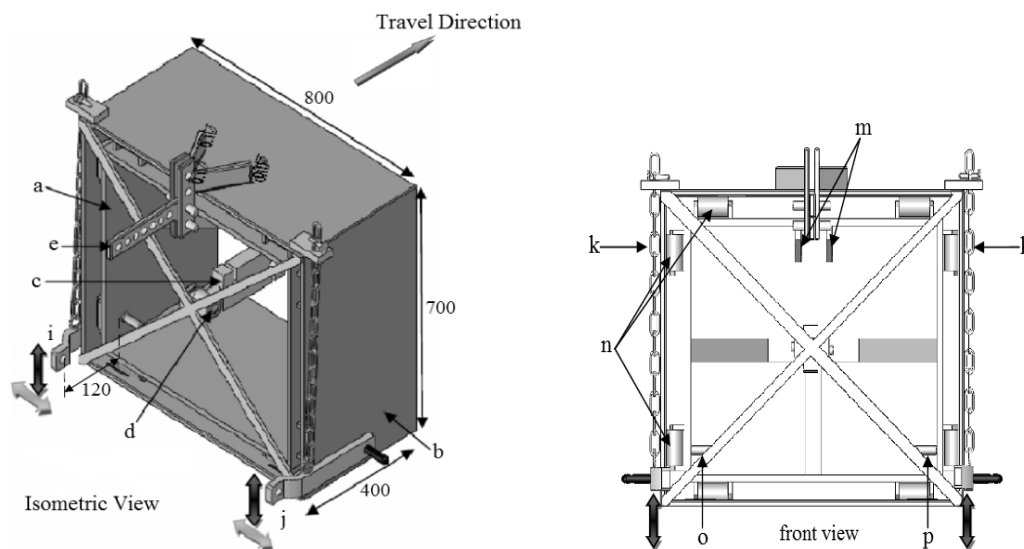
۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناس ارشد، دانشیار و کارشناس ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
* - نویسنده مسئول: (Email : engmohammadaskari@gmail.com)

شش کرنش سنج به همراه دو کرنش سنج اضافی تشکیل پل وتستون داده تا فقط نیروی افقی اندازه گیری شود. این محققین گزارش داده اند که به منظور اندازه گیری نیروهای جانبی و عمودی، ترکیب های متفاوتی از کرنش سنج ها باید به دینامومتر متصل گردد. این دینامومتر بوسیله تغییر طول بازوهای تلسکوپی برای ادوات استاندارد گروه های I و II قابل تنظیم و استفاده بوده و ظرفیت کششی ۳۵ کیلو نیوتن را دارا می باشد. با توجه به ویژگی های این دینامومتر و اطلاعات به دست آمده از دینامومترهای اتصال سه نقطه پیشین، در این تحقیق طرح جدیدی برای دینامومتر اتصال سه نقطه نوع قابی ارائه شده است. هدف اصلی تحقیق حاضر، ارائه دینامومتر اتصال سه نقطه قابل تنظیم جدیدی از نوع قابی است که قابل استفاده برای اندازه گیری نیروی کششی ادوات سوار استاندارد گروه های II و III تنها با استفاده از یک عدد لودسل باشد.

مواد و روش ها

برای طراحی دینامومتر مورد نظر، ابتدا در نرم افزار *Solid Works* 2009 شکل دلخواه مدلسازی گردید (شکل ۱).

دینامومترهای اتصال سه نقطه نوع قابی غیر قابل تنظیم بوده و برای اتصال ادوات دارای ابعاد استاندارد گروه های II و III مورد استفاده قرار می گیرند. در این دینامومترها، مکانیزم های اتصال سریع به منظور سهولت در اتصال به ادوات تعبیه شده است. اکثر این دینامومترها بگونه ای طراحی شده اند که نیروهای افقی و عمودی را با دقت بالایی اندازه گیری نموده و معمولاً نیروهای جانبی را اندازه نمی گیرند چون اگرچه نیروهای جانبی وارد بر ادوات خاک ورزی بر قابلیت فرمان گیری تراکتور مؤثرند، اما معمولاً این نیروها در حین عملیات خاک ورزی قابل اغماض می باشند (Godwin, 1975; Leonard, 1980). حمل و نقل ادوات سوار بر روی جاده و یا مزارع، نیروهای بسیار بزرگی را به دینامومتر وارد می سازد. این نیروها ممکن است چندین برابر نیروهایی باشند که ادوات در حین خاک ورزی به دینامومتر وارد می کنند. به منظور طراحی دینامومتر اتصال سه نقطه جدید، در ابتدا طراحی شبیه به دینامومتر ساخته شده توسط الجلیل و همکاران (۲۰۰۱) مورد توجه قرار گرفت. دینامومتر ساخته شده توسط الجلیل و همکاران شامل سه بازوی تلسکوپی بود که تشکیل یک قاب T شکل وارونه را می دادند و در انتهای هر یک از بازوها، یک اتصال U شکل وارونه قرار داشت. این نوع آرایش بازوها مانع استفاده از محور تواندهی تراکتور می گردید. به منظور اندازه گیری نیروی افقی (مقاومت کششی)، دو کرنش سنج بر روی هر اتصال U شکل نصب می شدند که مجموعاً این



شکل ۱- طرح دینامومتر در نرم افزار *solid works* و ابعاد در نظر گرفته شده برای قاب ۲ (mm)

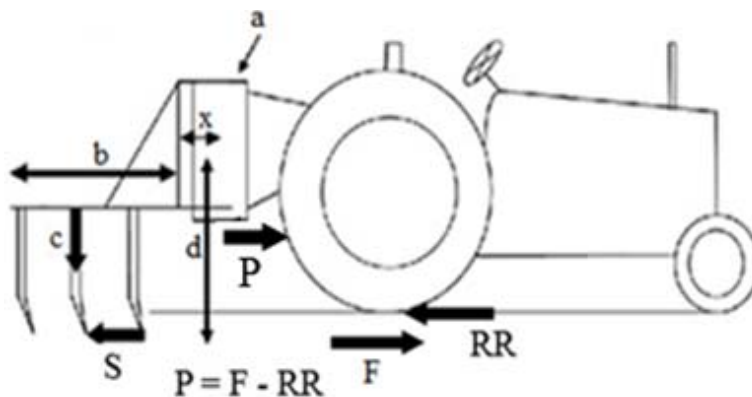
Fig1- the designed dynamometer in solid works software and the designated dimensions for frame 2 (mm)

loadcell linkage = d loadcell = c frame2 = قاب ۲ = b frame1 = قاب ۱ = a
 rollers = n three-point hitches for implements = ادوات سه نقطه اتصال = i, j and e
 chain linkages = k tractor three-point hitches = سیستم اتصال سه نقطه تراکتور = o, p and m

حرکت (b) ۲ متر و ماکزیمم فاصله بین نقطه اثر نیروی مقاومت خاک و مرکز قاب‌ها (d) ۰/۷ متر باشد (شکل ۲).

نیروی P در شکل ۲، حاصل تفاضل نیروی کششی ناخالص تراکتور (F) و نیروی مقاومت غلتشی تراکتور (RR) می‌باشد. این نیرو صرف مقابله با نیروی S می‌گردد که آن مجموع نیروهای مقاومت خاک و اصطکاک مابین خیش‌های گاواهن و کف و دیواره شیار شخم است (کیلونیوتن ۲۵ = S=P). نیروی اصطکاک از حاصلضرب نیروی وزن در ضریب اصطکاک یعنی μc محاسبه می‌گردد که در آن μ ضریب اصطکاک بین خاک و فولاد بوده که معمولاً ۰/۳-۰/۵ در نظر گرفته می‌شود (Komarizade, 2005) و c وزن ادوات می‌باشد. از آنجایی که استحکام دینامومتر با ضریب اطمینان بالایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، حد بالای مقدار μ یعنی ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. درحالتی که ادوات در خاک کار می‌کنند، نیروی S ضرب در بازوی d گشتاوری ساعتگرد و نیروی وزن c ضرب در بازوی $\frac{b}{2}$ به اضافه ۳۰ سانتی‌متر (x در شکل ۲)، گشتاوری پاد ساعتگرد به قاب ۲ دینامومتر وارد می‌کنند. با جایگذاری کمیت‌های مذکور، گشتاور S. d برابر با ۱۷/۵ کیلونیوتن متر ساعتگرد و گشتاور $c(\frac{b}{2} + x)$ برابر با ۱۳ کیلونیوتن متر پاد ساعتگرد به دست خواهند آمد. برآیند این دو گشتاور، گشتاور ۴/۵ کیلونیوتن متر ساعتگرد می‌باشد. درحالتی که ادوات توسط تراکتور حمل می‌شوند تنها نیروی وارد بر قاب‌های دینامومتر، وزن ادوات می‌باشد که گشتاوری به میزان ۱۳ کیلونیوتن متر پاد ساعتگرد به قاب ۲ دینامومتر وارد می‌شود.

دستگاه متشکل از دو قاب می‌باشد که یکی از آن‌ها درون دیگری قرار گرفته و قاب‌ها به آسانی و با کمک غلتک‌های نصب شده بر روی قاب ۱ می‌توانند در جهات مخالف و در راستای پیشروی، حرکت نمایند؛ اما از انجام این حرکت بوسیله لودسل نصب شده بین دو قاب، جلوگیری شده است. بر روی هر دو قاب، سیستم اتصال سه نقطه تعبیه شده است که دینامومتر را قادر می‌سازد بین تراکتور و ادوات سوار قرار گیرد. سه اتصال i، z و e در قاب ۲ به ادوات متصل شده که اتصال e ثابت بوده و دو اتصال دیگر به آسانی توسط تغییر طول اتصالات زنجیری، در جهات افقی و عمودی حرکت می‌کنند. این نحوه آرایش بازوهای دینامومتر، عرض و ارتفاع متغیری را برای اتصال به ادوات با ابعاد متفاوت فراهم می‌کند. همچنین اتصال دینامومتر به ادوات را آسان کرده و نیاز به مکانیزم اتصال سریع را مرتفع می‌سازد. طبق استاندارد ASAE S278.6، میزان جابجایی به سمت عقب ادوات استاندارد گروه‌های II و III نباید از ۱۲۷ میلی‌متر تجاوز کند که در این طرح، جابجایی به سمت عقب حدود ۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد. تراکتور مورد استفاده در آزمون‌های مزرعه‌ای دینامومتر، مسی فرگوسن ۲۸۵ با ۷۵ اسب بخار قدرت می‌باشد. اگر مشخصات فنی مندرج در کاتالوگ این تراکتور که تراکتور رایج کشاورزان ایران است را ملاک قرار داده و با ضریب اطمینان بالایی ماکزیمم قدرت مالبندی آن را ۲۵ کیلونیوتن (P در شکل ۲) در نظر بگیریم، با توجه به گشتاور اعمال شده به قاب‌های دینامومتر توسط ادوات در دو حالت کار در مزرعه و حمل و نقل، استحکام دستگاه در نرم افزار Solid Works مورد بررسی قرار می‌گیرد (با فرض این‌که ماکزیمم وزن ادوات سوار (c) ۱۰ کیلونیوتن، ماکزیمم طول آن‌ها در راستای مسیر



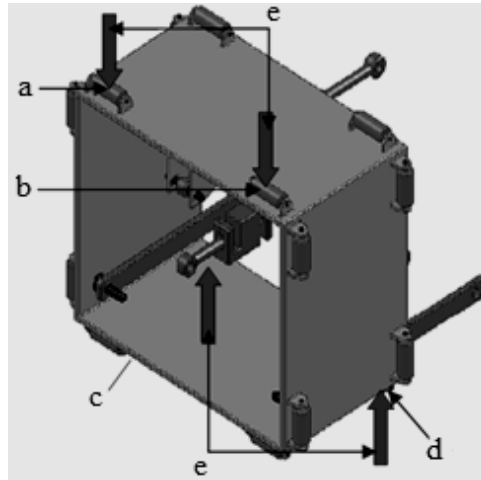
شکل ۲- ماکزیمم نیروهای وارده و ماکزیمم ابعاد در نظر گرفته شده برای ادوات

Fig2- The maximum forces and maximum designated dimensions for implements

a = دینامومتر = dynamometer b = طول ادوات = implement length c = وزن ادوات = implement weight
 d = بازوی گشتاور مقاومت خاک = torque arm of soil resistance F = نیروی کششی تراکتور = tractor traction force
 S = نیروی مقاومت خاک + نیروی اصطکاک = soil resistance + friction force RR = نیروی مقاومت غلتشی = tractor rolling resistance
 P = نیروی مالبندی تراکتور = tractor drawbar power
 x = فاصله بین اتصال ادوات تا مرکز قاب‌های دینامومتر = distance between implement junction to center of frames

و نیروی وارد بر محل اتصال لودسل و پس از تعیین نقاط تکیه‌گاهی و آلیاژ قاب‌ها (فولاد *AISI 1020*)، نرم افزار قادر خواهد بود که به تحلیل استحکام دینامومتر بپردازد. چون نرم‌افزار *Solid Works* قادر به تحلیل کل دستگاه به صورت مرکب و یکپارچه نیست پس قاب‌های ۱ و ۲ باید به صورت مستقل و جدا از هم و با در نظر گرفتن تقابل بینابین مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. به عنوان مثال نتایج تحلیل قاب ۱ در شکل ۴ آمده است.

همانگونه که ملاحظه می‌گردد، گشتاور و در نتیجه نیروی وارد بر قاب‌های دینامومتر در حالت حمل و نقل ادوات بیشتر از حالتی است که ادوات در خاک کار می‌کنند. پس اگر استحکام دینامومتر در حالت حمل و نقل مورد ارزیابی قرار گرفته و تأیید شود، دستگاه در حالتی که ادوات در خاک کار می‌کنند نیز با اطمینان بالایی عمل خواهد نمود. با اعمال گشتاور مذکور به قاب ۲ دینامومتر، این قاب نیروهای مطابق شکل ۳ به قاب ۱ اعمال می‌کند. با توجه به نیروهای وارد بر غلتک‌ها

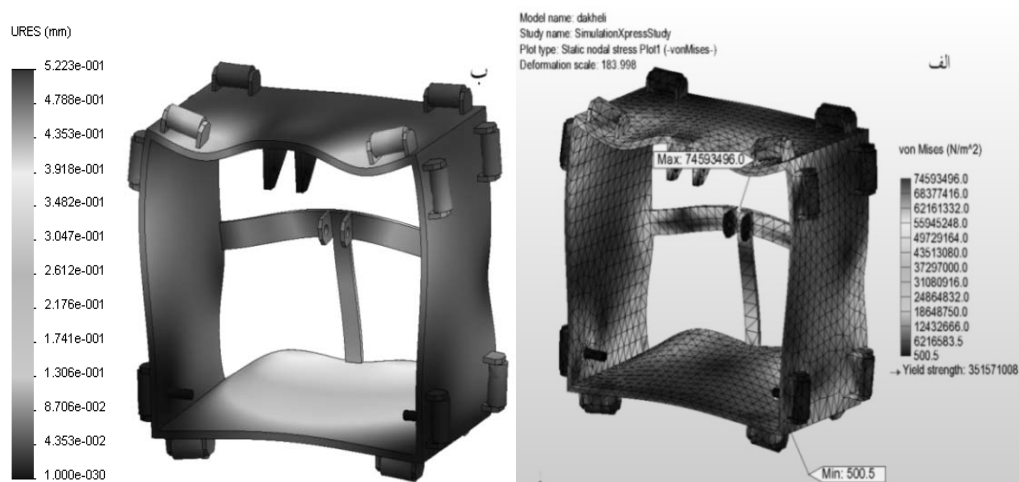


شکل ۳- نیروهای وارد بر قاب ۱ در اثر نیروی ۱۰ کیلو نیوتنی وزن ادوات در حالت حمل و نقل
 Fig3- The forces exerted on frame 1 concluded from 10 kN force of implements weight in transportation

$$\text{roller2} = b = \text{غلطک ۲} \quad \text{roller1} = a = \text{غلطک ۱}$$

$$\text{roller8} = d = \text{غلطک ۸} \quad \text{roller7} = c = \text{غلطک ۷}$$

$e =$ نیروهای وارد بر غلتک‌ها هر یک به میزان ۱۶/۵۲ کیلو نیوتن = the forces exerted rollers that each one is 16.52 kN



شکل ۴- تحلیل تنش (الف) و کرنش (ب) در قاب ۱
 Fig4- stress (left) and strain (right) analysis of frame 1

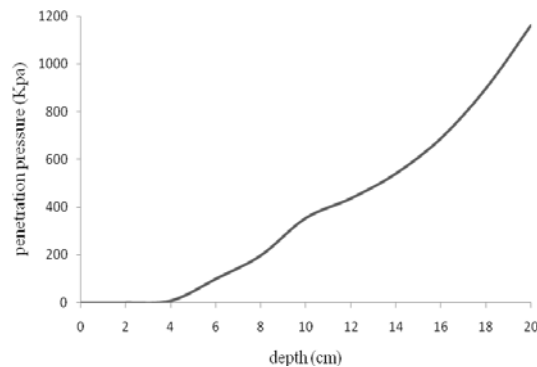
ادونتک (تایوان)، تقویت و تسهیم شده و سیگنال‌ها سپس در نگارنده BS-7220 ساخت شرکت بونگشین (کره جنوبی) بصورت عددی ظاهر شده و به لپ‌تاپ جهت ثبت و نگهداری انتقال می‌یابند. نگارنده و لپ‌تاپ بر روی تراکتور حمل شده و با استفاده از مبدل، از باتری تراکتور نیرو می‌گیرند. به منظور ارزیابی دینامومتر، نیروی کششی مورد نیاز چهار نوع از ادوات سوار خاک‌ورزی توسط آن اندازه‌گیری شده و با اعداد حاصل از فرمول محاسبه نیروی کششی مورد نیاز ادوات در استاندارد *ASAE Standard D497.5* مقایسه گردیده است. بدین منظور دو نوع از ادوات اولیه خاک‌ورزی شامل گاواهن برگرداندار و گاواهن قلمی و دو نوع از ادوات ثانویه خاک‌ورزی شامل هرس بشقابی و کولتیواتور مزرعه‌ای انتخاب شده و مقاومت کششی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات ساختاری این ادوات در جدول ۱ آمده است. برای انجام آزمون‌ها، مزرعه‌ای که قبلاً تحت کشت جو بوده است، انتخاب شد. چهار عامل رطوبت، چگالی حجمی، شاخص مخروطی و ساختمان خاک در میزان نیروی کششی مورد نیاز ادوات در خاک مؤثر می‌باشند (Upadhyaya et al, 1984).

نتایج تحلیل مدل، مناسب بودن ابعاد (طول ۸۰۰، عرض ۴۰۰ و ارتفاع ۷۰۰ میلی‌متر برای قاب ۲ و طول ۷۰۰، عرض ۴۰۰ و ارتفاع ۶۰۰ میلی‌متر برای قاب ۱ و ضخامت ۱۵ میلی‌متری ورق‌ها) دستگاه را تأیید کرد. باتوجه به تجزیه و تحلیل تنش در قاب‌های ۱ (شکل ۴ قسمت الف) و ۲، ضریب اطمینان (*FS*) برای این قاب‌ها با استفاده از معیار وان میسز و با تقسیم مقدار تنش تسلیم بر ماکزیمم تنش وارد بر قاب، به دست آمده که بترتیب ۴/۷ و ۶/۶ می‌باشد. پس از تأیید استحکام قاب‌ها در نرم‌افزار، ماکتی از مدل تهیه و بعد از آن مدل نهایی از جنس فولاد مذکور ساخته شد. در نهایت وزن دینامومتر شامل قاب‌ها، لودسل، اتصالات و غلتک‌ها حدود ۲۰۰ کیلوگرم اندازه‌گیری شده است. سیستم جمع‌آوری داده در دینامومتر شامل یک عدد لودسل، تقویت‌کننده تسهیم‌کننده (*amplifier multiplexer*)، نگارنده داده (*data logger*)، لپ‌تاپ و مبدل برق مستقیم ۱۲ ولتی باتری تراکتور به برق متناوب ۲۲۰ ولتی می‌باشد. ظرفیت اندازه‌گیری لودسل بکاررفته، ۳۰ کیلو نیوتن می‌باشد. سیگنال‌های خروجی لودسل توسط یک تقویت‌کننده تسهیم‌کننده *PCLD-789* ساخت شرکت

جدول ۱- مشخصات ساختاری ادوات مورد استفاده در آزمون مزرعه‌ای

Table 1- structural specifications of tested implements

ادوات implements	تعداد بازوی خاک‌ورز tools	عرض کار (Cm)Tillage width	عمق کار (Cm)Tillage depth	سرعت پیشروی (Kmh ⁻¹)Forward speed
گاواهن برگرداندار (moldboard plow)	3	120	20	3
گاواهن قلمی (chisel plow)	5	225	20	3
هرس بشقابی (disk harrow)	-	190	10	4
کولتیواتور (field cultivator)	9	220	10	4



شکل ۵- نتایج حاصل از آزمون نفوذسنجی خاک مزرعه

Fig. 5- cone index of farm soil

F ، پارامتری بدون بعد مربوط به بافت خاک است. i برای خاک ریز، متوسط و درشت بافت بترتیب برابر با یک، دو و سه می‌باشد. A, B, C ، پارامترهای مخصوص ادوات مندرج در جدول ۳ و S ، سرعت پیشروی برحسب کیلومتر بر ساعت است. W ، عرض ادوات خاک‌ورز بر حسب متر یا تعداد ساقه‌ها و بازوها مندرج در جدول ۳ و T ، عمق خاک‌ورزی برحسب سانتی‌متر می‌باشد. در فرمول ۱ پارامترهای سرعت پیشروی، عمق و عرض کار ادوات و نوع بافت خاک را مطابق با شرایط مزرعه‌ای اعمال شده و مشخصات ساختاری هریک از ادوات وارد کرده و داده‌های تئوری مربوطه به‌دست می‌آیند.

نتایج و بحث

بعد از مراحل طراحی و ساخت، ابتدا دینامومتر در مزرعه کالیبره شده و سپس با انجام آزمون‌های مزرعه‌ای مورد تست قرار گرفت. به‌منظور مقایسه تفاوت میان داده‌های حاصل از آزمون‌های مزرعه‌ای و اعداد به‌دست آمده از فرمول استاندارد، این داده‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

آزمون‌های مزرعه‌ای نشان داده‌اند که دینامومتر دارای دقت مناسب و استحکام بالایی در اندازه‌گیری نیروی کششی مورد نیاز ادوات سوار در سرعت‌ها و عمق‌های مختلف می‌باشد.

عوامل مؤثر مذکور در مزرعه انتخاب شده که حاوی خاک لوم رسی (۴۳٪ رس، ۲۹٪ شن و ۲۸٪ سیلت) بود، مورد بررسی قرار گرفتند. خاک مزرعه در ۱۵ محل تا عمق ۲۰ سانتی‌متری مورد آزمایش نفوذسنجی توسط نفوذسنج دستی (*Rimik CP20-UK*) قرار گرفت که نتایج حاصله در شکل ۵ ارائه شده است.

خاک مزرعه در ۵ محل و ۲ عمق ۱۰ - ۰ و ۲۰ - ۱۰ سانتی‌متر از لحاظ مقدار رطوبت و سایر خواص فیزیکی مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲ نمایش داده شده است (هریک از داده‌ها میانگین ۱۰ داده می‌باشند).

برای هرکدام از ادوات چهار تکرار در نظر گرفته شد و در مجموع شانزده کرت فراهم گشت که عرض کرتها، متناسب با عرض ادوات و طول آنها، ۳۰ متر تعیین شده و داده‌های به‌دست آمده از دینامومتر در بازه طولی ۱۰ تا ۲۵ متر، مدنظر قرار گرفته شدند. آزمایش‌ها در مزارع دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در پردیس نازلو انجام گرفته و در تمام آزمایش‌ها از یک تراکتور $MF285$ با دور موتور rpm ۱۵۰۰ و یک راننده با تجربه بطور ثابت استفاده گردید. داده‌های به‌دست آمده از دینامومتر به لپ‌تاپ منتقل شده و بطور مجزا از داده‌های مربوط به هریک از ادوات میانگین گرفته شده و با عدد به‌دست آمده از فرمول استاندارد *ASAE* مقایسه گردیده است. فرمول استاندارد محاسبه نیروی کششی مورد نیاز ادوات خاک‌ورزی (*ASAE D497.5*):

$$D = F_i [A + B (S) + C (S)^2] W T \quad (1)$$

در این فرمول D ، نیروی کششی مورد نیاز ادوات برحسب نیوتن و

جدول ۲- میزان رطوبت و سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک مزرعه

Table 2- moisture content and other physical properties of farm soil

درجه اشباع	وزن مخصوص ح	رطوبت بر پایه خشک	نسبت پوکی	تخلخل
Degree of saturation	Particle density (g/cm^3)	Humidity dry base	Void ratio	porosity
0.205	2.49	8.26	1.08	0.52

جدول ۳- پارامترهای کششی و ترانس پذیرفته‌شده در تخمین نیروی کششی ادوات خاک‌ورزی (*ASABE Standards 2006*)

Table 3- draft parameters and an expected range in draft estimated for tillage implements

فاصله اطمینان (Range) %±	خاک F_3	های F_2	پارامتر F_1	در SI C	مربوط به ادوات B	پارامترهای A	عرض کار ادوات $Unit\ width$	نوع ادوات $implements$
40	0.45	0.7	1.0	5.1	0.0	652	متر m	گاواهن برگرداندار (moldboard plow)
50	0.65	0.85	1.0	0.0	5.4	91	تعدادبازو $tools$	گاواهن قلمی (chisel plow)
20	0.78	0.88	1.0	0.0	4.5	86	متر m	هرس بشقابی (disk harrow)
25	0.65	0.85	1.0	0.0	1.9	32	تعدادبازو $tools$	کولتیواتور (field cultivator)

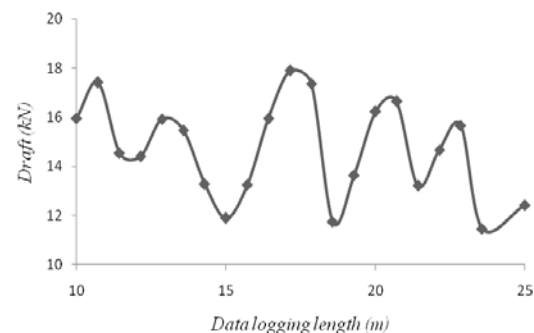
جدول ۴- داده‌های حاصل از آزمون مزرعه‌ای

Table 4- obtained data from field tests

داده تئوری (N)Theory data	داده دینامومتر (N)Dynamometer data	سرعت پیشروی (Kmh ⁻¹)Forward speed	عمق کار (Cm)Tillage depth	ادوات implements
15354	14717.5	3	20	گاواهن برگرداندار (moldboard plow)
10720	11412	3	20	گاواهن قلمی (chisel plow)
1976	1809	4	10	هرس بشقابی (disk harrow)
3564	3481	4	10	کولتیواتور (field cultivator)

فرمول استاندارد در مورد گاواهن قلمی که با توجه به شرایط مختلف خاک ممکن است بوجود بیاید، اختلاف ۶۹۲ نیوتنی نیرو در این محدوده ± 50 درصدی قرار می‌گیرد. به همین ترتیب سایر ادوات، مورد آزمایش و مقایسه با فرمول استاندارد قرار گرفتند که در مورد هرس بشقابی، اختلاف میان دو داده ۱۶۷ نیوتن و در مورد کولتیواتور مزرعه‌ای اختلاف در حدود ۸۳ نیوتن حاصل گردیده است (جدول ۴). بیشترین اختلاف بین داده‌های تئوری حاصل از فرمول استاندارد و داده‌های عملی به دست آمده از دینامومتر، مربوط به گاواهن قلمی به میزان ۶۹۲ نیوتن و کمترین اختلاف نیز مربوط به کولتیواتور مزرعه-ای به میزان ۸۳ نیوتن می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از تحقیقات گذشته، محققین مقاومت کششی گاواهن قلمی در واحد عرض و در عمق کار معین را حدود نصف مقاومت کششی گاواهن برگرداندار گزارش کرده‌اند (Shafei, 1995). با توجه به فاصله ۴۵ سانتی‌متری بین شاخه‌های گاواهن ۵ شاخه قلمی، این گاواهن در هر عبور عرض کاری به میزان ۲/۲۵ متر را پوشش می‌دهد؛ درحالی‌که گاواهن برگرداندار در هر عبور عرض کاری به میزان ۱/۲ متر را پوشش می‌دهد. با بستن تناسبی مابین نیروهای به دست آمده از دینامومتر و عرض کار این دو نوع گاواهن، مشاهده می‌گردد که در عرض کار واحد (یک متر) برای هر دو گاواهن، نیروی کششی مورد نیاز گاواهن برگرداندار، ۲/۴ برابر گاواهن قلمی خواهد بود و در نتیجه نتایج حاصل از تحقیقات گذشته تقریباً برقرار بوده و توسط دینامومتر طراحی شده نیز تأیید می‌گردد. یعنی با استفاده از گاواهن چیزل بجای گاواهن برگرداندار در شرایط مزرعه‌ای برابر، می‌توانیم از تراکتوری با قدرت کمتر استفاده کرده و اگر از همان تراکتور قبلی استفاده کنیم، در مصرف سوخت صرفه جویی خواهیم نمود که این نتایج ما را به سمت جایگزینی گاواهن چیزل بجای گاواهن برگرداندار در شرایط مزرعه‌ای برابر سوق می‌دهد. از طرفی هرس بشقابی و کولتیواتور مزرعه‌ای در هر عبور بترتیب عرض کاری به میزان ۱/۹ و ۲/۲ متر را پوشش می‌دهند. با بستن تناسبی مابین نیروهای به دست آمده از دینامومتر و عرض کار این دو نوع ادوات ثانویه، مشاهده می‌گردد که در عرض کار واحد (یک متر) برای هر دو نوع این ادوات، نیروی کششی مورد نیاز

با توجه به داده‌های جدول ۴ در مورد گاواهن برگرداندار، با جایگذاری پارامترهای عرض و عمق کار و سرعت پیشروی در فرمول ۱ و با توجه به بافت ریز خاک مزرعه، عدد تئوری به دست آمده برای نیروی مقاومت کششی این گاواهن ۱۵۳۵۴ نیوتن خواهد بود. با در نظر گرفتن فاصله اطمینان ± 40 درصدی پیشنهادی برای محاسبه نیروی مقاومت کششی این گاواهن در فرمول استاندارد (جدول ۳)، میانگین داده‌های دینامومتر باید عددی بین ۹۲۱۲/۴ تا ۲۱۴۹۵/۶ نیوتن باشد. از طرفی میانگین داده‌های دینامومتر ۱۴۷۱۷/۵ نیوتن به دست آمده که در فاصله اطمینان مذکور قرار دارد. اختلاف بین میانگین داده‌های دینامومتر و عدد تئوری حدود $\pm 4/14$ درصد می‌باشد. داده‌های دینامومتر در مورد گاواهن برگرداندار به دست آمده از آزمون مزرعه‌ای این گاواهن در شکل ۶ نمایش داده شده است.



شکل ۶- نیروی کششی مورد نیاز گاواهن برگرداندار به دست آمده از آزمون مزرعه‌ای

Fig 6. Draft force of the moldboard plow obtained in field test

در مورد گاواهن قلمی، میانگین داده‌های دینامومتر ۱۱۴۱۲ نیوتن به دست آمد و با جایگذاری پارامترهای تعداد شاخه، عمق کار و سرعت پیشروی در فرمول استاندارد و با توجه به بافت خاک مزرعه، عدد تئوری به دست آمده برای نیروی کششی این گاواهن ۱۰۷۲۰ نیوتن خواهد بود که با در نظر گرفتن فاصله اطمینان کمیتی ± 50 درصدی در نظر گرفته شده برای محاسبه نیروی مقاومت کششی در

ادوات استاندارد گروه‌های II و III متصل گردد. دینامومتر مذکور اولین دینامومتر طراحی شده می‌باشد که قادر است تنها با استفاده از یک عدد لودسل، نیروی کششی موردنیاز ادوات سوار خاک‌ورزی را اندازه‌گیری نماید. دینامومتر در شرایط مزرعه‌ای بخوبی عمل کرده و قادر می‌باشد نیروی کششی ادوات سوار را تا حداکثر مقدار ۲۵ کیلونیوتن اندازه‌گیری نماید. با استفاده از این دینامومتر و ترکیب مناسب تراکتور و ادوات، عملیات مزرعه‌ای موردنظر کشاورزان به نحو احسن انجام خواهد شد. این دینامومتر محققین و کشاورزان را یاری می‌کند تا از بین ادوات مختلف خاک‌ورزی با کاربرد مشابه، آنکه نیروی کمتری را در کشش نیاز دارد انتخاب نموده و از این طریق در مصرف سوخت صرفه جویی صورت خواهد گرفت.

کولتیواتور، ۱/۶۶ برابر هرس بشقابی خواهد بود. این نتیجه نیز، با توجه به اهمیت روزافزون صرفه‌جویی در مصرف سوخت ما را به سمت جایگزینی هرس بشقابی بجای کولتیواتور مزرعه‌ای در شرایط مزرعه‌ای برابر، برای آماده‌سازی نهایی بستر بذر سوق می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

اندازه‌گیری نیروهای بین تراکتور و ادوات سوار، محققین را ناگزیر به استفاده از دینامومترهای اتصال سه نقطه می‌نماید. دینامومتر اتصال سه نقطه شرح داده شده در این تحقیق، قادر است نیروی کششی موردنیاز ادوات سوار خاک‌ورزی را با دقت قابل قبولی اندازه‌گیری نماید. طراحی جدید به منظور قابلیت تنظیم بازوهای دستگاه، دینامومتر را قادر می‌سازد که به آسانی و بدون نیاز به مکانیزم اتصال سریع، به

منابع

- 1- Alimardani, R., Z., Fazel, A., Akram, A. Mahmoudi, and M.G. Varnamkhasti. 2008. Design and Development of a three-point hitch dynamometer. *Journal of Agricultural Technology*. 4(1): 37 – 52.
- 2- Aljalil, H. F., A. Khadir and W. Mukahal. 2001. Design and performance of an adjustable three Point hitch dynamometer. *Soil & Tillage Research* 62:153-156.
- 3- ASABE Standards. 2006. D497.5: Agricultural machinery management data. St. Joseph, Mich.: ASABE.
- 4- ASAE Standards. 1989. ASAE S278.6, Attachment of implements to agricultural wheel tractors equipped with quick attaching coupler. In *ASAE Standards 36th ed.* pp. 107-109.
- 5- Chaplin, J., Lueders, M. and Y. Zaho. 1987. Three-point hitch dynamometer design and calibration. *Appl. Eng. in Agric* 3(1): 10-13.
- 6- Chen, Y., N. B. McLaughlin and S. Tessier, 2007. Double extended octagonal ring (DEOR) drawbar dynamometer. *Soil & Tillage Research* 93: 462-471.
- 7- Godwin, R. J., 1975. An extended octagonal ring transducer for use in tillage studies. *Journal of Agricultural Engineering Research* 20: 347-352.
- 8- Godwin, R.J., A.J. Reynolds, M.J. O'Dogherty and A.A. Al-Ghazal, 1993. A triaxial dynamometer for force and management measurement on tillage implements. *J. Agric. Eng. Res* 55:189-205.
- 9- Kheiralla, A.F., A. Yahya, M. Zohadie and W. Ishak, 2003. Design and development of A three-point auto hitch dynamometer for an agricultural tractor. *AJSTD Vol. 20 Issue 3&4 pp* 271-288.
- 10- Kirisci, V., B.S. Blackmore, R.J. Godwin, and J. Blake, 1993. Design and calibration of three different three-point linkage dynamometers. *ASAE/CSAE Paper No. 93-1009*. ASAE, St. Joseph, MI.
- 11- Kitson, C.I. 1987. Development of a Three-Dimensional Tillage Force and Moment Dynamometer. Unpublished M.Sc. Thesis, Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.
- 12- Komarizade, M. H. 2005. *Mechanics of Tractors and Agricultural Machines*. ISBN: 964-6032-04-4 (In Farsi).
- 13- Larson, D. L., and H. E. Clyma. 1995. Electro-osmosis effectiveness in reducing tillage draft force and energy requirements. *Transactions of the ASAE* 38(5): 1281-1288.
- 14- Leonard, J.J., 1980. An extended-octagon rigid drawbar dynamometer. *Agric. Eng. Aust* 9: 3-8.
- 15- McLaughlin, N. B., Drury, C. F., Reynolds, W. D., Yang, X. M., Li, Y. X., Welacky, T. W., and G. Stewart. 2008. Energy inputs for conservation and conventional primary tillage implements in a clay loam soil. *Transactions of the ASABE* 51(4): 1153-1163.
- 16- Shafei, A. 1995. *Tillage Implements*. University of Tehran, Tehran (In Farsi).
- 17- Upadhyaya, S. K., T. H. Williams, L. J. Kemble and N. E. Collins, 1984. Energy requirement for chiseling in coastal plain soils. *Trans. ASAE* 27(6): 1643-1649.
- 18- Zoerb, G. C., N. G. Musonda and R. L. Kushwaha, 1983. A combined drawbar pin and force transducer. *Can. Agric. Eng* 25:157-161.

ارزیابی و مقایسه روش های زمین آماری در تهیه نقشه مدیریت اعمال نرخ-متغیر (VRA) علف کش پیش رویشی سیانازین

داوود محمدزمانی^{۱*} - سعید مینایی^۲ - رضا علیمردانی^۳ - مرتضی الماسی^۴ - روح اله یوسفی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۷/۴

چکیده

در این مقاله روش ارزیابی و مقایسه‌ی رهیافت های مختلف میانابایی در تخمین مقادیر نمونه برداری نشده‌ی ماده‌ی آلی و بافت خاک ارائه شده است. هدف از این پژوهش توسعه‌ی روشی دقیق برای تهیه‌ی نقشه‌ی های رقمی مدیریتی اعمال علف‌کش‌ها به صورت موضعی است که در نهایت منجر به کاهش میزان مصرف علف‌کش‌ها و نیز کاهش خطرات زیست محیطی خواهد شد. بدین منظور پس از نمونه برداری ۴۲ نقطه در مزرعه و تشکیل شبکه محلی و جهانی نقاط نمونه برداری شده در رایانه، به منظور تعیین مقادیر ماده‌ی آلی و بافت خاک در نقاط نمونه برداری نشده از روش های مختلف میانابایی در محیط نرم افزار *Surfer* استفاده شد. به منظور بسط مقادیر به سایر نقاط شبکه از پنج روش میانابایی فاصله‌ی معکوس توانی^۶، کریجینگ^۷، کمینه خمیدگی^۸، میانگین متحرک وزن دار^۹ و تابع شعاع-مینا^{۱۰} استفاده شد. به منظور ارزیابی روش های مختلف میانابایی در برآورد مقادیر نامعلوم رهیافت ارزیابی متقاطع^{۱۱} و دو پارامتر آماری "خطای میانگین مطلق"^{۱۲} *MAE* و "خطای میانگین اریب"^{۱۳} *MBE* بکار گرفته شد. نتایج ارزیابی روش ها نشان داد که روش کمینه خمیدگی با خطای ۱/۳۱ درصد نسبت به سایر روش های میانابایی کمترین خطا را در برآورد میزان ماده‌ی آلی خاک داشت. در مورد درصد ذرات شن، سیلت و رس، مقادیر خطا در روش کمینه خمیدگی به ترتیب برابر با ۱/۶۰، ۱/۱۸ و ۰/۵۹ بود که در مقایسه با سایر روش ها کمترین خطا را دارا می‌باشد. بر این اساس روش میانابایی کمینه خمیدگی به عنوان مناسب ترین روش برای برآورد درصد ماده‌ی آلی و بافت خاک در نقاط نمونه برداری نشده انتخاب شد. در گام بعدی، پس از انتخاب مدل مناسب در برآورد داده های ماده‌ی آلی و بافت خاک و نیز با استفاده از جدول تجویز علف‌کش سیانازین، نقشه‌ی مدیریتی کاربرد علف‌کش بر اساس مقادیر توصیه شده توسط شرکت تولید کننده‌ی علف‌کش سیانازین در محصول ذرت به دست آمد. بر اساس این نقشه و با در نظر گرفتن میزان کاربرد یکنواخت برای کل مزرعه به اندازه ۱/۷ و ۲/۹ و ۴ لیتر ماده‌ی مؤثر در هکتار، مصرف علف‌کش در مقایسه با میزان ۱/۸ لیتر به ترتیب به میزان ۳۹ درصد کاهش، ۴ و ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. این بدان معنا است که اگر کل مزرعه به میزان یکنواخت ۱/۷ لیتر ماده‌ی مؤثر در هکتار سمپاشی شود در مقایسه با مقدار ۱/۸ لیتر که با استفاده از نقشه‌ی مدیریتی به دست آمده است به میزان ۳۹ درصد در مصرف علف‌کش صرفه جویی خواهد شد. به همین ترتیب در صورت اعمال یکنواخت ۲/۹ و ۴ لیتر ماده‌ی مؤثر در هکتار در مقایسه با مقدار ۱/۸ لیتر به ترتیب به میزان ۴ و ۵۰ درصد مصرف علف‌کش افزایش خواهد یافت.

واژه های کلیدی: نقشه‌ی رقمی، روش های زمین آماری، میانابایی، بافت خاک، درصد ماده‌ی آلی، علف‌کش پیش رویشی

امروزه کشاورزی نوین نیاز به کنترل مؤثر آفات، کنترل میزان

مقدمه

۵- مربی مرکز آموزش جهاد کشاورزی قزوین

6-Inverse Distance to a Power

7-Kriging

8-Minimum Curvature

9-Weighted Moving Average

10-Radial Basis Function

11 -Cross Validation

12-Mean Absolute Error

13-Mean Bias Error

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

۲- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(*) نویسنده مسئول: davood412@aol.com Email:

۳- استاد گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی - پردیس کشاورزی - دانشگاه تهران

۴- استاد گروه مکانیزاسیون کشاورزی - دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

نایبوسته به نقشه‌ی اعمال نهاده‌ها به صورت پیوسته، منجر به خطاهایی در تخمین شرایط در نقاط نمونه برداری نشده می‌شود. در این رهیافت اگر برخی عملیات نظیر قطع درختان، بعد از جمع آوری داده‌های مکانی صورت بگیرد، امکان نادقیق بودن داده‌ها وجود دارد (Cugati, 2006).

تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک مزرعه نظیر بافت و درصد مواد آلی خاک میزان متفاوتی برای اعمال برخی علف‌کش‌های شیمیایی نظیر سیانازین، متناسب با نیاز نقاط مختلف مزرعه پیشنهاد می‌کند. برای علف‌کش‌های پیش‌رویشی و برای یک مزرعه‌ی خاص، رایج‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان کاربرد علف‌کش‌ها، بافت خاک و درصد ماده‌ی آلی خاک است (Loghavi, 2004). همچنین الگوریتم‌هایی به منظور تعیین میزان اعمال علف‌کش بر مبنای ویژگی‌های خاک ارائه شده است که بر مبنای آن مشخص شده است که تأثیر علف‌کش‌ها شدیداً با درصد ماده‌ی آلی خاک در ارتباط است (Weber et al., 1987). برخی پژوهشگران اثر علف‌کش‌های انتخابی را در ارتباط با ویژگی‌های خاک بررسی کردند و دریافتند که فعالیت علف‌کش‌ها همبستگی زیادی با درصد ماده‌ی آلی خاک دارد. آن‌ها پیشنهاد کردند که میزان اعمال برخی علف‌کش‌ها را باید با توجه به ویژگی‌های خاک تعیین کرد و برای این منظور معادلات میزان اعمال علف‌کش‌ها را به صورت تابعی از درصد ماده‌ی آلی خاک و میزان ذرات رس خاک ارائه کردند (Blumhorst et al., 1990).

با توجه به وجود محدودیت در انجام عملیات نمونه برداری در نقاط مختلف مزرعه به دلیل هزینه‌ی بالا، استفاده از روش‌های زمین آماری نظیر میانیاب‌ها می‌تواند در برآورد مقادیر مورد نظر در سایر نقاط مفید واقع گردد. میانیابی به مفهوم تعیین مقادیر مجهول مربوط به نقاطی از شبکه است که مقادیر Z مربوط به این نقاط به وسیله‌ی نمونه‌گیری و یا آزمایش تعیین نشده‌اند. مقادیر Z می‌تواند هر کمیت فیزیکی دلخواه نظیر ارتفاع، میزان ماده‌ی آلی خاک، دما، pH خاک و غیره باشد.

در حالت کلی روش‌های میانیابی به دو دسته تقسیم می‌شوند: میانیاب‌های دقیق^۴ و میانیاب‌های هموارساز^۵ (Blewitt, 1997). میانیاب‌های دقیق، مقادیر مربوط به نقاط داده‌ها را در گره‌های شبکه (نقاطی که مقادیر Z آن‌ها معلوم است) با دقت بالا حفظ می‌کنند. به عبارت دیگر در این روش نقاطی که با نقاط گره‌ای شبکه منطبق شوند با وزنی معادل با یک و سایر نقاط با وزنی معادل صفر میانیابی می‌شوند. میانیاب‌های هموارساز و ضرایب هموارسازی را می‌توان هنگامیکه قابلیت تکرارپذیری^۶ در اندازه‌گیری داده‌های اولیه

اعمال نهاده‌ها به صورت موضعی و کمینه آسیب به محیط زیست را بیش از پیش احساس می‌کند و بر این اساس تقاضای عمومی برای سامانه‌های کنترل اعمال مواد شیمیایی روز به روز در حال افزایش است. یکی از روش‌های اصولی در دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، مدیریت موضعی محصولات زراعی یا به کارگیری کشاورزی دقیق است. مدیریت موضعی محصولات زراعی رهیافتی مبتنی بر فناوری اطلاعات و الکترونیک به منظور اصلاح ساختار مدیریت خاک، آب، آفات و نیز محصولات زراعی به صورت موضعی همگام با تغییرپذیری مکانی و زمانی عوامل مؤثر بر تولید زراعی است.

یکی از مهمترین دستاوردهای کشاورزی دقیق، کاربرد فناوری میزان-متغیر^۱ (VRT) به منظور کاهش مصرف مواد شیمیایی به ویژه ویژه علف‌کش‌ها است به گونه‌ای که کاهش ۵۰ درصدی در کاربرد علف‌کش‌های پیش‌رویشی بر مبنای ویژگی‌های خاک در زراعت ذرت با استفاده از فناوری نرخ-متغیر گزارش شده است (Qiu et al., 1998). در اعمال نرخ-متغیر نهاده‌ها (VRA^۲)، رهیافت مبتنی بر نقشه (در مقایسه به رهیافت مبتنی بر حسگر)، بر مبنای به کارگیری GPS و GIS توسعه یافته است. سامانه‌های VRA مبتنی بر نقشه، میزان اعمال نهاده‌ها را بر مبنای اطلاعات موجود در یک نقشه‌ی رقومی مشخصات مزرعه تنظیم می‌کنند (Loghavi, 2004). یک نقشه‌ی رقومی مدیریتی اعمال نهاده‌ها مبتنی بر ویژگی‌های خاک چنانچه به وسیله‌ی یک روش نمونه برداری مناسب تهیه شده باشد، می‌تواند تا چندین سال به عنوان یک مرجع ارزشمند در عملیات زراعی مبتنی بر کشاورزی دقیق مورد استفاده قرار گیرد.

به منظور اعمال نهاده‌های زراعی نظیر کود، مواد شیمیایی، بذور و آب به شیوه‌ی نرخ-متغیر در رهیافت مبتنی بر نقشه یا حسگر، اندازه‌گیری کمیت‌های تغییرپذیر و مؤثر بر میزان اعمال نهاده‌ها در مزرعه الزامی است. در رهیافت مبتنی بر نقشه، نمونه‌گیری از کمیت‌های مورد نظر قبل از اعمال نهاده‌ها انجام گرفته و پس از پردازش و تهیه‌ی نقشه‌ها، نهاده‌های زراعی بر مبنای نقشه‌ی مدیریتی تهیه شده، با به کارگیری اعمال‌کننده‌های نرخ-متغیر اعمال می‌شود. این سامانه‌ها قادر به تعیین موقعیت خود درون مزرعه توسط یک گیرنده-GPS می‌باشند که معمولاً به صورت تصحیح افراتی^۳ عمل می‌کند. کنترل‌گرهای موجود در این سامانه‌ها شرایط زراعی موجود در نقشه‌ی تجویز شده را بر مبنای موقعیت این سامانه درون مزرعه جستجو کرده، سپس میزان اعمال نهاده‌ها را بر اساس این شرایط تغییر می‌دهند. عیب اساسی این نوع سامانه‌ها خطاهایی است که در اثر خطای ناشی از عدم دقت گیرنده‌ی GPS در آن‌ها حاصل می‌شود. همچنین عملیات تبدیل داده‌های نمونه‌گیری شده‌ی

4-Exact Interpolators
5-Smoothing Interpolators
6-Repeatability

1-Variable Rate Technology
2-Variable Rate Application
3-Differential Correction

سانتی متر تحت تأثیر قرار گیرد. بعد از دو هفته از زمان آبیاری از یک خاک ورز برگرداندار سه خیش در عمق ۳۰ سانتیمتری به منظور شخم زمین و از یک هرس بشقابی آفست برای خاک ورزی ثانویه استفاده شد. به منظور تهیه‌ی بستری مناسب برای عملیات داده برداری و اجرای شبکه بندی سطح مزرعه، کلوخه های بزرگ، گاه و گلش سطحی خاک که عملیات نقشه برداری را با مشکل همراه می ساخت با دو بار استفاده از هرس بشقابی در دو جهت عمود بر هم مرتفع شدند. در نهایت به منظور تسطیح نهایی سطح خاک از یک ماله‌ی کششی بهره گرفته شد. قبل از شروع نقشه برداری از سطح مزرعه، چهار نقطه‌ی مرجع بر روی سطح مزرعه به وسیله بلوک های بتنی با ابعاد $30 \times 20 \times 20$ سانتی متر مشخص شدند. محل نصب این بلوکها کاملاً اختیاری بود که این نقاط به عنوان محل هایی برای استقرار دوربین *Total Station* و گیرنده های *GPS* بکار برده شد. مختصات این چهار نقطه به منظور تعیین بردار انتقال در مرحله پردازش داده های گیرنده های *GPS* و تبدیل مختصات محلی به جهانی بکار برده شد.

با به کارگیری تجهیزات نقشه برداری از نوع *Total Station*، موقعیت محلی چهار نقطه‌ی مرجع مشخص گردید که به نقطه‌ی مرجع B_4 با مختصات $(1000, 1000, 1000)$ بر حسب متر نسبت داده شد و سپس مختصات نسبی سه نقطه مرجع بعدی (B_3, B_2, B_1) نسبت به نقطه مرجع B_4 تعیین شد (شکل ۱). با استقرار دوربین *Total Station* بر روی نقطه‌ی مرجع B_4 و با استفاده از انعکاس دهنده، مختصات محلی مرز مزرعه مشخص شد. در ادامه با استقرار انعکاس دهنده در نقاط مختلف مزرعه، مختصات نقاط تراز مزرعه نیز به دست آمد. با استفاده از نقاط تراز مزرعه می توان ارتباط بین میزان تغییرات سرعت پیشروی تراکتور با شیب مزرعه را در مرحله اجرای فناوری نرخ-متغیره دست آورد. با پیاده کردن داده های به دست آمده از دوربین *Total Station* بر روی نرم افزار *Land*، نقشه‌ی اولیه‌ی مزرعه بر اساس مختصات محلی به دست آمد. سپس در محیط این نرم افزار به منظور نمونه برداری از خاک، نقشه‌ی مزرعه شبکه بندی شد (شکل ۱). این شبکه از ۴۲ سلول مربعی با ابعاد $14/8 \times 14/8$ متر تشکیل شده است که دوربین *Total Station* برای پیاده سازی نقاط رئوس این سلول ها بر روی مزرعه بکار برده شد. مختصات به دست آمده از دوربین های نقشه برداری *Total Station*، مختصات محلی است و به منظور کاربرد در عملیات کشاورزی دقیق، باید به مختصات نصف النهارات متقاطع جهانی UTM ^۲ تبدیل شوند. بدین منظور چهار گیرنده‌ی *GPS* استاتیک^۳ با دقت پنج میلی متر، که بر روی باند *LI* کار می کرد، بر روی چهار نقطه‌ی مرجع به کار گرفته

اولیه ناممکن است، به کار برد. این نوع میانمایی، اثرات تغییرپذیری بسیار کم بین نقاط داده های همجوار را به کمینه می‌رساند. میانمای های هموارساز، به هیچ نقطه ای وزنی معادل یک را اختصاص نمی‌دهند حتی اگر آن نقطه دقیقاً منطبق بر گره‌ی شبکه باشد. هنگامیکه هموارسازی به کار برده می‌شود، ضرایب هموارسازی به گونه ای تعیین می‌شوند که نقشه های تولید شده با این میانمای ها هموار گردند. ذکر این نکته ضروری است که هنگام استفاده از میانمای های هموارساز، تضمینی برای رسیدن به مقادیری که این مقادیر قبلاً به عنوان نقاط کنترل در میان گره های شبکه تعیین شده اند وجود ندارد.

در گزارشی روش های زمین آماری برای پیش بینی پراکنش مکانی شوری خاک بکار برده شده است. در این گزارش آمده است که روش کریجینگ با ضریب همبستگی $0/98$ و نیم تغییر نگار مدل گوسی از دقت بالایی برای برآورد شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است (Sokootti Oskooei et al., 2008).

هدف اصلی این پژوهش بررسی و مقایسه‌ی روش های مختلف میانمایی در تهیه‌ی نقشه‌ی رقومی خاک به عنوان یک نقشه‌ی مدیریتی می باشد که از آن به عنوان ورودی مطلوب^۱ در سامانه‌ی کنترل الکترونیکی میزان کاربرد علف کش های پیش رویشی استفاده می شود که قادر است در حین حرکت در مزرعه به طور خودکار تغییراتی در میزان کاربرد علف کش متناسب با نیاز مزرعه اعمال کند. بررسی میزان صرفه جویی در مصرف علف کش با استفاده از نقشه‌ی تهیه شده از دیگر اهداف این پژوهش بوده است.

مواد و روش ها

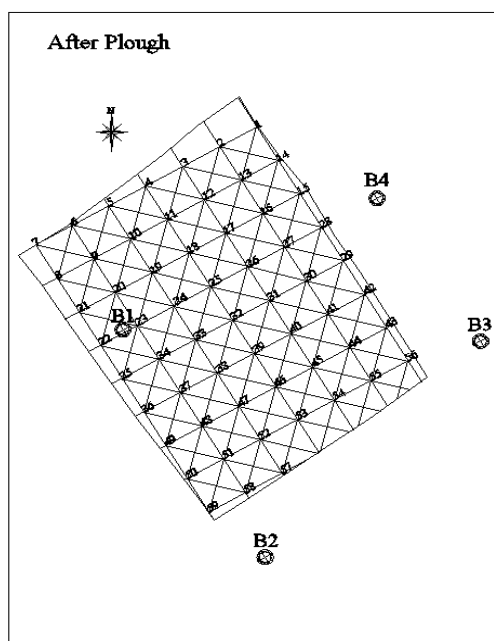
نمونه برداری و تهیه‌ی شبکه نقاط نمونه برداری شده

در این پژوهش یک مزرعه‌ی یک هکتاری واقع در دشت قزوین در جنوب غربی شهر قزوین که به مدت یک سال به صورت آیش باقی مانده بود به عنوان مزرعه مورد نظر در تهیه‌ی نقشه‌ی خاک بکار برده شد. این مزرعه که از مزارع تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان قزوین است، در طی دو سال قبل از شروع این تحقیق زیر کشت دو محصول کلزا و ذرت بوده است. به دلیل کاربری تحقیقاتی این مزرعه سطح آن در بخش های مختلف دارای ناهمواری های قابل ملاحظه ای بود و از طرفی به دلیل عدم کشت مزرعه در طی یک سال قبل از شروع این تحقیق، لایه‌ی سطحی خاک آن نسبتاً متراکم شده و نفوذ ادوات خاک ورزی در لایه‌ی سطحی آن با مشکل مواجه شد. لذا دو هفته قبل از شروع عملیات خاک ورزی و آماده نمودن مزرعه برای عملیات نقشه برداری، سطح مزرعه به روش آبیاری غرقابی به میزان ۴۸ ساعت آبیاری شد تا خاک تا عمق ۲۰

2-Universal Transverse Mercator

۳- ساخت شرکت Huace چین مدل X20

1-Desired Input



شکل ۱- شبکه بندی مزرعه و موقعیت چهار ایستگاه
 Figure 1: Griding of the test field and position of 4 benchmarks

نکته‌ی قابل توجه در مورد این گیرنده ها، تفاوت روش مکان یابی این گیرنده ها با گیرنده های GPS دستی است که در گیرنده های اخیر، داده‌ی دریافت شده توسط گیرنده بدون هر گونه فرآیند پردازش داده به عنوان موقعیت مطلق نقطه‌ی مورد نظر به کاربر ارائه می شود که شامل خطای قابل توجهی است. ولی در عملیات داده برداری به روش استاتیک، داده های موقعیت نسبت به یکدیگر سرشکنی شده‌و خطا به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. به موقعیت های محاسبه شده در این روش، موقعیت نسبی نقاط شبکه در مختصات UTM اطلاق می‌شود.

به منظور تبدیل مختصات محلی نقاط شبکه به مختصات جهانی UTM، نرم افزار Land بکار برده شد که در آن با وارد کردن مختصات UTM مربوط به چهار ایستگاه و با به دست آمدن بردار انتقال موقعیت، مختصات UTM تمام نقاط شبکه به دست آمد.

روش مورد استفاده در نمونه برداری از خاک، روش نقطه شبکه^۱ (مرکز شبکه) بود که در آن، نمونه ها از مرکز هر سلول شبکه انتخاب می‌شوند. برای به دست آوردن موقعیت مرکز هر سلول از دو ریسمان که رئوس هر سلول را به صورت ضربدری به یکدیگر متصل می‌کرد، استفاده شد. سپس توسط مته‌ی نمونه برداری از عمق ۲۰ سانتی متری که عمق متوسط توسعه و تأثیر علف‌کش های پیش رویشی در خاک است، نمونه برداری انجام گرفت.

انطباق لایه‌ی موقعیت UTM نقاط مزرعه با لایه‌ی میزان کاربرد علف‌کش و میانمایی داده ها پس از اتمام آزمایش های خاک، مقادیر درصد ماده‌ی آلی و بافت

به منظور پردازش داده های گیرنده های GPS، داده ها به رایانه‌ی شخصی منتقل شد که برای این منظور نرم افزار HcLoader که یک نرم افزار اختصاصی انتقال داده گیرنده های GPS بود، به کار برده شد. پردازش داده ها توسط نرم افزار Compass که یک نرم افزار اختصاصی برای پردازش داده های دریافت شده توسط GPS است، انجام شد. این نرم افزار داده های مربوط به گیرنده ها را به دو پنجره شامل پنجره جدول اطلاعات ایستگاه ها و پنجره‌ی گرافیکی موقعیت ایستگاه ها به صورت نقشه منتقل می‌کند. در نخستین مرحله پردازش داده ها، ارتفاع آنتن GPS برای نرم افزار تعریف شده و این مرحله برای هر چهار آنتن GPS اجرا شد. بعد از این مرحله، نرم افزار به طور خودکار پردازش داده های GPS را انجام داد. پردازش داده ها در سامانه‌ی مختصات بیضوی

میانگین مطلق MAE^E و "خطای میانگین اریب MBE^V " استفاده شد. ارزیابی متقاطع امکان سنجش کیفیت شبکه بندی را با محاسبه و بررسی خطاهای شبکه بندی میسر می‌سازد. در این روش نخست اولین داده از ۴۲ داده‌ی معلوم حذف شد و سپس با بکارگیری الگوریتم میانبایی مورد نظر، مقدار این داده از سایر داده‌ها (۴۱ داده‌ی باقیمانده) محاسبه شد. خطای میانبایی از رابطه‌ی (۱) تعیین شد:

$$E = IV - OV \quad (1)$$

که در آن :

E : خطا

IV : مقدار برآورد شده ماده‌ی آلی

OV : مقدار مشاهده شده ماده‌ی آلی می‌باشد.

سپس نخستین داده به مجموعه‌ی داده‌ها (۴۲ داده) برگردانده شد و دومین داده از مجموعه‌ی داده‌ها حذف گردید. پس از عملیات میانبایی، خطای میانبایی به روش فوق‌الذکر برای داده‌ی دوم محاسبه گردید. به همین ترتیب تمام ۴۲ داده به صورت متوالی حذف و سپس خطای میانبایی برای تمام نقاط محاسبه شد. این فرآیند، منجر به محاسبه‌ی ۴۲ خطای میانبایی برای تمام داده‌های اندازه‌گیری شده گردید. آنگاه کیفیت روش‌های مختلف میانبایی با بکارگیری پارامترهای آماری MAE و MBE مورد ارزیابی قرار گرفت.

MAE مشخص‌کننده‌ی خطای نتایج و MBE انحراف نتایج روش مورد استفاده در میانبایی را نشان می‌دهد. در شرایطی که MAE و MBE برابر با صفر و یا نزدیک به صفر باشند، نشان دهنده‌ی این است که روش مورد استفاده در میانبایی، واقعیت را به خوبی شبیه‌سازی کرده است. با فاصله گرفتن از صفر (در مورد MBE به سمت مقادیر مثبت یا منفی)، کاهش دقت یا افزایش انحراف را نتیجه خواهند داد. روابط (۲) و (۳) روابط مربوط به محاسبه‌ی MAE و MBE می‌باشد:

(۲)

که در آن :

R_s : مقدار برآورد شده

R_o : مقدار مشاهده شده

n : تعداد داده‌ها می‌باشد.

در گام بعدی، پس از انتخاب مدل مناسب در برآورد داده‌های ماده‌ی آلی و بافت خاک، با بکارگیری مدل انتخاب شده و نیز با بکارگیری جدول میزان تجویز علف‌کش سیانازین، نقشه‌ی مدیریتی کاربرد علف‌کش بر اساس مقادیر توصیه شده توسط شرکت تولیدکننده‌ی علف‌کش سیانازین در محصول ذرت به دست آمد.

خاک به موقیبت UTM مراکز سلول‌های شبکه نسبت داده شد. به منظور ترسیم نقشه‌ی منحنی میزان برای دو پارامتر فوق، از روش‌های زمین‌آماری به منظور بسط مقادیر درصد ماده‌ی آلی و بافت خاک به سایر نقاط شبکه که در آن‌ها نمونه برداری انجام نشده بود، استفاده شد. بدین منظور پنج روش میانبایی فاصله‌ی معکوس توانی، کریجینگ، کمینه خمیدگی، میانگین متحرک وزن دار و تابع شعاع-مبنا مورد ارزیابی قرار گرفت. این روش‌ها از رایج‌ترین میانبایی‌های مورد استفاده در کشاورزی دقیق می‌باشند (Loghavi, 2004).

با توجه به انجام عملیات میانبایی با استفاده از نرم افزار $Surfer$ ، در این بخش روش‌های مختلف میانبایی به کار رفته در این نرم افزار تشریح می‌گردد. $Surfer$ از روش میانبایی دو سوپه^۱ برای محاسبه‌ی مقادیر Z در نقاطی از شبکه که با گره‌های شبکه^۲ انطباق ندارند، استفاده می‌کند.

روش‌های شبکه بندی^۳ در نرم افزار $Surfer$ از الگوریتم‌های میانبایی به روش متوسط وزنی^۴ استفاده می‌کنند. بدین مفهوم که با در نظر گرفتن اینکه تمام عوامل مؤثر در میانبایی یکسان باشد، نزدیک‌ترین نقطه به گره‌ی شبکه، وزن بیشتری در تعیین مقدار Z در آن گره‌ی شبکه خواهد داشت. تفاوت بین روش‌های مختلف شبکه بندی، در نحوه‌ی محاسبه و اعمال ضرایب وزنی به نقاط داده‌ها در میانبایی گره‌های شبکه است.

انجام عملیات میانبایی توسط $Surfer$

به منظور مقایسه‌ی روش‌های مختلف میانبایی در برآورد آن دسته از پارامترهای خاک در نقاطی که نمونه‌برداری انجام نشده است، پنج روش میانبایی فاصله‌ی معکوس توانی، کریجینگ، تابع شعاع-مبنا، کمینه خمیدگی و متحرک وزن دار بکار برده شد. در تنظیمات مربوط به روش فاصله‌ی معکوس توانی از توان‌های ۱، ۲ و ۳ و در تنظیمات مربوط به روش کریجینگ نیم تغییرنگارهای خطی، گوسی و توانی بکار برده شد. در سایر روش‌ها نیز تنظیمات پیش فرض $Surfer$ بکار برده شد. جدول ۱ نمونه‌ای از تنظیمات انجام یافته مربوط به روش‌های مختلف میانبایی را برای ماده‌ی آلی خاک به نمایش می‌گذارد.

ارزیابی روش‌های میانبایی در برآورد داده‌ها

به منظور ارزیابی روش‌های مختلف میانبایی در برآورد مقادیر نامعلوم از رهیافت ارزیابی متقاطع^۵ و دو پارامتر آماری "خطای

1- Bilinear Interpolation Method

2- Grid Nodes

3- Gridding

4- Weighted Average

5- Cross Validation

6-Mean Absolute Error

7-Mean Bias Error

جدول ۱ - تنظیمات مربوط به روش های مختلف میانابی مادهی آلی خاک در Surfer

Table 1: Settings of various interpolation methods for organic matter content in Surfer												
زاویه Angle	بیضی جستجو Search Ellipse	شعاع ۲ (m) Radius 2(m)	شعاع ۱ (m) Radius 1(m)	تابع مبنا Basis Function	تکرار بیشینه Maximum of Repeat	بیشینه باقیمانده Maximum of Residue	نوع کریجینگ Kriging Type	ضریب هموارسازی Smoothing Coefficient	ناهمسانگردی Anisotropy Angle Ratio	اندازه سلول (m) Cell Size	روش میانابی Interpolation Method	کمیت مورد بررسی Quantity
-	-	-	-	-	-	-	نقطه ای Point	-	-	1.15	خطی Linear	ماده آلی خاک Organic Matter Content
-	-	-	-	-	-	-	نقطه ای Point	-	-	1.15	گوسی Gaussian	
-	-	-	-	-	-	-	نقطه ای Point	-	-	1.15	توانی Exponential توان 1	
-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1.15	توانی Exponential 1 فاصله معکوس Inverse Distance to a توان 2	
-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1.15	توانی Exponential 2 توان 3	
-	-	-	-	-	100000	0.000064	-	-	1	1.15	توانی Exponential 3	
-	-	-	-	TPS	-	-	-	0	1	1.15	کمینه خمیدگی Minimum Curvature	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.15	تابع شعاع-مبنای Radial Basis Function	
0	78.8	78.8	78.8	-	-	-	-	-	-	1.15	متحرک وزن دار Weighted Moving Average	

نتایج و بحث

چنین ویژگی برخوردار هستند. گرچه ضریب آزمون به دست آمده برای آزمون‌های *Shapiro-Wilk* و *Kolmogorov-Smirnov* که به ترتیب برابر با ۰/۱۵۸ و ۰/۲۰۰ می‌باشد، نشان می‌دهد که فاصله داده‌ها از توزیع نرمال کم می‌باشد.

ارزیابی روش‌های میان‌یابی در برآورد داده‌های ماده‌ی آلی و بافت خاک

جدول ۴ نتایج ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی برای ماده‌ی آلی خاک، درصد ذرات شن، رس و سیلت را با استفاده از پارامترهای آماری *MAE* و *MBE* نمایش می‌دهد. با توجه به این جدول ملاحظه می‌گردد که روش کمینه‌خمدگی با خطای ۰/۰۴ نسبت به سایر روش‌های میان‌یابی کمترین خطا را در برآورد میزان ماده‌ی آلی خاک داشته است. میزان انحراف برای ماده‌ی آلی، در تمام روش‌ها غیر از روش فاصله‌ی معکوس توانی با توان ۳ برابر با صفر است. بنابراین روش کمینه‌خمدگی به عنوان مناسب‌ترین روش برای برآورد درصد ماده‌ی آلی خاک انتخاب شد. درمورد درصد ذرات شن، سیلت و رس مقادیر خطا در روش کمینه‌خمدگی به ترتیب برابر با ۰/۶۰، ۱/۱۸ و ۰/۵۹ است که در مقایسه با سایر روش‌ها کمترین خطا را دارا می‌باشد.

تجزیه‌ی آماری نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک

پس از اخذ نتایج آزمایش‌های خاک، داده‌های ماده‌ی آلی و بافت خاک مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و شاخص‌های آماری آن نظیر مقادیر کمینه، بیشینه، میانگین، انحراف معیار و چولگی به دست آمد (جدول ۲). از نتایج تجزیه و تحلیل نمونه‌ها مشخص شد که دامنه‌ی تغییرات (*R*) کربن آلی خاک مزرعه مورد نظر ۰/۶۴ درصد و مقادیر کمینه و بیشینه‌ی آن به ترتیب ۰/۵۴ و ۱/۱۸ درصد می‌باشد. ماده‌ی آلی خاک دارای توزیع نرمال با میانگین ۰/۸۲ درصد و انحراف معیار ۰/۱۷ درصد می‌باشد و بافت خاک نیز در محدوده‌ی لومی، لومی‌شنی و شنی لومی قرار دارد. سپس نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون *Shapiro-Wilk* و *Kolmogorov-Smirnov* بررسی شد (جدول ۳). روش‌های اخیر، روش‌هایی غیرپارامتریک به منظور بررسی میزان انطباق داده‌ها با منحنی توزیع نرمال محسوب می‌شوند. شکل ۲ منحنی *P-P* مربوط به آزمون توزیع نرمال داده‌های مرتبط با ماده‌ی آلی خاک را نشان می‌دهد. توزیع نرمال داده‌ها در این آزمون‌ها به شرط داشتن ضریب آزمون بیش از ۰/۰۵ و ضریب چولگی کمتر از یک قابل قبول است. با توجه به منحنی *P-P* در شکل ۲ و نیز نتایج به دست آمده در جدول ۳ می‌توان استنباط کرد که داده‌های مربوط به ماده‌ی آلی خاک از

جدول ۲- نتایج تجزیه‌ی آماری مقادیر ماده‌ی آلی نمونه‌های خاک

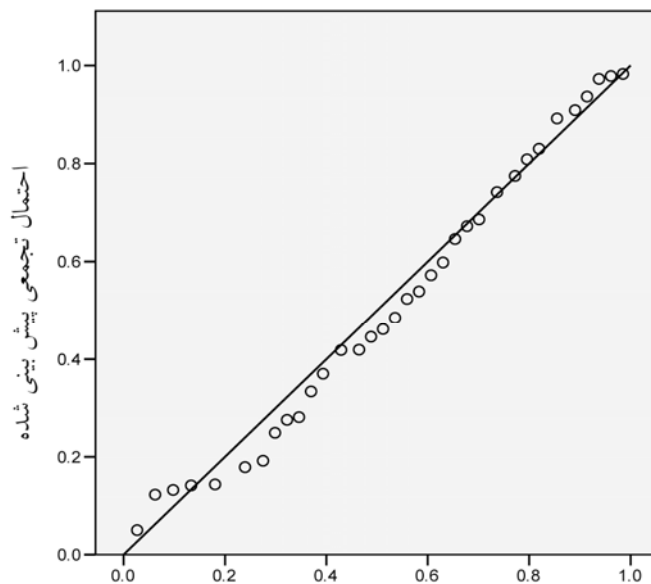
Table 2: Results of statistical analysis for organic matter content in soil samples

دامنه‌ی تغییرات Range	چولگی Skewness	خطای استاندارد چولگی Error .Std of Skewness	انحراف معیار deviationStd	واریانس Variance	کمینه Minimum	بیشینه Maximin	میان Median	خطای استاندارد میانگین Error .Std of Mean	میانگین Mean
0.64	0.41	0.36	0.17	0.03	0.54	1.18	0.80	0.03	0.82

جدول ۳- نتایج آزمون نرمال بودن مقادیر ماده‌ی آلی نمونه‌های خاک با استفاده از روش‌های *Shapiro-Wilk* و *Kolmogorov-Smirnov*

Table 3: Results of Normal Test for organic matter content in soil samples by Shapiro-Wilk and Kolmogorov-Smirnov methods

درجه‌ی آزادی DOF	ضریب آزمون Coefficient of Test	ضریب چولگی Coefficient of Skewness	درجه‌ی آزادی DOF	ضریب آزمون Coefficient of Test	ضریب چولگی Coefficient of Skewness	روش آزمون Test
42	0.158	0.412	42	0.200	0.412	ماده‌ی آلی خاک Organic Matter Content



احتمال تجمعی مشاهدات ماده‌ی آلی خاک

شکل ۲- منحنی P-P مربوط به آزمون توزیع نرمال داده های مرتبط با ماده‌ی آلی خاک

Figure 2 : P-P diagram of Normal Distribution Test for organic matter content in soil samples

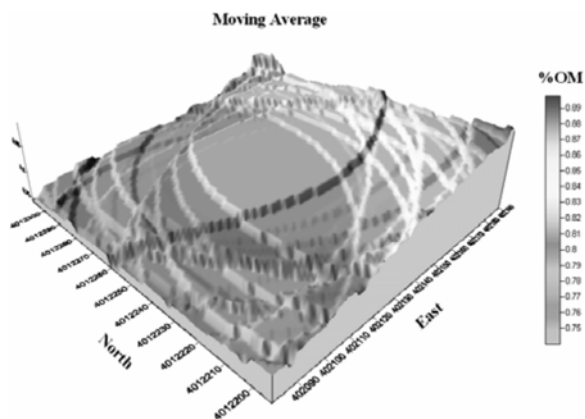
جدول ۴- نتایج ارزیابی روش های مختلف میانجیابی برای ماده‌ی آلی خاک، درصد ذرات شن، رس و سیلت

Table 4: Results of evaluation of various interpolation methods for organic matter content, sand, clay and silt

روش میانجیابی										معیار ارزیابی EvaluationFactor	کمیت مورد بررسی Quantity
Interpolation Method											
متحرک وزن دار Weighted Moving Average	تابع شعاع- مبتا با مدل TPS Radial Basis Function- TPS	کمینة خمیدگی Minimum Curvature	فاصله‌ی معکوس Inverse Distance			کریجینگ Kriging			نیم تغییرنگار خطی Semi -variogram Linear		
			توان ۳ Power 3	توان ۲ Power 2	توان ۱ Power 1	نیم تغییرنگار گوسی Semi -variogram Gaussian	نیم تغییرنگار نمایی Semi -variogram Exponential				
0.13	0.12	0.04	0.81	0.12	0.13	0.14	0.14	0.11	MAE	ماده- Organic Matter	
0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MBE	آلی Silt	
5.63	4.00	1.60	4.13	4.44	5.12	5.93	5.93	3.92	MAE	شن Sand	
0.04	0.09	0.04	0.08	0.08	0.05	0.00	0.00	0.06	MBE	رس Clay	
3.73	2.83	1.18	2.68	2.92	3.40	3.96	3.96	2.66	MAE	سیلت Silt	
-0.17	-0.11	-0.12	-0.23	-0.23	-0.16	0.00	0.00	-0.09	MBE	رس Clay	
2.61	1.84	0.59	2.14	2.26	2.49	2.76	2.76	1.85	MAE		
0.13	0.02	0.10	0.15	0.15	0.11	0.00	0.00	0.03	MBE		

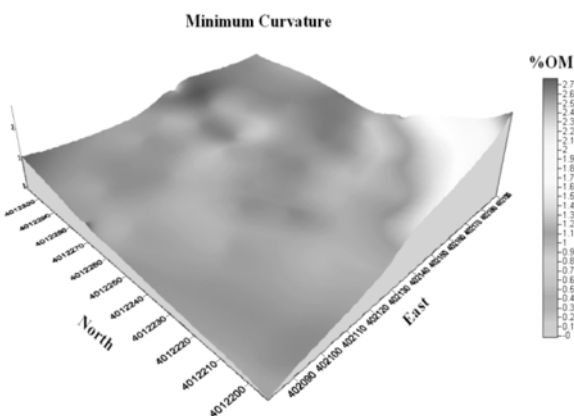
میزان خطا (اختلاف به میزان ۴/۳۳) بسیار کمتر است، لذا روش کمینة خمیدگی به عنوان مناسب ترین روش در برآورد درصد شن انتخاب می‌شود. در مورد درصد ذرات سیلت و رس نیز این اختلاف به ترتیب برابر با ۰/۱۲- و ۰/۱۰ می‌باشد که در مقایسه با اختلاف مقادیر خطا ناچیز محسوب می‌شود. لذا در انتخاب روش مناسب برای برآورد

مقادیر انحراف مربوط به درصد شن، سیلت و رس در روش کریجینگ با نیم تغییر نگارهای نمایی و گوسی کمترین مقدار (صفر) را دارا هستند. با توجه به اینکه میزان انحراف در مورد مقادیر مربوط به شن بین روش کریجینگ با نیم تغییر نگارهای نمایی و گوسی با روش کمینة خمیدگی، (اختلاف به میزان ۰/۰۴) در مقایسه با تفاوت



شکل ۵- نقشه‌ی توزیع ماده‌ی آلی خاک با شبکه بندی به روش کمینه خمیدگی

Figure 5: Map of organic matter content distribution generated by Minimum Curvature method



شکل ۶- نقشه‌ی توزیع ماده‌ی آلی خاک با شبکه بندی به روش متحرک وزن دار

Figure 6: Map of organic matter content distribution generated by Weighted Moving Average method

ترسیم نقشه‌ی مدیریتی اعمال علف‌کش سیانازین بر

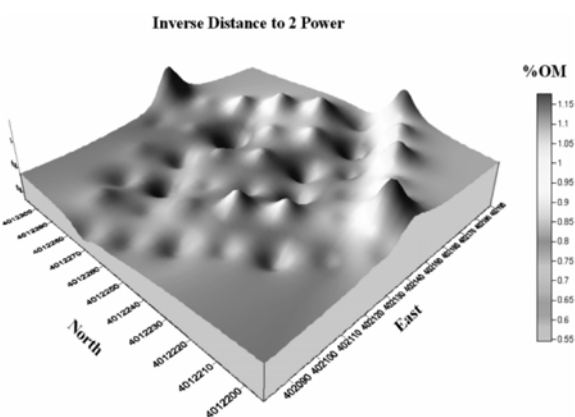
اساس روش میانجیابی کمینه خمیدگی

بر اساس انتخاب مناسب ترین روش شبکه بندی (روش کمینه خمیدگی)، نقشه‌ی مدیریتی اعمال علف‌کش سیانازین بر اساس شکل ۸ توسط نرم افزار *MATLAB* ترسیم شد. این نقشه که متشکل از ۸۰۵۴ داده برای اعمال علف‌کش در سطح مزرعه است به صورت یک فایل متنی (*.txt*) توسط برنامه‌ی نوشته شده به زبان *C++ Builder* فراخوانی و با داده های موقعیت ردیابی شده توسط گیرنده‌ی *GPS* مقایسه گردید. سپس میزان علف‌کش مورد نیاز هر بخش از مزرعه به عملگر (توزیع کننده) ارسال شد. همانگونه که از شکل ۸ مشخص است نقشه‌ی مدیریتی مزرعه در اعمال علف‌کش

درصد سیلت و رس نیز روش کمینه خمیدگی مناسب ترین نتیجه را در پی داشت.

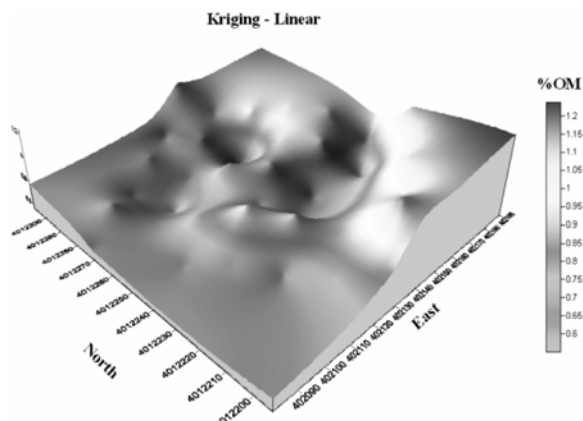
با توجه به مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که روش میانجیابی کمینه خمیدگی مناسب ترین روش برای برآورد درصد ماده‌ی آلی و بافت خاک در نقاط نمونه برداری نشده می‌باشد.

شکل های ۳ تا ۷ نقشه های سه بعدی درصد ماده‌ی آلی خاک را با استفاده از پنج روش میانجیابی به کار رفته در این پژوهش در سطح مزرعه نشان می‌دهد. به منظور مشاهده‌ی نواحی رنگی مشخص شده در این نقشه ها باید از نسخه رقومی یا چاپ رنگی مقاله استفاده شود. با توجه به فضای محدود در متن مقاله، از ارائه‌ی نقشه های مربوط به بافت خاک (درصد ذرات شن، سیلت و رس) خودداری می‌شود.



شکل ۳- نقشه‌ی توزیع ماده‌ی آلی خاک با شبکه بندی به روش فاصله‌ی معکوس توانی با توان ۲

Figure 3: Map of organic matter content distribution generated by Inverse Distance to 2 Power method

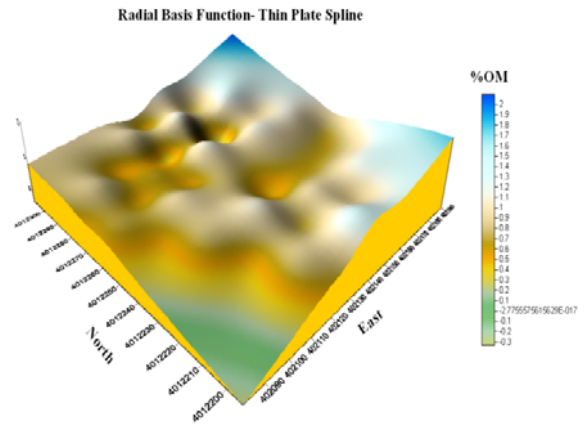


شکل ۴- نقشه‌ی توزیع ماده‌ی آلی خاک با شبکه بندی به روش کریجینگ با نیم تغییر نگار خطی

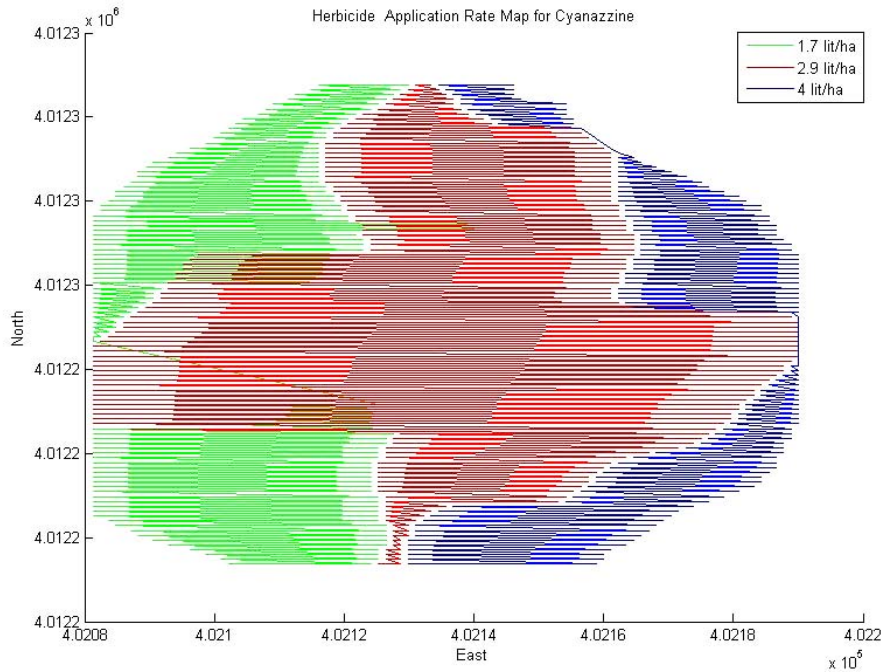
Figure 4: Map of organic matter content distribution generated by Kriging-linear method

جدول ۵ میزان افزایش و یا کاهش مصرف علفکش را با در نظر گرفتن میزان کاربرد یکنواخت و نرخ-متغیر علفکش برای کل مزرعه در سه مقدار ۱/۷، ۲/۹ و ۴ لیتر ماده مؤثر در هکتار به صورت درصد نشان می‌دهد. در صورت استفاده از این نقشه در اعمال علفکش، کل مزرعه (با سطح ۰/۶۵ هکتار) به میزان ۱/۸ لیتر ماده-ی مؤثر علفکش نیاز خواهد داشت. این مقدار از حاصلضرب مقدار علفکش مورد نیاز هر ناحیه‌ی مدیریتی در مساحت همان ناحیه به دست آمده است. بدین صورت که سطوح نواحی مدیریتی ۱، ۲ و ۳ که به ترتیب دارای مساحت ۰/۱۸، ۰/۳۵ و ۰/۱۲ هکتار می‌باشند را در میزان علفکش مورد نیاز هر ناحیه یعنی به ترتیب در مقادیر ۱/۷، ۲/۹ و ۴ لیتر در هکتار ضرب کرده و بدین ترتیب حاصل جمع کل مقادیر را که مساوی با ۱/۸ لیتر است به دست می‌آوریم. همانگونه که از جدول ۵ مشخص است، با در نظر گرفتن میزان کاربرد یکنواخت برای کل مزرعه به اندازه ۱/۷ و ۲/۹ و ۴ لیتر ماده‌ی مؤثر در هکتار، مصرف علفکش در مقایسه با میزان ۱/۸ لیتر به ترتیب به میزان ۳۹ درصد کاهش، ۴ و ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

به صورت نرخ-متغیر شامل سه ناحیه‌ی مدیریتی است که این نواحی دارای میزان اعمال ۱/۷، ۲/۹ و ۴ لیتر ماده‌ی مؤثر علفکش در هکتار است.



شکل ۷- نقشه‌ی توزیع ماده‌ی آلی خاک با شبکه بندی به روش تابع شعاع-مینا با مدل منحنی صفحه ای نازک (TPS)
 Figure 7: Map of organic matter content distribution generated by Radial Basis Function-Thin Plate Spline method



شکل ۸- نقشه‌ی مدیریتی اعمال علفکش سیانازین (نواحی با رنگ سبز ۱/۷ لیتر در هکتار، با رنگ قرمز ۲/۹ لیتر در هکتار و آبی ۴ لیتر در هکتار ماده‌ی مؤثر سیانازین نیاز دارند. برای مشاهده نواحی رنگی نقشه باید چاپ رنگی یا نسخه رقومی مقاله بکار گرفته شود)
 Figure 8: Management map of Cyanazine herbicide application rate (application rate in green zones 1.7 L.ha⁻¹, red zones 2.9 L.ha⁻¹ and, blue zones 4 L.ha⁻¹)

جدول ۵- مقایسه‌ی میزان کاربرد علف‌کش به صورت یکنواخت (URA) و نرخ-متغیر (VRT)
 Table 5: Comparison of herbicide application rate as VRT and URT (Uniform Rate Application)

ناحیه مدیریتی	سطح (ha)	میزان سطح از کل سطح مزرعه (%)	میزان کاربرد علف‌کش (L/ha)	میزان علف‌کش مورد نیاز (L)	A*	B**	C***
Management Zone	Area (ha)	Percent of A Field Area (%)	Herbicide Rate Application (L/ha)	Herbicide Requirement (L)	A*	B**	C***
1	0.18	28	1.7	0.31	1.1	0.7	39decrease
2	0.35	54	2.9	1.01	1.88	-0.08	4increase
3	0.12	18	4	0.48	2.6	-0.8	50increase

A*: میزان کاربرد یکنواخت علف‌کش در کل مزرعه بر اساس میزان کاربرد علف‌کش در هر ناحیه مدیریتی (L)

A*: Uniform herbicide application rate in field based on herbicide application rate on management zones (L)

B**: میزان تفاوت مصرف علف‌کش بین مقادیر ستون A و میزان کل مورد نیاز برای مزرعه بر اساس فناوری نرخ-متغیر ۱/۸ لیتر (L)

B**: Different herbicide application between A column amounts and total required amount in field based on variable rate application 1.8 L

C***: میزان کاهش یا افزایش مصرف علف‌کش بر اساس تفاوت مقادیر ستون B نسبت به میزان ۱/۸ لیتر (/)

C***: Decreasing or increasing of herbicide application based on different of B column amounts in comparison to 1.8 L (%)

اینگونه عناصر شیمیایی به کار می‌رود، در صورتی قابل قبول است که دو پارامتر درصد کربن آلی و بافت خاک که بر میزان تأثیرگذاری آن دخالت دارد، تغییرات مکانی قابل ملاحظه‌ای را دارا باشند. با توجه به وجود محدودیت در تعداد نمونه برداری در نقاط مختلف مزرعه به دلیل هزینه‌ی بالا، استفاده از روش‌های زمین آماری نظیر میاناب‌ها می‌تواند در برآورد مقادیر مورد نظر در سایر نقاط مفید واقع گردد. نتایج تحلیل داده‌های این پژوهش نشان داد که از میان پنج روش میاناب‌ی فاصله‌ی معکوس توانی، کریجینگ، تابع شعاع-میاناب، کمینه خمیدگی و متحرک وزن دار، روش کمینه خمیدگی مناسب‌ترین روش در برآورد مقادیر ماده‌ی آلی خاک و بافت خاک در نقاط نمونه برداری نشده است. بر این اساس نقشه توزیع این دو پارامتر تهیه و بر اساس آن میزان اعمال علف‌کش پیش‌رویشی سیانازین تهیه شد.

با توجه به تغییرات بسیار اندک ماده آلی خاک و نیز بافت خاک با گذشت زمان، نقشه‌ی تهیه شده در این پژوهش حدوداً به مدت ۱۰ سال در فناوری نرخ-متغیر در عملیات مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز قابل استفاده خواهد بود (Ferguson et al., 2000).

علیرغم آمار موجود در سازمان‌های مرتبط با تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به خاک‌های زراعی، مطالعات بیشتر در زمینه بررسی تغییرات واقعی ویژگی‌های فیزیکی مهم خاک همگام با تعیین موقعیت نقاط مزرعه که در کاربرد نهاده‌های زراعی به صورت نرخ-متغیر تأثیرگذار می‌باشند، به منظور تهیه نقشه‌های مدیریتی ضروری است. با انجام این کار می‌توان یکی از ابزارهای مفید در مورد انتخاب و یا عدم انتخاب فناوری میزان-متغیر (VRT) را در اختیار

این بدان معنا است که اگر کل مزرعه به میزان یکنواخت ۱/۷ لیتر ماده‌ی مؤثر در هکتار سمپاشی شود در مقایسه با مقدار ۱/۸ لیتر که با استفاده از نقشه‌ی مدیریتی به دست آمده است به میزان ۳۹ درصد در مصرف علف‌کش صرفه جویی خواهد شد.

به همین ترتیب در صورت اعمال یکنواخت ۲/۹ و ۴ لیتر ماده‌ی مؤثر در هکتار در مقایسه با مقدار ۱/۸ لیتر به ترتیب به میزان ۴ و ۵۰ درصد مصرف علف‌کش افزایش خواهد یافت.

همانگونه که ملاحظه شد تنها در صورتی که سطح مزرعه به میزان یکنواخت ۱/۷ l/ha سمپاشی شود در مصرف علف‌کش صرفه جویی خواهد شد ولی در صورت استفاده از مقادیر ۲/۹ و ۴ l/ha نه تنها مصرف علف‌کش در مقایسه با نرخ-متغیر ۱/۸ l/ha صرفه جویی نخواهد شد بلکه با افزایش مصرف علف‌کش مواجه خواهیم شد. البته این موضوع با اهداف کشاورزی موضعی منافات ندارد زیرا هدف اصلی اعمال نرخ-متغیر نهاده‌ها کاهش مصرف آن‌ها نیست. بلکه مصرف بهینه‌ی آن‌ها در اولویت قرار دارد که در برخی موارد ممکن است لازم باشد سطح مزرعه به میزان نهاده‌های بیشتری در مقایسه با اعمال یکنواخت نهاده‌ها نیاز داشته باشد.

بحث و نتیجه گیری

شرط پذیرش فناوری نرخ-متغیر (VRT) در کاربرد نهاده‌های کشاورزی، وجود تغییرات معنی‌دار در عوامل مؤثر بر کاربرد این نهاده‌ها در مزرعه می‌باشد. بر این اساس، کاربرد نرخ-متغیر علف‌کش‌های پیش‌رویشی در مزارع، به ویژه در شرایطی که مقادیر متناهی از

متخصصین و کشاورزان قرار داد که گام مهمی برای تصمیم گیری درباره به کارگیری کشاورزی دقیق خواهد بود.

منابع

- 1- Blewitt, G. 1997. *Basics of the GPS Technique: Observation Equations*. Department of Geomatics, University of Newcastle Newcastle upon Tyne, NE1 7RU, United Kingdom.
- 2- Blumhorst, M. R., J. B. Weber, and L. R. Swain. 1990. *Efficacy of selected herbicides as influenced by soil properties*. *Weed Technol.* 4(2):279-283.
- 3- *Brochure of X20 GPS Integrated L₁ GPS*. 2006. Hauce Company. China.
- 4- Cugati, S. A. 2006. *Dynamic Modeling, Control and Verification for Citrus Variable-Rate Technology (VRT) Fertilization*. Ph.D Thesis. University of Florida.
- 5- Ferguson, R.B. and G.W. Hergert. 2000. *Soil Sampling for Precision Agriculture*. Cooperative Extension Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska
- 6- Loghavi, M. 2004. *The Precision Farming Guide for Agriculturists*. Rendition. Agricultural Research and Education Organization. Iran. (in Farsi)
- 7- Qiu, W., G. A. Watkins, C. J. Sobolik, and S. A. Shearer. 1998. *A feasibility study of direct injection variable-rate herbicide application*. *Transactions of the ASAE*. Vol. 41(2):291-299.
- 8- SokootiOskooei, R. Mahdian, M.H, Mahmoodi, S. and Ghahremani, A. 2008. *Comparing the applicability of some geostatistical methods to predict the variability of soil salinity, a case study of Uromieh plain*. *Pajuhesh&Sazandegi No 74* pp:90-98.
- 9- Weber, J. B., M. R. Tucker, and R. A. Isaac. 1987. *Making herbicide rate recommendations based on soil tests*. *Weed Technol.* 1(1):41-45.

تهیه نقشه‌های مدیریتی علف‌هرز با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی با هدف کاربرد در کشاورزی دقیق

عباس روحانی^{*۱} - حسن مکاریان^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۴

چکیده

با پدید آمدن تکنیک‌های آماری قوی و شبکه‌های عصبی، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده پراکنش موجودات به سرعت در اکولوژی توسعه پیدا کرده است. این پژوهش به منظور پیش‌بینی و ترسیم نقشه توزیع جمعیت علف‌هرز تلخه با استفاده از شبکه‌های عصبی چندی ساز بردار یادگیر (LVQ) و پرسپترون چندلایه (MLP) در سطح مزرعه انجام شد. داده‌های مربوط به جمعیت علف‌هرز از طریق نمونه برداری از ۵۵۰ نقطه از سطح یک مزرعه در حال آیش واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در استان سمنان در سال ۱۳۸۹ بدست آمد. برای ارزیابی قابلیت شبکه‌های عصبی مورد استفاده در پیش‌بینی مکانی علف‌هرز از مقایسه آماری پارامترهایی مانند میانگین، واریانس، توزیع آماری و ضریب تیبین رگرسیون خطی بین مقادیر پیش‌بینی شده مکانی توسط شبکه عصبی و مقادیر واقعی آن‌ها و نیز معیار دقت طبقه بندی استفاده شد. نتایج نشان داد که در فازهای آموزش و آزمایش بین مقادیر ویژگی‌های آماری میانگین، واریانس و توزیع آماری مجموعه داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده مکانی علف‌هرز توسط شبکه عصبی LVQ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی برای شبکه عصبی MLP این مقایسات بجز توزیع آماری معنی‌دار شدند. همچنین نتایج نشان داد که شبکه عصبی آموزش دیده LVQ ، دارای قابلیت بالایی در پیش‌بینی مکانی علف‌هرز در نقاط نمونه برداری نشده با خطای تشخیص کمتر از ۰/۶۴ درصد بود. درحالی‌که شبکه عصبی مصنوعی MLP دارای خطای تشخیص کمتر از ۱۴/۶ درصد بود. نقشه‌های ترسیم شده نشان داد که توزیع لکه ای علف‌هرز امکان کنترل متناسب با مکان را در مزرعه مورد مطالعه امکان‌پذیر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: توزیع مکانی، طبقه بندی، مدیریت متناسب با مکان، شبکه عصبی

مقدمه

(مکان‌های) مشابه تفکیک شده و پس از تشخیص خصوصیات هر یک از این واحدها، مدیران مزرعه نهاده‌ها را برای هر واحد و بر اساس مقدار مورد نیاز جهت دستیابی به حداکثر بازده اقتصادی بکار می‌برند (*Cardina and Doohan, 2008*). جمع‌آوری اطلاعات و تهیه نقشه در سامانه مدیریت متناسب با مکان محوری‌ترین مسئله است (*Grundy et al, 2005*); زیرا عملگرها در فناوری نرخ متغیر بر اساس نقشه‌های تهیه شده تیمارها را اعمال می‌کند (*Shaw, 2005*) علف‌های هرز یکی از عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در مزارع به حساب می‌آیند، بنابراین کنترل علف‌های هرز یکی از مهمترین جنبه‌های تولید در هر نظام کشاورزی است (*Rashed Mohassel et al, 2001*). در حال حاضر کنترل علف‌های هرز اغلب از طریق کاربرد یکنواخت علفکش‌ها در تمام سطح مزرعه انجام می‌شود. اما واقعیت این است که علف‌های هرز در سطح مزارع بصورت لکه ای ظاهر می‌شوند (*Heijeting et al, 2007*). از طرفی امروزه سیستم‌های کشاورزی وابسته به مواد

کشاورزی دقیق، جدیدترین فناوری در عرصه کشاورزی می‌باشد که بر اساس سه اصل افزایش عملکرد، افزایش بهره‌ اقتصادی و کاهش اثرات سوء زیست محیطی دنبال می‌شود. مهمترین محور کشاورزی دقیق شناخت دقیق مزرعه و تمام نقاط زمین زراعی است، به طوری که بتوان زمین زراعی را آسیب شناسی کرد و در جهت مدیریت متناسب با شرایط نقاط مختلف زمین گام برداشت. اگرچه کشاورزان تغییرات موجود در قسمت‌های مختلف مزرعه را تشخیص می‌دهند اما ابزارآلات در دسترس اجازه مدیریت متناسب با مکان را به آن‌ها نمی‌دهد (*Searcy, 2008*). کشاورزی دقیق ابزارهای توانا برای افزایش کارایی مدیریت مزرعه به ارمغان آورده است. در این رهیافت با به خدمت گرفتن فن‌آوری اطلاعات، مزرعه به چندین واحد

۱ و ۲- استادیاران دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

(*- نویسنده مسئول: abassrohani@yahoo.com)

(2000)، ارزیابی کیفیت آب (Zhang et al, 2002)، تخمین بیوماس (Drummond et al, 1997) و تخمین عملکرد (Jin and Liu, 2003) نیز پتانسیل بالایی نشان داده است. مدل‌های شبکه عصبی دارای مزایایی از قبیل افزایش ظرفیت اطلاعات و توانایی بیان اثرات متقابل قوی بین متغیرهای ورودی می‌باشند. (Irmak et al, 2006) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی الگوهای مکانی عملکرد سویا را در سطح مزرعه پیش بینی کرده و نقش عوامل ایجاد کننده تغییرات مکانی عملکرد از جمله پستی و بلندی و حاصلخیزی خاک را نیز مورد بررسی قرار دادند. علف هرز تلخه گونه چندساله ای است که بخش وسیعی از اراضی زراعی و غیر زراعی ایران را مورد تهاجم قرار داده است و هر ساله خسارت قابل توجهی را به کشاورزان وارد می‌کند (Rashed Mohassel et al, 2001). در حال حاضر، مطالعات متعددی به منظور پیش بینی، طبقه بندی و تهیه نقشه‌های دقیق پوشش‌های گیاهی، تغییرات بیوماس، عملکرد و غیره با روش‌های مختلف درون‌یابی در حال انجام است و هدف اصلی در همه آن‌ها تهیه نقشه‌های قابل اطمینان جهت مدیریت دقیق مزارع می‌باشد. بنابراین هدف ما نیز در این مطالعه، مقایسه قابلیت مدل‌های شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) و چندی ساز بردار یادگیر (LVQ4) در پیش بینی، طبقه بندی و ترسیم نقشه‌های توزیع مکانی علف هرز تلخه (*Acroptilon repens L.*) در نقاط نمونه برداری نشده بر اساس داده‌های حاصل از نقاط نمونه برداری شده در یک مزرعه در حال آیش است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۹ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در استان سمنان انجام شد. طول و عرض جغرافیایی محل به ترتیب ۵۴' و ۵۷' شمالی و ۳۶' و ۲۵' شرقی و ارتفاع محل از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۵۰ میلی متر، میانگین سالانه دما ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. داده‌های مورد استفاده از مزرعه ای به ابعاد ۲۰×۱۰۰ متر (۲۰۰۰ مترمربع) و در حال آیش در مرداد ماه جمع آوری شد. علف هرز تلخه یکی از گونه‌های با تراکم بالا در این مزرعه بود. بنابراین در این پژوهش توزیع جمعیت این علف هرز مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه برداری از جمعیت علف هرز تلخه بر روی یک شبکه علامت گذاری شده مربعی^۱ به ابعاد ۲×۲ متر انجام و در مجموع از ۵۵۰ نقطه در مزرعه نمونه برداری انجام شد. نمونه برداری از جمعیت علف هرز با استفاده از کوادراتی به ابعاد ۵۰×۱۰۰ سانتی متر (مساحت ۵/ مترمربع) در محل تقاطع خطوط شبکه مربعی انجام شد. به طوری که در هر کوادرات جمعیت علف هرز تلخه شناسایی و شمارش شد،

شیمیایی به دلیل نگرانی ناشی از آلودگی‌های زیست محیطی، سلامت انسان و افزایش هزینه‌های اقتصادی کشاورز بطور فزاینده ای مورد بازنگری واقع شده اند. در این راستا مطالعات نشان داده است که پیش بینی گسترش لکه‌های علف هرز و سمپاشی لکه ای نسبت به سمپاشی سراسری سبب کاهش مصرف علف کش‌ها و آلودگی محیط شده و از نظر اقتصادی نیز برای زارعین سودمند می‌باشد (Jurado-Exposito et al, 2004). به عنوان مثال، در بررسی کنترل لکه ای علف‌های هرز گندم در یک دوره پنج ساله نشان داده شد که ۳۹ درصد کل سطح مزرعه برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ و ۴۴ درصد آن برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ نیاز به سمپاشی دارد (Nordmeyer, 2006). پیش بینی و تهیه نقشه‌های دقیق توزیع علف‌های هرز به منظور کاربرد در مدیریت لکه ای با روش‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفته است (Cardina and Doohan, 2008). امروزه شبکه‌های عصبی در بسیاری از زمینه‌ها از جمله طبقه بندی، تشخیص الگو، پیش بینی و مدل سازی فرآیندها در علوم مختلف بکار گرفته می‌شوند. مزیت روش شبکه عصبی یادگیری مستقیم از روی داده‌ها، بدون نیاز به برآورد مشخصات آماری آن‌ها گرفتن هیچ فرضیه اولیه و همچنین دانش قبلی از روابط بین پارامترهای مورد مطالعه، قادر به پیدا کردن رابطه بین مجموعه ای از ورودی‌ها و خروجی‌ها برای پیش بینی هر خروجی متناظر با ورودی دلخواه می باشد (Kaul et al, 2005; Torrecilla et al, 2004). ویژگی دیگر شبکه عصبی، تحمل پذیری در مقابل خطا می‌باشد (Azadeh et al, 2006). این مزایا دلایل بکارگیری شبکه عصبی در پیش بینی تراکم علف‌های هرز را برای ما روشن می سازد. شبکه‌های عصبی شامل تعدادی نرون‌های متصل بهم هستند. مراحل اصلی حل هر مسئله توسط شبکه عصبی شامل آموزش و آزمایش می‌باشد. آموزش، فرآیند یادگیری مجموعه داده‌های ورودی به منظور تشخیص الگوهای آن توسط شبکه می‌باشد. روش آموزش را قانون یادگیری گویند و اتصالات وزنی بین نرون‌ها از طریق قانون یادگیری در طول فاز آموزش اصلاح می‌شوند. آزمایش، ارزیابی قابلیت تعمیم پذیری و شایستگی شبکه آموزش دیده در شرایط کاملاً جدید توسط مجموعه داده‌های غیر از داده‌های آموزش گویند (Veelenturf, 1995; Gupta et al, 2003). امروزه مدل‌های شبکه عصبی بعنوان ابزارهای شناخته شده ای برای تخمین توابع در تحقیقات اکولوژیکی و محیطی به‌شمار می‌روند (Zhang et al, 2008) و می‌تواند با دقت بالا جمعیت علف هرز را از گیاه زراعی در مزارع متمایز کنند (Yang et al, 2003) گرچه با استفاده از این مدل‌ها توانسته اند روابط غیر خطی پیچیده و مرکب را با استفاده از تصاویر تهیه شده از شاخساره برای چند گیاه زراعی تشریح نمایند، اما این تکنیک در پیش بینی متغیرهای پیوسته ای مانند رطوبت خاک (Chang and Islam,

سپس داده‌ها در مدل مورد استفاده قرار گرفت.

پیش پردازش داده‌ها

در ابتدا داده‌های موجود بطور تصادفی به دو دسته مجموعه آموزش ۸۰ درصد کل داده‌ها و مجموعه آزمایش ۲۰ درصد کل داده‌ها تقسیم‌بندی شد. البته اگر این تقسیم‌بندی منجر به نتایج مطلوب نشود، می‌توان این مرحله را مجدداً تکرار کرد (Zhang and Fuh, 1998). قبل از بکارگیری داده‌های خام اولیه در آموزش و آزمایش شبکه باید نرمالیزه شود، زیرا الگوریتم یادگیری همراه با داده‌های خام نمی‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد و همچنین بدلیل دامنه تغییرات خروجی تابع فعالیت سیگموئیدی^۱ [۰، ۱] بکارگرفته شده در لایه میانی این امر ضروری به نظر می‌رسد. در غیر اینصورت شبکه در طول فاز آموزش همگرا نخواهد شد و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد (Azadeh et al, 2006). زمانیکه از تابع فعالیت سیگموئیدی استفاده می‌شود، بهترین دامنه تبدیل داده‌ها [۰/۱، ۰/۹] می‌باشد (Vakil-Baghmisheh, 2002). برای تبدیل داده‌ها از نرمالیزاسیون خطی (معادله ۱) استفاده شد:

$$x_n = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \times (r_{max} - r_{min}) + r_{min} \quad (1)$$

در اینجا x داده خام اولیه، x_n داده نرمالیزه شده، x_{max} و x_{min} به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های اولیه و r_{max} و r_{min} به ترتیب حد بالایی و پایینی دامنه تغییرات داده‌های تبدیل شده است.

از شبکه‌های عصبی MLP و LVQ با هدف طبقه بندی سطح مزرعه به دو کلاس برای سه حالت مختلف استفاده شد. حالت اول برای زمانی است که مزرعه را به دو منطقه وجود علف هرز و یا عدم وجود علف هرز و به ترتیب حالت دوم و سوم برای زمانی است که تراکم علف هرز برای نقاطی از مزرعه کوچکتر یا مساوی و یا بزرگتر از ۲ و ۴ بوته در هر متر مربع می‌باشد. کلاس اول برای حالت اول، دوم و سوم به ترتیب شامل ۴۷۲، ۵۱۲ و ۵۲۷ نقطه نمونه برداری شده و کلاس دوم برای حالت اول، دوم و سوم به ترتیب شامل ۷۸، ۳۸ و ۲۳ نقطه نمونه برداری شده می‌باشد. به طور کاملاً تصادفی، ۸۰ درصد از کل داده‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد باقی مانده برای آزمایش شبکه به منظور طبقه بندی انتخاب شد.

شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP)

ساختار شبکه MLP با یک لایه مخفی در شکل ۱ نشان داده شده است. شبکه MLP با دریافت بردار ورودی X^q ، بردار خروجی Z^q برای هر q ($q=1, \dots, Q$) تولید خواهد کرد. هدف اتخاذ پارامترهای

صحیح شبکه به منظور دستیابی به خروجی واقعی Z^q که تا جای ممکن نزدیک به خروجی مطلوب d^q متناظر با خود باشد. برای آموزش شبکه از الگوریتم پس انتشار با نرخ یادگیری کاهشی ($BDLRF^*$) استفاده شد. مزیت این الگوریتم در مقابل با الگوریتم پس انتشار اصلی (BB^*) به عنوان یک الگوریتم رایج در آموزش شبکه MLP شامل سهولت در تنظیم پارامترهای یادگیری شبکه، کاهش زمان یادگیری و بهبود رفتار شبکه در طول آموزش می‌باشد.

الگوریتم $BDLRF^*$: این الگوریتم نسخه اصلاح شده الگوریتم پس انتشار اصلی می‌باشد (Vakil-Baghmisheh and Pavešic, 2001) این الگوریتم آموزش با آهنگ یادگیری (η) و عامل ممتنوم (α) ثابت و نسبتاً بزرگ شروع می‌کند و قبل از آنکه شبکه ناپایدار و یا همگرایی آن کند شود، هر T تکرار ($3 \leq T \leq 5$) آهنگ یادگیری و فاکتور ممتنوم را از طریق تصاعد حسابی بصورت یکنواخت کاهش داده می‌شود تا زمانی که این پارامترها به x درصد (۵٪) مقادیر اولیه خودشان برسند. η و بطور مشابه α با استفاده از فرمول (معادله ۲) کاهش داده شد:

$$\eta_n = \eta_0 + (x-1) \frac{\eta_0 T}{Q - n} \quad (2)$$

در اینجا n_1 ، n و n_2 به ترتیب نقطه شروع $BDLRF^*$ ، آهنگ یادگیری در n امین جمله از تصاعد حسابی و مقدار اولیه آهنگ یادگیری می‌باشند.

تابع هزینه بکار رفته در این الگوریتم مجموع کل مربعات خطا ($TSSE^*$) می‌باشد و بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$TSSE = \sum_q \sum_k (d_k^q - z_k^q)^2, \quad q = 1, \dots, Q \quad (3)$$

d_k^q و z_k^q به ترتیب k امین عنصر از بردارهای خروجی مطلوب و واقعی از q امین ورودی است. یادگیری شبکه در دو فاز پیش انتشار و پس انتشار اتفاق می‌افتد. وزن‌های هر لایه از شبکه از طریق زیر محاسبه می‌شوند.

$$k = 1, \dots, l_3, \quad j = 1, \dots, l_2, \quad i = 1, \dots, l_1 \quad (4)$$

$$u_{jk}(n+1) = u_{jk}(n) - \eta \times \frac{\partial E}{\partial u_{jk}} + \alpha (u_{jk}(n) - u_{jk}(n-1)) \quad \text{و}$$

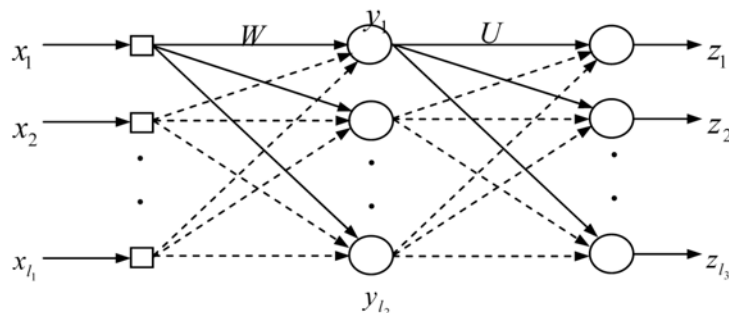
$$w_{ij}(n+1) = w_{ij}(n) - \eta \times \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} + \alpha (w_{ij}(n) - w_{ij}(n-1)) \quad (5)$$

2- Backpropagation with declining learning-rate factor

3 - Basic backpropagation

4 - Total sum-squared error

1 - Sigmoid transfer function



شکل ۱. ساختار شبکه MLP با یک لایه مخفی (وکیل - باغمیشه ۲۰۰۲)

Fig. 1. Configuration of the MLP with one hidden layer.

پیدا کردن نزدیکترین بردار کد به \mathbf{x}^q :

$$\mathbf{c} = \arg \min_m (\|\mathbf{x}^q - \mathbf{w}_m\|) \quad (6)$$

تنظیم w_c :

$$\mathbf{w}_c(t+1) = \mathbf{w}_c(t) + \alpha(n)s(n)[\mathbf{x}^q - \mathbf{w}_c(t)] \quad (7)$$

$\alpha(n)$ آهنگ یادگیری در طول زمان آموزش از رابطه زیر بدست آمد.

$$\alpha(n) = \begin{cases} k_1 & \text{if } q \leq q_c \\ k_2 \exp\left(-\frac{q-q_c}{\tau}\right) & \text{if } q > q_c \end{cases}, 0 < \alpha(n) < 1 \quad (8)$$

اگر طبقه بندی صحیح باشد $d_c(n) = s(n)$ می باشد و در صورتیکه طبقه بندی صحیح نباشد $s(n) = -1$ خواهد شد. $d_c(n)$ عامل متعادل کننده است و از رابطه زیر بدست می آید:

$$d_c(n) = \frac{E_c(n)}{P_c(n)} \quad (9)$$

در این رابطه، به ترتیب $E_c(n)$ و $P_c(n)$ تعداد بردارهایی است که به درستی و اشتباه توسط بردار کد c طبقه بندی می شود. تا پایان تکرار اول مقدار $d_c(n)$ مشخص نخواهد شد. بنابراین از روش زیر برای محاسبه آن استفاده شد:

$$d_c(n) = \begin{cases} \varepsilon & \text{if } q = 1 \\ \lambda & \text{if } q \geq 2, P_c(n-1) \neq 0 \\ \lambda & \text{if } q \geq 2, P_c(n-1) = 0 \end{cases} \quad (10)$$

$0 < \lambda < 1$ و $\varepsilon \geq 1$ می باشد. مقادیر توصیه شده $\varepsilon = 10$ و $\lambda = 0.2$

□ است (Vakil-Baghmisheh and Pavešic, 2003)

ساختار شبکه عصبی LVQ استفاده شده به منظور طبقه بندی سطح مزرعه به دو منطقه یا طبقه بندی بر مبنی تراکم های مختلف، در شکل ۲ نشان داده شده است. ورودی های شبکه مختصات مکانی علف های هرز می باشند و خروجی شبکه بردار کدی است که نزدیکترین فاصله اقلیدسی را با ورودی دارد. برچسب بردار کد تعیین کننده کلاس بردار ورودی است. برنامه نویسی مدل های شبکه عصبی در محیط نرم افزار Matlab نسخه ۷ انجام شد.

در اینجا w_{ij} اتصال وزنی بین گره های i و j و u_{jk} اتصال وزنی بین گره های j و k ، مقادیر اولیه این وزن ها بطور تصادفی از دامنه مقادیر $[-0.25, 0.25]$ انتخاب می شود. l_2 و l_3 به ترتیب تعداد نرون ها در لایه مخفی و لایه خروجی می باشند. α و η به ترتیب آهنگ یادگیری و فاکتور منتوم هستند و مقادیر آن ها در فاصله $[0, 1]$ قرار دارند و n شماره تکرار الگوریتم ($n = 1, \dots, N$). زمانی الگوریتم متوقف می شود که $TSSE$ کوچکتر از مقدار آستانه باشد. جزئیات بیشتر این الگوریتم را می توان در پژوهش Vakil-Baghmisheh and Pavešic (2003) مشاهده کرد.

شبکه عصبی LVQ

نحوی کار شبکه عصبی LVQ بر اساس تقسیم فضای ورودی \mathcal{R}^n به تعدادی منطقه های متمایز از هم با نام ناحیه های تصمیم گیری ۱ و اختصاص یک بردار کد ۲ به هر یک از آن ها است. طبقه بندی بر حسب نزدیکی بردار ورودی \mathbf{x} به بردارهای کد انجام می شود. بردار ورودی متعلق به کلاس نزدیکترین بردار کد خواهد شد. الگوریتم تا وقتی که ناحیه های تصمیم گیری و مرکزهای آن ها ثابت نشود، ادامه خواهد یافت. LVQ1, LVQ2.1, LVQ3, LVQ4 (Kohonen, 1990; Kohonen, 1995) و (Vakil-LVQ4) (Vakil-Baghmisheh and Pavešic, 2002; Vakil-Baghmisheh and Pavešic, 2003) از الگوریتم آموزش LVQ4 به جهت بالا بودن کارایی آن استفاده شد.

الگوریتم آموزش LVQ4

فرض شود \mathbf{x}^q بردار ورودی از مجموعه آموزش باشد:

$$\mathbf{x}^q \in \mathcal{R}^n, \quad q=1, \dots, Q$$

و بردار کد باشد

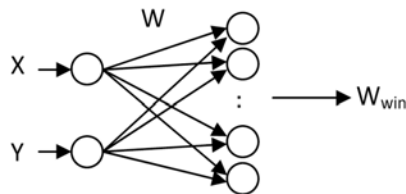
$$\mathbf{w}_m \in \mathcal{R}^n, \quad m=1, \dots, M$$

1 - Decision regions (Voronoi cells)

2 - Codebook (Voronoi) vector

ظاهر می‌شوند. لذا به نظر می‌رسد که تفاوت عملکرد مدل‌های شبکه عصبی به دلیل ماهیت متفاوت علف‌های هرز و حشرات باشد. علاوه بر این زمان یادگیری شبکه عصبی *MLP* بسیار بیشتر از شبکه عصبی *LVQ* بود، زیرا به ترتیب حداکثر و حداقل تعداد تکرارهای الگوریتم در شبکه‌های عصبی *MLP* و *LVQ* جهت یادگیری الگوی پراکنش علف هرز، ۱۰ تکرار و ۱۰۰۰ تکرار بود.

برای اطمینان از یادگیری شبکه‌های عصبی آموزش دیده برای پیش‌بینی الگوی پراکنش علف هرز تلخه، داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه از نظر آماری با هم مقایسه شدند. در اینجا فرضیه صفر بر تساوی میانگین، واریانس و توزیع آماری هر دو سری داده دلالت دارد. هر فرضیه در سطح احتمال ۹۵ درصد به کمک پارامتر *p* آزمون شد. به ترتیب برای مقایسه میانگین، واریانس و توزیع آماری از آزمون *F*، *t* و کولموگروف-اسمیرنو استفاده شد. مقادیر *p* محاسبه شده برای هر مورد طبقه بندی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین، واریانس و توزیع آماری مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده در هر مورد طبقه بندی به کمک شبکه عصبی *LVQ*، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در تمام موارد $p > 0.05$). ولی نتایج مقایسات آماری برای شبکه عصبی *MLP* نشان از وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد بین میانگین و واریانس در دو مرحله آموزش و آزمایش دارد ($p < 0.001$). با این وجود بین توزیع آماری مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی *MLP* اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد ($p > 0.05$). بنابراین شبکه عصبی مصنوعی *LVQ* دارای قابلیت بالایی برای پیش‌بینی الگوی پراکنش علف هرز تلخه در مقایسه با مدل شبکه عصبی *MLP* می‌باشد. وجود $p = 0.001$ در مورد توزیع آماری بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی تراکم علف هرز در سطح مزرعه بویژه در فاز آزمایش شبکه، نشان از دقت بالا و نیز قابلیت خوب شبکه عصبی مصنوعی *LVQ* به منظور طبقه بندی سطح مزرعه از نظر تراکم علف هرز با هر مقدار تراکم بحرانی می‌باشد.



شکل ۲. ساختار شبکه *LVQ* استفاده شده برای پیش‌بینی مکانی وجود علف هرز. (X, Y) : مختصات نقاط نمونه برداری شده، W : ماتریس بردارهای کد و W_{win} برچسب بردار کد برنده شده.

Fig. 2. Configuration of the *LVQ* for prediction of weed spatial existence. (X, Y) : coordinate of sampled points, W : code vectors matrix. W_{win} : label of winner code vector.

نتایج و بحث

خطای تشخیص شبکه عصبی مصنوعی *LVQ* و *MLP* در دو مرحله یادگیری و آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. واضح است که خطای تشخیص مدل شبکه عصبی *MLP* کمتر از $14/6\%$ درصد بدست آمده در مقابل خطای تشخیص مدل شبکه عصبی *LVQ* کمتر از $0/64\%$ درصد است. این امر در هر سه مورد طبقه بندی به خوبی مشاهده می‌شود. مقایسه خطای تشخیص نشان داد که قابلیت شبکه عصبی *LVQ* در تفکیک و طبقه بندی سطح مزرعه براساس تراکم آن‌ها بسیار بالاتر از شبکه عصبی *MLP* است. نکته قابل توجه آن است که خطای تشخیص در مرحله آزمایش برای شبکه عصبی *LVQ* صفر می‌باشد؛ که این نشان دهنده قابلیت تعمیم پذیری بسیار بالای آن می‌باشد. بنابراین براساس این نتایج می‌توان به شبکه عصبی *LVQ* اعتماد کرد. در مطالعه الگوهای پراکنش حشرات (Zhang et al, 2008) خطای تشخیص برابر با صفر را بوسیله شبکه عصبی *MLP* بدست آوردند. زیرا حشرات دارای قابلیت تحرک می‌باشند لذا برای بدست آوردن غذای کافی تمایل دارند از یکدیگر فاصله گرفته و یک نوع پراکنش تقریباً یکنواختی داشته باشند. اما علف‌های هرز قابلیت تحرک ندارند و عوامل خارجی به صورت اجباری در پراکنش آن‌ها نقش دارند لذا عمدتاً بصورت لکه ای

جدول ۱. خطای تشخیص شبکه عصبی *LVQ* و *MLP* در دو فاز آموزش و آزمایش

Table 1. Recognition error of *LVQ* and *MLP* neural network in training and test phases.

Network goals for classification	Members of class 1	Members of class 2	Recognition error in training phase (%)	Recognition error in test phase (%)	Network type
$WD_1 = 0, WD_2 > 0$	472	78	0.21 10.90	0.00 14.60	<i>LVQ</i> <i>MLP</i>
$WD_1 \leq 2, WD_2 > 2$	512	38	0.64 4.49	0.00 12.2	<i>LVQ</i> <i>MLP</i>
$WD_1 \leq 4, WD_2 > 4$	527	23	0.21 4.06	0.00 1.22	<i>LVQ</i> <i>MLP</i>

توضیحات: WD_1 و WD_2 به ترتیب تراکم علف هرز در کلاس اول و کلاس دوم طبقه بندی

WD_1 and WD_2 : weed density in class 1 and 2, respectively.

جدول ۲. مقایسات آماری مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده تراکم علف هرز توسط شبکه عصبی *MLP* و *LVQ*

Table 2. Statistical comparisons between the observed and estimated weed density by *MLP* and *LVQ* neural networks.

Network goals for	Network utilization	Statistical values
-------------------	---------------------	--------------------

classification	phase	comparisons of means	comparisons of variance	comparisons of sdistribution	Network type
$WD_1 = 0, WD_2 > 0$	Training Phase	0.852	0.789	1.000	LVQ
		0.000	0.000	0.073	MLP
	Test Phase	1.000	1.000	1.000	LVQ
$WD_1 \leq 2, WD_2 > 2$	Training Phase	0.692	0.323	1.000	LVQ
		0.001	0.000	0.828	MLP
	Test Phase	1.000	1.000	1.000	LVQ
$WD_1 \leq 4, WD_2 > 4$	Training Phase	0.870	0.596	1.000	LVQ
		0.005	0.000	0.967	MLP
	Test Phase	1.0000	1.000	1.000	LVQ
		0.563	0.002	1.000	MLP

براساس قضیه تقریب عمومی از یک لایه مخفی استفاده شد (Rohani et al, 2011). ولی با این وجود در مسئله مورد بررسی نتایج شبکه عصبی MLP بهتر از شبکه عصبی LVQ نشد. محققین دیگر نیز بیان کردند که شبکه‌های عصبی می‌توانند در شرایط متفاوت نتایج بسیار متغیر و حتی دور از انتظار داشته باشند (Zhang et al, 2008; Olden et al, 2004; Filippi and Jensen, 2006). اما در بیشتر این مطالعات شبکه‌های عصبی نسبت به مدل‌های رایج، برتری نشان داده اند (Dawson et al, 2006; Yu et al, 2006).

نقشه‌های توزیع مکانی علف هرز تلخه

نقشه پراکنش مکانی علف هرز تلخه که توسط شبکه‌های عصبی LVQ و MLP تفکیک و ترسیم شده در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل ابتدا جمعیت علف هرز تلخه بر اساس حد آستانه صفر به دو کلاس جمعیتی فاقد علف هرز (صفر بوته) و دارای علف هرز، تقسیم و نقشه‌های آن ترسیم شد (شکل ۳ a, b و c). در شکل ۳ d, e و f و نیز در شکل ۳ g, h و i به ترتیب، جمعیت علف هرز بر اساس دو حد آستانه ۲ و ۴ بوته در متر مربع ترسیم شده است. حد صفر، ۲ و ۴ بوته انتخاب شده می‌تواند یک حد آستانه فرضی برای علف هرز باشد تا به کمک آن قابلیت شبکه‌های عصبی نشان داده شود. اگرچه پیش‌تر با مقایسات آماری، خطای تشخیص و معادله رگرسیونی مابین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده به عدم وجود تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها دست پیدا کردیم، ولی با مقایسه بین نقشه حاصل از داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی LVQ متوجه خواهیم شد که تفاوت چندانی بین آن‌ها وجود ندارد و اگر بعضی نقاط دو نقشه متناظر متفاوت از هم هستند ناشی از خطای مدل شبکه عصبی است.

ضرایب تبیین و رابطه خطی رگرسیونی بین مقادیر واقعی هر کلاس در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی LVQ و MLP در جدول ۳ نشان داده شده است. بهترین نتایج براساس این دو معیار وقتی بدست می‌آید که معادله خطی مابین تراکم علف هرز واقعی و تراکم علف هرز پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی علاوه بر داشتن ضرایب تبیین بالا دارای کمترین عرض از مبدأ (نزدیک به صفر) و شیب نزدیک به یک باشد ($pv = 1/0.00 dv + 0/0.00$). کاملاً واضح است که ضرایب تبیین بین داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده در دو مرحله آموزش و آزمایش در شبکه عصبی LVQ بسیار بالا می‌باشند ($R^2 > 0/9$) در حالیکه این مقدار برای شبکه عصبی MLP کوچکتر از ۰/۴۹ است. همچنین معادله خطی رگرسیونی مابین آن‌ها دارای شیب‌های نزدیک به واحد و عرض از مبدأهای کوچکی هستند، بنابراین می‌توان به شبکه عصبی LVQ اطمینان کرد. در مورد شبکه عصبی MLP این رابطه خطی در تمام موارد از شیب بسیار پایین (کوچکتر از ۰/۹) و نیز از عرض از مبدأ بسیار بزرگ (بزرگتر از ۰/۰۲) برخوردار شد. این نتایج نشان می‌دهند که قابلیت تعمیم‌پذیری شبکه عصبی LVQ در مقابل شبکه عصبی MLP آموزش دیده بسیار بالا می‌باشد، زیرا فاز آزمایش در مقایسه با فاز آموزش دارای ضریب تبیین بالاتر و نیز معادله خطی رگرسیونی مابین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده از شیب نزدیک‌تر به واحد و عرض از مبدأ نزدیک‌تر به صفر برخوردار است. در پژوهشی که به منظور تعیین الگوهای پراکنش حشرات در یک مرغزار بوسیله شبکه‌های عصبی انجام شد، بیان شد که شبکه‌های عصبی MLP، LVQ و خطی می‌توانند به خوبی الگوهای توزیع حشرات را تشخیص دهند. اما در بین شبکه‌های مذکور MLP دارای قوی‌ترین الگوریتم در تشخیص الگوها بود (Zhang et al, 2008). به هر حال با کاربرد مناسب تعداد لایه مخفی و نرون، توابع تبدیل، توابع آموزش و آزمایش، شبکه MLP می‌تواند هر گونه تابع خطی یا غیرخطی را با دقت مطلوب، برآورد نماید (Zhang and Barrion, 2006). اگرچه در این پژوهش از الگوریتم اصلاح شده شبکه عصبی MLP استفاده شد و همچنین

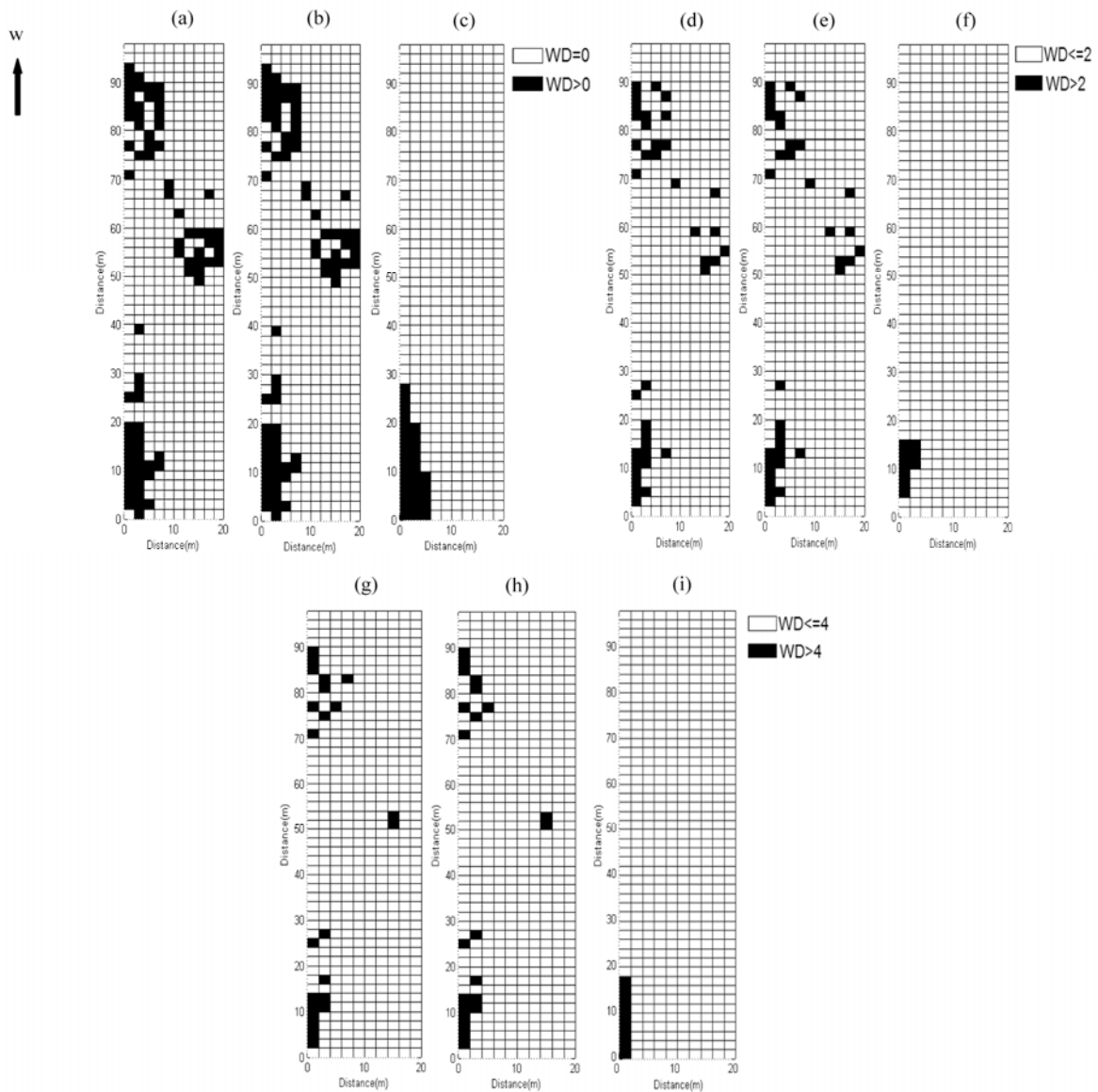
جدول ۳. رابطه خطی رگرسیونی و ضریب تبیین بین dv (مقادیر واقعی داده‌ها) و pv (مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل).

Table 3. Linear regression relationship and coefficient of determination between dv (actual value) and pv (predicted value by

model).				
Network goals for classification	Network utilization phase	Linear regression relationship	R ²	Network type
WD ₁ = 0, WD ₂ > 0	Training Phase	pv= 0.994 dv + 0.009	0.965	LVQ
		pv= 0.292 dv + 0.722	0.195	MLP
	Test Phase	pv= 1.000 dv + 0.000	0.999	LVQ
		pv= 0.139 dv + 0.875	0.073	MLP
WD ₁ ≤ 2, WD ₂ > 2	Training Phase	pv= 0.906 dv + 0.093	0.900	LVQ
		pv= 0.256 dv + 0.745	0.210	MLP
	Test Phase	pv= 1.000 dv + 0.000	0.999	LVQ
		pv= 0.090 dv + 0.909	0.079	MLP
WD ₁ ≤ 4, WD ₂ > 4	Training Phase	pv= 0.950 dv + 0.050	0.947	LVQ
		pv= 0.222 dv + 0.781	0.150	MLP
	Test Phase	pv= 1.000 dv + 0.000	0.999	LVQ
		pv= 0.987 dv + 0.028	0.490	MLP

بندی کردند. نقشه‌های تهیه شده بوسیله شبکه‌های عصبی چنانچه از دقت بالایی برخوردار باشند می‌توانند به مدیر مزرعه در جهت اعمال کنترل لکه ای علفکش‌ها کمک کنند. علاوه بر این چنانچه نقشه‌ها منطبق بر مختصات جغرافیایی هر مکان تهیه شوند، راهنمای خوبی برای فعال شدن نازل‌ها در نقاط بالای حد آستانه علف هرز در عملگرهای نرخ متغیر^۲ خواهند بود. نقشه‌های ترسیم شده نشان دهنده توزیع نا همگون و تجمعی علف هرز تلخه در مزرعه مورد مطالعه بود. علف هرز تلخه گیاهی چندساله و مهاجم است که قادر به تکثیر از طریق بذر می‌باشد، اما این گیاه عمدتاً از طریق پراکنش قطعات ریشه بوسیله عوامل گوناگون تکثیر می‌شود (Roberts et al, 2004). در مطالعه ای با استفاده از مدل‌های شبیه سازی، پراکنش علف هرز تلخه در ایالت کلرادو آمریکا مورد مطالعه قرار گرفت (Goslee et al, 2006). این محققین نقشه‌های پراکنش علف هرز را ترسیم کرده و نشان دادند که این علف هرز عمدتاً بصورت لکه ای ظاهر می‌شود، به گفته همین محققین برهمکنش بین میزان بارندگی، درجه حرارت، بافت خاک و نیز روش‌های مدیریتی اعمال شده سبب توزیع ناهمگون این علف هرز در سطح ایالت شده است.

ولی در مورد صحت کارایی یک مدل نمی‌توان تنها با مقایسه یک یا چند نقطه قضاوت کرد (Zhang and Fuh, 1998). در مقایسه نقشه‌های تفکیک شده توسط مدل شبکه عصبی MLP و نقشه‌های حاصل از داده‌های واقعی مشاهده می‌شود، لکه‌هایی از علف هرز که در بخش‌های میانی و غرب مزرعه وجود داشته توسط شبکه MLP (شکل‌های ۳، c، f و i) قابل تشخیص نبوده، درحالی‌که این لکه‌ها آلوده به علف هرز بوده است. Zhang et al, (2008) در مقایسه سه مدل شبکه عصبی LVQ، MLP و روش تفکیک خطی ۱ برای تعیین الگوهای پراکنندگی حشرات در سطح یک چمن زار، بیان کردند که شبکه عصبی MLP الگوریتم قوی تری در تشخیص الگوهای پراکنش حشرات بود. آن‌ها رفتارهای اکولوژیکی را در کارایی مدل‌های شبکه عصبی موثر دانستند. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به ویژگی‌های اکولوژیکی متفاوت حشرات و علف‌های هرز در سطح مزارع، تفاوت در عملکرد شبکه MLP در دو آزمایش دور از ذهن نباشد. در آزمایش Zhang et al, (2008) شبکه LVQ، از نظر دقت تشخیص حدواسط دو شبکه دیگر قرار می‌گرفت. در پژوهشی دیگر که با استفاده از شبکه عصبی LVQ انجام شد، محققین میزان آلودگی پانیکول برنج به بیماری بلایت را به چند سطح سالم، با آلودگی کم، متوسط و شدید طبقه بندی کرده و سپس بر اساس آستانه آلودگی مورد نظر اقدام به کنترل بیماری کردند (Zhang et al, 2010). آستانه اقتصادی به صورت تراکمی از علف‌هرز تعریف می‌شود که در آن هزینه کنترل علف‌هرز معادل سود حاصل از کنترل است (O Donovan, 1991). واضح است که نقاط دارای تراکم بیشتر از حد آستانه در مدیریت متناسب با مکان مورد تیمار قرار می‌گیرد و سایر نقاط که زیر حد آستانه قرار دارند نیاز به مصرف علفکش یا هر عملیات کنترلی ندارند. Kavdir (2004) با کاربرد شبکه عصبی مصنوعی بوته‌های آفتاب گردان و علف هرز توتوق را دو تا سه هفته بعد از سبز شدن با توجه به اندازه، شکل و رنگ طبقه



شکل ۳. نقشه توزیع علف هرز تلخه در دو حالت واقعی (شکل‌های *a*، *d* و *g*) و تفکیک شده، توسط مدل شبکه عصبی *LVQ* (شکل‌های *b*، *e* و *h*) و مدل شبکه عصبی *MLP* (شکل‌های *c*، *f* و *i*). نقشه‌های *a*، *b* و *c* براساس حدآستانه صفر بوته، نقشه‌های *d*، *e* و *f* براساس حدآستانه دو بوته و نقشه‌های *g*، *h* و *i* براساس حدآستانه چهار بوته علف هرز در متر مربع ترسیم شده است.

Fig. 3. *Acroptilon repense* distribution maps in actual (a, d and g) and classified conditions by LVQNN (b, e and h) and by MLPNN (c, f and i). The maps of a, b, c and d, e, f and g, h, i have been drawn according to economic threshold of 0, 2 and 4 plants/m² respectively.

قیاق^۳ که بوسیله اندام‌های رویشی زیر زمینی تکثیر می‌شوند نیز گزارش شده است (Christensen et al, 1998). علف‌های هرزی که حالت لکه‌ای بودن و پایداری بیشتری دارند برای مدیریت متناسب با

در نهایت آن‌ها بیان کردند که با توجه به توزیع لکه ای تلخه، امکان کنترل نقاط آلوده به این علف هرز و کاهش میزان سم مصرفی و هزینه‌های کنترل وجود دارد. وجود توزیع لکه ای در علف‌های هرز چند ساله ای نظیر شاهی وحشی^۱ (Makarjian, 2008)، خارلته^۲ و

2 - *Cirsium arvense* (L.)

3 - *Sorghum halepense*

1 - *Cardaria draba* (L.)

مکان مناسب‌ترند (Colbach et al, 2000).

بالایی علاوه بر پیش بینی، نقشه پراکنش جمعیت علف هرز تلخه را ترسیم نماید. نقشه حاصل از هر دو شبکه نیز نشان داد که تلخه دارای آرایش لکه ای است. بنابراین تنها از طریق تیمار کردن لکه‌های دارای علف هرز می‌توان به اهداف مدیریت متناسب با مکان و کاهش علفکش‌های مصرفی دست یافت.

نتیجه گیری کلی

این پژوهش نشان داد که یکی دیگر از روش‌های مدل‌سازی رفتار علف‌های هرز، شبکه‌های عصبی مصنوعی است. در این گونه مدل‌ها بدون در نظر گرفتن معادلات پیچیده غیرخطی، می‌توان دینامیک حاکم بر سیستم را استخراج نموده و از این طریق، خروجی‌های مدل را پیش‌بینی کرد. از بین شبکه‌های عصبی LVQ و MLP بکار گرفته شده در این مطالعه شبکه LVQ توانست با دقت

سیاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود به خاطر حمایت مالی از این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

- 1- Azadeh, A., Ghaderi, S. F., and S. Sohrabkhani. 2006. Forecasting electrical consumption by integration of Neural Network, time series and ANOVA. *Applied Mathematics and Computation*, 186: 1753-1761.
- 2- Cardina, J., and D. J. Doohan. 2008. Weed biology and precision farming. *Site-specific management guideline*. www.ppi-far.org/ssmg.
- 3- Chang, D.H., and S. Islam. 2000. Estimation of soil physical properties using remote sensing and artificial neural network. *Remote Sensing of Environment*, 74: 534-544.
- 4- Christensen, S., T. Heisel, and M. Paice. 1998. Simulation of long term *Alopecurus myosuroides* population using three patch spraying strategies. *Proceedings of the 15th Danish Plant Protection Conference Weeds. DJF-RC. Prot No. 2*, pp. 141-150.
- 5- Colbach, N., F. Forcella, and G.A. Johnson. 2000. Spatial and temporal stability of weed populations over five years. *Weed Science*, 48:366-377.
- 6- Dawson, C. W., R. J. Abraham, and A.Y. Shamseldin. 2006. Flood estimation at un gauged sites using artificial neural networks. *J. Hydrol.* 319:391-409.
- 7- Drummond, S.T., K.A. Sudduth, A. Joshi, S. J. Birrell and N. R. Kitchen. 2003. Statistical and neural methods for site-specific yield prediction. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE)*, 46: 5-14.
- 8- Filippi, A. M., and J. R. Jensen. 2006. Fuzzy learning vector quantization for hyperspectral coastal vegetation classification. *Remote Sensing Environment*. 100:512-530
- 9- Goel, P. K., S. O. Prasher, R. M. Patel, J. A. Landry, R. B. Bonnell, and A. A. Viau. 2003. Classification of hyperspectral data by decision trees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39: 67-93.
- 10- Goslee, C. S., D. P. C. Peters, and K. George-Beck. 2006. Spatial prediction of invasion success across heterogeneous landscapes using an individual-based model. *Biological Invasions*. 8: 193- 200.
- 11- Grundy, A. C., C. M. Onyango, K. Phelps, R. J. Reader, J. A. Marchant, L. R. Benjamin, and M. Mesd. 2005. Using a competition model to quantify the optimal trade-off between machine vision capability and weed removal effectiveness. *Weed Research*. 45: 388- 405.
- 12- Gupta, M. M., J. Jin, and N. Homma. 2003. *Static and Dynamic Neural Networks: From Fundamentals to Advanced Theory*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- 13- Heijeting, S., W. Van Der Werf, A. Stein, and M. Kropff. 2007. Are weed map stable in location? Application of an explicitly two – dimensional methodology. *Weed Research*, 47: 381-395.
- 14- Irmak, a., J. W. Jones, W. D. Batchelor, S. Irmak, k. J. Boote, and j. O. Paz. 2006. Artificial neural network model as a data analysis tool in precision farming. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 49: 2027-2037.
- 15- Jin, Y. Q., and C. Liu. 1997. Biomass retrieval from high-dimensional active/passive remote sensing data by using artificial neural networks. *International Journal of Remote Sensing*, 18: 971-979.
- 16- Jurado-Exposito, M., F. Lopez-Granados, J. L. Gonzalez-Andujar, and L. Garcia-Torres. 2004. Spatial and temporal analysis of *Convolvulus arvensis* L. populations over four growing seasons. *European Journal of Agronomy*, 21: 287-296.
- 17- Kaul, M., R. L. Hill, and C. Walthall. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield

- prediction. *Agriculture system*, 85: 1-18.
- 18- Kavdir, S. 2004. Discrimination of sunflower, weed and soil by artificial neural networks. *Computer and Electronic in Agriculture*, 44: 153-160.
 - 19- Kohonen, T. 1990. *The Self-Organizing Map*, Proceedings of IEEE, Vol. 78, No. 9.
 - 20- Kohonen, T. 1995. *Self-Organizing Map*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
 - 21- Liu, Z. Y., H. F. Wu., and J.-F. Huang .2010. Application of neural networks to discriminate fungal infection levels in rice panicles using hyperspectral reflectance and principal components analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72: 99-106 .
 - 22- Makarian H., M. H. Rashed Mohassel, M. Bannayan and M. Nassiri. 2007. Soil seed bank and seedling populations of *Hordeum murinum* and *Cardaria draba* in saffron fields. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 120: 307- 312.
 - 23- Makarian, H. 2008. Investigation of spatial and temporal dynamic of weed seed bank and seedling populations and its effect on saffron (*Crocus sativus* L.) leaf dry weight under different weed management conditions. Ph.D. thesis in weed science. Ferdowsi University of Mashhad :193pp.(in farsi)
 - 24- Nordmeyer, H. 2006. Patchy weed distribution and site-specific weed control in winter cereals. *Precision Agriculture*, 7: 219 -231.
 - 25- Olden, J. D., M. K. Joy, and R.G. Death. 2004. An accurate comparison of methods for quantifying variable importance in artificial neural networks using simulated data. *Ecological Modelling*, 178:389–397.
 - 26- Rashed Mohassel, M. H., H. Najafi, and M. D. Akbarzadeh. 2001. *Weed Biology and Control*. Ferdowsi University Press, 404p. (In farsi)
 - 27- Roberts, E. A., R.L. Sheley, and R. L. Lawrence. 2004. Using sampling and inverse distance weighting modeling for mapping invasive plants. *Western North American Naturalist*, 64: 312-323.
 - 28- Rohani, A., Abbaspour-Fard, M.H., Abdolahpour, S. 2011. Prediction of tractor repair and maintenance costs using artificial neural network. *Expert Sys. Applications* 38: 8999–9007.
 - 29- Searcy, S. W. 2008. Precision farming: a new approach to crop management. Texas agricultural extension service. txprecag.tamu.edu/content/pub/pf-ncm.pdf.
 - 30- Shaw, D. R. 2005. Translation of remote sensing data into weed management decisions. *Weed Science*. 53: 264-273.
 - 31- Torrecilla, J. S., L. Otero, and P. D. Sanz. 2004. A neural network approach for thermal/pressure food processing. *Food Engineering*, 62: 89-95.
 - 32- Vakil-Baghmisheh, M. T. 2002. Farsi Character Recognition Using Artificial Neural Networks. PhD Thesis, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana.
 - 33- Vakil-Baghmisheh, M. T., and N. Pavešic. 2001. Back-propagation with declining learning rate. Proceeding of the 10th Electrotechnical and Computer Science Conference, Portorož, Slovenia. Vol B: 297-300.
 - 34- Vakil-Baghmisheh, M. T., and N. Pavešic. 2003. Premature clustering phenomenon and new training algorithms for LVQ. *Pattern recognition*, 36:1901-1921.
 - 35- Veelenturf, L. P. J. 1995. Analysis applications of artificial neural networks. Simon & Schuster international group, United States of America.
 - 36- Yang, C. C., S. O. Prasher, J. A. Landry, and H. S. Ramaswamy. 2003. Development of a herbicide application map using artificial neural networks and fuzzy logic. *Agricultural Systems*, 76: 561-574.
 - 37- Yu, R., P. S. Leung, and P. Bienfang. 2006. Predicting shrimp growth: artificial neural network versus non-linear regression models. *Aqua- cultural Engineering*, 34:26–32
 - 38- Zhang, W. J., and A.T. Barrion. 2006. Function approximation and documentation of sampling data using artificial neural networks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 122(1–3):185–201.
 - 39- Zhang, W. J., X. Q. Zhong, and G. H. Liu. 2008. Recognizing spatial distribution patterns of grassland insects: neural network approaches. *Stochastic Environmental. Research and Risk Assessment*, 22:207–216.
 - 40- Zhang, Y. F., and J. Y.H. Fuh. 1998. A neural network approach for early cost estimation of packaging products. *Computers & Industrial Engineering*, 34: 433-50.
 - 41- Zhang, Y., J. Pulliainen, S. Koponen, and M. Hallikainen. 2002. Application of an empirical neural network to surface water quality estimation in the Gulf of Finland using combined optical data and microwave data. *Remote Sensing of Environment*, 81: 327–336.

ارزیابی تکنیک پردازش تصویر در تخمین ازت و عملکرد گیاه برنج و مقایسه آن با روش های متعارف

محمدرضا لاریجانی ۱- رحمان فرخی تیمورلو ۲*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۴

چکیده

تأمین دقیق و به‌موقع ازت گیاهان در کوددهی مزارع مستلزم بکارگیری روش‌های جدید و کم‌هزینه در کشاورزی دقیق است. به‌منظور تعیین ازت مورد نیاز گیاه برنج در زمان خوشه‌دهی آن، آزمایشی با استفاده از سه روش پردازش تصویر، کزلال و دستگاه کلروفیل‌متر، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار در سال ۱۳۸۹ در مرکز تحقیقات برنج تنکابن اجرا شد. تیمارهای آزمایشی سطوح مختلف کوددهی (اوره ۴۶٪ ازت) بودند. در زمان خوشه‌دهی گیاه برنج با استفاده از یک دوربین دیجیتال از بوته‌های برنج بصورت عمودی عکسبرداری و توسط روش پردازش تصویر آنالیز شدند. همزمان توسط دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-502 شاخص کلروفیل برگ گیاه اندازه‌گیری شد و همچنین با استفاده از روش آزمایشگاهی کزلال درصد ازت برگ گیاه نیز تعیین گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که میان هر سه روش تعیین ازت گیاه همبستگی بالایی وجود دارد. همچنین میزان همبستگی میان هر سه روش تعیین ازت گیاه و عملکرد محصول تقریباً یکسان می‌باشد. در مجموع به‌نظر می‌رسد که روش پردازش تصویر می‌تواند پتانسیل بالایی در مدیریت ازت مزارع داشته باشد، از طرفی دیگر این روش نسبت به دو روش دیگر کم‌هزینه‌تر، سریع‌تر و همچنین غیرمخرب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ازت، پردازش تصویر، کزلال، کلروفیل‌متر SPAD-502، گیاه برنج

مقدمه

امروزه بشر برای تأمین ازت گیاهان زراعی ناچار به استفاده از کودهای شیمیایی است. زیرا که مصرف آن موجب افزایش تولید محصولات کشاورزی می‌شود، اما شیوه سنتی مورد استفاده کشاورزان دارای راندمان کمی است که موجب افزایش هزینه تولید می‌گردد. از طرف دیگر، عدم رعایت مصرف بهینه کودهای شیمیایی، عدم توجه به مسائل زیست‌محیطی و تداوم مصرف نامتعادل کودها اثرات تخریبی برجای گذاشته است که از جمله این اثرات سوء، تجمع نیترات و نیتريت در آب‌های زیرزمینی می‌باشد که نتایج آن سبب افزایش انواع سرطان‌ها، بیماری‌های مزمن، اختلالات کبدی و بیماری‌های تنفسی در بشر شده است (Malakoti, 2002). همزمان کردن عرضه ازت قابل جذب خاک و کود مصرف شده با نیاز ازت محصول باعث حداکثر شدن راندمان مصرف این عنصر می‌شود

(Salardini, 2005). در حال حاضر بسیاری از کشاورزان کودهای ازته را به یکباره قبل از کاشت و یا در فواصل زمانی ثابت بدون در نظر گرفتن نوع وارپته و تغییرات فصلی (شرایط آب و هوایی) مصرف می‌کنند که عمدتاً مصادف با مراحل حساس فیزیولوژیکی رشد گیاه نیست و در نتیجه سبب افزایش هزینه تولید و کاهش کمی و کیفی محصول می‌گردد (Mohammadian, 2005). بنابراین تأمین دقیق و به‌موقع کود ازته در طول دوره رشد گیاهان، ضروری است. این امر نیازمند داشتن دانش و اطلاعات از سطوح ازت بوته گیاهان است. اندازه‌گیری مقدار ازت گیاهان به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. تعدادی از محققان با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مقدار ازت گیاهان مختلف را اندازه‌گیری کردند (Feibo et al., 1995; Ahmad et al., 1999; Liu et al. 2006; Wu et al., 2007; Nahvi and Sabori. 2009). در سال ۲۰۰۶، از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-502 برای تهیه نقشه ازت مزرعه ذرت استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که از این دستگاه می‌توان به‌عنوان یک ابزار مکمل و یک روش کاربردی برای اعمال کوددهی مزارع ازت بکار برد (Ahmad et al., 1999). دستگاه کلروفیل‌متر برای

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*- نویسنده مسؤله: Email: r.farrokhi@urmia.ac.ir

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*- نویسنده مسؤله: Email: r.farrokhi@urmia.ac.ir

کلروفیل و ازت در فضای RGB ۷۵/۱ درصد و بالاترین دقت پیش-بینی نیز ۹۹ درصد بود (Borhan et al., 2004). در یک تحقیق، با استفاده از یک دوربین CCD^۳ و فیلترهای میان‌گذر به پیش‌بینی میزان ازت دو رقم برنج پرداخته شد. آن‌ها نتایج خود را با روش کژلدال^۴ مقایسه نمودند. مدل ارائه شده دارای خطای پیش‌بینی ۰/۷۷، میانگین مربعات خطا برابر ۰/۲۱ درصد و ریشه میانگین مربعات خطا برابر ۱۵/۵ درصد بود. هدف این تحقیق بررسی امکان بکارگیری دوربین از فاصله نسبتاً دور ۱۵ متری سطح زمین و تعیین مقدار نیتروژن مزرعه در یک سطح وسیعتر بود. که با توجه به هدف تحقیق نتایج قابل قبولی بدست آوردند (Huang et al., 2003). هدف از تحقیق حاضر، بررسی روش‌های مختلف اندازه‌گیری ازت گیاه برنج در مدیریت کوددهی آن می‌باشد. زیرا ازت به عنوان عنصری مهم در کشت و کار برنج، از مهمترین و پرمصرفترین عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد این گیاه محسوب می‌شود. اما یکی از تنگناهای کلیدی در مدیریت مصرف کود ازته در پرورش گیاه برنج با سیستم غرقاب دائم، راندمان مصرف پایین ازت می‌باشد. بطوریکه در بهترین شرایط مدیریت مصرف، راندمان مصرف آن حداکثر تا حدود ۴۰ درصد می‌رسد (Mohammadian, 2005). از طرفی دیگر، به ازای تولید هر تن دانه (شلتوک) بایستی ۲۰ کیلوگرم ازت جذب گیاه برنج شده باشد (Fallah and Saadati, 1997). همچنین نیاز برنج به دیگر عناصر غذایی پرمصرف (ماکرو) عمدتاً به عرضه و فراهم بودن ازت بستگی دارد. هنگامی که ازت کافی در اختیار گیاه قرار گیرد، نیاز به دیگر عناصر غذایی اصلی نظیر فسفر و پتاسیم افزایش می‌یابد (Mirnia and Mohammadian, 2005). با توجه به مراتب فوق تأمین به‌موقع، دقیق و سریع و غیرمخرب عنصر ازت برای گیاه برنج ضروری بشمار می‌رود.

مواد و روش‌ها

کاشت گیاه برنج رقم شیرودی در بهار ۱۳۸۹ و در ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن واقع در غرب استان مازندران که دارای طول جغرافیایی ۴۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی، فاصله آن با دریای خزر ۲۰۰ متر و با سلسله جبال البرز ۳۰۰۰ متر، بارندگی متوسط سالیانه ۱۲۵۳ میلیمتر، ارتفاع ایستگاه از سطح دریای آزاد ۲۰ متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۵/۸ سانتی‌گراد و حداکثر رطوبت ۹۲ درصد و حداقل آن ۷۴ درصد بود، در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار (کود اوره ۴۶٪ ازت) و سه تکرار در کرت‌هایی با اندازه ۲/۳ در ۴ متر که با استفاده از نایلون‌های پلاستیکی از همدیگر جدا شده بودند انجام شد.

تعیین مقدار ازت برگ گیاه اسفناج نیز استفاده گردیده است (Liu et al., 2006). تحقیق دیگری نشان داد که از دستگاه کلروفیل‌متر می‌توان در مدیریت کوددهی ازته گیاه کتان استفاده نمود به‌صورتی که به‌ازای یک واحد کاهش در مقدار شاخص کلروفیل گیاه لازم است که حدود ۲۴ کیلوگرم در هکتار مقدار ازت افزایش یابد (Feibo et al., 1995). تحقیقات نشان داده است که از دستگاه کلروفیل‌متر می‌توان در مزارع برنج برای مدیریت کوددهی ازت استفاده نمود. ولی نتایج حاصل را نمی‌توان برای تخمین کمبود سایر عناصر مانند فسفر و پتاسیم تعمیم داد (Peng et al., 1999). روش دیگر اندازه‌گیری ازت گیاهان استفاده از آنالیز شیمیایی بافت گیاه و بافت خاک می‌باشد. در سال ۲۰۰۵ با استفاده از آنالیز بافت خاک مقدار ازت مورد نیاز گیاه ذرت اندازه‌گیری گردید (Karimi, 2005)، همچنین مقدار ازت گیاهان در مراتع با استفاده از آنالیز شیمیایی بافت گیاه محاسبه کردند (Jiang, 2001). استفاده از سیستم اندازه‌گیری از راه دور روشی جدید در تشخیص مقدار ازت گیاهان است که امروزه در کشاورزی دقیق و مدیریت کوددهی مزارع کاربرد فراوانی در کشورهای پیشرفته دارد. علم بینایی ماشین و تکنیک پردازش تصویر روشی است که پتانسیل بالایی برای تخمین و برآورد درصد ازت گیاهان خواهد داشت. مقادیر شدت رنگ سبز و ظرفیت ازت گیاه شدیداً به همدیگر وابسته‌اند لذا می‌توان از رنگ برگ گیاهان برای بررسی وضعیت ازت استفاده نمود (Takebe, 1990). همچنین حدود ۲ تا ۵ درصد وزن خشک گیاه را ازت تشکیل می‌دهد و از آنجا که ازت مستقیماً در ساختار مولکول کلروفیل شرکت می‌کند ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار ازت برگ و مقدار کلروفیل وجود دارد (Cassman, 1994). تاکنون محققین مختلفی با استفاده از سیستم بینایی ماشین و تکنیک پردازش تصاویر توانسته‌اند مقدار ازت گیاهان مختلفی را تخمین بزنند که می‌توان به گیاهانی همچون برنج (Huang et al., 2003; Shibayama et al., 2008)، سیب‌زمینی (Borhan et al., 2004)، جو (Pagolaa et al., 2009)، شلغم روغنی (Yuan et al., 2009) اشاره کرد. نتایج آن‌ها نشان داد که ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین داده‌های حاصل از پردازش تصاویر بوته‌های گیاه و سطح کلروفیل برگ گیاهان در تمام مراحل رشد وجود دارد. بطوریکه نشان داده شده است بین مؤلفه‌های رنگی حاصل از پردازش تصاویر برگ‌های گیاه جو و شاخص کلروفیل برگ گیاه ضریب تبیین بالایی ($R^2=0/95$) وجود دارد (Pagolaa et al., 2009). در تحقیق دیگر، با استفاده از پردازش تصاویر رنگی در فضای RGB^۱ و تصاویر چندطیفی^۲ به پیش‌بینی میزان ازت گیاه سیب‌زمینی پرداختند. متوسط دقت مدل‌های ارائه شده برای پیش‌بینی

3- Charge Copple Device
4- Kjeldahl

1- Red, Green, Blue
2- Multi Spectral

برای فاصله دوربین از گیاه وجود ندارد. سعی بر این بوده است که کل گیاه با کمترین حواشی اطراف در تصویر جای بگیرد. تصاویر دریافت شده، طی مراحل پیش‌پردازش (شامل عملیات کاهش اندازه تصویر، باینری کردن تصویر، تعدیل نور و حذف نویز به منظور ارتقاء کمی و کیفی تصویر) و پردازش نهایی توسط نرم‌افزار متلب *R2009b* و یک ماشین محاسباتی (کامپیوتر) آنالیز شدند. پس از اینکه تصاویر رنگی به تصاویر سطح خاکستری تبدیل شدند، شدت سطح خاکستری (I) تصاویر توسط رابطه (۱) در نرم‌افزار متلب بدست آورده شد (Gonzalez and Woods, 2004).

$$I = \text{gray thresh}(f) * 256 \quad (1)$$

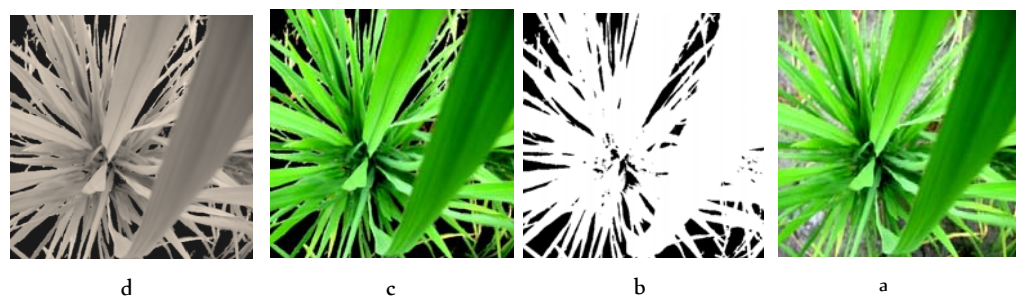
graythresh یک سطح آستانه را برای جداسازی پس‌زمینه از گیاه بر اساس الگوریتم اتسو برای تصویر f پیدا می‌کند. الگوریتم جداسازی برای حذف زمینه تصویر در تصاویر دریافت شده اجرا گردید. در این الگوریتم ابتدا تصویر اصلی به سه مؤلفه قرمز، سبز و آبی بخش‌بندی شد و سپس بوته گیاه برنج از پس‌زمینه تصویر جداسازی شد. با توجه به اختلاف فاحش رنگ پس‌زمینه با برگ، این جداسازی با یک آستانه‌گیری ساده بدست آمد. (در اجرای این الگوریتم مقدار پیکسل‌های پس‌زمینه تصویر صفر شده و شدت پیکسل‌های برگ برنج ثابت می‌ماند). مراحل پردازش تصویر در شکل ۱ نشان داده شده است.

سپس سطح خاکستری تصاویر با مقدار نیتروژن گیاه که با استفاده از دستگاه *SPAD-502* بدست آمده بود، مقایسه گردید. آزمایشات نشان داد که همبستگی بالایی بین سطح خاکستری تصاویر با مقدار نیتروژن گیاه برنج وجود دارد. بنابراین رابطه‌ای برای تبدیل سطح خاکستری تصویر به مقدار نیتروژن گیاه بر اساس شاخص *SPAD-502* بدست آمد. این رابطه در تحقیق حاضر برای مقایسه با دو روش متداول کنونی مورد آزمایش قرار گرفته است.

مزرعه مورد مطالعه دارای بافت خاک رسی‌شنی (۴۸ درصد شن، ۱۶ درصد سیلت و ۳۶ درصد رس)، کربن آلی ۴/۵۳ درصد، ازت کل ۰/۳۹۸ درصد، فسفر قابل جذب (ppm) ۱۲/۸ و پتاسیم قابل جذب (ppm) ۹۹ بود. پس از آماده‌سازی خزانه و جوانه‌زنی شلتوک‌ها، زمانی که طول نشاءها ۲۵ سانتی‌متر شدند، به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر بطور دستی نشاءکاری شدند. در طول دوره کشت رخداد مهم و تأثیرگذاری از بیماری‌ها و آفات همچون بلاست و کرم ساقه‌خوار وجود نداشت و در نتیجه از رفتارهای پیشگیری و مقابله‌ای چون سمپاشی و آفت‌کشی استفاده نگردید. همچنین از کودهای ماکرو و میکرو دیگری برای رشد گیاه برنج استفاده نشد و همه شرایط برای رشد گیاه برنج در همه تکرارها بطور یکسان در نظر گرفته شد. در طول دوره کشت، آبیاری بصورت غرق‌آبی انجام شد و تنش آبی نیز وجود نداشت. عنصر ازت بصورت کود اوره ۴۶٪ (شرکت پتروشیمی خراسان) در چهار سطح کنترل، شاهد، ۱۳۰، ۱۹۵ و ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار و در طی سه مرحله بصورت تقسیمی، ۵۰٪ یک روز قبل از نشاءکاری، ۲۵٪ چهار هفته بعد از نشاءکاری و ۲۵٪ مابقی زمان خوشه‌دهی به تیمارها بصورت کود گرانوله داده شد. مهمترین دوره ضروری برای تامین ازت در گیاه برنج، زمان خوشه‌دهی آن است (Cartelat et al., 2005). لذا قبل از دوره سوم کوددهی، مقدار ازت گیاه برنج به سه روش پردازش تصویر، آنالیز شیمیایی بافت گیاه (کژلدال) و توسط دستگاه کلروفیل‌متر *SPAD-502* اندازه‌گیری شد.

۱- اندازه‌گیری ازت گیاه بر اساس پردازش تصاویر

در این روش، با استفاده از دوربین دیجیتالی (*Canon S3IS CCD*) ۶ مگاپیکسلی تصاویری رنگی از بوته‌های برنج با ابعاد ۲۱۱۲×۲۸۱۶ پیکسل و فرمت *JPEG* دریافت شد. در این حالت تصویربرداری فاصله دوربین از بوته‌های گیاه برنج ۲۰-۱۵ سانتیمتر و وضعیت دوربین بصورت عمود بر سطح زمین بود. استاندارد خاصی



شکل ۱- مراحل پردازش تصویر بوته برنج. (a) تصویر دریافت‌شده (b) تصویر باینری شده با حذف نویزهای تصویر (c) مؤلفه سبز تصویر (d) تصویر خاکستری تصویر

Fig.1. Image processing process in rice plant. a) acquired image b) binary image after eliminating noises of image c) green principle of image d) gray level of image.

$$SPAD = k \log \left[\frac{\frac{IR_1}{IR_0}}{\frac{R_1}{R_0}} \right] \quad (3)$$

که *SPAD* شاخص کلروفیل برگ، *K* عدد ثابت، *IR₀* و *R₀* مقدار واقعی طول موج ناحیه مادون قرمز و قرمز، *IR₁* و *R₁* مقدار عبور طول موج ناحیه مادون قرمز و قرمز می‌باشد. پس از اندازه‌گیری ازت گیاه به روش‌های مختلف، صفات عملکرد محصول، طول خوشه، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر و خالی، تعداد پنجه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری و ثبت گردید.

نتایج و بحث

جدول ۱ نشان می‌دهد که بین روش‌های مختلف اندازه‌گیری ازت گیاه برنج همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. عبارت دیگر روش پردازش تصویر می‌تواند جایگزین مناسبی برای دو روش دیگر باشد. این روش راه را برای کوددهی مکانیزه مزارع برنج هموار می‌کند بطوریکه می‌توان میزان نیتروژن گیاه را در حین عمل اندازه‌گیری نموده به اندازه مورد نیاز به گیاه کود داد. لازم به ذکر است که این امر با روش‌های متداول کنونی مقذور نیست. بالاترین ضریب همبستگی بین دو روش پردازش تصاویر (مؤلفه خاکستری تصویر) و دستگاه کلروفیل متر (شاخص کلروفیل برگ) ($R^2=0/94$) می‌باشد. این دقت بالا نشان می‌دهد که نیتروژن تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی ویژگی رنگی گیاه برنج دارد که قابلیت استفاده از این تکنیک را توجیه می‌کند. تحقیق روی گیاهان دیگر نیز نشان داده است رابطه خوبی بین میزان نیتروژن گیاه و رنگ گیاه وجود دارد. در سال ۲۰۰۹، ضریب همبستگی بالایی ($R^2=0/95$) بین شاخص کلروفیل برگ گیاه جو و مؤلفه‌های رنگی حاصل از پردازش تصاویر بدست آورده شد (Pagola et al., 2009). در تحقیقی دیگر، متوسط ضریب همبستگی میان شاخص کلروفیل برگ سیب‌زمینی و نتایج حاصل از پردازش تصاویر را ۰/۷۵ بدست آوردند (Borhan et al., 2004). همچنین بین روش‌های کژلدال و دستگاه کلروفیل متر و روش‌های کژلدال و پردازش تصاویر ضریب همبستگی ۰/۹۲ در سطح احتمال یک درصد وجود داشت.

از آنجا که افزایش سطح کوددهی موجب افزایش سطح سبزینه و عملکرد گیاه برنج شد لذا انتظار می‌رود بین عملکرد محصول و هر سه روش اندازه‌گیری ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشته باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ضریب همبستگی بین عملکرد محصول و روش کژلدال در سطح احتمال یک درصد بالاتر از همه ($R^2=0/74$) و شاخص کلروفیل در سطح احتمال پنج

۲- اندازه‌گیری ازت به روش شیمیایی بافت گیاه

در روش شیمیایی یا کژلدال، درصد ازت برگ گیاه برنج طی سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون، اندازه‌گیری شد. بطوریکه ابتدا اکسیداسیون تر در مرحله هضم انجام گرفت و سپس در مرحله تقطیر، ۱۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۱ درصد، درون بشر ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و چند قطره معرف ازت به آن اضافه گردید و زیر لوله تقطیر گذاشته شد. همچنین ۲۰ میلی‌لیتر عصاره به دست آمده از روش هضم تر داخل بالن تقطیر ریخته شد و به آن ۱۰ تا ۱۵ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۵۰ درصد اضافه گردید. در بالن دیگر دستگاه تقطیر، بیش از نصف حجم آن آب مقطر ریخته شد و پس از جوشاندن آن، به تدریج ازت از داخل بالن ژوژه حاوی عصاره و هیدروکسید سدیم از طریق لوله تقطیر به داخل بشر که در زیر آن قرار داشت، اضافه گردید. پس از باز کردن پیچ متصل به سر بالن، مابقی عصاره و هیدروکسید سدیم تحت عمل مکش به داخل بالن دیگری ریخته شد و از آنجا توسط یک لوله پلاستیکی به خارج دستگاه هدایت شد. در مرحله پایانی (تیتراسیون)، بشر حاوی اسید بوریک، معرف ازت و عصاره اضافه شده حاوی ازت مرحله تقطیر، با اسید کلریدریک ۰/۱ مولار تا بی‌رنگ شدن محلول داخل بشر تیترا شد و سپس با استفاده از رابطه (۲) درصد ازت برگ گیاه برنج محاسبه گردید (Benton Jones, 1991).

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad (2)$$

که در آن N_1 و V_1 نرمالیت و حجم محلول قبل از رقیق شدن و N_2 و V_2 نرمالیت و حجم محلول بعد از رقیق شدن می‌باشد.

۳- اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ گیاه توسط دستگاه

کلروفیل متر

شاخص کلروفیل برگ گیاه برنج توسط دستگاه کلروفیل متر مدل SPAD-502 نیز اندازه‌گیری شد. بطوریکه از هر کرت پنج بوته و از هر بوته سه برگ کاملاً توسعه یافته بطور تصادفی انتخاب شد و میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده به‌عنوان شاخص هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. کلروفیل متر SPAD-502 یک مساحت ۳×۲ میلیمتری از برگ گیاه را با دقت ۱ واحد اندازه‌گیری می‌کند. اساس اندازه‌گیری کلروفیل برگ در این دستگاه عبور طول موج قرمز (۶۵۰ نانومتر) و نزدیک مادون قرمز (۹۴۰ نانومتر) می‌باشد که بر طبق رابطه (۳) محاسبه می‌گردد (Ahmadi Moghaddam et al., 2009).

درصد بالاتر از روش پردازش تصویر می‌باشد. ضریب همبستگی بین عملکرد محصول و شاخص کلروفیل ۰/۶۸ و بین عملکرد محصول و روش پردازش تصویر ۰/۶۷ می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در برنج رقم شیرودی

Table 1. Correlation Coefficients between surveyed traits in SHIRODI rice.

وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds	طول خوشه Cluster length	تعداد دانه خالی Number of empty seed	تعداد دانه پر Number of full seed	ارتفاع Height	تعداد پنجه Number of stalks	عملکرد Yeild	کژل‌دال Kjeldahl	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	
-0.45	-0.28	0.04	0.28	0.47	0.414	0.67*	0.92 ^{ns}	0.94 ^{ns}	سطح خاکستری Gray level
0.48	0.27	0.01	0.32	0.37	0.257	0.68*	0.92 ^{ns}	1	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
0.54	0.51	-0.12	0.30	0.54	0.42	0.74**	1		کژل‌دال Kjeldahl
0.6*	0.41	-0.37	0.51	0.79**	0.45	1			عملکرد Yeild
0.48	0.3	-0.05	0.41	0.58*	1				تعداد پنجه Number of stalks
0.49	0.53	-0.23	0.11	1					ارتفاع Height
0.54	0.22	-0.3	1						تعداد دانه پر Number of full seed
-0.26	-0.16	1							تعداد دانه خالی Number of empty seed
0.25	1								طول خوشه Cluster length

*، **، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار

*، **، significant at P levels of 0.05 and 0.01: respectively. ns, non-significant.

هر سه روش کژل‌دال، شاخص کلروفیل و پردازش تصویر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. چون واکنش مثبت و معنی‌داری میان سه شاخصه رنگ برگ گیاه برنج، مقدار کلروفیل، درصد ازت برگ و کود ازت مصرف شده وجود دارد. همچنین عملکرد محصول و ارتفاع بوته نسبت به مصرف کود ازت مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج بدست آمده با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Feibo et al., 1998).

بررسی مقایسه میانگین صفات مورد بررسی از سطوح مختلف کوددهی ازت نشان می‌دهد که با افزایش در مقدار کود ازت، روند میانگین‌های مقادیر سطح خاکستری از پردازش تصاویر کاهش پیدا می‌کند بطوریکه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین تیمارهای

از لحاظ آماری، میان روش‌های مختلف اندازه‌گیری ازت گیاه برنج و صفات تعداد پنجه، تعداد دانه پر و خالی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و طول خوشه همبستگی غیر معنی‌داری وجود دارد. در این تحقیق همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین وزن هزار دانه و عملکرد محصول گیاه وجود دارد ($R^2 = 0.6$). نتایج یک تحقیق نشان داد که بین عملکرد دانه سه رقم برنج خزر، هیبرید و هاشمی و مقادیر مختلف ازت مصرفی که از دو روش نمودار رنگ و دستگاه کلروفیل‌متر تعیین نموده بودند، واکنش مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Nahvi and Sabori, 2009).

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که تأثیر فاکتور کود ازت بر روی مقادیر ازت اندازه‌گیری شده از گیاه برنج در

آزمایشی وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه برنج رقم شیرودی
Table 2. Variance analysis of surveyed traits in SHIRODI rice.

شاخص کلروفیل Chlorophyll index	کژلدا Kjeldahl	سطح خاکستری Gray level	تعداد پنجه Number of stalks	ارتفاع بوته (cm) Stem height (cm)	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds	تعداد دانه خالی Number of empty seed	تعداد دانه پر Number of full seed	طول خوشه (cm) Panicle length (cm)	عملکرد دانه (kg) Seed yield (kg)	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تیرت Sources
1.71	0.14	39.08	13.87	90.27	10.98	47.61	130	0.41	451212.25	2	Block بلوک
47.65**	5.26**	12574**	5.57 ^{ns}	25.38**	10.59 ^{ns}	43.73 ^{ns}	104.45 ^{ns}	0.55 ^{ns}	852827**	3	Nitrogen ازت
0.57	0.17	80.75	2.25	1.2	9.56	89.39	271	1.2	50038.4	6	اشتباه آزمایشی Experimental errors
2.05	14.31	6.05	8.14	1.02	12.15	40.36	12.88	4.02	3.71		ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation

*، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪، ۰.۱٪ و غیر معنی دار

*، **، significant at P levels of 0.05 and 0.01: respectively. ns, non-significant.

که توسط دستگاه کلروفیل متر اندازه گیری شده بود نیز افزایش یافت. روند افزایش به طوری است که بین تیمارهای کوددهی و تیمار شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد. همچنین بین سطوح بالاتر کوددهی و شاهد اختلاف معنی داری در عملکرد دانه و ارتفاع بوته مشاهده شد.

با افزایش سطوح کوددهی، درصد ازت برگ گیاه که با روش کژلدا اندازه گیری شد نیز افزایش یافت بطوریکه بین تیمارهای کوددهی و تیمار شاهد اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. همچنین با افزایش سطوح کوددهی شاخص کلروفیل برگ گیاه

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده از گیاه برنج
Table 3. Mean comparison of the characteristics of the rice plant.

شاخص کلروفیل Chlorophyll index	کژلدا (%) Kjeldahl (%)	خاکستری Gray level	تعداد پنجه Number of stalks	ارتفاع بوته (cm) Stem height (cm)	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds	تعداد دانه خالی Number of empty seed	تعداد دانه پر Number of full seed	طول خوشه (cm) Panicle length (cm)	عملکرد دانه (kg) Seed yield (kg)	تیمار ۴۶ درصد اوره Treatment urea 46% nitrogen
32.27 ^c	1.44 ^c	221.7 ^a	17.8 ^a	103.5 ^b	23.43 ^a	21 ^a	121.6 ^a	27.1 ^a	5336 ^c	شاهد
36.23 ^b	2.56 ^b	177 ^b	16.8 ^a	108.5 ^a	24.86 ^a	26.4 ^a	130 ^a	28 ^a	6196 ^{ab}	130
37.57 ^b	3.09 ^b	121.6 ^c	19.5 ^a	108.9 ^a	25.6 ^a	27 ^a	124.8 ^a	27.86 ^a	5974 ^b	195
41.93 ^a	4.63 ^a	73 ^d	19.66 ^a	110.2 ^a	28 ^a	19.3 ^a	135.2 ^a	28 ^a	6439 ^a	260

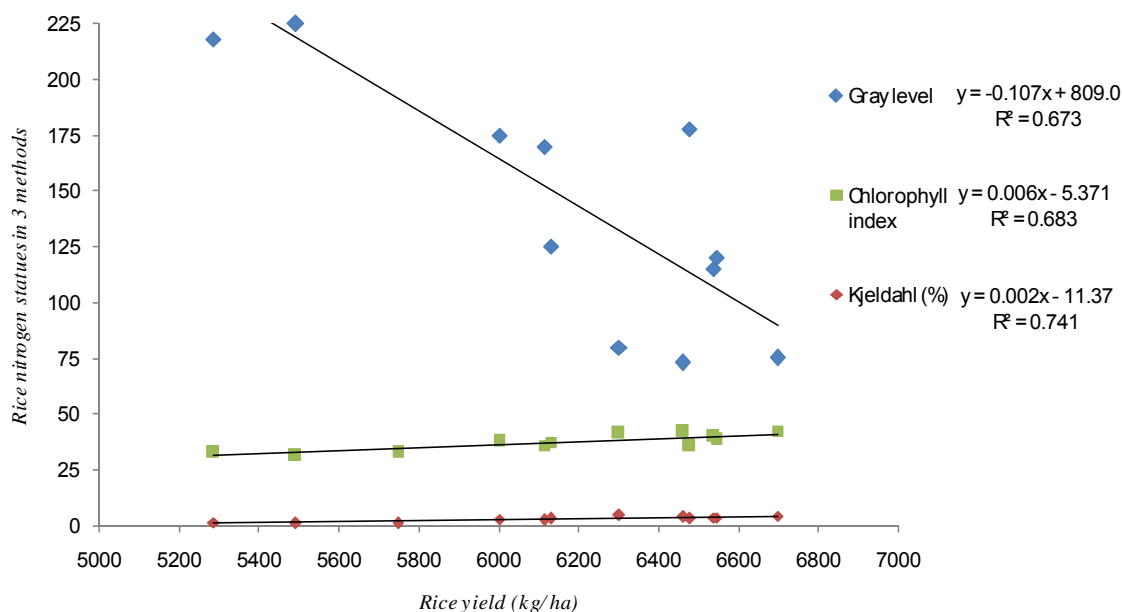
در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی داری نمی باشند.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$).

اینگونه به نظر می‌رسد که روش پردازش تصویر پتانسیل بالایی در تعیین ازت گیاهان از جمله برنج داشته باشد. این روش نسبت به روش دیگر آنالیز شیمیایی بافت گیاه (کژلدال) و استفاده از کلروفیل متر سریع‌تر، بسیار کم‌هزینه‌تر و همچنین غیرمخرب می‌باشد. با مشاهدات بدست آمده می‌توان دریافت که دقت روش جدید پردازش تصویر کمتر از روش دیگر نیست و می‌توان به نتایج حاصل از این روش اعتماد کامل داشت. از طرف دیگر همبستگی بالایی بین هر سه روش نیز وجود دارد. همچنین نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که عملکرد محصول برنج شدیداً تحت تأثیر مقدار ازت می‌باشد؛ لذا فراهم نمودن به‌موقع و به میزان کافی این عنصر می‌تواند علاوه بر افزایش کمی و کیفی محصول و کاهش هزینه تولیدی، سبب کاهش آلودگی زیست‌محیطی شود.

شکل (۲) نشان می‌دهد که با افزایش سطح کوددهی و یا به عبارتی دیگر با افزایش عملکرد محصول، روند کاهشی و منفی در شدت سطح خاکستری برگ گیاه برنج بوجود خواهد آمد زیرا با افزایش میزان سطح کوددهی، رنگ برگ گیاه تیره‌تر می‌شود و میزان سطح خاکستری نیز با تیره‌تر شدن برگ کاهش پیدا می‌کند. این روند در روش کژلدال و شاخص کلروفیل برگ مثبت می‌باشد، بطوریکه با افزایش عملکرد محصول مقادیر مربوط به آن‌ها افزایش پیدا می‌کنند. زیرا افزایش سطح کوددهی سبب افزایش تعداد دانه‌های کلروفیل و درصد ازت برگ گیاه برنج می‌شود. در مجموع بین هر سه روش تعیین ازت گیاه برنج و عملکرد آن ضریب تبیین بالایی وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی



شکل ۲- روابط حاصله بین روش‌های مختلف اندازه‌گیری ازت گیاه برنج و عملکرد آن

Fig. 2. The output relationships between the different measurement methods of rice plant's nitrogen and its yield.

۱- منابع

- Ahmad, I. S., J. F. Reid, N. Noguchi and A. C. Hansen. 1999. Nitrogen sensing for precision agricultural using chlorophyll maps. ASAE paper No.99-3035, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA.
- Ahmadi Moghaddam, P., M.A. Haddad Derafshi, M. Shayesteh. 2009. Laboratory Estimation of Sugar Beet Leaf Nitrogen Status by Color Image Processing. Journal of sustainable agriculture science. 19 (1): 189-200. (In Farsi)
- Benton Jones, J. 1991. Kjeldahl method for nitrogen. Micro-Macro publisher, Cornell University.

- 5- Borhan, M. S., S. Panigrahi, and J. H. Lorenzen. 2004. Multispectral and color imaging techniques for nitrate and chlorophyll determination of potato leaves in a controlled environment. *Transaction of the ASAE*. 47(2):599-608.
- 6- Cartelat, A., Z.G. Cerovic, Y. Goulas, A. Meyer, M.H. Jeuffroy, P. Gate, G. Agati, I. Moya. 2005. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L). *Field crops research* 91 (1):35-49.
- 7- Cassman, K. G., M. j. Kropff, and Z. D. Yan. 1993. A conceptual framework for nitrogen management of irrigated rice in high-Yield environments. In: *proceedings of international rice research conference*. Los Banos, Philippines. International rice research institute.
- 8- Fallah, V. M. and N. Saadati. 1997. Management of fertilizer consumption in paddy field. *Mazandaran Rice research Center Issue*. (In Farsi)
- 9- Feibo, W., W. Lianghum, and X. Fuhua. 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen side dress requirement for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research*, 56: 309-314.
- 10- Gonzalez, R. C. and R. E. Woods. 2008. *Digital image processing using MATLAB*. Dorling Kindersley, 2004.
- 11- Huang C.W., C.C. Huang, C.K. Yang, T.H. Wu, Y.Z. Tsai and P.L. Miao. 2003. Determination of nitrogen content in rice crop using multi-spectral imaging. *ASAE meeting paper No. 031132*. St. Joseph, MI.
- 12- Jiang, Y. 2001. *Physiological and biochemical responses of two cool-season turfgrasses to drought and heat stress*. Faculty of Agriculture. Kansas State University.
- 13- Karimi, Y. Z. 2005. Application of hyper spectral remote sensing in stress detection and crop growth modeling in corn fields. Faculty of Agriculture. McGill University, Montreal, Canada.
- 14- Liu, Y., Y. Tong, Y. Zhu, H. Ding, and EA. Smith, 2006. Leaf chlorophyll readings as an indicator for spinach yield and nutritional quality with different nitrogen fertilizer applications. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1207-1217.
- 15- Malakoti, M. J. 2002. Survey the origin and methods of reducing the cadmium and nitrate pollutants in north paddy field if Iran. Final report of soil and water research project of Tehran. (In Farsi)
- 16- Mirnia, KH., and M. Mohammadian. 2005. *Rice, disorders and management of alimentary ingredients*. Mazandaran university press. (In Farsi)
- 17- Mohammadian, M. 2005. Study of the nitrogen fertilizer revenue and increase it in paddy field. *Mazandaran Rice research Center Issue*. (In Farsi)
- 18- Nahvi, M. and H. Sabori. 2009. Determination of best method of partitioning nitrogen fertilizer by using leaf color chart (LCC) and chlorophyll meter (SPAD) in rice. *Journal of Crop Production*, Volume II, 3: 55-68. (In Farsi).
- 19- Pagolaa, M., R. Ortiza, I. Irigoyenb, H. Bustincea, E. Barrenecheaa, P. Aparicio-Tejo, C. Lamsfusd, and B. Lasad. 2009. New method to assess barley nitrogen nutrition status based on image colour analysis Comparison with SPAD-502. *ELSEVIER. Computers and electronics in agriculture* 65: 213-218.
- 20- Peng, S., A. L. Sanico, F. V. Grrcia, R. C. Laza, R. M. Visperas, J. P. Descalsota, and K. G. Cassman. 1999. Effect of leaf phosphorus and potassium concentration on chlorophyll meter reading in rice. *Plant Production Science*, 2: 227-231.
- 21- Salardini, A. 2005. *Soil Productivity*. Tehran University press. (In Farsi)
- 22- Shibayama, M., T. Sakamoto, E. Takada, A. Inoue, K. Morita, W. Takahashi and A. Kimura. 2008. Continuous monitoring of visible and near-infrared band reflectance from a rice paddy for determining nitrogen uptake using digital cameras. *Plant Production Science*. 12(3): 293-306.
- 23- Takebe, M., T. Yoneyama, K. Inada, and T. Murakami. 1990. Spectral reflectance ratio of rice canopy for estimating crop N status. *Plant Soil* 122: 295-297.
- 24- Wu, J., D. Wang, CJ. Rosen, and M.E. Bauer. 2007. Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detection nitrogen status of potato canopies. *Field Crops Research* 101: 96-103.
- 25- Yuan, W., W. Fumin, H. Jingfeng, W. Xiuzhen, and L. Zhany. 2009. Validation of artificial neural network techniques in the estimation of nitrogen concentration in rape using canopy hyperspectral reflectance data. *International Journal of Remote Sensing*. 30: 4493-4505.

بررسی عملکرد مزرعه‌ای چهار روش وجین بادام زمینی

سعید فیروزی^{۱*} - محمد نقی صفرزاد ویشگایی^۲ - محمد رضا علیزاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۱۲

چکیده

در این تحقیق عملکرد مزرعه‌ای چهار روش وجین بادام زمینی در منطقه کیشهر واقع در استان گیلان مورد ارزیابی قرار گرفت. روش‌های وجین شامل دو روش موتوری (وجین با کولتیواتور تیلری و وجین با روتیواتور تیلری هر یک در سه سطح سرعت پیش‌روی ۱، ۱/۵ و ۲ کیلومتر بر ساعت)، وجین با کولتیواتور چرخ‌دار دستی و وجین دستی با فوکا بود. بدین منظور از طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. صفات مورد مطالعه شامل شاخص وجین‌کنی، عملکرد محصول، ظرفیت مزرعه‌ای، انرژی مصرفی و شاخص اقتصادی سود به هزینه بود. نتایج نشان داد که بیشترین شاخص وجین‌کنی در مرحله اول و دوم وجین محصول به ترتیب با مقادیر ۹۸/۶۱ و ۹۷/۳۷ درصد از روش وجین با فوکا به دست آمد. شاخص وجین‌کنی مرحله‌ی دوم برای همه‌ی تیمارهای ماشینی بیشتر از مرحله‌ی اول بود. بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای در مرحله اول و دوم به ترتیب با میانگین های ۰/۱۲۶۳ و ۰/۱۲۸۷ هکتار بر ساعت به تیمار روتیواتور تیلری با سرعت پیش‌روی ۲ کیلومتر بر ساعت مربوط می‌شد. در میان تیمارهای مورد آزمایش، کمترین انرژی مصرفی با میانگین ۳۰۷/۸ مگاژول بر هکتار از وجین با کولتیواتور دستی به دست آمد. نتایج همچنین نشان داد که بالاترین نسبت سود به هزینه با میانگین کل ۲/۰۶ مربوط به تیمار وجین با روتیواتور تیلری با سرعت پیش‌روی ۱/۰ کیلومتر بر ساعت بود. بنابراین وجین با روتیواتور تیلری با سرعت پیش‌روی ۱/۰ کیلومتر بر ساعت برای زراعت بادام زمینی در منطقه قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: وجین، بادام زمینی، ماشین وجین‌کن، شاخص وجین‌کنی، ظرفیت مزرعه‌ای

امری ضروری است (Goel et al., 2008).

مقدمه

کنترل‌های شیمیایی، مکانیکی، بیولوژیکی و زراعی، چهار روش متداول مقابله با علف‌های هرز را تشکیل می‌دهند. در این میان، وجین مکانیکی به شکل دستی یا ماشینی، موثرترین شیوه‌ی مبارزه با علف‌های هرز در زراعت‌های دیم و آبی به شمار می‌رود (Nag and Dutt, 1979; Gite and Yadav, 1990, 1985). وجین مکانیکی نه تنها علف‌های هرز را ریشه‌کن می‌کند بلکه خاک را برای نفوذ بهتر آب و هوا نرم نگه می‌دارد (Biswas et al., 1990). ساده‌ترین روش وجین مکانیکی، وجین دستی با فوکا است. تحقیقات نشان داده است که ظرفیت مزرعه‌ای عملیات وجین با فوکا با افزایش رطوبت خاک، تا ۰/۱۷ هکتار بر ساعت افزایش یافته است و شاخص وجین‌کنی این روش در رطوبت خاک ۱۳/۵۲ درصد بر پایه تر برابر با ۹۸/۹۲ درصد به دست آمد (Goel et al., 2008). البته نوع و تراکم علف‌های هرز و بافت و رطوبت خاک از عوامل موثر بر عملکرد این دستگاه به شمار می‌روند. با توجه به سختی کار و زمان بر بودن وجین دستی با فوکا، وجین با انواع کولتیواتورهای چرخ‌دار دستی در برخی کشورهای بزرگ تولیدکننده‌ی بادام زمینی (همچون هند و تایلند) مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، ظرفیت مزرعه‌ای کولتیواتورهای دستی به تناسب رطوبت خاک از ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ هکتار بر ساعت

دانه گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea L.*)، با دارا بودن بیش از ۴۰ درصد روغن، یکی از مهمترین دانه‌های روغنی در دنیا می‌باشد، به طوری که این گیاه بعد از سویا، دومین دانه روغنی در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری محسوب می‌شود. بنابراین با توجه به مشکل کمبود روغن خام به عنوان ماده اولیه روغن خوراکی در کشور، پایداری و افزایش تولید آن اهمیت ویژه‌ای دارد. در حال حاضر سطح زیر کشت این محصول در ایران حدود ۳۰۰۰ هکتار است که ۲۵۰۰ هکتار آن در استان گیلان و در حاشیه رودخانه سفیدرود قرار دارد (Hosseinzadeh Gashti et al., 2009). این محصول یک گیاه وجینی است و در صورتی که کنترل علف‌های هرز تا مراحل از رشد گیاه انجام نگیرد، عملکرد آن، افت قابل توجهی خواهد داشت زیرا رقابت علف‌های هرز با این گیاه در جذب عناصر غذایی خاک بسیار شدید است. بنابراین کنترل علف‌های هرز در مزارع بادام زمینی

۱ و ۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رشت، ایران
* - نویسنده مسئول: (Email: firoozi@iaurasht.ac.ir)

۳- موسسه تحقیقات برنج کشور، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، رشت، ایران

گیلان انجام گرفت. تیمارهای مورد مطالعه برای وجین بادام زمینی شامل وجین دستی با فوکا، وجین با کولتیواتور چرخ‌دار دستی، وجین با کولتیواتور تیلری با سه سرعت پیش‌روی ۱، ۱/۵ و ۲ کیلومتر بر ساعت و وجین با روتیواتور تیلری با سه سرعت پیش‌روی ۱، ۱/۵ و ۲ کیلومتر بر ساعت بودند. برای این تحقیق از طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار در سه تکرار استفاده گردید.

صفات مورد بررسی نیز شامل شاخص وجین‌کنی^۱، ظرفیت مزرعه‌ای^۲، انرژی مصرفی^۳، هزینه‌انجام عملیات^۴ و عملکرد محصول^۵ بود.

آزمایشات در دو مرحله‌ی ۱۰ برگی و ۲۰ برگی از محصول بادام زمینی انجام گرفت.

ابعاد هر کرت آزمایشی ۵ × ۴۰ متر مربع در نظر گرفته شد (RNAM, 1995). پس از تهیه زمین، شیارهای لازم به منظور کاشت ردیفی بادام زمینی به کمک یک دستگاه فاروئر تیلری، ایجاد شد. با توجه به حداقل فاصله چرخ‌های تیلر به عنوان ابزار نیروی محرک برای شش تیمار از هشت تیمار مورد بررسی، فاصله تیغه‌های فاروئر روی قاب دستگاه، بر روی ۷۰ سانتیمتر تنظیم گردید. سپس به فاصله هر ۳۰ سانتیمتر روی هر ردیف، یک دانه بادام زمینی رقم NC2 به عنوان رقم غالب مزارع استان گیلان، در شیارهای کاشت قرار داده شد و در خاتمه به کمک یک جفت پوشاننده بیلچه‌ای تیلری، عملیات خاک‌پوشانی بذور انجام گرفت. نوع خاک مزرعه آزمایشی لومی سیلتی، رطوبت خاک در مرحله اول و دوم وجین به ترتیب ۱۰/۷ و ۸/۸ درصد بر پایه‌ی تر و زمان کاشت ۲۸ اردیبهشت‌ماه بود.

جهت تعیین شاخص وجین‌کنی، قبل و بعد از عملیات وجین در هر آزمایش، تعداد علف‌های هرز موجود در یک قاب چوبی به ابعاد یک متر مربع در هر کرت آزمایشی شمارش شد. علف‌های هرز تخریب شده شامل علف‌های هرز ریشه‌کن شده، مدفون شده و علف‌هایی است که از نظر فیزیکی آسیب دیده‌اند. بدین ترتیب از رابطه زیر برای تعیین شاخص وجین‌کنی استفاده شد (RNAM, 1995).

$$w.e. = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه:

$w.e.$ = شاخص وجین‌کنی

w_1 = تعداد علف‌های هرز قبل از عملیات وجین

w_2 = تعداد علف‌های هرز پس از عملیات وجین

جهت تعیین ظرفیت مزرعه‌ای موثر یا واقعی از رابطه زیر استفاده

گزارش شده است (Goel et al., 2008). همچنین ظرفیت مزرعه‌ای یک دستگاه کولتیواتور چرخ‌دار دستی پس از اصلاح ارگونومیک، ۰/۰۴۸ هکتار بر ساعت و شاخص وجین‌کنی آن قابل افزایش تا ۹۲/۵ درصد گزارش شد (Yadav and Pund, 2007). در پژوهش دیگری، شاخص وجین‌کنی یک دستگاه کولتیواتور دستی جهت وجین بین ردیفی باقلا، ۷۰/۶٪ تعیین گردید. در این تحقیق اختلاف معنی‌داری بین عملکرد محصول با روش وجین دستی مشاهده نشد (Elhassan, 2008). همچنین تحقیقاتی در خصوص وجین‌کن‌های دوار موتوری انجام گرفته است. بر این اساس، ظرفیت مزرعه‌ای یک دستگاه وجین‌کن دوار موتوری ۰/۰۵۳ هکتار بر ساعت، شاخص وجین‌کنی ۹۵٪ و میانگین سوخت مصرفی آن ۰/۷ لیتر بر ساعت گزارش گردید (Manuwa, 2009). بررسی وضعیت موجود در استان گیلان به عنوان قطب تولید بادام زمینی کشور نشان می‌دهد که در حال حاضر، عملیات وجین بادام زمینی به روش دستی با فوکا انجام می‌گیرد. علیرغم آن که وجین دستی با فوکا از کیفیت مناسبی برخوردار است اما فرآیند انجام آن بسیار کند است که این امر هزینه‌های تولید این دانه روغنی ارزشمند را افزایش می‌دهد (Biswas et al., 1990). به علاوه همزمانی دوره‌ی رشد این گیاه با عملیات داشت برنج و صید ماهی در منطقه، دسترسی به نیروی کارگری در منطقه را دشوارتر نموده‌است. از این رو ضروری است به منظور افزایش میزان تولید غلاف بادام زمینی در واحد سطح و کاهش هزینه‌های عملیات، روش‌هایی اتخاذ گردد که علاوه بر موارد مذکور، مشکل کمبود کارگر را نیز مرتفع نماید. بررسی‌ها بیانگر آن است که اغلب مزارع بادام زمینی در منطقه کوچک هستند؛ لذا بکارگیری وجین‌کن‌های تراکتوری منطقی به نظر نمی‌رسد. از این رو روش‌های ماشینی کوچکتر شامل وجین با کولتیواتور دستی، کولتیواتور تیلری و روتیواتور تیلری می‌تواند جایگزین مناسبی برای وجین دستی با فوکا باشد. اما قبل از هر چیز ضروری است که میزان کارائی این روش‌ها در مقایسه با یکدیگر و وجین به روش دستی مورد ارزیابی قرار گیرد. در این راستا طی پژوهشی در منطقه کیشهر واقع در استان گیلان، عملکرد مزرعه‌ای دو روش وجین موتوری (وجین با کولتیواتور تیلری و وجین با روتیواتور تیلری هر کدام در سه سطح سرعت پیش‌روی شامل ۱، ۱/۵ و ۲ کیلومتر بر ساعت) به همراه یک روش وجین ماشینی دستی (وجین با کولتیواتور چرخ‌دار دستی) در کنار وجین به روش سنتی (وجین با فوکا به عنوان روش متداول در منطقه) مورد بررسی قرار گرفتند. بر این اساس عملکرد روش‌های مذکور از نظر شاخص وجین‌کنی، ظرفیت مزرعه‌ای، انرژی مصرفی، هزینه انجام عملیات و شاخص اقتصادی سود به هزینه مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از مزارع شهرستان کیشهر واقع در استان

- 1- Weeding efficiency
- 2- Field capacity
- 3- Energy consumption
- 4- Operation cost
- 5- Crop yield

(RNAM, 1995).

$$C_a = \frac{A}{T} \quad (2)$$

که در این رابطه:

 C_a = ظرفیت مزرعه‌ای موثر (هکتار بر ساعت)

A = سطح مورد وجین در هر پلات آزمایش (هکتار)

T = زمان لازم برای تکمیل کار (ساعت)

به منظور دستیابی به سرعت‌های پیش‌روی مورد نظر (۱، ۱/۵ و ۲/۰ کیلومتر بر ساعت)، دور موتور تیلر در زمان وجین با وجین‌کن‌های تیلری در محدوده ۲۰۰۰ - ۱۸۰۰ دور در دقیقه ثابت در نظر گرفته شد و از ترکیبات مختلف دنده‌های اصلی و کمک استفاده گردید. برای تعیین مقدار سوخت مصرفی در تیمارهای تیلری از روش پر کردن مجدد باک سوخت استفاده گردید. بدین ترتیب که در ابتدا و انتهای هر آزمایش، باک تیلر از سوخت گازوئیل پر شد. بدیهی است که مقدار گازوئیل اضافه شده در انتهای آزمایش، معادل سوخت مصرفی است (RNAM, 1995). برای پر کردن مجدد باک گازوئیل از استوانه مدرج و بورت با دقت یک سی‌سی، استفاده شد. در ضمن سعی گردید پیش از انجام این کار، تیلر کاملاً تراز شود. انرژی ویژه سوخت مصرفی معادل ۴۷/۸ مگاژول بر لیتر در نظر گرفته بنابراین از حاصلضرب مقدار سوخت مصرفی در انرژی ویژه آن، مقدار انرژی سوخت مصرفی محاسبه گردید (Safa and Tabatabaefar, 2002). انرژی کارگر در روش وجین دستی و انرژی کاربر در روش وجین تیلری نیز با اندازه‌گیری ساعات کار هر یک از آنها و حاصلضرب ساعات کار در انرژی کارگر به ازاء هر ساعت کار تعیین شد. انرژی واحد کار کارگر برابر با ۱/۹۶ مگاژول بر ساعت و انرژی واحد جرم ماشین آلات نیز به ازاء هر کیلوگرم از جرم آنها، معادل ۱۰۹ مگاژول بر کیلوگرم منظور گردید (Pimentel, 1992). وزن کولتیواتور دستی، کولتیواتور تیلری، روتیواتور و تیلر به ترتیب ۹/۶، ۱۹، ۶۳ و ۲۸۱ کیلوگرم ثبت گردید. بنابراین با احتساب ساعات کار مفید ماشین‌ها، انرژی آنها تعیین گردید. بدیهی است که انرژی مصرفی کل برای روش‌های ماشینی، برابر با مجموع انرژی‌های مذکور است.

انرژی ماشین + انرژی سوخت مصرفی + انرژی کارگر = انرژی کل هزینه‌ی انجام عملیات نیز بر اساس دستمزد روزانه‌ی کارگر در منطقه و دستمزد روزانه‌ی ثابت کار با تیلر (صرفه‌نظر از مساحت زمین) تعیین گردید. لازم به ذکر است ساعات کار متعارف روزانه در زمان وجین در منطقه ۹ ساعت در روز است. در زمان برداشت نیز محصول هر کرت آزمایشی پس از غلاف-چینی به روش دستی، توزین و ثبت گردید. عملکرد در واحد سطح برای هر تیمار بر حسب کیلوگرم بر هکتار با یک تناسب ساده محاسبه

شد. نسبت سود به هزینه^۱ نیز از تقسیم سود خالص به هزینه‌کل برای هر تیمار محاسبه گردید. لازم به ذکر است که هزینه‌ی کل از جمع هزینه‌ی عملیات وجین به علاوه‌ی سایر هزینه‌ها شامل هزینه‌ی عملیات تهیه زمین، کاشت، کودپاشی و برداشت (بوته‌کنی و غلاف-کنی) محاسبه شد. تجزیه واریانس منابع تغییر مربوط به متغیرهای مورد بررسی و نیز مقایسه بین میانگین‌ها به کمک نرم افزار MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های صفات مورد بررسی نشان داد که بین میانگین‌های شاخص وجین‌کنی، ظرفیت مزرعه‌ای، انرژی مصرفی، هزینه و عملکرد محصول در سطح احتمال ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). بر این اساس، بالاترین شاخص وجین‌کنی در هر دو مرحله‌ی وجین بادام زمینی (۱۰ و ۲۰ برگی) از تیمار وجین دستی با فوکا به دست آمد (جدول ۲). بدیهی است که این نتیجه به قدرت تشخیص کارگر در رعایت حداقل فاصله‌ی ایمنی فوکا تا بوته‌های محصول و همچنین امکان وجین روی ردیف‌های محصول مربوط می‌گردد. در تحقیقی مشابه، وجین دستی با فوکا به خصوص در رطوبت خاک بالای ۱۱/۶۳ درصد موجب افزایش شاخص وجین‌کنی تا ۹۹/۱۸ درصد گردید (Goel et al. 2008). جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که وجین با کولتیواتور تیلری در مجموع حداقل شاخص وجین‌کنی را به دنبال داشته است. در خصوص مقایسه با وجین دستی می‌توان به عدم قابلیت این ماشین به وجین روی ردیف اشاره کرد.

همچنین تیمارهای وجین با روتیواتور تیلری در مرحله‌ی دوم، در مجموع بیشترین شاخص وجین‌کنی را پس از وجین دستی با فوکا به خود اختصاص داده‌اند. مشاهدات بیانگر آن بود که وجین‌کن مذکور در فاصله‌ی بین ردیف‌های کاشت، اغلب علف‌های هرز را حذف می‌نمود. بنابراین عدم رقابت این وجین‌کن با روش دستی بیشتر به ناتوانی این دستگاه در وجین روی ردیف‌های کاشت مربوط می‌گردد. شاخص وجین‌کنی برای تمام تیمارهای ماشینی در مرحله‌ی دوم وجین بیش از مرحله‌ی اول بوده است. در خصوص توجیه این نتیجه نیز می‌توان گفت که اصولاً بادام زمینی جزء گیاهان زراعی خفه‌کننده بوده که با افزایش رشد محصول، به کمک سایه افشانی بر علف‌های هرز، رشد آن‌ها را متوقف کرده و در نتیجه نسبت علف‌های هرز روی ردیف‌های کاشت به علف‌های هرز بین ردیف‌ها کاهش می‌یابد. این موضوع موجب گردیده که شاخص وجین‌کنی برای وجین‌کن‌های ردیفی مورد مطالعه در مرحله‌ی دوم نسبت به مرحله‌ی اول افزایش یابد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در عملکرد وجین کن‌های بادام زمینی

Table 1: ANOVA results of studied dependent variables for investigation on performance of different weeding methods for peanut.

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی Degree of freedom	مجموع مربعات Mean squares					عملکرد محصول Yield
		مرحله اول وجین First weeding stage	مرحله دوم وجین Second weeding stage	ظرفیت مزرعه‌ای (مرحله اول) Field Capacity (first stage)	ظرفیت مزرعه‌ای (مرحله دوم) Field capacity (second stage)	انرژی مصرفی Energy consumption	
تکرار Replication	2						
روش وجین کنی Method of weeding	7	270.917**	245.707**	0.00509**	0.005062**	458098.6**	385439**
خطا Error	14	7.113	5.184	0.000097	0.000048	9028.16	16781.1
ضریب تغییرات Coefficient of Variation		3.31%	2.63%	14.48%	9.59%	10.60%	3.66%

** معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱

** Indicates statistical significance at $p \leq 0.01$

ثابت در نظر گرفته شد. در تحقیقی دیگر، ظرفیت مزرعه‌ای نوعی کولتیواتور دستی اصلاح شده نیز ۰/۰۴۸ هکتار بر ساعت گزارش شده است (Yadav and pund, 2007).

بررسی ظرفیت مزرعه‌ای در سایر تیمارهای مورد مطالعه نیز بیانگر آن است که بین ظرفیت مزرعه‌ای تیمارهای وجین تیلری در سرعت‌های پیش‌روی مختلف، تفاوت معنی‌داری وجود دارد که البته این نتیجه با توجه به اختلاف سرعت پیش‌روی و رابطه مستقیم ظرفیت مزرعه‌ای با آن امری منطقی به نظر می‌رسد. بر این اساس، کمترین و بیشترین مقدار ظرفیت مزرعه‌ای در مورد روتیواتور تیلری در مرحله اول ۰/۰۶۴۵ و ۰/۱۲۶۳ هکتار بر ساعت بود که از مقادیر متناظر هم‌سرعت در دستگاه کولتیواتور تیلری (۰/۰۵۶۸ و ۰/۱ هکتار بر ساعت) بیشتر بود. در توجیه این نتیجه می‌توان به حجم بالای علف‌های هرز در مزرعه آزمایشی و ممانعت بقایای آن‌ها در مقابل پیش‌روی ممتد و یکنواخت کولتیواتور تیلری اشاره نمود. بنابراین در مواقع ضروری با یک توقف کوتاه، علف‌های هرز پیچیده به دور ساق تیغه‌ها توسط پای کارگر تمیز می‌گردید. بدیهی است که زمان تلف شده جهت انجام این عملیات، راندمان مزرعه‌ای و در نتیجه ظرفیت مزرعه‌ای حقیقی را کاهش می‌داد. اما روتیواتور تیلری با چرخش فعال تیغه‌های J شکل خود به راحتی علف‌های هرز را بریده، قطعه قطعه کرده و به زیر خاک می‌برد.

بررسی ظرفیت مزرعه‌ای

نتایج جدول ۱، همچنین بیانگر آن است که بین میانگین‌های ظرفیت مزرعه‌ای در تیمارهای مختلف وجین بادام زمینی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (۱٪ α). کمترین سطح ظرفیت مزرعه‌ای مربوط به وجین دستی با فوکا است (جدول ۲). اگرچه بین ظرفیت مزرعه‌ای وجین دستی با فوکا و ظرفیت مزرعه‌ای وجین با کولتیواتور دستی، از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود اما ظرفیت مزرعه‌ای وجین با کولتیواتور دستی (۰/۱۵۵ هکتار بر ساعت در مرحله اول و ۰/۰۲ هکتار بر ساعت در مرحله دوم) تقریباً دو برابر ظرفیت مزرعه‌ای وجین به روش دستی (۰/۰۷۶ هکتار بر ساعت در مرحله اول و ۰/۱۳۳ هکتار بر ساعت در مرحله دوم) است. پیش از این نیز در تحقیقی، ظرفیت مزرعه‌ای وجین با فوکا بسته به رطوبت خاک (۱۳/۵-۸ درصد بر پایه‌ی تر) از ۰/۰۱ تا ۰/۱۷ هکتار بر ساعت متغیر گزارش گردید (Goel et al. 2008). البته تفاوت نتیجه‌ی تحقیق آنها با نتایج حاصل از این مطالعه با توجه به نوع علف‌های هرز، رطوبت خاک در زمان وجین و بافت خاک منطقی به نظر می‌رسد. همچنین نتایج آن پژوهش نشان داد که با افزایش رطوبت خاک، ظرفیت مزرعه‌ای عملیات وجین با سه نوع کولتیواتور دستی مورد بررسی آن‌ها از ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۴ هکتار بر ساعت متغیر بود. به علاوه بیشترین مقدار ظرفیت مزرعه‌ای در تحقیق آن‌ها در رطوبت خاک ۱۱/۶۳ درصد بر پایه‌تر به دست آمد (Goel et al. 2008). همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، رطوبت خاک برای تحقیق حاضر در زمان وجین مراحل اول و دوم،

جدول ۲- مقایسه‌ی میانگین‌های صفات مورد مطالعه در روش‌های مورد بررسی وجین بادام زمینی
 Table 2: Comparison of studied variable means for different methods of peanut weeding

روش وجین Method of weeding	شاخص وجین کنی * (%) Weeding index		ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity (ha h ⁻¹)		انرژی مصرفی کل Total energy consumption (Mj ha ⁻¹)
	مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	
وجین با فوکا Weeding by trench hoe	98.61 ^a	97.37 ^a	0.0076 ^d	0.0133 ^d	439.5 ^e
وجین با کولتیواتور دستی Weeding by hand cultivator	82.30 ^b	84.84 ^c	0.0155 ^d	0.0200 ^d	307.8 ^e
وجین با کولتیواتور تیلری سرعت ۱ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated cultivator (1 km h ⁻¹)	75.17 ^{cd}	79.88 ^{cd}	0.0568 ^c	0.0597 ^c	1257.0 ^{ab}
وجین با کولتیواتور تیلری سرعت ۱/۵ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated cultivator (1.5 km h ⁻¹)	71.73 ^{de}	76.05 ^d	0.0800 ^{bc}	0.0847 ^b	986.1 ^c
وجین با کولتیواتور تیلری سرعت ۲ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated cultivator (2 km h ⁻¹)	67.63 ^e	74.60 ^d	0.1000 ^b	0.1130 ^a	727.7 ^d
وجین با روتیواتور تیلری سرعت ۱ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated rotovator (1 km h ⁻¹)	85.13 ^b	95.44 ^{ab}	0.0645 ^c	0.0637 ^c	1446.0 ^a
وجین با روتیواتور تیلری سرعت ۱/۵ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated rotovator (1.5 km h ⁻¹)	83.42 ^b	94.01 ^{ab}	0.0956 ^b	0.0930 ^b	1108.0 ^{bc}
وجین با روتیواتور تیلری سرعت ۲ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated rotovator (2 km h ⁻¹)	80.94 ^{bc}	91.15 ^b	0.1263 ^a	0.1287 ^a	901.0 ^{cd}

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست (LSD=۱٪).

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different (LSD=1%).

های ماشینی در مقایسه با روش‌های دستی می‌توان به انرژی نهان بالای سوخت مصرفی اشاره نمود. همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد، انرژی معادل هر لیتر گازوئیل، ۴۷/۸ مگاژول بر لیتر است (Safa and Tabatabaeefar, 2002). بنابراین انرژی معادل هر لیتر سوخت تقریباً ۲/۵ برابر انرژی مصرفی یک کارگر با ۱۰ ساعت کار روزانه (۱۰ × ۱/۹۶) می‌باشد. از این رو وجود این انرژی در کنار انرژی ساخت ماشین‌آلات، موجب افزایش انرژی مصرفی به خصوص در ظرفیت‌های مزرعه‌ای پایین گردیده است. تفاوت معنی‌دار بین انرژی مصرفی در سطوح مختلف سرعت پیش‌روی برای تیمارهای تیلری، به اختلاف در ظرفیت مزرعه‌ای آن‌ها مربوط می‌شود.

هزینه‌ی وجین بادام زمینی در روش‌های مختلف

نتایج نشان داد که وجین دستی با فوکا با هزینه‌ای معادل ۴۹۸۲۵۹۵ ریال بر هکتار، بیشترین هزینه را در پی داشته است. هزینه‌ی وجین با کولتیواتور دستی نیز ۲۷۵۴۳۳۱ ریال بر هکتار برآورد گردید (جدول ۳). پیش از این، هزینه‌ی وجین به روش دستی و وجین با یک دستگاه کولتیواتور اصلاح شده در هند، به ترتیب ۲۴۴ و ۲۴۵۰ روپیه در هکتار گزارش گردید.

نتایج جدول ۲ همچنین بیانگر آن است که ظرفیت مزرعه‌ای وجین با فوکا در مرحله‌ی دوم وجین بیش از مرحله‌ی اول است که علت آن را می‌توان به رشد بیشتر گیاه بادام زمینی و خفه‌کنندگی آن در مراحل پایانی رشد مربوط دانست. این روند در خصوص وجین‌کن‌های تیلری نیز کم و بیش قابل مشاهده است که البته در مورد کولتیواتور تیلری می‌توان گفت که کاهش طبیعی تراکم علف‌های هرز در مرحله‌ی دوم وجین بادام زمینی و مزاحمت کمتر علف‌های هرز در پیش‌روی کولتیواتور تیلری، منجر به افزایش راندمان مزرعه‌ای و در نتیجه افزایش ظرفیت مزرعه‌ای گردیده است. این در حالی است که بین ظرفیت مزرعه‌ای روتیواتور تیلری در مراحل اول و دوم وجین، اختلاف چندانی مشاهده نمی‌گردد. این نتیجه با توجه به مکانیزم متفاوت وجین علف‌های هرز در این دستگاه، منطقی به نظر می‌رسد.

انرژی مصرفی در روش‌های مختلف وجین

مطابق جدول ۲، کمترین مقدار انرژی مصرفی با مقدار ۳۰۷/۸ مگاژول بر هکتار به روش وجین با کولتیواتور دستی مربوط است. پس از این تیمار، انرژی مصرفی در روش وجین دستی با فوکا به مقدار ۴۳۹/۵ مگاژول بر هکتار نسبت به سایر تیمارها کمتر است. بیشترین مقدار انرژی مصرفی نیز به روش روتیواتور تیلری با سرعت ۱ کیلومتر بر ساعت مربوط می‌گردد. در خصوص انرژی مصرفی بالای روش -

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین‌های عملکرد محصول و شاخص‌های اقتصادی مورد مطالعه در بررسی وجین بادام زمینی
 Table 3: Comparison of crop yield and studied economical means in investigation of peanut weeding methods

روش وجین Method of weeding	عملکرد محصول Yield (Kg ha ⁻¹)	هزینه Cost (Rial ha ⁻¹)	نسبت سود به هزینه Benefit-cost ratio
وجین با فوکا Weeding by trench hoe	4031 ^a	4982595	1.76
وجین با کولتیواتور دستی Weeding by hand cultivator	3423 ^{cd}	2754331	1.61
وجین با کولتیواتور تیلری سرعت ۱ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated cultivator (1 km h ⁻¹)	3175 ^{de}	2292832	1.48
وجین با کولتیواتور تیلری سرعت ۱/۵ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated cultivator (1.5 km h ⁻¹)	2981 ^e	1892786	1.38
وجین با کولتیواتور تیلری سرعت ۲ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated cultivator (2 km h ⁻¹)	3237 ^{de}	1474614	1.64
وجین با روتیواتور تیلری سرعت ۱ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated rotovator (1 km h ⁻¹)	3947 ^a	2474372	2.06
وجین با روتیواتور تیلری سرعت ۱/۵ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated rotovator (1.5 km h ⁻¹)	3754 ^{ab}	1656426	2.03
وجین با روتیواتور تیلری سرعت ۲ km h ⁻¹ Weeding by power tiller operated rotovator (2 km h ⁻¹)	3581 ^{bc}	1220190	1.96

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست (LSD=۱٪).

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different (LSD=1%).

مجموع تیمار روتیواتور تیلری با سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت، کمترین هزینه را به دنبال داشت (۱۲۲۰۱۹۰ ریال بر هکتار). این هزینه تقریباً ۲۵ درصد هزینه‌ی هکتاری وجین بادام زمینی به روش دستی با فوکا (۴۹۸۲۵۹۵ ریال بر هکتار) می‌باشد.

عملکرد محصول در روش‌های مختلف وجین بادام زمینی

مطابق جدول ۳، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین عملکرد محصول در تیمارهای وجین دستی با فوکا و وجین با روتیواتور تیلری در سرعت‌های ۱ و ۱/۵ کیلومتر بر ساعت مشاهده نمی‌شود ولی با این حال بیشترین عملکرد محصول از تیمار وجین دستی به مقدار ۴۰۳۱ کیلوگرم بر هکتار به دست آمده است. پس از این تیمار بیشترین عملکرد محصول به تیمارهای شامل وجین با روتیواتور تیلری مربوط می‌گردد. البته مقایسات نشان می‌دهد که از میان تیمارهای روتیواتور تیلری نیز بیشترین عملکرد به سرعت پیشروی ۱ کیلومتر بر ساعت مربوط است (۳۹۴۷ کیلوگرم بر هکتار). درخصوص توجیه این نتیجه شاید بتوان گفت از آن جایی که رشد و گسترش غلاف‌های بادام زمینی در مراحل رشد به شدت تحت تأثیر نرمی خاک و در نتیجه قابلیت نفوذ بیشتر خاک نسبت به پگ‌ها است، از این رو نرمی حاصل از عملکرد یکنواخت دستگاه روتیواتور تیلری در کنار شاخص وجین‌کنی نسبتاً مطلوب آن بر عملکرد محصول اثرگذار بوده است. با

بر این اساس، هزینه‌ی وجین با کولتیواتور چرخ‌دار دستی حدود ده درصد هزینه‌ی وجین با فوکا به دست آمد (Goel et al. 2008). البته همان طور که قبلاً نیز اشاره شد نوع علف‌های هرز، رطوبت و بافت خاک از عوامل بسیار مهم در کیفیت وجین به روش دستی به شمار می‌رود. علف‌های هرز مزرعه‌ی مورد آزمایش غالباً از نوع خزنده بودند که ریشه‌کنی آنها با استفاده از کولتیواتورها (دستی و موتوری) نسبت به علف‌های هرز ایستاده، به مراتب دشوارتر است و این امر می‌تواند بر کندی نسبی عملیات علف‌کنی با کولتیواتور دستی تأثیر به‌سزایی داشته باشد. به علاوه از نظر زراعی، فاصله‌ی کاشت نیز به وضوح بر روی رویش و تراکم علف‌های هرز در طول دوره‌ی رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. با توجه به فاصله‌ی کاشت ۲۰ سانتیمتری در تحقیق مذکور در مقایسه با فاصله‌ی کاشت ۷۰ سانتیمتری در این تحقیق، بخشی از این تفاوت‌ها قابل توجیه است. مشخصات کولتیواتور اصلاح شده‌ی ارگونومیک آنها نیز بر عملکرد بهتر در مقایسه با روش دستی اثرگذار بوده است (Goel et al. 2008).

نتایج جدول ۳، همچنین نشان می‌دهد که هزینه‌ی روش‌های تیلری از دو روش دستی مورد بررسی کمتر بود. به علاوه با افزایش ظرفیت مزرعه‌ای ماشین‌ها که متأثر از افزایش سرعت پیشروی آنهاست، هزینه‌ی در واحد سطح (هکتار) کاهش یافته است. در

۳- کمترین انرژی مصرفی با میانگین $307/8$ مگاژول بر هکتار از وجین با کولتیواتور دستی به دست آمد.

۴- بیشترین عملکرد محصول با میانگین 4031 کیلوگرم غلاف در هکتار از روش دستی به دست آمد. بین عملکرد محصول در وجین دستی با فوکا و عملکرد محصول در وجین با روتیواتور تیلری در سرعت‌های پیش‌روی 1 و $1/5$ کیلو متر بر ساعت، اختلاف معنی‌داری دیده نشد.

۵- وجین دستی با فوکا با هزینه‌ای معادل 4982595 ریال بر هکتار، بیشترین هزینه را در پی داشت. در مجموع تیمار روتیواتور تیلری با سرعت پیش‌روی 2 کیلو متر بر ساعت، کمترین هزینه را به دنبال داشته است (1220190 ریال بر هکتار).

۶- بالاترین نسبت سود به هزینه با میانگین های $1/96$ ، $2/03$ و $2/06$ از تیمارهای روتیواتور تیلری با سرعت‌های پیش‌روی 1 ، $1/5$ و 2 کیلو متر بر ساعت به دست آمد.

در خاتمه به عنوان یک نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت با توجه به اهمیت ویژه شاخص اقتصادی نسبت سود به هزینه، وجین با روتیواتور تیلری با سرعت پیش‌روی $1/0$ کیلو متر بر ساعت جهت زراعت بادام زمینی در منطقه قابل توصیه می‌باشد.

سیاسگزاری

بدین وسیله از حمایت مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت در اجرای طرح پژوهشی مذکور، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

توجه به آن که شافت *PTO* در تیلر از نوع موتور گرد است لذا با افزایش سرعت پیش‌روی به کمک سبک کردن دنده، هم خاک بین ردیف‌های کاشت کمتر به هم خواهد خورد و هم آن که زمان کمتری جهت کندن علف‌های هرز در اختیار تیغه‌های گردان روتیواتور قرار خواهد گرفت. بنابراین بهترین وضعیت شاخص وجین-کنی و نرمی بیشتر خاک در سرعت پیش‌روی یک کیلو متر بر ساعت به دست آمد.

بر اساس نتایج جدول ۳، بالاترین نسبت سود به هزینه با میانگین های $1/96$ ، $2/03$ و $2/06$ از تیمارهای روتیواتور تیلری با سرعت‌های پیش‌روی 1 ، $1/5$ و 2 کیلو متر بر ساعت به دست آمد. در ضمن به عنوان یک نتیجه کاربردی می‌توان روش وجین با روتیواتور تیلری با سرعت 1 کیلو متر بر ساعت را به عنوان مناسب‌ترین روش وجین بادام زمینی به کشاورزان منطقه توصیه کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعات انجام گرفته بر روی صفات مورد بررسی در این پژوهش عبارتند از:

- ۱- بیشترین شاخص وجین‌کنی در مرحله اول و دوم وجین محصول به ترتیب با مقادیر $98/61$ و $97/37$ درصد از روش وجین با فوکا به دست آمد. شاخص وجین‌کنی مرحله‌ی دوم برای همه‌ی تیمارهای ماشینی بیشتر از مرحله‌ی اول بود.
- ۲- بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای در مرحله اول و دوم به ترتیب با میانگین های $0/1263$ و $0/1287$ هکتار بر ساعت به تیمار روتیواتور تیلری با سرعت پیش‌روی 2 کیلو متر بر ساعت مربوط می‌شد.

منابع

- 1- Biswas, H. S., T. P. Ojha, and G. S. Lingle. 1999. *Development of Animal-Drawn Weeders in India, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 30(4):57-62.
- 2- Elhassan, A. M. 2008. *Design and performance evaluation of a manual push weeder for weed control between ridges in faba bean in River Nile State, Sudan Journal of Agricultural Research*, 12:109-116.
- 3- Gite, L. P., and B. G. Yadav. 1985. *Ergonomic consideration in the design of mechanical weeders. Proceeding on the design course of Agricultural Machines, CIAE, Bhopal, India.*
- 4- Gite, L. P., and B. G. Yadav. 1990. *Optimum handle height for a push pull type manually operated dryland weeder, Ergonomics*, 33.
- 5- Goel, A. K., D. Behera, B. K. Behera, S. K. Mohanty, and S. K. Nada, 2008. *Development and ergonomic Evaluation of manually operated Weeder for Dry Lnad Crops. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 08 009. Vol. X. September, 2008.*
- 6- Hosseinzadeh Gashti, A., J. Esfahani, M. N. Asghari, M. N. Safar zad Vishgahi, and B. Rabiei. 2009. *Effect of sulfur application on growth indices and yield of peanut (Arachis hypogaea). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Isfahan University of technology, 13(48):27-39. (In Farsi).*
- 7- Manuwa, S. I., O. O. Odubanjo, B. O. Malumi, and S. G. Olofinkua. 2009. *Development and Performance Evaluation of a Row-Crop Mechanical Weeder, Journal of Engineering and Applied Sciences*. 4(4): 236-239.

- 8- Nag, P. K. and P. Dutt. 1979. Effectives of some simple agricultural weeders with reference to physiological responses, *Journal of Human Ergonomics*, 13-21.
- 9- Pimentel, D. 1992. Energy Inputs in Production Agriculture. In: Fluck, R.C. (Ed.), *Energy in Farm Production*. The Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V.
- 10- RNAM, 1995. RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Regional Network for Agricultural Machinery.
- 11- Safa, M. and A. Tabatabaeefar. 2002. Energy Consumption in Wheat Production in Irrigated and Dry land Farming. In: *Proc. Intl. Agric. Engg. Conf., Wuxi, China, Nov. 28-30, 2002*.
- 12- Soltani, G. R. 1387. *Economic in Engineering*, Shiraz University Press, 11th Edition, Chapter 6, pp: 85-95.
- 13- Yadav, R. and S. Pund. 2007. Development and Ergonomic Evaluation of Manual Weeder. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript PM 07 022. Vol. IX. October, 2007.

بررسی اثر رطوبت بر خواص مکانیکی و سرعت حد میوه زرشک

احسان ولایتی^{۱*} - باقر عمادی^۲ - مهدی خجسته پور^۳ - محمد حسین سعیدی راد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۱

چکیده

مطالعه خواص مکانیکی زرشک ضمن مفید بودن در طراحی و بهینه سازی ماشین های حمل، فرآوری و بسته بندی، می تواند از بروز صدمات مکانیکی و تولید ضایعات جلوگیری نماید. در این تحقیق نیرو، تغییر شکل نظیر گسیختگی، انرژی شکست و چقرمگی میوه زرشک در رطوبت‌های مختلف شامل ۷۰ تا ۷۶، ۴۵ تا ۵۰، ۳۰ تا ۷ و ۱۰ درصد بر مبنای تر مورد مطالعه قرار گرفتند. کاهش میزان رطوبت باعث افزایش نیروی شکست از ۱/۳۸۷ به ۲/۶۷۹ نیوتن، چقرمگی از ۴/۲۹۷ به ۸/۲۲۰ ژول بر سانتی متر مکعب، کاهش تغییر شکل از ۳/۳۸۷ به ۲/۴۱۳ میلی متر و کاهش انرژی شکست از ۰/۹۲۱ به ۰/۶۶۱ میلی ژول شد. تأثیر جهت بارگذاری، سرعت بارگذاری و اثر متقابل آنها نیز تنها در میوه تازه با رطوبت ۷۶ درصد بررسی شد که فقط اثر جهت بارگذاری بر روی کلیه خواص به استثنای چقرمگی معنی دار شد. همچنین محتوای رطوبتی به عنوان عامل موثر بر سرعت حد میوه شناخته شد به طوری که با کاهش محتوای رطوبتی، سرعت حد زرشک از ۹ به ۴/۵ متر بر ثانیه کاهش یافت.

واژه های کلیدی: زرشک، خواص مکانیکی، سرعت حد، میزان رطوبت

مقدمه

زرشک بی دانه به دلیل رنگ و طعم دلپذیر آن، در انواع مختلف غذاهای ایرانی مورد استفاده قرار می گیرد. عصاره حاصل از پوست و ریشه این گیاه با ارزش، در معالجه بسیاری از بیماری‌ها، از جمله بیماری پسرپایزیس (نوعی بیماری پوستی)، اعتیاد، فیروز، پلاک دندان کاربرد دارد (Filabi, 2008). حدود ۹۵ درصد زرشک کشور در خراسان جنوبی تولید می شود. تولید سالانه زرشک خشک بیش از ۸۴۰۰ تن بوده که از سطح ۶۴۴۲ هکتار اراضی باغی به دست می آید (Filabi, 2008). یکی از معضلات جدی محصول زرشک میزان بالای ضایعات آن می باشد (بین ۳۰ تا ۵۰ درصد) (Chaji, 1999). به همین لحاظ مطالعه عوامل موثر بر این ضایعات اهمیت خاصی دارد. از جمله عوامل این ضایعات، آسیب‌های مکانیکی میوه می باشد، همچنین با توجه به اینکه میوه تازه زرشک بسیار حساس بوده و عمر انبارمانی چندانی ندارد (۱۵ تا ۷۵ روز) فساد شیمیایی آن

در اثر صدمات مکانیکی و رسیدگی بیش از حد باعث تسهیل فساد میکروبی می شود (Kafi and Balandari, 2002). جلوگیری از بروز صدمات مکانیکی در کلیه مراحل جابجایی و مراحل جداسازی میوه از خوشه و شاخه، بوجاری، شستشو و موارد مشابه آن امری ضروری به حساب می آید، که با اطلاع از خواص مکانیکی آن محقق می گردد. محققان، خواص مکانیکی بسیاری از انواع میوه را تا کنون مورد مطالعه قرار داده اند از جمله سیب (Ragni and Berardinelli, 2001; Pasini et al., 2004; Guillermina et al., 2006; Vursavuş and Özgüven, 2004; Zerdalo, Lewis et al., 2008)، زردآلو (Lewisa et al., 2008)، زیتون (Kılıçkan and Güner, 2008)، گیلاس (Çalışır et al., 2007) پرتقال (Haciseferoğulları et al., 2007)، زیتون (Kılıçkan and Güner, 2008)، گیلاس (Çalışır et al., 2008) and Aydın, 2004) در مورد زرشک تنها تحقیق انتشار یافته محدود به برخی از خواص مکانیکی آن که توسط فتح اله زاده و رجبی پور (Fathollahzadeh and Rajabipour, 2008) انتشار یافته است، می شود. این خواص شامل نیروی شکست، تغییر شکل و چقرمگی می شوند که با کاهش میزان رطوبت محصول از ۸۹/۲۳ به ۵۳/۱۱ درصد بر مبنای تر، به ترتیب از ۱۹/۶۶۹ به ۴۷/۲۳۸ نیوتن، از ۲/۳۸۱ به ۰/۳۴۰ میلی متر و ۰/۱۰۵ به ۱/۱۴۹ ژول بر سانتی متر مکعب می رسند. از آنجا که تحقیق مذکور برای محصول تولید کرج انجام شده است. بنابر این لازم بود که علاوه بر خواص مذکور، انرژی شکست در

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیاران گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* - نویسنده مسئول: (Email: ehsanvelayat@yahoo.com)

۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

نهایتاً رطوبت میوه بر مبنای تر بر حسب درصد (U_w) با استفاده از وزن نمونه اولیه ($G_{dm}+G_w$)، وزن رطوبت از دست رفته (G_w) و وزن نمونه خشک شده (G_{dm}) بر طبق معادله (۱) محاسبه شد (Aghbashlo *et al.*, 2008).

$$U_w = \frac{G_w}{(G_w + G_{dm})} \times 100 \quad (1)$$

رطوبت میوه زرشک تازه معادل ۷۵/۸ درصد (پایه تر) تعیین شد. برای انجام آزمایشات خواص مکانیکی، چهار گروه بر اساس محتوای رطوبتی از نمونه اولیه در دامنه رطوبتی ۷۰ تا ۷۶ درصد، ۴۵ تا ۵۰ درصد، ۲۵ تا ۳۰ درصد و ۷ تا ۱۰ درصد با کاهش رطوبت توسط آون آماده و آزمایشات انجام شد.

آزمایش مکانیکی فشار با دو صفحه موازی^۱

هدف از این آزمایش تعیین تغییرات متناسب نیرو و تغییر شکل، تعیین مدول الاستیسیته میوه، انرژی مورد نیاز برای شکست، چقرمگی (انرژی به ازای واحد حجم میوه)، نیروی مورد نیاز برای شکست و میزان تغییر شکل است. برای انجام این آزمایش از دستگاه تحلیل بافت (QTS Texture Analyzer CNS FRANEL) مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی به همراه فک استاندارد آزمایش فشار دو صفحه موازی استفاده شد. این آزمایش روی میوه کامل، در سرعت بارگذاری ۲ و ۱۰ میلی متر بر دقیقه و در رطوبت‌های مختلف ۷۰ تا ۷۶ درصد، ۴۵ تا ۵۰ درصد، ۲۵ تا ۳۰ درصد و ۷ تا ۱۰ درصد بر پایه تر میوه و در جهت افقی و جهت عمودی بارگذاری (به ترتیب شکل A1 و B1) انجام شد لازم به ذکر است در حالت عمودی و در دامنه رطوبتی ۷۰ تا ۷۶ درصد، دم میوه با دقت تمام بدون آنکه آسیب جدی به بافت آن برسد، کنده شد و در رطوبت‌های کمتر به دلیل کاهش انسجام ساختاری بافت، امکان جداسازی دم از میوه بدون تخریب جدی بافت اطراف دم وجود نداشت به همین دلیل از انجام آزمایش در این مرحله صرف نظر شد و در نهایت اطلاعات خروجی به صورت نمودار نیرو-تغییر شکل (شکل C1) و اطلاعات مربوط به آن به شرح ذیل به دست آمد:

۱ - نیروی شکست (F_r) با قرائت نقطه بیشینه نمودار نیرو-تغییر شکل که در آن نیرو در بیشترین حالت خود قبل از پارگی میوه زرشک قرار گرفته است بدست آمد.

۲ - تغییر شکل متناظر شکست (D) که عبارت است از حرکت نسبی نقاط درون یک جسم در اثر اعمال نیرو که به صورت تغییر در اندازه، زاویه و یا حجم در نقطه شکست بروز می کند (Razavi and Akbari, 2006) با استفاده از مختصات افقی (جابجایی) نمودار نیرو-تغییر شکل در نقطه شکست تعیین شد.

مورد میوه زرشک بومی خراسان که عمده تولید زرشک کشور را شامل می شود محاسبه و تأثیر عوامل مختلف از جمله میزان رطوبت و سرعت بارگذاری بر آنها بررسی گردد.

سرعت حد میوه جات و غلات کوچک نقش مهمی در طراحی تجهیزات خرمن کوبی، نقل و انتقال بادی و آبی مواد، طراحی خشک کن های بستر سیال و انواع سیستم‌های تمیز کننده مواد خارجی از محصول ایفا می کند که مورد توجه محققین است و از تحقیقات صورت گرفته در این باره می توان به تعیین سرعت حد پسته (Kashaninejad and Tabil, 2009) و نخود سبز (Nimkar and Chattopadhyay, 2002) اشاره کرد. بنا بر جستجوی انجام گرفته، هیچ تحقیق مستندی درباره سرعت حد زرشک تا کنون منتشر نشده است. لذا تعیین سرعت حد زرشک با توجه به لزوم جداسازی از مواد زائد و انتقال آن در رطوبت‌های مختلف مورد توجه واقع شد. با توجه به آنچه گفته شد تأثیر رطوبت بر صفات مکانیکی میوه زرشک شامل نیروی شکست، تغییر شکل متناظر شکست و چقرمگی مورد بررسی قرار گرفت. به علاوه رابطه سرعت حد با تغییرات رطوبت نیز به دست آمد.

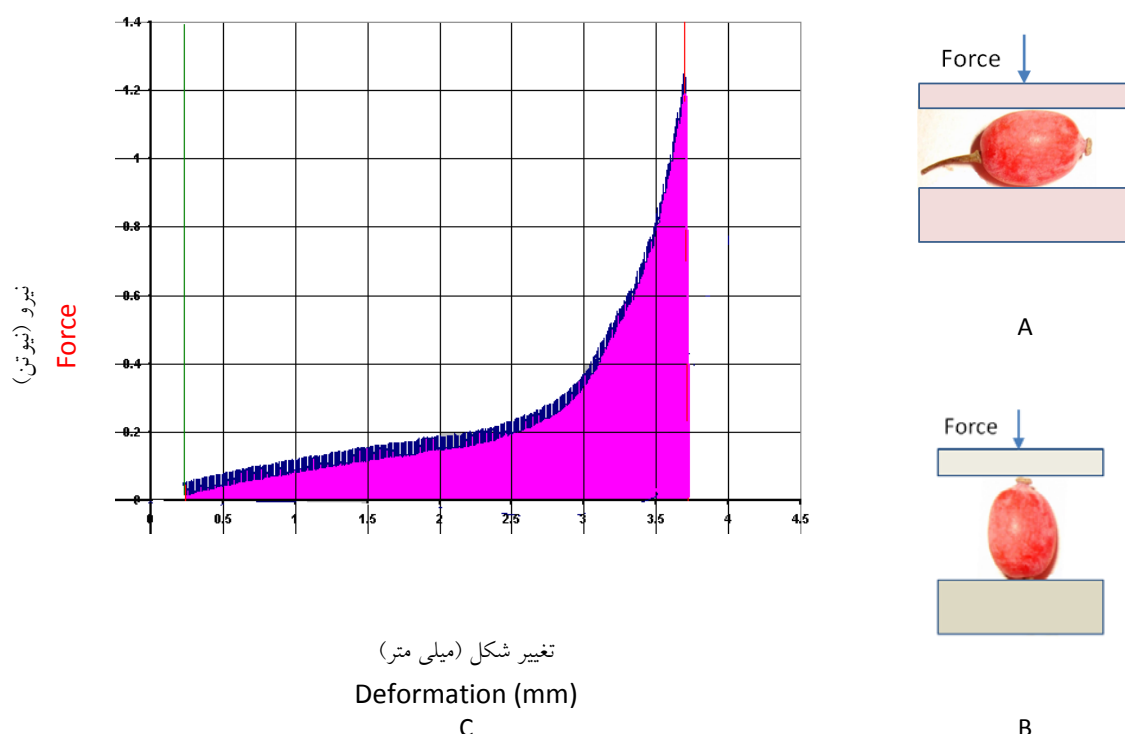
مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

محصول زرشک استان خراسان جنوبی همراه با شاخه و برگ از بازار تهیه و به مدت یک هفته در داخل یخچال آزمایشگاهی در دمای ۵ درجه سلسیوس نگهداری گردید. برای هر آزمایش مقدار محصول مورد نیاز به صورت دستی جدا و از وجود مواد خارجی پاکسازی شده و قبل از انجام آزمایش به مدت یک ساعت خارج از فریزر و در دمای اتاق ($25^{\circ}C$) نگهداری شد (ASAE, 1998). کلیه مراحل انجام آزمایشات در آزمایشگاه بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی انجام گرفت.

تعیین میزان رطوبت محصول

برای تعیین میزان رطوبت محصول از آون فن دار (مدل Memmert 600 ساخت آلمان) استفاده گردید. حدود ۲۰ گرم میوه زرشک در ظرف مخصوص که قبلاً وزن شده بود در آون با دمای 105 ± 2 درجه سلسیوس و در مدت ۴ ساعت قرار گرفت و بعد از این مدت نمونه‌ها از آون خارج و در داخل دیسیکاتور به مدت ۱۰ دقیقه سرد شد و سپس با ترازوی دیجیتال (مدل GEC AVERY ساخت انگلیس) با دقت ± 0.001 گرم توزین شدند و دوباره داخل آون گذاشته شد تا زمانی که اختلاف وزن حاصل کمتر از 0.05 گرم نشد این کار ادامه پیدا کرد (Aghbashlo *et al.*, 2008).



شکل ۱: A: آزمون فشار با دو صفحه موازی در جهت افقی و B: آزمون فشار با دو صفحه موازی در جهت عمودی، C: نمودار نمونه نیرو- تغییر شکل میوه زرشک

Fig. 1. A: Pressure test with parallel plates, B: A typical force-deformation diagram of the Berberis fruit

در هر تیمار ۵ عدد میوه زرشک به طور تصادفی انتخاب و به صورت افقی یا عمودی با توجه به تیمار مربوطه تحت آزمایش قرار گرفت. سپس نرم افزار دستگاه برای تامین سرعت ۲ تا ۱۰ میلی متر بر دقیقه بسته به تیمار مربوطه تنظیم شد و بر روی میوه اعمال نیرو انجام گرفت تا میوه به حد پاره گی یا له شده گی برسد.

برای بررسی تأثیر سرعت و جهت بارگذاری می بایست آزمایشات مذکور در هر دو جهت افقی و عمودی انجام می پذیرفت اما با توجه به عدم امکان آزمایش در رطوبت ی پایین تر (دم میوه می بایست جدا می گردید تا بتوان آن را در داخل دستگاه گذاشت و در رطوبتهای پایین جدا کردن دم باعث تخریب بافت میوه می شد) صرفاً در محدوده رطوبتی ۷۰ تا ۷۶ درصد (بر پایه تر) و در دو سرعت بارگذاری ۲ و ۱۰ میلی متر بر دقیقه و در جهت افقی و عمودی انجام پذیرفت.

این مقدار معرف بیشترین میزان تغییر شکل در میوه قبل از پارگی آن است که بر حسب واحد میلی متر سنجیده شد.

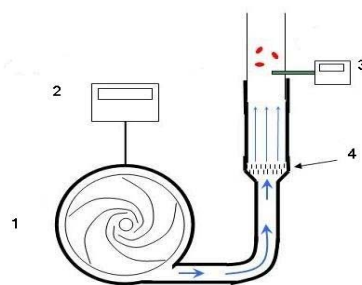
۳- انرژی شکست (E) به عنوان میزان انرژی مورد نیاز بر حسب ژول برای شکست و پارگی محصول که برابر مساحت زیر نمودار نیرو-تغییر شکل است توسط نرم افزار دستگاه تحلیل بافت محاسبه و به دست آمد (شکل ۱).

۴- چقرمگی (P) که عبارت است کار لازم برای ایجاد پارگی به ازای واحد حجم ماده با استفاده از تقسیم انرژی شکست به حجم نمونه (معادله ۲) و از معادله (۳) بر حسب واحد ژول بر سانتی متر مکعب محاسبه شد (Fathollahzadeh et al., 2008).

$$V = \frac{\pi(LWT)}{6} \quad (2)$$

$$P = \frac{E}{V} \quad (3)$$

که L، W و T به ترتیب سه بعد متوسط میوه بر حسب میلی متر و V حجم بر حسب میلی متر مکعب می باشد. این پارامترها توسط کولیس دیجیتال با دقت ± 0.1 میلی متر اندازه گیری شدند.



شکل ۲. تونل باد عمودی برای تعیین سرعت حد میوه زرشک، ۱- موتور الکتریکی و فن ۲- تنظیم کننده سرعت موتور ۳- بادسنج دیجیتال ۴- پخش کننده

Fig. 2. Wind tunnel for determination of the terminal velocity of Berberis, 1- AC electric motor and fan 2- variety speed supplier 3- electronic anemometer 4- diffuser

۵۰، ۲۵ تا ۳۰ و ۷ تا ۱۰ درصد (پایه تر) قابل مشاهده است. هر سه بعد میوه با کاهش میزان رطوبت کاهش یافت که در نتیجه آن حجم میوه نیز کم شد. ضخامت با کاهش ۴۸/۲ درصد بیشترین تغییرات را در دامنه رطوبتی ۷ تا ۷۶ درصد (پایه تر) داشت.

نیرو، انرژی جذب شده، چقرمگی و تغییر شکل نقطه شکست میوه در رطوبت‌های مختلف

نتایج تجزیه واریانس برای نیروی شکست، انرژی شکست، چقرمگی و میزان تغییر شکل و مقادیر متوسط آنها در رطوبت‌های مختلف به ترتیب در جدول ۳ و ۲ قابل مشاهده است. همان طور که از جدول ۲ مشخص است، نیرو، انرژی و تغییر شکل شکست فقط تحت تأثیر محتوای رطوبتی قرار داشتند و اثر سرعت بارگذاری و اثر متقابل سرعت بارگذاری و محتوای رطوبتی معنادار نبود. ولی چقرمگی بطور معنی داری تحت تأثیر هر دو عامل میزان رطوبت و سرعت بارگذاری و اثر متقابل آنها بوده است.

مقادیر متوسط نیرو، انرژی و تغییر شکل شکست به تفکیک سرعت بارگذاری در جدول ۳ آمده است. حروف لاتین متفاوت وجود اختلاف معنی دار را مشخص می کند و حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار دو گروه در سطح احتمال ۰/۰۵ است. همچنین گروه‌هایی که با دو حرف لاتین مشخص شده اند بین همان دو گروه قرار گرفته اند و متعلق به هر دو هستند لذا با هر دو گروه تفاوت بی معنایی را در سطح احتمال مذکور دارند.

بیشترین مقدار نیروی شکست در محتوای رطوبتی بین ۷۰ تا ۷۶ درصد که متوسط آن در سرعت‌های مختلف برابر است با ۱/۳۸۷ نیوتن و کمترین میزان آن در رطوبت بین ۲۵ تا ۳۰ درصد به مقدار ۰/۷۹۰ نیوتن مشاهده شد. بطور کلی برای نیروی شکست میوه زرشک و محتوای رطوبتی یک رابطه غیر خطی افزایشی به ازای کاهش رطوبت بدست آمد که معادله (۴) آنرا نشان می دهد.

تعیین سرعت حد

با استفاده از تونل باد، ویژه سنجش سرعت حد محصولات کشاورزی که در شکل (۲) مشاهده می شود، سرعت حد میوه زرشک در هر سطح رطوبتی و در ۱۰ تکرار اندازه گیری شد. در این روش، میوه در درون تونل دستگاه به آرامی رها و از تابلوی فرمان الکتریکی دستگاه سرعت دمش هوا را زیاد کرده و آنقدر اینکار ادامه یافت تا میوه به حالت شناوری در داخل تونل مشاهده شد. در این حالت سرعت هوا از دریچه مخصوص به وسیله یک دستگاه سرعت سنج باد^۱ (بادسنج) دیجیتالی با دقت ± 0.1 متر بر ثانیه اندازه گیری و به عنوان سرعت حد میوه ثبت گردید (Razavi and Akbari, 2006).

روش تحلیل آماری داده ها

آزمایش های بررسی تأثیر میزان رطوبت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی میوه زرشک در چهار دامنه رطوبتی، دو سرعت بارگذاری و ۵ تکرار برای هر تیمار و بررسی سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری فقط در رطوبت اول و سرعت بارگذاری در دو سطح و جهت بارگذاری در دو سطح و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند و نتایج آنها به روش آزمون دانکن بررسی شد. همچنین سرعت حد میوه در چهار دامنه رطوبتی بررسی گردید و نهایتاً تمامی آنالیزها توسط نرم افزار SPSS 12 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ابعاد مختلف میوه زرشک در رطوبت‌های مختلف

ابعاد مختلف میوه که به منظور تعیین حجم هندسی میوه به کار گرفته شد در جدول ۱ در چهار محدوده رطوبتی ۷۰ تا ۷۶، ۴۵ تا

1- Anemometer

جدول ۱. ابعاد میوه زرشک در رطوبت‌های مختلف

Table 1. Dimensions of Berberis in various moisture contents

7-10	25-30	45-50	70-76	محتوای رطوبتی Moisture content (%w. b)
8.94 ± 0.62	9.67 ± 0.63	10.18 ± 0.50	10.31 ± 0.49	طول (Length)، mm
5.41 ± 0.77	5.90 ± 0.61	6.06 ± 0.56	6.49 ± 0.68	عرض (Width)، mm
3.17 ± 0.65	4.66 ± 0.66	5.28 ± 0.59	6.12 ± 0.63	ضخامت (Thickness)، mm
80.27	139.20	170.55	214.41	حجم میوه به روش هندسی (Volume)، mm ³

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر محتوای رطوبتی و سرعت بارگذاری بر پارامترهای مکانیکی میوه زرشک

Table 2. The variance analysis of the effects of moisture content and loading speed on mechanical properties of Berberis

میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی Degree of freedom	متغیر Variable	خواص مکانیکی Mechanical properties
0.116 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	نیروی شکست Rupture force (N)
3.178 ^{**}	3	میزان رطوبت Moisture content	
0.045 ^{ns}	3	سرعت بارگذاری × میزان رطوبت Loading speed × Moisture content	
0.169	32	خطا Error	
0.287 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	تغییر شکل Shape deformation (mm)
5.142 ^{**}	3	میزان رطوبت Moisture content	
0.156 ^{ns}	3	سرعت بارگذاری × میزان رطوبت Loading speed × Moisture content	
0.558	32	خطا Error	
0.281 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	انرژی شکست Rupture energy (mJ)
0.530 ^{**}	3	میزان رطوبت Moisture content	
0.105 ^{ns}	3	سرعت بارگذاری × میزان رطوبت Loading speed × Moisture content	
0.027	32	خطا Error	
15.581 ^{**}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	چقرمگی Toughness (J/cm ³)
64.567 ^{**}	3	میزان رطوبت Moisture content	
5.425 [*]	3	سرعت بارگذاری × میزان رطوبت Loading speed × Moisture content	
1.291	32	خطا Error	

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و ns عدم معنی داری را نشان می دهد

*, ** and ns show significant difference at probability of %5, %1 and no significant difference, respectively

$$R^2 = 0.97$$

$$F_T = 0.4378M_C^2 + 2.3663M_C + 3.8863$$

(۴)

همین روند افزایشی به ازای کاهش محتوای رطوبتی برای نیروی شکست میوه زرشک (بومی کرج) توسط فتح الله زاده و همکاران نیز گزارش گردیده است (Fathollahzadeh and Rajabipour, 2008).

گردید. تغییر شکل میوه زرشک بومی کرج نیز به ازای کاهش میزان رطوبت از ۸۹/۲۳ به ۵۹/۱۱ درصد (پایه تر) از ۲/۰۱ به ۱/۳۴ میلی متر کاهش می یابد (Fathollahzadeh and Rajabipour, 2008).

$$R^2 = 0.94 \quad (۶)$$

$$D = 0.4405M_c^2 + -1.8337M_c + 3.7400$$

همانطور که نتایج تجزیه واریانس داده‌های جدول ۲ نشان می دهد در مورد چقرمگی می توان اثر متقابل محتوای رطوبتی و سرعت بارگذاری را در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات اصلی آنها را در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار دانست و برای مشاهده بهتر این موضوع میانگین داده‌ها در سرعت‌های بارگذاری ۲ و ۱۰ میلی متر بر دقیقه و چهار گروه رطوبتی تعریف شده که قبلا به آن اشاره شده است در جدول ۴ گردآوری شده است.

چقرمگی میوه زرشک در محدوده رطوبتی ۷ تا ۷۶ درصد (پایه تر) از ۴/۲۹۷ به ۸/۲۲۰ ژول بر سانتی متر مکعب تغییر یافت. این در حالی است که در گزارش فتح الله زاده و رجبی پور این مقدار برای زرشک گونه کرج ۱/۱۴۹ تا ۰/۱۰۵ ژول بر سانتی متر مکعب به دست آمده است (Fathollahzadeh and Rajabipour, 2008)، که این اختلاف می تواند نشان دهنده اختلاف ناشی از اندازه و جنس بافت دو میوه مذکور باشد.

اما با توجه به اینکه چقرمگی از دو عنصر یعنی حجم متوسط میوه و انرژی شکست میوه در رطوبت مورد نظر تشکیل یافته و از آنجا که عنصر حجم تنها به محتوای رطوبتی وابسته است و انرژی شکست هم هیچ وابستگی به سرعت بارگذاری ندارد، وابستگی چقرمگی به عنوان ترکیبی از این دو عامل به سرعت بارگذاری، دور از ذهن می نماید و جا دارد تحقیقات بیشتری بر روی آن انجام پذیرد.

همچنین میزان انرژی شکست در دامنه رطوبتی ۷۰ تا ۷۶ درصد بیشترین مقدار خود یعنی برابر ۰/۹۲۱ میلی ژول را نشان داده و در رطوبت ۴۵ تا ۵۰ درصد کمترین مقدار خود را به میزان ۰/۳۶۰ میلی ژول دارا بود. چقرمگی نیز کمترین میزان را در رطوبت ۴۵ تا ۵۰ درصد (بر پایه تر) و بیشترین میزان را در رطوبت ۷ تا ۱۰ درصد (بر پایه تر) از خود نشان داد که بر طبق نتایج تحقیقی که در مورد زرشک کرج انجام شده این مقدار از ۱/۱۴۹ به ۰/۱۰۵ ژول بر سانتی متر مکعب همراه با کاهش رطوبت کاهش می یابد (Fathollahzadeh and Rajabipour, 2008). دلیل این اختلاف را می توان بدین وجه توجیه کرد که نرخ کاهش حجم به نرخ کاهش انرژی در مورد زرشک خراسان بیشتر بوده و در مورد زرشک کرج کمتر و این سبب می شود که چقرمگی زرشک بومی خراسان بر خلاف زرشک بومی کرج با افزایش محتوای رطوبتی، کاهش یابد.

معادله ۵ به عنوان بهترین رابطه بین متوسط چقرمگی (p) سرعت‌های بارگذاری ۲ و ۱۰ میلی متر بر دقیقه با میزان رطوبت (M_c) زرشک بدست آمد.

$$R^2 = 1.00 \quad (۵)$$

$$P = -1.2427M_c^3 + 9.8135M_c^2 - 22.9300M_c + 18.6560$$

انرژی شکست میوه زرشک با کاهش میزان رطوبت از ۷۶ به ۷ درصد (پایه تر)، از ۰/۹۲۱ به ۰/۶۶۱ میلی ژول و به صورت غیر خطی تغییر یافت (جدول ۳).

کاهش میزان رطوبت میوه زرشک از ۷۶ به ۷ درصد (پایه تر) باعث کاهش میزان تغییر شکل شکست از ۳/۳۸۷ به ۲/۴۱۳ میلی متر شد که کمترین میزان را در رطوبت ۲۵ تا ۳۰ درصد بر پایه تر به میزان ۱/۶۳۶ میلی متر داشت. این کاهش نسبی به معنی قابلیت انعطاف و شکل پذیری کمتر بافت در رطوبت های کم نسبت به رطوبت های زیاد، است. در همین راستا، رابطه ۶ با میزان مناسب R² به عنوان رابطه تغییر شکل (D) با میزان رطوبت (M_c) زرشک ارائه

جدول ۳. مقایسه میانگین های نیرو و انرژی شکست و تغییر شکل در نقطه شکست زرشک در رطوبتهای مختلف

Table 3. Comparison of mean rupture force, energy and deformation at rupture point of Berberis in various moisture contents

7-10	25-30	45-50	70-76	محتوای رطوبت Moisture content
2.413 ± 0.254 ^b	1.636 ± 1.251 ^a	2.402 ± 0.554 ^b	3.387 ± 0.355 ^c	تغییر شکل Shape deformation (mm)
0.661 ± 0.116 ^b	0.607 ± 0.278 ^{ab}	0.360 ± 0.177 ^a	0.921 ± 0.182 ^{ab}	انرژی Energy (mJ)
2.679 ± 2.215 ^b	0.790 ± 0.180 ^a	0.842 ± 0.330 ^a	1.387 ± 0.498 ^a	نیرو Force (N)

حروف لاتین مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است
The same letters in rows and columns show no significant difference at probability of %5

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های چقرمگی میوه زرشک (ژول بر سانتی متر مکعب) در رطوبت و جهت‌های مختلف بارگذاری
Table 4. Comparison of mean toughness of Berberis (J/cm³) in various moisture contents and force orientations
 سرعت بارگذاری (Loading speed) mm/min

متوسط Average	10	2	محتوای رطوبتی Moisture content, (%w.b.)
4.297	4.422 ± 0.827 ^b	4.172 ± 0.951 ^b	70-76
2.109	2.286 ± 1.443 ^a	1.932 ± 0.530 ^a	45-50
4.364	6.068 ± 0.667 ^c	2.660 ± 1.383 ^{ab}	25-30
8.220	8.732 ± 1.052 ^c	7.708 ± 1.705 ^c	7-10

حروف لاتین مشابه در هر سطر و ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است

The same letters in rows and columns show no significant difference at probability of %5

رطوبت‌های مختلف است. سرعت حد میوه زرشک، مشابه دیگر محصولات کشاورزی با کاهش محتوای رطوبتی کاهش می‌یابد (جدول ۸) و این میزان از ۹ متر بر ثانیه در رطوبت ۷۰ تا ۷۶ درصد به ۴/۵ متر بر ثانیه در محتوای رطوبتی بین ۷ و ۱۰ درصد می‌رسد و در این مسیر روند کاملاً نزولی و شبه خطی را طی می‌کند که با ضریب رگرسیون ۰/۹۸، شیب و عرض از مبدا خط مذکور به ترتیب برابر است با ۱/۴۸ و ۳/۱۰ که روندی مشابه دیگر محصولات کشاورزی را نشان می‌دهد، به عنوان مثال نیمکار و چاتوپادهایی به ازای کاهش محتوای رطوبتی نخود سبز از ۱۶/۶۵ درصد به ۸/۳۶ درصد، این مقدار را ۱/۰۸۷۵ تا ۰/۱۰۴ متر بر ثانیه گزارش کرده اند (Nimkar and Chattopadhyay, 2002).

نتیجه گیری

محتوای رطوبتی مهمترین عامه تغییر خواص مکانیکی میوه زرشک به حساب می‌آید. جهت بارگذاری بر میزان پارامترهای مکانیکی به جز انرژی شکست تأثیر دارد. به علاوه چقرمگی متأثر از اثر متقابل محتوای رطوبتی و سرعت بارگذاری است. رطوبت مابین ۲۵ تا ۳۰ درصد (پایه تر) کمترین مقادیر نیرو و تغییر شکل متناظر شکست را به همراه دارد و رطوبت بین ۴۵ تا ۵۰ درصد بر پایه تر نیز کمترین میزان انرژی شکست را دربردارد با توجه به این مطلب به نظر می‌آید در رطوبت بین ۳۰ تا ۴۵ درصد (پایه تر) بافت میوه مقاومت مکانیکی کمتری نسبت به دیگر رطوبت‌ها دارد. سرعت حد میوه زرشک با افزایش میزان رطوبت، افزایش می‌یابد.

بررسی اثر جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری بر پارامترهای

مکانیکی فشار در حالت زرشک تازه

آنچه از جدول (۵) می‌توان نتیجه گرفت آن است که به جز در میزان تغییر شکل و نیروی شکست در بقیه موارد که شامل انرژی و چقرمگی می‌باشد، جهت بارگذاری تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد نداشته است. مشاهدات (جدول ۶) نشان داد که در حالت عمودی نیروی کمتری نسبت به حالت افقی برای شکست میوه باید صرف شود و از طرف دیگر تغییر شکل در حالت افقی کمتر از حالت عمودی می‌باشد. با توجه به این مطالب به نظر می‌رسد که انرژی مورد نیاز برای شکستن میوه که برابر مساحت زیر نمودار نیرو-تغییر شکل است نمی‌بایست تغییرات چندانی را از خود نشان دهد که نتایج آنرا تایید می‌کند بدین معنا که هیچ ارتباط معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بین میانگین انرژی شکست در دو جهت عمودی و افقی نبود. در مورد بسیاری از میوه‌ها نتایج متفاوتی گزارش شده است به طور مثال در میوه زیتون روغنی تازه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بین نیروی ۹۴/۴۵ نیوتنی شکست در حالت عمودی و نیروی ۵۷/۳۸ نیوتنی شکست در حالت افقی به چشم می‌خورد و نیرو در حالت عمودی بیشتر از نیروی افقی وارد بر میوه است (Kılıçkan and Güner, 2008). این رفتار ممکن است بدلیل متفاوت بودن بافت میوه زیتون بدلیل دارا بودن هسته (دو جنس متفاوت) در مقایسه با بافت میوه زرشک (جنس یکسان) باشد.

سرعت حد

نتایج تجزیه واریانس سرعت حد (جدول ۷) نشان دهنده وجود یک اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ بین میانگین سرعت حد در

جدول ۵. تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل جهت و سرعت بارگذاری بر روی پارامترهای مکانیکی میوه تازه زرشک

Table 5. The variance analysis of main and interaction effects of force orientation and loading speed rate on mechanical parameters of fresh Berberis fruit

میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی Degree of freedom	متغیر Variable	خواص مکانیکی Mechanical properties
0.148 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	نیروی شکست Rupture force (N)
6.938 ^{**}	1	جهت بارگذاری Force orientation	
0.125 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری × جهت بارگذاری Loading speed × Force orientation	
0.576	16	خطا Error	
0.047 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	تغییر شکل Shape deformation (mm)
0.290 ^{**}	1	جهت بارگذاری Force orientation	
0.028 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری × جهت بارگذاری Loading speed × Force orientation	
0.024	16	خطا Error	
0.000 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	انرژی شکست Rupture energy (mJ)
0.012 ^{ns}	1	جهت بارگذاری Force orientation	
0.001 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری × جهت بارگذاری Loading speed × Force orientation	
0.003	16	خطا Error	
0.017 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری Loading speed	چقرمگی Toughness (J/cm ³)
6.306 ^{ns}	1	جهت بارگذاری Force orientation	
0.609 ^{ns}	1	سرعت بارگذاری × جهت بارگذاری Loading speed × Force orientation	
0.524	16	خطا Error	

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و ns عدم معنی داری را نشان می دهد
*, ** and ns show significant difference at probability of %5, %1 and no significant difference, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های خواص مکانیکی میوه تازه زرشک در سرعت و جهت‌های مختلف بارگذاری
Table 6. Comparison of mean mechanical properties of fresh Berberis fruit at various loading speed rate and orientations

جهت عمودی Vertical direction	جهت افقی Horizontal direction	خواص مکانیکی Mechanical properties
0.503 ± 0.120 ^a	1.387 ± 0.498 ^b	نیروی شکست (نیوتن) Rupture force (N)
5.368 ± 0.111 ^b	3.387 ± 0.355 ^a	تغییر شکل (میلی متر) Shape deformation (mm)
1.035 ± 0.274 ^a	0.921 ± 0.182 ^a	انرژی شکست (نیوتن) Rupture energy (N)
4.278 ± 1.142 ^a	4.849 ± 1.018 ^a	چقرمگی (ژول بر سانتیمتر مکعب) Toughness (J/cm ³)

حروف لاتین مشابه در ردیف‌ها نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است
Values with the same letters show no significant difference at probability of %5
جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس سرعت حد میوه زرشک در رطوبت‌های مختلف

Table 7. The variance analysis of terminal velocity of Berberis in various moisture contents

میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی Degree of freedom	متغیر Variable
47.985 **	3	محتوای رطوبتی Moisture content
0.691	48	خطا Error

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و ns عدم معنی داری را نشان می دهد
*, ** and ns show significant difference at probability of %5, %1 and no significant difference, respectively

جدول ۸. مقایسه میانگین سرعت حد در محتوای رطوبتی مختلف

Table 8. Comparison of mean terminal velocity of Berberis fruit at various moisture contents

7-10	25-30	45-50	70-76	محتوای رطوبتی Moisture content, (%w.b.)
4.5 ± 0.6 ^a	6.2 ± 1.4 ^b	7.3 ± 0.2 ^c	9.0 ± 0.6 ^d	سرعت حد Terminal velocity, (ms ⁻¹)

حروف لاتین غیرمشابه نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است
Values with different letters are significantly different at probability of %1

منابع

- 1- Aghbashlo, M., M.H. Kianmehr, and S.R. Hassan-Beygi. 2008. Specific Heat and Thermal Conductivity of Berberis Fruit (*Berberis vulgaris*). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3: 330-336.
- 2- ASAE. 1998. ASAE Standards 368.4 DEC00 Compression test of food material of convex shape. American Society of Agricultural Engineering.
- 3- Çalışır, S., and C. Aydın. 2004. Some physico-mechanic properties of cherry laurel (*Prunus lauracerasus* L.) fruits. *Journal of Food Engineering* 65: 145-150
- 4- Chaji, H. 1999. Design and make process of suitable berberis's dryer. Faculty of Agriculture. Tabriz University. (In Farsi).
- 5- Fathollahzadeh, H., and A. Rajabipour. 2008. Some mechanical properties of barberry. *International journal Agrophysics* 22: 299-302.
- 6- Filabi, A., and S. Khaghani. 2008. Possibility, opportunities and challenges of Berberis product by the novel technique. Internal Agricultural Engineering Conference: Red Gold Conference. South Khorasan, Iran. (In Farsi)
- 7- Guillermina, P., N. Dupont, C. Le Morvana, J. M. Le Quere, C. Langlais, and J.C. Mauget. 2006. Rheological and technological properties of two cider apple cultivars. *LWT-Food science and Technology* 39: 995-1000.
- 8- Haciseferoğulları, H., İ. Gezer, M. M. Özcan, B. M. Asma. 2007. Post harvest chemical and physical-mechanical prop of some apricot varieties cultivated in Turkey *Journal of Food Engineering* 79: 364-373.
- 9- Kafı, M., and A. Balandari. 2002. Berberis Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Publication. Iran. (In Farsi).
- 10- Kashaninejad, M., and L.G. Tabil. 2009. Resistance of bulk pistachio nuts (Ohadi variety) to airflow. *Journal of Food Engineering* 90: 104-109
- 11- Katsiferis, T., N. Zogzas and V. T. Karathanos. 2008. Mechanical properties and structure of unripe oranges during processing of "spoon sweets" *Journal of Food Engineering* 89: 149-155.
- 12- Kılıçkan, A., and M. Güner. 2008. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (*Olea europaea* L.) under compression loading. *Journal of Food Engineering* 87:222-228.
- 13- Lewis, R., A. Yoxall, M.B. Marshall, and L.A. Canty. 2008. Characterizing pressure and bruising in apple fruit. *Wear* 264: 37-46.

- 14- Nimkar, P. M., and P. K. Chattopadhyay. 2002. Airflow Resistance of Green Gram. *Biosystems Engineering* 82: 407–414.
- 15- Pasini L., L. Ragni, A.D. Rombol, A. Berardinelli, A. Guarnieri, and B. Marangoni. 2004. Influence of the Fertilization System on the Mechanical Damage of Apples. *Biosystems Engineering* 88: 441-452.
- 16- Ragni, L., and A. Berardinelli. 2001. Mechanical Behavior of Apples, Damage during Sorting and Packaging. *Journal of agricultural Engineering Research* 78: 273-279.
- 17- Razavi, M. A., and R. Akbari. 2006. *Biophysical Properties of Agricultural and Food Materials*. Ferdowsi university of Mashhad publication. Iran. (In Farsi).
- 18- Vursavuş, K., and F. Özgüven. 2004. Mechanical behavior of apricot pit under
- 19- compression loading. *Journal of Food Engineering* 65: 255-261.

مقایسه تأثیر روش‌های بی‌خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر عملکرد گندم دیم در زمین دارای سنگلاخ منطقه گرمسیری

نعیم لویمی^{۱*} - محمود صفری^۲ - نصرت‌اله حیدرپور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۱۱

چکیده

این تحقیق به منظور مقایسه روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گندم دیم و در زمین دارای ریگ و قلوه‌سنگ شهرستان باغملک واقع در شمال خوزستان بمدت ۳ سال (۸۷-۸۵) و در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار اجراء گردید. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) گاواهن قلمی + خطی کار، (۲) گاواهن بدون صفحه برگردان‌دار + خطی کار، (۳) بی‌خاک‌ورزی (کشت با خطی کار)، (۴) پنجه‌غازی + خطی کار و (۵) شاهد (گاواهن برگردان‌دار + دستپاشی کود و بذر + پنجه‌غازی) بودند. این تیمارها شامل روش‌های کم‌خاک‌ورزی (تیمارهای یک و دو و چهار)، بی‌خاک‌ورزی (تیمار سه) و خاک‌ورزی مرسوم (تیمار پنج) می‌باشند. تجزیه واریانس مرکب سه ساله نشان داد که تفاوت بین روش‌های خاک‌ورزی و نیز اثر متقابل روش خاک‌ورزی و سال از نظر درصد رطوبت خاک در مراحل مختلف ساقه‌دهی، گل‌دهی و پر شدن دانه معنی‌دار نبوده ولی تفاوت سال‌ها از نظر درصد رطوبت خاک بسیار معنی‌دار بود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر درصد مواد آلی در عمق‌های مختلف و در انتهای اجرای طرح وجود ندارد. به‌رحال عدم تفاوت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی در میزان مواد آلی با توجه به شرایط سنگلاخی زمین تحلیل شده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی در عملکرد دانه و سایر صفات زراعی بجز ارتفاع بوته و شاخص برداشت دارای اختلاف معنی‌داری بودند. طبق نتایج این تحقیق هر وسیله‌ای که بیشتر خاک را برگرداند و ریگ و قلوه‌سنگ بالا آمده در سطح در اثر بارندگی‌های فصل قبل را زیر خاک ببرد و نسبت خاک به ریگ و قلوه‌سنگ، در سطح که بستر عملیات کشت و جایگذاری بذر است، را بیشتر نماید، عملکرد محصول بیشتری دارد. لذا گاواهن برگردان‌دار در هر سه سال آزمایش که از نظر میزان و نحوه توزیع بارندگی متفاوت بودند و یک سال آن (سال سوم) نیز بسیار کم باران بود، بیشترین عملکرد دانه را داشت. متوسط عملکرد سه ساله گندم دیم به ترتیب ۱۳۳۳، ۱۵۵۸، ۱۱۹۰، ۱۰۸۰ و ۱۷۸۷ کیلوگرم در هکتار برای گاواهن قلمی، گاواهن بدون صفحه برگردان‌دار، بی‌خاک‌ورزی، پنجه‌غازی و گاواهن برگردان‌دار بوده است.

واژه‌های کلیدی: دیم، روش خاک‌ورزی، سنگلاخ، گندم

مقدمه

2007). عملاً ریگ و قلوه‌سنگ در اثر باران، خاک اطراف آن ته‌نشین شده و روی سطح می‌آید و مشکلات تهیه زمین و خصوصاً عدم استقرار صحیح بذر در هنگام کاشت را ایجاد می‌نماید؛ لذا تحقیق در زمینه بکارگیری روش مناسب خاک‌ورزی که بتواند این مشکلات را در این شرایط به حداقل برساند ضروری به نظر می‌رسد. سطح زیر کشت گندم دیم در ایران بالغ بر ۴/۵ میلیون هکتار می‌باشد که حدود ۱/۵ میلیون آن در مناطق گرمسیر و بیش از ۳ میلیون هکتار آن در مناطق سردسیر و معتدل واقع شده و میانگین تولید آن کمتر از یک تن در هکتار است (Keshavarz et al., 2003). همچنین در حالی که در سال ۱۹۹۷ میانگین تولید گندم در سطح جهان ۲۶۳۴ کیلوگرم در هکتار بود این رقم در آمریکا، کانادا و ترکیه به ترتیب ۲۶۵۶، ۲۰۲۸ و ۱۹۶۸ کیلوگرم و در ایران در شرایط

اگر چه آمار دقیقی از شرایط کیفی زمین‌های دیم وجود ندارد ولی روشن است که وجود ریگ و قلوه‌سنگ مشکلی است که در اکثر مناطق دیم چه سردسیر و چه گرمسیر مشاهده می‌شود؛ بطوریکه در بعضی تحلیل‌ها سنگلاخی بودن زمین مانع اصلی توسعه مکانیزه عملیات و عدم بکارگیری عمیق‌کار ذکر شده است (Anonymus,)

۱- عضو هیات علمی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*) نویسنده مسئول: (Email: N1584M@yahoo.com)

۲- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج
۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویر

عملکرد گندم در شرایط دیم به میزان ۷۸٪ در روش خاک‌ورزی حفاظتی (کشاورزی حفاظتی) نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم است (EI- Mejahed and Sander, 1998).

تحقیقات انجام گرفته در منطقه مراغه نشان داد که در سال آیش استفاده از گاوآهن قلمی در پاییز نسبت به سایر ادوات خاک‌ورزی، از نظر حفظ رطوبت و تأثیر در عملکرد سال بعد، برتر و استفاده از پنجه‌غازی در فصل بهار بر اهمیت بکارگیری آن افزوده بود (Asghari Meydani, 1999). تحقیقات دیگری که باز به صورت آیش گندم در دیمزارهای منطقه مراغه در ارتباط با کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی انجام گرفته است نشان داد که در سال‌های پرباران و با پراکندگی مناسب، استفاده از گاوآهن قلمی در پاییز و علف‌کش در بهار در سال‌های اولیه، رطوبت خاک و عملکرد گندم را افزایش اما در سال‌های بعد مخصوصاً با کم شدن میزان بارندگی برتری خود را از دست داد ولی استفاده از گاوآهن قلمی در پاییز و پنجه‌غازی در بهار پایداری خود را از لحاظ رطوبت ذخیره‌شده در خاک و عملکرد گندم حفظ نمود (Asghari Meydani, 2001).

بررسی سه ساله در منطقه شمال غرب ایران و در شرایط کشت مداوم گندم دیم نشان داده است که روش‌های مختلف خاک‌ورزی در ۲ سال از ۳ سال آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه بودند. متوسط عملکرد گندم در ۳ سال به میزان ۱، ۱/۳، ۱/۱، ۱/۲ و ۱/۴ تن در هکتار به ترتیب برای خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگردان دار + دیسک)، خاک‌ورزی کاهش یافته (گاوآهن چپزل + دیسک)، حداقل خاک‌ورزی (گاوآهن پنجه‌غازی) و بی‌خاک‌ورزی با بقایای ایستاده و با کل بقایا بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که بی‌خاک‌ورزی در شرایط وجود کل بقایا به میزان ۴۲۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بوده که علت احتمالی آن به توانایی نگهداری آب بیشتر توسط بقایا نسبت داده شده است (Hemmat and Eskandari, 2006). تحقیق دیگر در این منطقه و در مورد تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی روی عملکرد دیم در تناوب گندم نخود نشان داده است که بکارگیری پنجه‌غازی بیشترین عملکرد را در گندم و نیز بی‌خاک‌ورزی بیشترین عملکرد را در نخود داشته است (Hemmat and Eskandari, 2004).

بررسی پنج ساله در منطقه گچساران که مانند باغملک منطقه گرمسیری است، نشان داد درصد رطوبت خاک روش‌های خاک‌ورزی فقط در سال دوم و در مرحله ساقه‌دهی معنی‌دار شده و از نظر عملکرد دانه بین روش‌های خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری وجود داشت و گاوآهن برگردان دار بیشترین عملکرد را داشته است (Rahimzadeh, 2004). تحقیق دیگر چهار ساله در منطقه گچساران نشان داد که درصد رطوبت روش‌های خاک‌ورزی در سال اول فقط در مرحله ساقه‌دهی و در سال سوم فقط در مرحله گلدهی معنی‌دار بوده و در سال‌های دیگر در هیچیک از مراحل معنی‌دار نبوده

مشابه ۱۵۹۵ کیلوگرم در هکتار بوده است (Keshavarz et al., 2003). افزایش محصول گندم مانند سایر فرآورده‌های کشاورزی علاوه بر سایر عوامل به تهیه زمین، بستر بذر مناسب، حفاظت از حاصلخیزی، جلوگیری از تراکم و فشردگی خاک نیز بستگی دارد (Khodabande, 1993).

نفوذ و تحرک آب در خاک می‌تواند تحت تأثیر تخلخل و جرم مخصوص ظاهری خاک با یکدیگر نسبت عکس داشته و عامل تعیین کننده نفوذ آب به خاک عموماً جرم مخصوص ظاهری خاک است (Unger, 1978). رطوبت ذخیره شده در لایه‌های سطحی نیمرخ خاک که می‌تواند به وسیله بقایای گیاهی (در صورت اعمال روش‌های کم‌خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی) تأمین گردد، در دوره اولیه رشد گیاه یعنی ایام جوانه زدن و استقرار گیاه اهمیت زیادی دارد (Larson et al., 1983). بقایای گیاهی در محیطی اشباع از بخار آب می‌تواند ۹۰-۸۰ درصد وزن خود آب جذب نماید، در صورتی که تحت همان شرایط مواد رسی فقط ۲۰-۱۵ درصد آب جذب می‌نماید (Arshad et al., 1999). باقی‌نگه‌داشتن بقایای گیاهی زراعی در سطح اراضی با فراهم آوردن محیطی مناسب برای نفوذ آب در خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و بازداشت یا نگهداری برف در سطح مزرعه، در ذخیره رطوبت مخصوصاً در مناطق دیم می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Hillel, 1982). در این رابطه تحقیقات نشان داد که باقی ماندن بقایای گیاهی زراعی در سطح خاک و وجود ریشه‌های انبوه سطحی گیاهان زراعی در خاک به میزان دو سوم در مقایسه با زمین بدون پوشش و عاری از مواد یاد شده، فشردگی خاک را کاهش می‌دهند (Swan et al., 1994). در استفاده از مالچ کلش در مرکز و شمال فلات بزرگ آمریکا، اصلی‌ترین دلیل کاهش ذخیره رطوبت حاصل از باران در خاک، تولید کم بقایا توسط محصولات دیم است (Unger and Mc Calla, 1980).

آزمایشات انجام یافته در استرالیا نشان داد که مقدار آب ذخیره شده در خاک تحت تأثیر روش خاک‌ورزی اولیه قرار نگرفته و در تیمارهایی که کلش روی سطح زمین نگهداری و علف‌های هرز بوسیله علف‌کش‌ها کنترل شده بودند مقدار آب ذخیره شده زیاد و با افزایش دوره آیش بیشتر نیز شده بود (Fawcett, 1978). در رابطه با اعمال مدیریت کلش و عملیات خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در تناوب‌های زراعی مختلف در کشور استرالیا، نتایج تحقیقات انجام یافته حاکی از ایجاد تغییرات قابل ملاحظه عملیات مدیریتی در میزان کربن آلی خاک و ازت کل بوده به طوری که نگهداری کاه و کلش در سطح مزرعه و کشت مستقیم موجب نگهداری بیشتر کربن آلی و ازت نسبت به روش متداول خاک‌ورزی گردیده است (Hernanz et al., 1995).

دست‌آورد سایر محققین در رابطه با اثرات بلند مدت تناوب‌های زراعی مختلف و روش‌های متفاوت خاک‌ورزی بیانگر افزایش

همچنین روش‌های خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (Heidarpour, 2004).

مواد و روش‌ها

این بررسی به منظور تعیین اثرات روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر روی عملکرد گندم دیم و در زمین دارای ریگ و قلیوه سنگ شهرستان باغملک واقع در شمال خوزستان انجام گرفته است. اجرای طرح با ۵ تیمار در ۴ تکرار و بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) به مدت ۳ سال و با کرت‌های به طول ۲۰ متر و عرض ۸/۸ متر و فاصله تکرارها ۴ متر و فاصله هر یک از تیمارها ۷ متر با تیمارهای بشرح زیر به مرحله اجرا در آمده است. تیمارها به شکلی انتخاب شده‌اند که شامل روش‌های کم‌خاک‌ورزی (تیمارهای یک و دو و چهار)، بی‌خاک‌ورزی (تیمار سه) و خاک‌ورزی مرسوم (تیمار پنج) باشند:

۱- شخم با گاواهن قلمی + کاشت با خطی کار عمیق‌کار

۲- شخم با گاواهن بدون صفحه برگردان + کاشت با خطی کار عمیق‌کار

یادآور می‌شود گاواهن بدون صفحه برگردان (تیمار دو) همان گاواهن برگردان است اما صفحات برگردان خیش‌ها در هنگام اجرای عملیات جدا شده است.

۳- بی‌خاک‌ورزی (کشت بوسیله خطی کار)

۴- شخم با پنجه‌غازی + کاشت با خطی کار عمیق‌کار

۵- شاهد (شخم با گاواهن برگرداندار + دستپاشی کود و بذر +

استفاده از پنجه‌غازی).

کلیه عملیات مذکور در پاییز همزمان با کاشت (در اوایل آذرماه) انجام گرفته است. عمق عملیات برای گاواهن قلمی ۲۵-۳۰، گاواهن برگرداندار و بدون صفحه برگردان به عمق ۲۰-۲۵ و پنجه‌غازی ۸-۱۲ سانتیمتر می‌باشد. لازم به ذکر است که در مناطق گرمسیری تمام عملیات (تیمارهای خاک‌ورزی) در پاییز صورت می‌گیرد و تیمار پنجه‌غازی نیز همزمان با سایر تیمارها در پاییز اعمال گردید. بعبارتی در مناطق گرمسیر بعلاوه گرمای شدید تابستانه و تبخیر شدید آن، مسأله نگهداری رطوبت (بوسیله عملیات بهاره و یا پاییزه در سال آیش) از یک سال برای سال دیگر، برعکس مناطق سردسیر و یا معتدل، معمول نیست و محصولاتی همچون گندم بدون آیش کشت می‌شوند (آیش بجای یک سال در میان بصورت هر سه الی پنج سال یکبار آن هم جهت بازبایی توانایی حاصلخیزی زمین نه با هدف ذخیره رطوبت صورت می‌پذیرد).

عملیات کاشت در پاییز و بعد از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی صورت پذیرفت. خطی کار استفاده شده برای کاشت عمیق‌کار بزرگر همدان بوده و بر اساس نتایج تحقیقات و رقم معرفی شده در منطقه و

با توجه به وزن هزار دانه و احتساب ۳۰۰-۳۵۰ دانه در متر مربع کشت انجام گردید. همچنین فرمول کودی (کودهای ازته و فسفره) بر اساس تجزیه خاک محل اجرای طرح و طبق نتایج تحقیقات انجام گرفته و توصیه کارشناسان خاکشناسی آن منطقه اعمال شد.

در طول اجرای طرح کلیه مراقبت‌های زراعی اعم از ضد عفونی بذر، مبارزه با آفات صحرایی و کنترل علف‌های هرز در تمامی تیمارها بطور یکنواخت انجام گرفت. نمونه برداری خاک از اعماق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰ و ۳۰-۴۰ سانتیمتر برای اندازه‌گیری رطوبت وزنی در مراحل ساقه‌دهی، گلدهی و قبل از برداشت (پر شدن دانه) گندم انجام گرفت. برای اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، طول خوشه، تعداد خوشه در واحد سطح، وزن هزار دانه و شاخص برداشت، پس از رسیدگی محصول حاشیه کرت‌های آزمایشی حذف و نسبت به برداشت گندم اقدام شد. داده‌های حاصله با برنامه آماری *MSTAT-C* تجزیه و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه میانگین گردید.

محاسبه درصد رطوبت خاک

برای تعیین درصد رطوبت وزنی خاک در مراحل مختلف ساقه‌دهی، گلدهی و پر شدن دانه، نمونه‌ها پس از برداشت و توزین به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آون نگهداری و مجدداً توزین شد. درصد رطوبت وزنی خاک با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده است:

$$MC = 100 \times \frac{W_w - W_d}{W_d} \quad (1)$$

MC = درصد رطوبت خاک

W_w = جرم خاک مرطوب (g)

W_d = جرم خاک خشک (g)

محاسبه درصد مواد آلی

جهت محاسبه درصد مواد آلی در پایان طرح، از هر کرت نمونه‌هایی از عمق‌های مختلف ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰ و ۳۰-۴۰ سانتیمتری و نیز یک نمونه از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری برداشت و در آزمایشگاه درصد مواد آلی محاسبه شد.

بذر، کود و مراقبت‌ها

گندم کشت شده رقم سیمره با احتساب ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. کود پایه براساس تجزیه خاک و از منبع کودی فسفات آمونیم و اوره داده شد. کود سرک در سه مرحله پنجه‌زنی، ساقه رفتن و گل‌دهی در هنگام وقوع بارندگی‌ها اعمال گردید. مراقبت‌های زراعی لازم شامل سمپاشی و همچنین وجین به موقع انجام گرفت.

در سال‌های مختلف براساس میانگین ماهیانه بارندگی‌ها در آن سال‌ها امکان‌پذیر است.

بطوریکه سال سوم، سال بسیار خشک و بی‌بارانی بود (میانگین بارندگی ۲۴۵ میلی‌متر برای سال سوم در مقایسه با ۵۵۵ میلی‌متر میانگین درازمدت و ۸۴۳ میلی‌متر سال اول و نیز ۵۶۵ میلی‌متر سال دوم) و بارندگی‌ها در تمام ماه‌ها و خصوصاً در انتهای فصل آن سال (زمان گلدهی و پر شدن دانه) بسیار کم وجود داشت. همچنین درصد پایین‌تر رطوبت‌ها در سال اول نسبت به سال دوم با وجود میزان بارندگی بیشتر آن (۸۴۳ میلی‌متر سال اول نسبت به ۵۶۵ میلی‌متر سال دوم) را می‌توان بیشتر به لخت و بدون پوشش اولیه زمین بعلت آیش بودن دو ساله آن قبل از اجرای طرح و از دست رفتن کامل رطوبت زمین (و بقولی تشنه بودن زمین) تا عمق زیاد نسبت داد البته چگونگی توزیع باران و نیز زمان نمونه‌برداری نیز می‌تواند در این مساله تأثیر داشته باشد.

اگر چه همانطور که در بررسی منابع آورده شده، تحقیقات مشابه (Heidarpour, 2004 and Rahimzadeh, 2004) دال بر معنی‌دار شدن اختلاف درصد رطوبت‌های روش‌های خاک‌ورزی در سال‌ها و مراحل معدودی است اما عدم معنی‌دار شدن اختلاف درصد رطوبت روش‌های خاک‌ورزی و در یک سطح قرار گرفتن آنها در همه سال‌ها و مراحل اندازه‌گیری در این تحقیق، احتمالاً بیشتر مربوط به شرایط سنگلاخی زمین این طرح باشد. عبارتی وجود ریگ و قلوه‌سنگ که همانطور که گفته شد تا ۳۵ درصد حجم خاک بوده علاوه بر تأثیر در ساختمان خاک و شکل و چگونگی قرارگیری خلل و فرج آن می‌تواند در عملکرد ادوات خاک‌ورزی و ماهیت کارکرد و فرم‌دهی خاک توسط آنها تأثیر داشته و کارکرد اصلی آنها را با محدودیت روبرو کند. البته اختلاف زیاد بارندگی‌ها در سه سال آزمایش می‌تواند نتایج مربوط به شاخص‌های مختلف اندازه‌گیری خصوصاً درصد رطوبت را تحت شعاع قرار داده که به نظر می‌رسد با توجه به اینکه سال در این طرح بعنوان یکی از منابع تغییر در جداول تجزیه واریانس می‌باشد؛ لذا تأثیر تفاوت بارندگی‌ها را می‌توان تا حدود زیادی از این طریق (با محاسبه جداگانه میانگین مربعات سال و جدا نمودن آن از میانگین مربعات دیگر) به حداقل رسانده و خطا را کاهش داد.

تغییرات درصد مواد آلی

تجزیه واریانس مربوط به درصد مواد آلی بعد از سه سال اجرای طرح، دال بر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین روش‌های خاک‌ورزی است (جدول ۴). البته بطور نسبی بی‌خاک‌ورزی با اختلاف کمی، در اکثر عمق‌ها، درصد مواد آلی بیشتری داشت (شکل ۲).

موقعیت منطقه و شرایط آب و هوایی

زمین آزمایش در ۱۲ کیلومتری شمالی شهرستان باغملک استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و نیز عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا ۷۱۰ متر است. شیب زمین طرح ملایم می‌باشد. آمار هواشناسی بیست‌ساله شهرستان باغملک نشان می‌دهد که میزان بارندگی متوسط سالیانه حدود ۵۵۵ میلی‌متر، تاخیر ۲۰۰۵ میلی‌متر، رطوبت نسبی ۵۰/۳ درصد، متوسط دما ۲۰/۹ درجه، متوسط حداقل دما ماهیانه ۱۳/۱ و متوسط حداکثر ماهیانه ۲۸/۵ درجه که حداکثر دمای مطلق ۴۹ درجه و دما گاهی به زیر صفر می‌رود (جدول ۱). در سال اول اجرای طرح (۸۵-۸۴) میزان بارندگی ۸۴۳ میلی‌متر و بالاتر از میانگین بیست ساله می‌باشد. در سال دوم اجرای طرح (۸۶-۸۵) میزان بارندگی ۵۶۵/۹ میلی‌متر بوده و توزیع آن نسبتاً یکسان است. در سال سوم اجرای طرح (۸۷-۸۶) مجموع میزان بارندگی ۲۴۵ میلی‌متر بوده و سال بسیار کم‌باران و خشکی بود، بطوریکه در اردیبهشت‌ماه (ماه پر شدن دانه) بارندگی صفر است (شکل ۱). یادآور می‌شود که در کشت گندم دیم در مناطق گرمسیری میزان بارندگی در پاییز (مرحله سبز شدن محصول) و خصوصاً در بهار (مرحله گلدهی و پر شدن دانه) بسیار مهم بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان عملکرد دارد.

بافت و خصوصیات خاک

بافت خاک طرح، لومی با ۳۶ درصد شن، ۴۴ درصد سیلت و ۲۰ درصد رس می‌باشد. زمین دارای ریگ و قلوه‌سنگ قابل توجه و متغیر در سطح مزرعه می‌باشد. قلوه‌سنگ‌های به قطر ۵ الی ۱۵ سانتیمتری قبل از انجام عملیات، به میزان ۴۰ الی ۶۰ عدد در هر ۱۶ مترمربع هر کرت روی سطح مشاهده می‌شدند. اما ریگ‌ها و قلوه‌سنگ‌های زیر ۵ سانتیمتری بسیار زیاد و بستگی به هر کرت از ۲۰ تا ۳۵ درصد حجم خاک (از سطح تا عمق ۲۵ سانتیمتری) را شامل می‌شدند.

نتایج و بحث

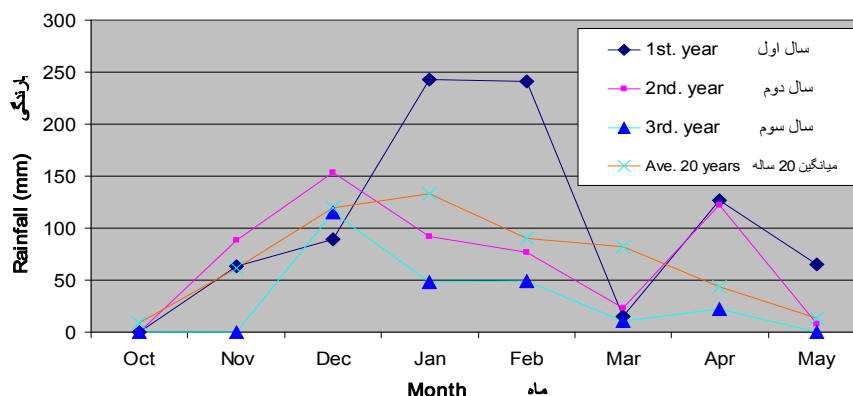
تغییرات رطوبت

نتایج تجزیه واریانس مرکب سه ساله درصد رطوبت‌ها در مراحل مختلف ساقه‌دهی، گل‌دهی و پر شدن دانه نشان داد که این شاخص صرفاً در اثر سال بسیار معنی‌دار بوده و در روش‌های مختلف خاک‌ورزی و نیز اثر متقابل روش خاک‌ورزی و سال معنی‌دار نیست (جدول ۲).

مقایسه میانگین درصد رطوبت‌ها نشان می‌دهد که سال سوم نسبت به سال اول و دوم در همه مراحل کمترین درصد رطوبت را داشت و سال دوم نیز بطور نسبی دارای درصد رطوبت بیشتری در اکثر عمق‌ها و مراحل بود (جدول ۳). تحلیل اختلاف درصد رطوبت‌ها

جدول ۱. آمار هواشناسی ۲۰ ساله شهرستان باغملک استان خوزستان (۱۳۷۶ - ۱۳۵۶)
 Table 1- Meteorological data of 20 years in Baghmalek city of Khouzeestan province (1977-1997)

متوسط دمای حداکثر Mean of max. temp. (°C)	متوسط دمای حداقل Mean of min. temp. (°C)	تبخیر Evaporation (mm)	رطوبت نسبی RH (%)	تعداد روز زیر صفر No. days below 0° (°C)	متوسط دما Mean temp. (°C)	حداکثر دمای مطلق Abs. max. temp. (°C)	حداقل دمای مطلق Abs. min. temp. (°C)	بارندگی Rainfall (mm)	ماه Month
32.1	13.3	176.1	44.7	-	22.7	40.5	3.2	9.3	مهر Oct.
24.5	9.2	102.7	52.6	-	16.8	33.5	-9.5	61.8	آبان Nov.
17.7	5.7	64.8	64.3	0.28	11.7	29.5	-5	120.5	آذر Dec.
15.6	4	54.3	61.1	1	9.8	28.5	-4	132.9	دی Jan.
16.9	5.1	65.7	59.4	0.43	11	29.8	-3.5	90.3	بهمن Feb.
20.5	7.9	81.9	56.8	0.35	14.2	34	-2.5	81.8	اسفند Mar.
25.1	11.5	127.4	54.8	-	18.3	42.5	1	44.2	فروردین Apr.
31.8	16.1	187.9	48.8	-	24	45.5	5	13.2	اردیبهشت May
38.7	20.5	281.9	41.2	-	29.5	47.5	9	0.5	خرداد Jun.
41.3	23.8	320.7	40.3	-	32.6	49	11.5	0.1	تیر Jul.
40.4	22.7	294.5	37	-	31.5	48	8.5	0.4	مرداد Aug.
37.5	18.2	248.4	41.8	-	27.9	44	9.2	0.4	شهریور Sep.
28.5	13.1	2005.8	50.3	2.06	20.9	49	-9.5	555.4	سال Year



شکل ۱- توزیع بارندگی‌ها در سه سال اجرای طرح و دوره بلندمدت بیست ساله

Fig. 1- Distribution of rainfall in the three years of project performing and long-term twenty-year period

وجود بارندگی بیشتر آن نسبت به سال دوم، عملکرد دانه و اکثر صفات زراعی دیگر آن از سال دوم کمتر بود که این مسأله همانطور که در تحلیل رطوبت گفته شد می‌تواند بیشتر به لخت و بدون پوشش اولیه زمین بعلت آیش بودن دو ساله آن قبل از اجرای طرح و از دست رفتن کامل رطوبت زمین (و بقولی تشنه بودن زمین) تا عمق زیاد نسبت داد. از طرفی دیگر نبود بقایا از سال‌های قبل (در سال اول اجرای تحقیق) نگهداری رطوبت را هم با محدودیت مواجه کرده است و البته همانطور که در بررسی منابع ذکر شد تأثیر وجود بقایا در میزان جذب و نگهداری رطوبت اثبات شده می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها در روش‌های خاک‌ورزی (جدول ۶) برتری استفاده از گاواهن برگردان‌دار را در اکثر صفات زراعی نشان می‌دهد. از نظر عملکرد دانه گاواهن برگردان‌دار با ۱۷۸۷ کیلوگرم در هکتار بالاترین و پنجه‌غازی با ۱۰۸۰ کیلوگرم در هکتار کمترین بود. همچنین گاواهن برگردان‌دار با ۴۷۳۴ و پنجه‌غازی با ۲۹۶۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد بیولوژیک را داشتند. در ارتفاع بوته، طول خوشه، خوشه در واحد سطح، دانه در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت به ترتیب پنجه‌غازی با ۶۴/۷ سانتیمتر، گاواهن برگردان‌دار و بدون برگردان بطور مشترک با ۴/۹ سانتیمتر، گاواهن برگردان‌دار با ۱۷۱ خوشه در مترمربع، گاواهن بدون برگردان با ۲۵/۷ دانه در خوشه، گاواهن برگردان‌دار با ۳۶/۸ گرم و باز گاواهن برگردان‌دار با ۳۷ درصد، بیشترین مقادیر را داشته و کمترین مقادیر در این صفات به ترتیب اختصاص به بی‌خاک‌ورزی با ۵۶/۲ سانتیمتر، بی‌خاک‌ورزی با ۴/۳ سانتیمتر، پنجه‌غازی با ۱۴۳ خوشه در متر مربع، پنجه‌غازی با ۱۹/۷ دانه در خوشه، بی‌خاک‌ورزی با ۳۳/۸ گرم و گاواهن قلمی با ۳۲ درصد بوده است (جدول ۶).

تحلیل بالاتر بودن عملکرد دانه و نیز مقادیر بالای صفات زراعی دیگر در استفاده از گاواهن برگردان‌دار را می‌توان بیشتر در مزایای بکارگیری این دستگاه در بالا آوردن خاک زیرین و به عمق فرستادن ریگ و قلوه‌سنگ‌های سطحی در شرایط زمین طرح ذکر نمود.

بهرحال به نظر می‌رسد که عامل اصلی عدم وجود اختلاف معنی‌دار درصد مواد آلی بین تیمارهای خاک‌ورزی، بعد از سه سال اجرای طرح، وجود قابل توجه ریگ و قلوه‌سنگ می‌باشد. وجود ریگ و قلوه‌سنگ علاوه بر پخش متغیر و غیریکنواخت آن و تأثیر در خطا در نتایج، عملیات خاک‌ورزی و ماهیت کارکرد دستگاه‌های آن را نیز دچار مشکل می‌نماید. از طرف دیگر وجود ریگ و قلوه‌سنگ، خود، خلل و فرج‌های خاصی در خاک ایجاد می‌نماید که در مقابل روش خاک‌ورزی و تأثیر آن در اکسیداسیون بقایا قابل توجه بوده و لذا در بالاتر رفتن درصد مواد آلی محدودیت ایجاد می‌نماید.

صفات زراعی

نتایج تجزیه واریانس مرکب سه ساله مربوط به صفات زراعی نشان داد که عملکرد دانه و تمام صفات زراعی مورد اندازه‌گیری بجز ارتفاع بوته در اثر سال بسیار معنی‌دار است (جدول ۵). همچنین روش‌های خاک‌ورزی در عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و طول خوشه دارای اختلاف بسیار معنی‌دار و نیز در خوشه در واحد سطح، دانه در خوشه و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری داشتند اما در ارتفاع بوته و شاخص برداشت اختلاف روش‌های خاک‌ورزی معنی‌دار نبود (جدول ۵). علاوه بر این، نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل روش خاک‌ورزی و سال در هیچ یک از صفات زراعی معنی‌دار نیست (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که سال سوم در همه صفات زراعی کمترین مقادیر و سال دوم (بجز در وزن هزار دانه و شاخص برداشت) بیشترین مقادیر را داشت. بطوریکه عملکرد دانه، در سال سوم ۳۹۵، سال دوم ۲۴۱۱ و سال اول ۱۳۶۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۶).

با توجه به بارندگی‌های بسیار کم سال سوم و نیز درصد رطوبت‌های پایین در آن سال انتظار عملکرد دانه و سایر صفات زراعی در حد کمترین آن نسبت به دو سال دیگر بسیار منطقی است. اما سال اول با

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب درصد رطوبت خاک در مراحل ساقه‌دهی، گلدهی و پر شدن دانه
 Table 2- Complex variance analyses of soil moisture percentage in stem stage, flowering and grain filling

عمق (cm):													
مرحله پر شدن دانه Grain filling stage			مرحله گلدهی Flowering stage			مرحله ساقه‌دهی Stem stage			درجه آزادی (d.f)			منابع تغییر (S.O.V)	
30-40	20-30	10-20	0-10	30-40	20-30	10-20	0-10	30-40	20-30	10-20	0-10	2	Year(A)
572**	518**	521**	299**	565**	512**	614**	495**	241**	129**	242**	292**	2	سال
5.6	2.6	5.5	7.7	7.8	4.1	6.1	2.4	2.4	2.3	7.7	5.5	9	تکرار در سال
5.2	3.1	1.5	1.3	2.1	2.1	2.5	4.8	4.2	2.6	4.6	2.7	4	روش خاک‌پوزی
3.2	1.5	1.8	0.6	4.5	2.2	2.3	0.9	7.9	4.1	2.9	5.1	8	روش خاک‌پوزی در سال
3.6	1.8	1.7	1.4	2.7	1.3	2.4	1.9	6.7	4.9	7.2	6.2	36	خطای اصلی
14.3	10.8	11.5	14.2	10.7	8.1	11.4	12.3	12.6	10.8	13.7	13.5		ضرب تغییرات

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و ** : به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین سه ساله درصد رطوبت خاک در مراحل ساقه‌دهی، گلدهی و پر شدن دانه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵ درصد
 Table 3- Comparison of three-year average soil moisture percentage in stem stage, flowering and grain filling at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

عمق: Depth (cm):												
عامل Factor												
	30-40	20-30	10-20	0-10	30-40	20-30	10-20	0-10	30-40	20-30	10-20	0-10
سال: Year:	رطوبت در مرحله پر شدن دانه Soil moisture in grain filling stage (%)				رطوبت در مرحله گلدهی Soil moisture in flowering stage (%)				رطوبت در مرحله ساقه‌دهی Soil moisture in stem stage (%)			
سال اول 1st. year	13.1 b	12.1 b	11 b	7.8 b	14.6 b	13.4 b	12.2 b	8.9 b	22.3 a	22.2 a	21.8 a	20.8 a
سال دوم 2nd. year	18.8 a	17.5 a	16.6 a	12.8 a	21.1 a	19.9 a	19.7 a	17.2 a	22.7 a	21.9 a	21.7 a	20.8 a
سال سوم 3rd. year	8.1 c	7.3 c	6.4 c	5.2 b	10.6 c	10 c	8.9 b	8.3 b	16.5 b	17.5 b	15.7 b	14.2 b
روش خاک‌ورزی: Till. method:	رطوبت در مرحله پر شدن دانه Soil moisture in grain filling stage (%)				رطوبت در مرحله گلدهی Soil moisture in flowering stage (%)				رطوبت در مرحله ساقه‌دهی Soil moisture in stem stage (%)			
گ. قلمی Chisel plow	13 a	11.6 a	11.3 a	8.4 a	14.9 a	13.9 a	13.5 a	10.4 a	19.8 a	20.5 a	20.6 a	18.8 a
گ. بدون برگردان Semi plow	14.4 a	13 a	11.9 a	8.6 a	15.7 a	14.6 a	13.3 a	11.9 a	21.3 a	21.4 a	20 a	18.6 a
بی‌خاک‌ورزی No-till-drill	12.7 a	12.2 a	11 a	8.7 a	16 a	14.3 a	13.1 a	11.4 a	20.4 a	20.4 a	18.9 a	17.9 a
پنجه‌گازی Sweep plow	13.1 a	12.2 a	11.1 a	8.1 a	15.4 a	14.4 a	13.6 a	11.7 a	20 a	20.3 a	19.5 a	19.1 a
گ. برگردان‌دار Mold board plow	13.5 a	12.5 a	11.4 a	9 a	15.2 a	15 a	14.3 a	11.8 a	20.9 a	20.6 a	19.5 a	18.4 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد احتمال تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۴- تجزیه واریانس درصد مواد آلی خاک در خاتمه اجرای طرح

Table 4 - Variance analyses of soil organic matter percentage in the end of the project

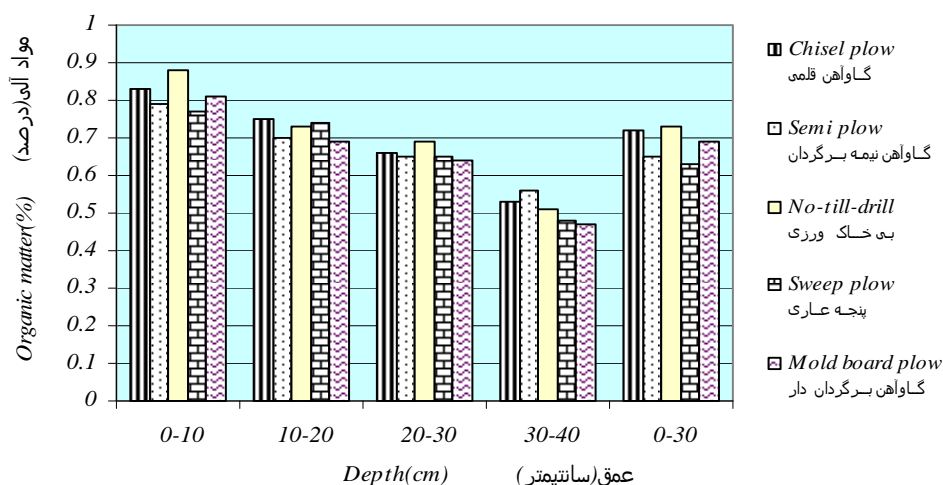
عمق: Depth(cm):					درجه آزادی (df)	منابع تغییر (S.O.V)	
0-30	30-40	20-30	10-20	0-10			
(MS) میانگین مربعات							
0.062 ^{n.s}	0.03 ^{n.s}	0.08 ^{n.s}	0.075 ^{n.s}	0.096 ^{n.s}	1	Rep.	تکرار
0.007 ^{n.s}	0.004 ^{n.s}	0.002 ^{n.s}	0.003 ^{n.s}	0.008 ^{n.s}	4	Treatment	تیمار
0.008	0.01	0.006	0.007	0.01	4	Error	خطا
13.4	19.2	17.5	15.9	16.3	-	C.V(%)	ضریب تغییرات

n.s : Non-significant

n.s : غیر معنی‌دار

شکل ۲- میانگین درصد مواد آلی خاک در خاتمه اجرای طرح

Fig.2 - Mean percentage of soil organic matter in the end of the project



جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی که با میانگین مربعات نشان داده شده است

Table 5 -Complex variance analyses of agronomic traits which has been shown by Mean Square (MS)

شاخص برداشت	وزن هزار دانه 1000. seed. Wt.	دانه در خوشه Grains per Spike	مربع Spikes per sq.	طول خوشه Spike length	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد بیولوژیک Bio. yield	عملکرد دانه Grain yield	درجه آزادی (df)	منابع تغییر (S.O.V)	
0.09**	914**	1831**	55320**	39**	142	124368098**	20339512**	2	Year (A)	سال
0.005	15	13	633	0.17	73	1392510	270627	9	Rep. × A	تکرار در سال
0.004	18*	78*	1525*	1.1**	118	6170618**	976113**	4	Till. method(B)	روش خاک‌ورزی
0.004	6.4	33	661	0.26	21	1706413	442834	8	A × B	خاک‌ورزی در سال
0.006	7.3	27	603	0.24	65	943367	212404	36	Ea	خطای اصلی
18.3	7.7	19.1	16.2	10.5	13.3	19.2	17.1		C.V(%)	ضریب تغییرات

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات زراعی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵ درصد

Table 6 – Mean comparison of agronomic traits at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

شاخص برداشت HI (%)	وزن هزار دانه 1000. seed. Wt.(g)	دانه در خوشه Grains per Spike (grain. no. sp. no)	خوشه در متر مربع Spikes per sq. meter (sp.no.m ²)	طول خوشه Spike length(cm)	ارتفاع بوته Plant height(cm)	عملکرد بیولوژیک Bio. yield(kg. ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield(kg. ha ⁻¹)	عامل Factor
								Year:
39 a	41.7 a	21.4 b	155 b	4.9 b	61.3 a	3605 b	1361 b	سال اول 1st. year
37 a	34.6 b	32.7 a	203 a	5.9 a	63.1 a	6445 a	2411 a	سال دوم 2nd. year
26 b	28.2 c	13.7 c	98 c	3.1 c	57.8 a	1475 c	395 c	سال سوم 3rd. year
								Till. method:
32 a	35.2 a	22.4 a	145 a	4.6 ab	59.5 a	3629 abc	1333 ab	گ. قلمی Chisel plow
33 a	34 a	25.7 a	152 a	4.9 a	61.1 a	4405 ab	1558 ab	گ. بدون برگردان Semi plow
33 a	33.8 a	20.6 a	147 a	4.3 b	56.2 a	3470 bc	1190 b	بی‌خاک‌ورزی No-till-drill
35 a	34.4 a	19.7 a	143 a	4.4 ab	64.7 a	2969 c	1080 b	پنجه‌غازی Sweep plow
37 a	36.8 a	24.6 a	171 a	4.9 a	62 a	4734 a	1787 a	گ. برگردان‌دار Mold board plow

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد احتمال تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

یک شکل می‌باشد که این مسأله بر قوت تحلیل برتری گاوآهن برگردان‌دار در زمین‌های دیم سنگلاخی با توجه به زیر خاک بردن ریگ و قلوه‌سنگ‌های سطحی و آوردن خاک زیرین به سطح برای ایجاد بستر مناسب برای رشد بذور تأکید می‌نماید. یادآور می‌گردد در شرایط زمین‌های دارای ریگ و قلوه سنگ، در طول فصل زراعی و بعثت بارندگی‌ها، خاک اطراف ریگ‌ها و قلوه‌سنگ‌ها اکثراً نشست کرده و مقداری نیز دچار فرسایش آبی و بادی می‌شود و در نتیجه قلوه‌سنگ‌ها و ریگ‌ها روی سطح می‌مانند که برای ایجاد بستر مناسب برای کشت در فصل بعد، گاوآهن برگردان‌دار می‌تواند بهترین وسیله باشد که این قلوه سنگ‌ها و ریگ‌های سطحی را به زیر فرستاده و خاک عمقی را به سطح بیاورد. بدیهی است که تحقیق انجام شده در گچساران که آن هم در منطقه گرمسیری ایران قرار دارد (Heidarpour, 2004) نتایج مشابهی از نظر اختلاف عملکرد دانه با این تحقیق نداشته و این بیشتر به دلیل غیرسنگلاخی و نبود ریگ و قلوه‌سنگ در شرایط آن تحقیق تحلیل می‌شود. البته تحقیق دیگر صورت گرفته در گچساران (Rahimzadeh, 2004) دال بر داشتن اختلاف معنی‌دار بین روش‌های خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه و بالاتر بودن گاوآهن برگردان‌دار در این شاخص می‌باشد، نتیجه‌ای که اگر چه مشابه نتایج این تحقیق است ولی بیشتر به مزایا و عملکرد خاص گاوآهن برگردان‌دار در کنترل علف‌های هرز و نیز عمق زیاد کار این دستگاه نسبت داده شده است.

بعبارت دیگر می‌توان گفت که سایر ادوات (روش‌ها) بعثت عدم توانایی آنها در به زیر خاک بردن قلوه‌سنگ‌های سطحی و به رو آوردن خاک زیرین در زمین دارای ریگ و قلوه‌سنگ طرح، عملکرد و صفات دیگر زراعی آنها دچار کاهش گردیده است. همچنین در بی‌خاک‌ورزی علاوه بر این، مشکل علف‌هرز و خصوصاً عدم جایگذاری صحیح بذور با توجه به شرایط ریگ و قلوه‌سنگ زمین نیز مطرح است. در واقع براساس نتایج این تحقیق هر وسیله‌ای که بیشتر خاک را برگرداند و ریگ و قلوه‌سنگ بالا آمده در سطح در اثر بارندگی‌های فصل قیل را زیر خاک ببرد و نسبت خاک به ریگ و قلوه‌سنگ، در سطح که بستر عملیات کشت و جایگذاری بذور است، را بیشتر نماید، عملکرد محصول بیشتری دارد. لذا گاوآهن برگردان‌دار در هر سه سال آزمایش که از نظر میزان و نحوه توزیع بارندگی متفاوت بودند و یک سال آن (سال سوم) نیز بسیار کم باران بود بیشترین عملکرد دانه را داشت. همچنین متوسط عملکرد سه ساله گندم دیم به ترتیب ۱۳۳۳، ۱۵۵۸، ۱۱۹۰، ۱۰۸۰ و ۱۷۸۷ کیلوگرم در هکتار برای گاوآهن قلمی، گاوآهن بدون صفحه برگردان‌دار، بی‌خاک‌ورزی، پنجه‌غازی و گاوآهن برگردان‌دار بوده که با میزان برگردان شدن خاک توسط آنها تناسب دارد. البته همانطور که ذکر شد اثر متقابل روش خاک‌ورزی و سال در عملکرد دانه و سایر صفات زراعی دیگر معنی‌دار نبوده است. به عبارتی در تمام شرایط آب و هوایی و میزان مختلف بارندگی‌ها نتایج مربوط به روش‌های خاک‌ورزی تا حدودی به

مختلف میزان بارندگی‌ها قابل اعتماد بوده و قابل توصیه است.

۲- در شرایط خاص همچون نبود فرصت زمانی جهت استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و یا چسبیدن گل به صفحه‌های آن، گاوآهن بدون (صفحه) برگردان می‌تواند برای مناطق دیم گرمسیری و با مشکل وجود ریگ و قلوه‌سنگ، استفاده شود.

۳- استفاده از روش بی‌خاک‌ورزی همراه با کاهش عملکرد می‌باشد که انتظار می‌رود بکارگیری روش‌های شدیدتری برای کنترل علف‌های هرز و خصوصاً استفاده از دستگاه‌های بی‌خاک‌ورزی که بذور را با وجود ریگ و یا قلوه‌سنگ، در اعماق مناسب بخوبی زیر خاک جایگذاری نمایند این کاهش عملکرد را بهبود بخشد.

البته این تحلیل که روش‌های خاک‌ورزی و برای مثال گاوآهن برگردان‌دار می‌توانند رطوبت بیشتری از فصل کنونی (مثلاً فصل آیش یا کاشت) را برای فصل بعدی نگهداری کنند در شرایط مناطق گرمسیر (خوزستان) کاملاً مردود می‌باشد. زیرا نتایج آزمایشات و اندازه‌گیری رطوبت‌ها مؤید این مسأله است که بعلت گرما و تبخیر شدید در اواخر تابستان رطوبت خاک به حد پایین غیرقابل جذب خود برای گیاه می‌رسد.

نتیجه‌گیری کلی

۱- گاوآهن برگردان‌دار برای خاک‌ورزی در مناطق دیم گرمسیری و با مشکل وجود ریگ و قلوه‌سنگ، در تمام حالت‌های

منابع

- 1- Anonymous. 2007. *Analytical report of wheat farms of Ardabil province*. Available from: <http://iranwheat.ir/tahlili/gozaresh-87>. Accessed 11 may 2011.
- 2- Arshad, M.A., A.J. Farnzluhbbers, and K.S. Gill. 1999. *Improving barley yield on an acidic Boralf with crop rotation and zero tillage*. *Soil and Tillage Research* 50(1):47-53.
- 3- Asghari Meydani, J. 1999. *Comparison effects of different tillage on soil moisture and wheat yield in dry land area*. *Dry land Agricultural Research Institute*. 177. (In Farsi).
- 4- Asghari Meydani, J. 2001. *Study effects of no-tillage and minimum-tillage in dry land area*. *Dry land Agricultural Research Institute* .237. (In Farsi).
- 5- El-Mejahed, K., and D.H. Sander. 1998. *Rotation, tillage and fertilizer effects on Wheat-based rain fed crop rotation in semiarid Morocco*. *Proceeding of third European conference of grain legumes*. In: *Opportunities for high quality, healthy and added-value crops to meet European demands*. Valladolid, Spain.
- 6- Fawcett, R.G. 1978. *Effect of cultivation. Stubble retention and environment on the accumulation of fallow water*. PP 403-410 in W.W. Emerson, R.D. Bond and A.R. Dexter eds. *Modification of soil structure*. John wiley and Sons.
- 7- Heidarpour, N. 2004. *Study on effects of different tillage method on soil properties and dry land wheat yield in wheat -fallow rotation*. *Dry land Agricultural Research Institute* .1175. (In Farsi).
- 8- Hemmat, A., and I. Eskandari. 2004. *Tillage system effects upon productivity of a dry land winter wheat-chickpea rotation in the northwest region of Iran*. *Soil and Tillage Research* 78(1).
- 9- Hemmat, A., and I. Eskandari. 2006. *Dry land winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran*. *Soil and Tillage Research* 86(1).
- 10- Hernanz, J.L., V. S. Giron, and C. Cerisola. 1995. *Long-term energy use and Economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain*. *Soil and Tillage Research*, 35(4):183-198.
- 11- Hillel, D. 1982. *Introduction to soil physics*. Academic press, New York.
- 12- Keshavarz, A., J. Kamaeei, A. Dehghani, M. Hamidnezhad, B. Sadri, A. Heydari., and M. Mohsenin. 2003. *Increase yield and product wheat in Iran*. Agriculture ministry. (In Farsi).
- 13- Khodabande, N. 1993. *Cereal*. Tehran University, Tehran. (In Farsi).
- 14- Larson, W.E., J.B. Swan, and M.J. Shaffer. 1983. *Soil management for semiarid regions*. In: J.F. Stone and W.O. Willis eds. *Plant production and management under drought conditions*. Elsevier Science.
- 15- Rahimzadeh, R. 2004. *Study on the effects of different tillage methods on physical properties of soil and wheat yield in rapeseed - wheat rotation in warm dry land area*. *Dry land Agricultural Research Institute* .126. (In Farsi).
- 16- Swan, R.J., N.S. Eash, and J.L. Jordahl. 1994. *Long - term tillage effects on Soil quality*. *Soil and*

Tillage Research 32: 313-324.

17- Unger, P.W., and T.M. Mc Calla. 1980. Conservation tillage systems. *Advances in Agronomy 33: 1-58.*

18- Unger, P.W. 1978. Straw mulch rate effects on soil water storage and sorghum Yield. *Soil Science Society of American Journal 42: 486-491.*

یادداشت تحقیقاتی

بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم دیم توسط تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) (مطالعه موردی: دشت سیلاخور)

یحیی عجب شیرچی اسکویی^{۱*} - مرتضی تاکی^۲ - رضا عبدی^۳ - احمد قبادی فر^۴ - ایرج رنجبر^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۴

چکیده

در این تحقیق کارایی انرژی محصول گندم دیم در سه سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار، ۲/۱ تا ۵ هکتار و ۵ هکتار به بالا در سال زراعی ۸۸-۸۷ برای دشت سیلاخور واقع در شهرستان‌های بروجرد و دورود استان لرستان، توسط رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) بررسی شده است. نتایج نشان داد که انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی در گندم دیم در هر سه سطح به ترتیب با ۶۳/۶۳، ۵۶ و ۵۴/۰۷ درصد بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌های انرژی حاکی از این بود که میانگین کارایی انرژی در سطوح سه گانه زیر کشت به ترتیب ۸۲، ۷۸ و ۶۸ درصد است که از این میان سطح اول با وجود مصرف انرژی بیشتر در نهاده‌ها به علت بالاتر بودن ستانده در این سطح نسبت به دو سطح دیگر کارا تر است. میانگین کارایی فنی واحدهای ناکار بر اساس مدل بازگشت به مقیاس ثابت در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار ۷۹/۷ درصد، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار ۷۵/۳ درصد و در سطح ۵ هکتار به بالا ۶۸ درصد می‌باشد. به این معنا که به ترتیب ۲۰/۳، ۲۴/۷ و ۳۲ درصد از همه منابع می‌تواند بوسیله بالا بردن کارایی این واحدها ذخیره شود. بیشترین مصرف نادرست انرژی و همچنین بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای در هر سه سطح مربوط به نهاده کود، بذر و سموم شیمیایی و سپس سوخت مصرفی است.

واژه‌های کلیدی: گندم دیم، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، کارایی انرژی، سطوح مختلف زیر کشت

مقدمه

آبی است. متوسط تولید آن در ایران بیش از ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Anonymous, 2009).

با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند سیستم کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (Nasirian et al, 2006). آنالیز انرژی جهت مدیریت صحیح منابع کمیاب به منظور بهبود تولید کشاورزی ضروری بوده و از این طریق فعالیت‌های تولیدی کارآمد و اقتصادی، مشخص می‌شود. دیگر مزایای آنالیز انرژی، تعیین انرژی مصرف شده در هر مرحله از فرآیند تولید و در واقع تعیین مراحل که کمترین مصرف انرژی نهاده را نیاز دارند، فراهم آوردن مبنای اساسی جهت محافظت از منابع و همچنین مساعدت در زمینه مدیریت پایدار و سیاست‌گذاری‌های مربوطه می‌-

تولید مواد غذایی به ویژه گندم رابطه بسیار نزدیکی با قدرت سیاسی و اقتصادی کشورهای جهان دارد. افزایش سریع و روزافزون جمعیت و عدم بهره‌گیری از روش‌های بهینه تولید در کشورهای در حال توسعه، وابستگی این کشورها را بیشتر نموده است. سطح زیر کشت گندم در دنیا بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار بوده و تولید کل آن در جهان بیش از ۵۰۰ میلیون تن گزارش شده است. متوسط عملکرد آن در جهان در هر هکتار بیشتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم است. متوسط مصرف سرانه گندم در جهان ۱۳۰ کیلوگرم و در ایران ۲۲۰ کیلوگرم می‌باشد. سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۶/۵ میلیون هکتار بوده که ۴/۲ میلیون هکتار آن کشت دیم و ۲/۳ میلیون هکتار آن مربوط به کشت

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز

*- نویسنده مسئول: Email:

yajabshir@tabrizu.ac.ir

۵- دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان

داده است. هدف از این تحقیق تحلیل داده‌هایی است که از مزارع گندم دیم این دشت استخراج شده‌اند. این تحقیق روشی را برای تفکیک واحدهای کارا از ناکاراه، روش استفاده درست از منابع انرژی، تعیین استفاده بی‌رویه از نهاده‌های انرژی در واحدهای ناکاراه و پیشنهاد مقدار ضروری نهاده‌های مختلف که باید به‌وسیله واحدهای ناکاراه از منابع انرژی استفاده شود، می‌باشد. این تحقیق می‌تواند تفاوت‌های بین واحدهای مختلف را در منطقه نشان دهد و استفاده زیاد از انرژی را در واحدهای با کارایی کمتر بیان کند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، دشت سیلاخور که مابین شهرستان‌های بروجرد و دورود در استان لرستان واقع شده، را مورد بررسی قرار داده است. جامعه آماری مورد مطالعه را کشاورزان گندمکار دیم دشت سیلاخور تشکیل می‌دهند. داده‌ها در قالب طرح طبقه‌بندی شده (نوعی طرح کاملاً تصادفی) جمع‌آوری شدند. به طوری که واحدهای آزمایشی به سه دسته: الف) ۰/۱ تا ۲ هکتار ب) ۲/۱ تا ۵ هکتار و ج) ۵ هکتار به بالا تقسیم شده و در هر بازه نمونه‌گیری به صورت تصادفی به عمل آمد. بدیهی است که چون بازه‌ها مقدار مساوی نداشتند، نمونه‌ها نیز در هر بازه به تناسب تعداد کشاورزان مربوطه انتخاب شدند. به منظور برآورد حجم نمونه از فرمول کوکران (Cochran, 1977) که به صورت ذیل بیان می‌شود، استفاده شد.

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

n = حجم نمونه

N = اندازه جامعه آماری

t = ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع

صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می‌آید

S^2 = برآورد واریانس صفت مورد مطالعه

d = دقت احتمالی مطلوب

در پارامترهای بالا به‌خاطر اینکه واریانس صفت مورد مطالعه در ابتدا مشخص نیست، یک بررسی آزمایشی در مقیاس کوچک برای پی بردن به نواقص احتمالی و برآورد تقریبی صفت مورد مطالعه انجام شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های نمونه‌گیری مقدماتی و به دست آوردن تقریبی آماره‌های فوق در صفت مورد مطالعه در جامعه مورد نظر با داشتن مقدار پارامترهای فوق و قرار دادن آن‌ها در فرمول کوکران حجم نمونه‌گیری اصلی بدست آمد. بدین ترتیب حجم نمونه برای گندمکاران دشت سیلاخور ۱۱۴ کشاورز به دست آمد که به منظور افزایش دقت به ۱۲۰ کشاورز افزایش یافت (سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار ۳۰ مزرعه، سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار ۵۰ مزرعه و سطح ۵ هکتار

باشد) (Chaudhary et al, 2006).

مصرف انرژی در مزرعه برای تولید محصولات کشاورزی شامل دو بخش مصرف مستقیم و غیرمستقیم انرژی می‌شود. نوع اول شامل انرژی سوخت مصرفی تراکتورها، موتورپمپ‌ها، خشک‌کن‌ها و دیگر ماشین‌ها و نیز انرژی الکتریکی مصرفی الکتروموتورها می‌باشد. مصرف غیر مستقیم انرژی در ساخت تجهیزات مزرعه، کود، آفت‌کش و نیز برای فرآیندسازی و تحویل مواد غذایی است (Alam et al, 2005).

برخی از محققین بر اساس داده‌هایی که از نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید ذرت علوفه‌ای در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ به‌دست آمد با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، عامل بهره‌وری کل را مورد ارزیابی و محاسبه قرار دادند و شاخص‌های مختلفی از جمله تغییر فناوری، استفاده ناصحیح از نهاده‌ها، نرخ رشد سود و غیره را بر بهره‌وری موثر دانستند (Zibaei et al, 2008).

طی پژوهشی به منظور تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی و همچنین تعیین میزان کارایی مزارع سویا در استان گلستان از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از این تکنیک می‌تواند باعث صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در میزان نهاده‌ها شود بدون اینکه محصول خروجی کاهش یابد (Mosavi et al 2011). در تحقیقی به بررسی میزان انرژی مصرفی در گلخانه‌های خیار شهر تهران پرداخته شد و میزان کارایی این گلخانه‌ها را با تحلیل پوششی داده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج کار نشان داد که کارایی فنی گلخانه‌هایی که ناکاراه محسوب می‌شوند حدود ۹۱٪ است یعنی با افزایش کارایی این گلخانه‌ها و الگوگیری آن‌ها از واحدهایی که کارایی ۱۰۰٪ دارند می‌توان ۹٪ از انرژی هدر رفته را صرفه‌جویی کرد (Omid et al, 2011).

به منظور افزایش تولید گندم و غلبه تنش ناشی از کم‌آبی برای آبیاری گندم، پژوهشی را با هدف ارائه راهکارهایی جهت افزایش کارایی تولید گیاه گندم انجام گرفت. در این پژوهش نهاده‌های آب، بذر و کود به عنوان ورودی و گندم تولیدی به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. محققین این پروژه، تحلیل پوششی داده‌ها را ابزاری مناسب برای تجزیه و تحلیل بهره‌وری و محک بازده واحدهای تولیدی عنوان کردند (Malana and Malano, 2006).

در تحقیقی به بررسی کارایی گلخانه‌های توت‌فرنگی در شهر تهران با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شد. نتایج نشان داد که با بکارگیری این تکنیک می‌توان حدود ۲۷ درصد در نهاده‌ها صرفه‌جویی کرد. نتایج بازگشت به مقیاس این گلخانه‌ها نشان داد که تنها تعداد اندکی از گلخانه‌ها با افزایش مقیاس قادر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها هستند (Banaeian et al, 2011).

این تحقیق دشت سیلاخور استان لرستان را مورد بررسی قرار

به بالا ۴۰ مزرعه).

انرژی‌های ورودی در تولید گندم شامل انرژی مصرفی در عملیات و انرژی مصرف شده در تولید ماشین‌های کشاورزی و کود، سم، بذر، نیروی انسانی، و غیره بودند. محاسبه انرژی مصرفی با استفاده از معادل انرژی مربوط به هر واحد از نهاده یا ستانده و ضرب آن در مقدار نهاده مصرف شده یا ستانده تولید شده، انجام گرفت البته در مطالعات، با توجه به شرایط حاکم، از ضرایب متفاوتی استفاده شده که در جدول ۱ به برخی از آن‌ها اشاره شده است. سهم هریک از نهاده‌های ورودی در میزان مصرف انرژی در سطوح مختلف برای کشت یک هکتار گندم در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. همچنین انرژی ستانده محصول گندم دیم برای سطوح مختلف کشت نیز در جدول شماره ۳ آورده شده است.

به منظور ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فنی واحدهای تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که به دو گروه روش‌های پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند. در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید مشخصی تخمین زده می‌شود. سپس با به کارگیری این تابع، نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌گردد. گروه دوم روش‌های غیر پارامتری هستند. مهمترین ویژگی روش‌های غیر پارامتری این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. از مهمترین روش‌های غیر پارامتری، تحلیل پوششی داده‌هاست (Charnes et al, 1984). تحلیل پوششی داده‌ها^۱ یا DEA نوعی مدل برنامه ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری^۲ یا DMU را اندازه گیری می‌کند. به عبارت دیگر DEA یک تکنیک برنامه ریزی کمی جهت اندازه گیری عملکرد نسبی واحدهای سازمانی می‌باشد که چون دارای نهاده و ستانده‌های مختلف هستند، در مقایسه و سنجش کارایی مشکل دارند. در روش DEA نیاز به هیچ گونه فرض یا شکل ریاضی خاص نمی‌باشد، یعنی نیازی به شناخت تابع تولید نیست. همچنین در اختیار داشتن قیمت عوامل تولید نیز ضرورت ندارد. کارایی به دست آمده در روش DEA، کارایی نسبی است و مرز کارایی را ترکیب همگرایی از واحدهای کارا ایجاد می‌کنند. در این مدل کارایی از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$(۲) \quad \text{کارایی} = \frac{\text{مجموع موزون ورودی‌ها}}{\text{مجموع موزون خروجی‌ها}}$$

هر واحد که روی مرز کارایی قرار داشته باشد، کارا و در غیر این صورت ناکاراست. جهت کارا شدن یک واحد ناکارا، باید تغییراتی در نهاده‌ها و ستانده‌های این واحد صورت گیرد. شایان ذکر است که پس از اجرای مدل‌های DEA، مجموعه‌ای تحت عنوان مجموعه مرجع شناسایی می‌گردد. در این مجموعه مشخص می‌شود که واحد ناکارا برای رسیدن به مرز کارایی، باید با کدامیک از واحدهای ناکارا مقایسه

شود.

DEA دارای چهار مدل اصلی است که عبارتند از: مدل بازگشت به مقیاس ثابت CRS^۳ (در برخی مواقع CCR نیز نامیده می‌شود)، مدل بازگشت به مقیاس متغیر VRS^۴ (BCC نیز نامیده می‌شود)، مدل بازگشت به مقیاس افزایشی IRS^۵ و مدل بازگشت به مقیاس کاهش DRS^۶. هر کدام از مدل‌های فوق دارای دو جهت مطالعاتی خروجی محور و ورودی محور هستند. منظور از ورودی محور این است که به چه میزان باید ورودی‌ها را با ثابت نگه‌داشتن میزان خروجی‌ها، کاهش داد تا واحد مورد نظر به مرز کارایی برسد. در اندازه‌گیری‌های خروجی محور سعی بر آن است که با ثابت نگه‌داشتن میزان ورودی به حداکثر مقدار خروجی، دست یافته و واحد به مرز کارایی برسد. مرجعی که برای مقایسه واحدهای غیر کارا استفاده می‌شود، واحدهای هم‌تا هستند. این واحدها روی مرز کارایی یا بهترین مرز عملکردی قرار می‌گیرند (Gheisari et al, 2007).

تحلیل پوششی، کارایی را در سه تعریف متفاوت ارائه می‌دهد که شامل کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس است. کارایی فنی اساساً به وسیله واحدهای ارزیابی شده برای عملکردشان که وابسته به دیگر واحدهاست، اندازه‌گیری می‌شود. کارایی فنی خالص، کارایی فنی است که متاثر از جابجایی کارایی مقیاس^۷ می‌باشد. کارایی مقیاس از تقسیم کارایی فنی بر کارایی فنی خالص حاصل می‌شود. تفاوت این سه کارایی در شکل ۱ توضیح داده شده است. خط MN سیستم پوششی داده‌ها را با بازگشت به مقیاس ثابت نشان می‌دهد. این خط از مبدأ تا نهایت نقاط داده شده، کشیده شده است. بنابراین کارایی مقیاس برای P_1 برابر واحد است، اگرچه برای دیگر واحدها کمتر از یک می‌باشد. واحد P_6 مقدار کم ورودی آن برابر AD و مقدار خروجی آن برابر AM است. نقاط B و C نقاطی هستند که خط AD با خط MN و خط پوششی داده‌ها برخورد کرده است. مقدار AB، ایده‌آل ورودی تفسیر می‌شود که برای تولید مقدار B از خروجی بر روی MN لازم است (چنانچه فرض بازگشت به مقیاس ثابت استوار باشد). اگر سیستم بازگشت به مقیاس کاهش که یک پدیده واقعی‌تر است بررسی شود، در این حالت مقدار ورودی AC قادر به تولید خروجی B در روی MN می‌باشد (Samavatian et al, 2009).

انتخاب مدل DEA مناسب بستگی به میزان کنترل روی نهاده‌ها و ستانده‌ها دارد؛ به این ترتیب که هر کدام بیشتر کنترل پذیر باشند، مدل مناسب بر همان اساس انتخاب می‌شود. در مطالعه حاضر چون دستکاری و کم و زیاد کردن نهاده‌ها عملی‌تر است، از مدل CRS و

3- Constant return to scale

4-Variable return to scale

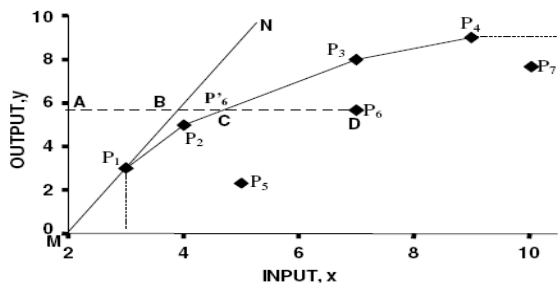
5- Increase return to scale

6- Decrease return to scale

7- Scale efficiency

1- Data envelopment analysis

2- Decision making unit



شکل ۱- مرز کارایی برای واحدها با یک ورودی و یک خروجی (Samavatian et al., 2009)
 Fig 1- Frontier efficiency for units with one input and output (Samavatian et al., 2009)

نتایج و بحث

همانگونه که از جدول ۲ پیداست، بالاترین انرژی مصرفی در بین کلیه سطوح زیر کشت مربوط به انرژی نهاده بذر، کود و سموم شیمیایی است. بعد از انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی، بیشترین سهم مصرف انرژی مربوط به سوخت مصرفی می‌باشد. نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که سطح زیر کشت بین ۲/۱ تا ۵ هکتار با ۲۶۲۹۸ مگاژول بر هکتار دارای بیشترین انرژی ستانده دانه بوده و سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با ۲۵۴۸۰ مگاژول بر هکتار دارای کمترین انرژی ستانده دانه می‌باشد. همچنین بالاترین انرژی ستانده کاه مربوط به سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با ۲۸۲۰۸ مگاژول بر هکتار و کمترین انرژی ستانده کاه مربوط به سطح زیر کشت بالای ۵ هکتار با ۵۲۱۸ مگاژول بر هکتار می‌باشد. دلیل اینکه بیشترین مقدار از سهم انرژی کاه به سطح بین ۰/۱ تا ۲ هکتار اختصاص یافته این است که در این سطح کشت، کشاورزان برای تغذیه دام‌های خود نیاز بیشتری به کاه دارند. ولی در سطوح کشت بالاتر برخی از کشاورزان پس از برداشت، کاه را در زمین رها می‌کنند. بنابراین انرژی ستانده کاه در سطح زیر کشت بالای ۵ هکتار پایین می‌باشد. در نهایت سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با ۵۳۶۸۸ مگاژول بر هکتار دارای بیشترین انرژی ستانده و سطوح زیر کشت ۲/۱ تا ۵ هکتار و بالای ۵ هکتار با ۴۵۲۹۸ و ۳۱۲۱۹ مگاژول بر هکتار رده‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. علت ستانده بالای انرژی در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار استفاده بیشتر از کاه و همچنین استفاده از کود شیمیایی بیشتر و انجام به موقع عملیات خصوصاً در زمان کاشت می‌باشد.

در این پژوهش ابتدا از بین داده‌های هر سه سطح، داده‌های پرت با توجه به روش‌های آماری تشخیص و حذف شد. در نهایت از سطح اول ۱۹ مزرعه، از سطح دوم ۳۱ مزرعه و از سطح سوم ۲۵ مزرعه

$$\begin{aligned} \max E_p &= \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} \\ \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} &= 1 \\ \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} &\leq 0, j=1, 2, \dots, n \\ V_i &\geq \varepsilon, U_r \geq \varepsilon \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \max E_p &= \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} + w \\ \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} &= 1 \\ \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} + w &\leq 0, j=1, 2, \dots, n \\ U_r &\geq \varepsilon, V_i \geq \varepsilon, w \text{ free} \end{aligned} \quad (4)$$

که در آن E_p نرخ کارایی واحد i ام، U_r وزن ورودی‌ها، Y_{rp} مقدار خروجی r ام برای $DMUp$ ، V_i وزن ورودی‌ها، X_{ip} مقدار ورودی i ام برای $DMUp$ ، Y_{rj} مقدار خروجی r ام برای $DMUj$ ، X_{ij} مقدار ورودی i ام برای $DMUj$ ، $j=1, 2, \dots, n$ تعداد خروجی‌ها و m تعداد ورودی‌ها می‌باشد (Banker et al., 1984). گفتنی است برای اینکه بتوان به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها اعتماد کرد، باید حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه از رابطه ۵ محاسبه شود (Yong and Chunweki, 2003):

$$(I+O) \geq 3 \quad (5)$$

در رابطه فوق I تعداد نهاده‌ها و O تعداد ستانده‌هاست. در تحقیق حاضر پنج نهاده تولید یعنی انرژی مربوط به ساخت و استهلاک ماشین‌آلات، انرژی سوخت مصرفی، انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی (انواع آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها)، انرژی کارگری و انرژی حمل و نقل به عنوان نهاده و انرژی محصول (مجموع کاه و دانه) به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. بنابراین حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری برای تجزیه و تحلیل برابر است با:

$$(5+1) \times 3 = 18 \quad (6)$$

برای انجام تحلیل وارد نرم افزار Frontier Analyst5 شدند.

جدول ۱- معادل نهاده ها و ستانده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی
Table 1- Energy equivalents of inputs and outputs in agricultural production

منبع Reference	انرژی بر هر واحد (MJ) Energy equivalent (MJ)	واحد Unit	الف- نهاده های انرژی Energy inputs
Mandal et al., 2002	1.96	ساعت hr	۱- نیروی کارگری Human labor مرد man
Kaltschmitt et al., 1997	47.1	کیلوگرم kg	۲- کودهای شیمیائی Chemical fertilizer ازت N
Kaltschmitt et al., 1997	15.8	کیلوگرم kg	سوپر فسفات تریپل P ₂ O ₅
Kaltschmitt et al., 1997	101.2	کیلوگرم kg	۳- سموم شیمیائی Chemical poisons حشره کش Insecticidal
Kaltschmitt et al., 1997	238	کیلوگرم kg	علف کش Herbicide
Karkacier and Goktolga, 2005	93.61	کیلوگرم kg	۴- ماشین های کشاورزی Agricultural machinery تراکتور Tractor
Karkacier and Goktolga, 2005	87.63	کیلوگرم kg	کامباین Combine
Mandal et al., 2002	62.7	کیلوگرم kg	ادوات و ماشین آلات Equipment of machines
Yaldiz et al., 1993	25	کیلوگرم kg	۵- بذر Seed گندم Wheat
Yaldiz et al., 1993	14.7	کیلوگرم kg	ب- ستانده‌های انرژی Energy outputs دانه Grain
Yaldiz et al., 1993	12.5	کیلوگرم kg	کاه Straw

برای هر سه سطح مدل‌های CRS و VRS نهاده محور، تهیه و جواب بهینه هر مدل استخراج گردید. به عنوان نمونه، مدل CRS واحد شماره ۱ در سطح زیر کشت ۰/۱ تا ۲ هکتار به صورت زیر فرمول-

$$MAX = 29400Y$$

$$St: 5515.6X_1 + 18.62X_2 + 3845.51X_3 + 111.75X_4 + 429.87375X_5 = 1$$

$$(واحد ۱) 29400Y - 5515.6X_1 - 18.62X_2 - 3845.51X_3 - 111.75X_4 - 429.87375X_5 \leq 0$$

$$22050 Y - 3801.7X_1 + 12.74X_2 + 4323.51X_3 + 127.5X_4 + 485.6575X_5 \leq 0$$

(واحد ۶۰)

جدول ۲- وضعیت مصرف انرژی در سطوح مختلف کشت گندم دیم (مگاژول بر هکتار)

Table 2- Energy used status for wheat production in different levels of planting (MJ/ha)

۵/۱ هکتار به بالا Over 5.1 ha		۲/۱ تا ۵ هکتار 2.1 up to 5 ha		۰/۱ تا ۲ هکتار 0.1 up to 2 ha		نهاده Input
درصد %	معادل انرژی (MJ) Energy equivalent (MJ)	درصد %	معادل انرژی (MJ) Energy equivalent (MJ)	درصد %	معادل انرژی (MJ) Energy equivalent (MJ)	
4.42	497.58	3.71	426.27	2.63	303.14	ساخت و استهلاک ماشین‌آلات Machinery manufacture and depreciation
40.17	4517.16	38.29	4399.95	31.32	3601.41	سوخت مصرفی Fuel consumption
54.07	6079.97	56	6435.21	63.63	7315.39	بذر، کود و سموم شیمیایی Seed, fertilizer and chemical poisons
0.4	44.83	0.84	96.85	1.32	151.83	نیروی انسانی Human labor
0.93	145.1	1.14	131.58	1.1	123.88	حمل و نقل Transportation
100	11284.63	100	11498.88	100	11495.67	مجموع Total

جدول ۳- انرژی ستانده برای محصول گندم دیم در سطوح مختلف کشت (مگاژول بر هکتار)

Table 3- Energy output for wheat production in different levels of planting (MJ/ha)

۵/۱ هکتار به بالا Over 5.1 ha		بین ۲/۱ تا ۵ هکتار 2.1 up to 5 ha		بین ۰/۱ تا ۲ هکتار 0.1 up to 2.1 ha		محصول output
درصد %	انرژی (MJha ⁻¹) Energy (MJha ⁻¹)	عملکرد (kg ha ⁻¹) Yield (kg ha ⁻¹)	درصد %	انرژی (MJha ⁻¹) Energy (MJha ⁻¹)	عملکرد (kg ha ⁻¹) Yield (kg ha ⁻¹)	
83.28	26000	1768	58.05	26298	1789	دانه Grain
16.72	5218	417	41.95	19000	1520	کاه Straw
100	31218	2185	100	45298	3309	مجموع Total

با استفاده از ۲۰/۳، ۲۴/۷ و ۳۲ درصد از نهاده‌ها و با ثابت ماندن میزان خروجی، واحدهای ناکارا در هر سه سطح می‌توانند به مرز کارایی رسیده و ۷۷٪ از مجموع نهاده‌ها در هر سه سطح را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند.

طبق نتایج این جدول، در مدل CRS در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار، ۴ مزرعه، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار، ۳ مزرعه و در سطح ۵ هکتار به بالا نیز ۳ مزرعه کارا هستند همچنین در مدل VRS در سطح ۰/۱ تا

بر این اساس برای هر یک از سطوح زیر کشت مورد مطالعه، فرمول CRS و VRS تهیه و از حل آن‌ها مقدار کارایی هر واحد تعیین گردید و نتایج در جدول ۴ خلاصه گشت.

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۴، میانگین کارایی فنی مزارع ناکارا در کشت گندم دیم در سطوح ۰/۱ تا ۲ هکتار، ۲/۱ تا ۵ هکتار و ۵ هکتار به بالا با مدل CRS ورودی محور را می‌توان به ترتیب ۷۹/۷، ۷۵/۳ و ۶۸ درصد محاسبه کرد، یعنی به ترتیب

۲ هکتار ۶ مزرعه، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار ۶ مزرعه و در سطح ۵ هکتار به بالا ۵ مزرعه کارا بوده و بقیه مزارع به درجات مختلف، ناکارا محسوب می‌شوند. مقدار کارایی واحدهای تولیدی به این مفهوم است که هر کدام از واحد باید قادر باشند میزان مصرف خود را از کلیه

جدول ۴- انواع کارایی‌های فنی، فنی خالص و مقیاس و بازده به مقیاس در سطوح مختلف کشت گندم دیم

Table 4- Technical, pure technical and scale efficiency with return to scale in different levels of dry wheat

مزارع بالاتر از ۵ هکتار Over 5 ha					مزارع بین ۲/۱ تا ۵ هکتار 2.1 up to 5 ha					مزارع بین ۰/۱ تا ۲ هکتار 0.1 up to 2 ha				
SE	ES	EVRS	ECRS	Dmu	SE	ES	EVRS	ECRS	Dmu	SE ⁴	ES	EVRS ³	ECRS ²	Dmu ¹
(IRS) افزایشی	96%	87%	84%	3	(IRS) افزایشی	97%	75%	73%	3	(IRS ⁵) افزایشی	98%	89%	88%	2
(IRS) افزایشی	97%	92%	90%	4	(IRS) افزایشی	95%	100%	95%	4	ثابت (CRS ⁶)	100	100%	100%	3
(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	5	(IRS) افزایشی	95%	72%	69%	6	ثابت (CRS)	100	100%	100%	5
(IRS) افزایشی	88%	63%	56%	7	(IRS) افزایشی	95%	100%	95%	9	(IRS) افزایشی	95%	85%	81%	6
(IRS) افزایشی	94%	57%	54%	8	(IRS) افزایشی	94%	78%	74%	11	(IRS) افزایشی	97%	79%	77%	9
(IRS) افزایشی	92%	54%	50%	11	(IRS) افزایشی	97%	95%	93%	12	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	10
(IRS) افزایشی	97%	89%	87%	13	(IRS) افزایشی	97%	82%	80%	14	(IRS) افزایشی	97%	83%	81%	12
(IRS) افزایشی	96%	79%	76%	15	(IRS) افزایشی	96%	89%	86%	15	(IRS) افزایشی	975	93%	91%	15
ثابت (CRS)	100%	100	100%	17	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	18	(IRS) افزایشی	90%	62%	56%	18
(IRS) افزایشی	90%	60%	54%	19	(IRS) افزایشی	94%	78%	74%	20	(IRS) افزایشی	97%	74%	72%	19
ثابت (CRS)	100%	100	100%	20	(IRS) افزایشی	94%	74%	70%	21	(IRS) افزایشی	97%	85%	83%	20
ثابت (CRS)	100%	100	100%	21	(IRS) افزایشی	95%	100%	95%	23	(IRS) افزایشی	97%	79%	77%	22
(IRS) افزایشی	93%	79%	74%	23	ثابت (CRS)	100%	100%	100%	24	(IRS) افزایشی	95%	83%	79%	24
(IRS) افزایشی	98%	77%	76%	25	(IRS) افزایشی	97%	83%	81%	27	(IRS) افزایشی	96%	100%	96%	25
(IRS) افزایشی	94%	56%	53%	26	ثابت (CRS)	100%	100%	100%	31	ثابت (CRS)	100	100%	100%	26
(IRS) افزایشی	96%	54%	52%	28	(IRS) افزایشی	97%	78%	76%	33	(IRS) افزایشی	96%	84%	81%	27
(IRS) افزایشی	92%	53%	49%	30	(IRS) افزایشی	95%	72%	69%	34	(IRS) افزایشی	94%	100%	94%	28
(IRS) افزایشی	94%	89%	84%	31	(IRS) افزایشی	93%	47%	44%	35	ثابت (CRS)	100	100%	100%	29
(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	33	(IRS) افزایشی	96%	86%	83%	36	(IRS) افزایشی	96%	78%	75%	30
(IRS) افزایشی	89%	49%	44%	34	(IRS) افزایشی	92%	56%	52%	37	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	90%	63%	57%	36	(IRS) افزایشی	94%	73%	69%	38	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	94%	68%	64%	37	(IRS) افزایشی	95%	74%	71%	39	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	89%	100	89%	38	(IRS) افزایشی	92%	64%	59%	40	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	91%	100	91%	39	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	42	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	96%	87%	84%	40	(IRS) افزایشی	97%	84%	82%	43	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	96%	89%	86%	44	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	96%	94%	91%	45	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	ثابت (CRS)	100%	100%	100%	46	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	98%	79%	78%	47	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	48	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	95%	73%	70%	50	-	-	-	-	-
-	94	75.7	71.9	میانگین	-	95.6	80.7	77.7	میانگین	-	96.6	86.4	84	میانگین
				Mean					Mean					Mean

۱- Dmu = واحد تولیدی (Decision making unit) $E_{CRS} - 2$ = کارایی فنی (Efficiency of constant return to scale)
 ۲- E_{VRS} = کارایی فنی خالص (Efficiency of variable return to scale) $E_S - 4$ = کارایی مقیاس (Scale efficiency)
 ۳- IRS = بازده به مقیاس افزایشی (Increase return to scale) $CRS - 6$ = بازده به مقیاس ثابت (Constant return to scale)

در این مطالعه بیشترین نهاده‌ای که با استفاده از *DEA* می‌توان مصرف آن صرفه‌جویی کرد در هر سه سطح مربوط به نهاده کود و سموم شیمیایی است. در تحقیقی که بر روی گردو انجام شد نیز نهاده کود و سموم شیمیایی مستعد بیشترین مقدار صرفه‌جویی با این روش بودند (Banaeian et al., 2010). نتیجه این تحقیق با پژوهشی که توسط Samavatian et al (2009) بر روی محصول سیر انجام گرفت هم راستا بود. این در حالی است که طبق نتایج Pishgar et al (2011) در کشت ذرت نهاده سوخت مصرفی می‌تواند بیشترین پتانسیل ذخیره‌سازی با این تکنیک را داشته باشد. همچنین در تحقیقی که توسط Mousavi-Avval et al (2011) بر روی یک واریته ذرت در گلستان انجام شده بود، نهاده الکتریسیته به عنوان مستعدترین نهاده جهت ذخیره‌سازی معرفی شده است. در تحقیقی دیگر که توسط همین نویسندگان بر روی محصول سویا در گلستان انجام شد، باز هم نهاده الکتریسیته بیشترین مقدار صرفه‌جویی را نشان داد (Mousavi-Avval et al., 2011). این در حالی است که در اکثر گلخانه‌های سطح کشور اغلب نهاده سوخت مصرفی بیشترین پتانسیل صرفه‌جویی را داراست (Banaeian et al., 2011; Omid et al 2011).

نتیجه گیری

بیشترین سهم مصرف انرژی در کشت گندم دیم منطقه سیلاخور مربوط به انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی است. سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار به دلیل مصرف بالای بذر و کود شیمیایی، بیشترین انرژی مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. بعد از انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی، بیشترین سهم مصرف انرژی مربوط به سوخت مصرفی می‌باشد. در کشت گندم دیم بیشترین انرژی سوخت مصرفی مربوط به سطح زیر کشت بالای ۵ هکتار است و با افزایش سطح زیر کشت، مقدار آن افزایش می‌یابد. در نهایت بهترین سطوح زیر کشت، سطوح بین ۰/۱ تا ۲ هکتار و ۲/۱ تا ۵ هکتار بوده و بدترین آن‌ها از نظر مصرف انرژی، سطوح زیر کشت بالای ۵ هکتار می‌باشد. با توجه به نتایج *DEA*، می‌توان برای دقیق و کاربردی‌تر بودن نتایج حاصل، ثبت دقیق مقدار نهاده‌های مصرفی و هزینه‌های انجام شده برای واحدهای تولیدی کشاورزی انجام شود. با توجه به دقت و کاربردی بودن نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها، می‌توان از این نتایج برای ارائه روش‌های مدیریتی صحیح در مصرف نهاده‌ها برای تولید محصولات کشاورزی استفاده کرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحلیل در مقاله حاضر، مقادیر مازاد مصرف نهاده‌ها، مزارع کارا و

اگر یک واحد تولیدی از نظر مدل *VRS* کاملاً کارا ولی مقدار کارایی پایینی از نظر مدل *CRS* داشته باشد، آنگاه موضعاً کاراست ولی کارایی کل ندارد (در این حالت ناکارایی کل ناشی از ناکارایی مقیاس است ولی اگر کارایی در هر دو مدل *CRS* و *VRS* کمتر از ۱۰۰٪ باشد در این حالت ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا ناکارایی شرایط واحد تولیدی و همچنین ناکارایی مدیریتی است). بنابراین اصولاً منطقی است ناکارایی مقیاس یک واحد تولیدی به وسیله این دو کارایی مشخص گردد (Ghojabeige et al., 2009).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۴، در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار مزارع ۲۵ و ۲۸، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار مزارع شماره ۴، ۹ و ۲۳ و در سطح ۵ هکتار به بالا مزارع ۳۸ و ۳۹ به‌طور موضعی کارا عمل می‌کنند یعنی در آن‌ها کارایی فنی خالص مساوی یک است ولی کارایی کلی آن‌ها کوچکتر از یک می‌باشد که این ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا مدیریتی است. ناکارایی سایر مزارع، ناشی از ناکارایی مدیریتی و همچنین شرایط مزرعه (ناکارایی مقیاس) است. وقتی یک واحد تولیدی کارایی *VRS* است، وضعیت بازده به مقیاس از طریق وزن خروجی مشخص می‌شود. اگر کوچکتر از صفر باشد بازده به مقیاس افزایشی است، اگر بزرگتر از صفر باشد بازده به مقیاس کاهش می‌یابد و اگر مساوی صفر باشد بازده به مقیاس ثابت است. در بازده به مقیاس افزایشی نمی‌توان مقیاس واحد تولیدی را کاهش داد ولی می‌توان آن را تا بی‌نهایت افزایش داد. نسبت خروجی به ورودی برای هر نقطه روی مرز کارا نسبت به ورودی، غیر کاهش می‌یابد یعنی افزایش در خروجی همواره حداقل به اندازه‌ای متناسب با ورودی است (Ghojabeige et al., 2009). در جدول ۴ وضعیت بازده به مقیاس برای مزارع گندم دیم در هر سه سطح مشخص شده است.

جدول ۵ نتایج حاصل از تحلیل مزارع گندم در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار با مدل بازگشت به مقیاس ثابت ورودی محور برای تعیین مازاد و کمبود نهاده‌ها را نشان می‌دهد. برای هر کدام از واحدهای ناکارا تعیین شده که به چه میزان از مصرف نهاده‌های مازاد کم کنند تا کارا شوند. مثلاً مزرعه شماره ۹ با کارایی ۷۷٪ باید ۵۶ واحد از نهاده ادوات و ماشین‌آلات، ۹۸ واحد از نهاده نیروی انسانی، ۴۶۷۸ واحد از نهاده کود شیمیایی، بذر و سم مصرفی و همچنین ۳۵۸۹ واحد از نهاده سوخت را کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. شکل ۲، متوسط سهم هر یک از نهاده‌ها در کاهش مصرف انرژی مزارع گندم در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار را نشان می‌دهد. مشابه این کار برای دو سطح دیگر نیز انجام شد که نتیجه کار به‌صورت شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

ناکارا تعیین شده‌اند که از این موارد برای مصرف بهینه منابع انرژی در دوره‌های کشت آینده می‌توان استفاده کرد.

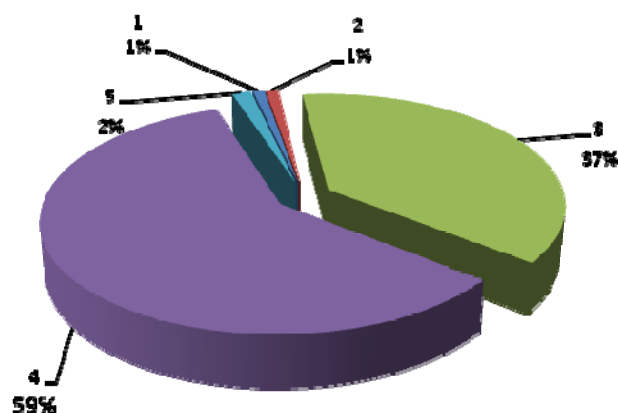
موارد زیر را پیشنهاد داد:

پیشنهاد می‌شود که با بهبود عملیات مدیریتی شامل: استفاده بهینه از کودها، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارایی انرژی یعنی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی را بهبود بخشید.

به منظور بهبود کارایی انرژی در کشت گندم دیم می‌توان

جدول ۵- مازاد و کمبود مصرف انرژی در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار با مدل CRS نهاده محور (MJ/ha)
 Table 5- Slack and surplus of energy consumption in 0.1 up to 2 levels farms with CRS model

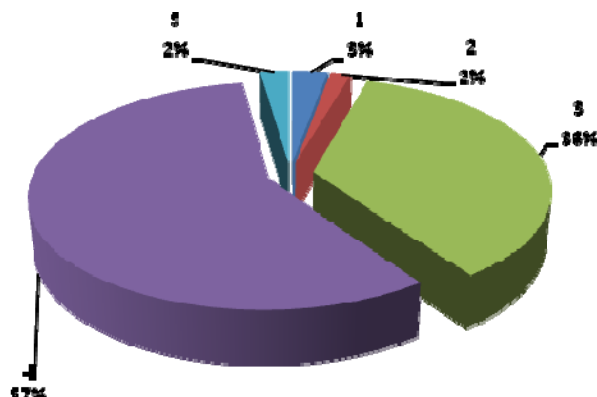
سوخت Fuel	ادوات و ماشین‌آلات Equipment and machinery	کود، سم و بذر fertilizer, seed and poison	نیروی انسانی Human labor	حمل و نقل Transportation	کارایی (درصد) Efficiency	مزرعه Farm
1560	129	5123	0	75	88%	2
0	0	0	0	0	100%	3
0	0	0	0	0	100%	5
2700	201	4512	0	100	81%	6
3589	56	4678	98	0	77%	9
4153	202	5451	91	72	65%	10
2312	100	2452	100	101	81%	12
1570	0	2130	78	0	91%	15
4570	220	6732	85	59	56%	18
2278	134	4412	0	95	72%	19
1450	0	1312	79	83	83%	20
2451	212	4121	0	87	77%	22
1268	0	3124	89	0	79%	24
213	0	1200	0	0	96%	25
0	0	0	0	0	100%	26
3201	123	3700	101	0	81%	27
1213	0	2154	83	75	94%	28
0	0	0	0	0	100%	29
2980	78	5410	100	93%	75%	30



شکل ۲- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده در مزارع گندم بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با مدل CRS نهاده محور
 ۱- حمل و نقل ۲- نیروی انسانی ۳- سوخت ۴- کود، بذر و سموم ۵- استهلاک و ساخت ماشین‌آلات

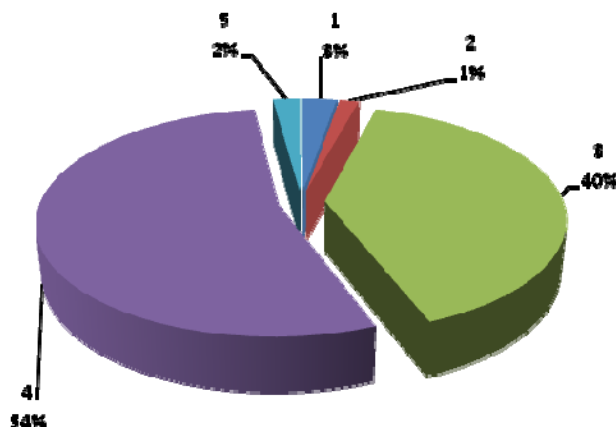
Fig 2- Energy saving with each of input in 0.1 up to 2 ha levels farms with CRS model

1- Transportation 2- Human labor 3- Fuel 4- fertilizer, seed and poison 5- Equipment and machinery



شکل ۳- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده در مزارع گندم بین ۲/۱ تا ۵ هکتار با مدل CRS نهاده محور
 ۱- حمل و نقل ۲- نیروی انسانی ۳- سوخت ۴- کود، بذر و سموم ۵- استهلاک و ساخت ماشین آلات

Fig 3- Energy saving with each of input in 2.1 up to 5 ha levels farms with CRS model
 1- Transportation 2- Human labor 3- Fuel 4- fertilizer, seed and poison 5- Equipment and machinery



شکل ۴- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده در مزارع گندم ۵ هکتار به بالا با مدل CRS نهاده محور
 ۱- حمل و نقل ۲- نیروی انسانی ۳- سوخت ۴- کود، بذر و سموم ۵- استهلاک و ساخت ماشین آلات

Fig 4- Energy saving with each of input in over 5 ha levels farms with CRS model
 1- Transportation 2- Human labor 3- Fuel 4- fertilizer, seed and poison 5- Equipment and machinery

می باشد.

سیاسگزاری

از مدیریت محترم جهاد کشاورزی شهرستان خرم آباد و کشاورزان منطقه سیلاخور کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

از آنجایی که بیشترین انرژی سوخت فسیلی به صورت سوخت مصرفی ماشین‌های کشاورزی استفاده می‌شود و یکی از ارقام تشکیل دهنده هزینه‌های متغیر در تولیدات کشاورزی می‌باشد، بنابراین تلاش در جهت استفاده بهینه از سوخت و مدیریت ماشین‌های کشاورزی در راستای کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از هدر رفتن سوخت، یکی از قدم‌های مهم در جهت کارایی مصرف انرژی

منابع

1- Anonymous. 2009. Annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran.

- 2- Alam. M.S., M.R. Alam and K.K. Islam. 2005. Energy flow in agriculture: *Bangladesh American Journal of Environmental Science* 1(3): 213-22.0
- 3- Banaeian, N., M. Zangeneh and M. Omid. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using data envelopment analysis (DEA). *Australian Journal of Crop Science* 4(5): 359-362.
- 4- Banaeian, N., M. Omid and H. Ahmadi. 2011. Application of data envelopment analysis to evaluate efficiency of commercial greenhouse strawberry. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3(3): 185-193.
- 5- Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30(3):1078-1092.
- 6- Charnes, A.W., W. Copper and E. Rhodes. 1984. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2(1): 429-444.
- 7- Chaudhary, V.P., B. Gangwar and D.K. Pandey. 2006. Auditing of energy use and output of different cropping systems in India. *Agricultural Engineering International, the CIGR journal EE 05001, Vol 8.*
- 8- Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques. Third Edition.*
- 9- Gheisari, K., H. Mehran and A.R. Jafari 2007. A general review of envelopment analysis of phase data. *The Scientific Publishing Center, Islamic Azad University of Qazvin. (In Farsi)*
- 10- Ghojabeige, F., M. Omid, H. Ahmadi and D. Delshad. 2009. Evaluation and development of efficient usage of energy recourses in cucumber production in green houses in province of Tehran, by using data envelopment analysis, *The 6th national conference of mechanic and mechanization of agricultural machinery. Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Tehran, Iran (In Farsi).*
- 11- Kaltschmitt, M., G.A. Reinhardt and T. Stelzer. 1997. Life cycle analysis of bio fuels under different environmental aspects. *Biomass and Bioenergy* 12(2):121-134.
- 12- Karkacier, O., and Z.G. Goktolga. 2005. Input-output analysis of energy use in agriculture. *Energy Conversion and Management* 46(9-10):1513- 1521.
- 13- Malana, N., and H. Malano. 2006. Benchmarking productive efficiency of selected wheat areas in Pakistan and India using data envelopment analysis. *Irrigation and Drainage* 55(4): 383-394.
- 14- Mandal, K.G., K.P. Saha, P.K. Ghosh, K.M. Hati and K.K. Bandyopadhyay. 2002. Bio energy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy* 23(5): 337-345.
- 15- Mousavi-Avval, S.H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi .2011. Optimization of energy consumption for soybean production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Applied Energy*. doi:10.1016/j.apenergy.2011.04.021
- 16- Mousavi-Avval, S.H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi .2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Energy* 36: 2765- 2772.
- 17- Nasirian, N., M. Almasi, S. Minaee and H. Bakhoda. 2006. Study of energy flow in sugarcane production in an Agro-industry unit in South of Ahwaz. In *Proceedings of 4th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 28-29 Aug. Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Farsi).*
- 18- Omid, O., F. Ghojabeige, M. Delshad and H. Ahmadi. 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management* 52:153-162.
- 19- Pishgar, S.H., M. Omid and A. Keyhani. 2011. Study on energy use pattern and efficiency of corn silage in Iran by using data envelopment analysis (DEA) technique. *International Journal of Environmental Sciences* 1(6): 1094-1106.
- 20- Samavatian, N., S.H. Rafii and M. Mobli. 2009. Evaluation of developing the energy consumption for garlic production by using data envelopment analysis. *The 6th national conference of mechanic and mechanization of agricultural machinery. Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Tehran (In Farsi).*
- 21- Yaldiz, O., H.H. Ozkan, Y. Zeren and A. Bascetincelik. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. 5th International Congress on Mechanization and Energy Use in Agriculture, 11 – 14-oct. Kusadasi, Turkey.
- 22- Yong, T., and K. Chunweki. 2003. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *European Journal of Operational Research* 147(2): 128-136.
- 23- Zibaei, M., M. Kafi and M. Bakhshodeh. 2008. The effects of veterinary services on technical efficiency of dairy farms in Iran; a DEA approach. *Iranian Journal of Veterinary Research* 9(4): 371-377.

Design, Construction and Test of a Three-point Hitch Dynamometer

M. Askari^{1*} - M. H. Komarizade² – N. Nobakht³

Received: 20-12-2010

Accepted: 26-9-2011

Abstract

For measuring the draft forces exerted by implements into tractor, we use the dynamometers that are divided into pull type or three-point hitch type. For measuring the forces between the tractor and the mounted implements, three-point hitch dynamometers are used. In this research, an adjustable three-point hitch dynamometer with a draft capacity of 25 kN was designed and built which is made up from two frames that one of them placed inside the other. The force sensing elements were comprised of a loadcell that was installed between the frames. All mounted tillage implements were able to be tested by this measuring device excluding mounted implements which are powered by PTO and by using this dynamometer, the variations of implements draft force in the different tillage conditions consist of the various work depths and different forward speeds would be studied. After design and construction steps, dynamometer was calibrated, tested and evaluated. Field tests were done by using of four mounted tillage implements and obtained data were compared by obtained data from ASAE D497.5 standard formula. So with these data, the design of tines, their stems, equipment frames and the selection of the optimal size of the tillage equipments in regard of the soil type of the region and the power of the available tractors will be more scientific and reasonable.

Keywords: Three-point hitch, Draft measurement, Tillage, Dynamometer, Design & construction

^{1,2,3}- Master of Science Mechanics, Associate Professor and Master of Science Mechanics of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Urmia University, respectively

(* - Corresponding Author Email: engmohammadaskari@gmail.com)

Evaluation and Comparison of Geostatistical Methods to Generating Digital Management Map of Cyanazine Variable Rate Cyanazine Application

D. Mohammad Zamani^{1*} - S. Minaei² - R. Alimardani³ - M. Almassi⁴ - R. Yusefi⁵

Received: 12-21-2010

Accepted: 9-26-2011

Abstract

In this study evaluation and comparison of various interpolation approaches for estimation un-sampled values of soil Organic Matter Content (OMC) and soil texture is presented. The main objective is to develop a precision method for generation of management maps for variable rate application of herbicide that eventuate to save herbicide application and to reduce adverse impact on the environment. For this purpose after sampling of 42 points on the test field and generation of local and global grid of sample points on a PC, various interpolation methods were applied to estimate soil OMC and texture on un-sampled points by Surfer software. Inverse distance to a power, Kriging, minimum curvature, weighed moving average and radial basis function were used as interpolators. To evaluate the mentioned methods, cross-validation approach and two statistical parameters MAE and MBE were used. The results showed that minimum curvature method with MAE equal to 1.31 has the minimum error than other methods. In this method MAE value for sand, silt and clay was equal to 1.6, 1.18 and 0.59, respectively. In comparison with other methods, this approach had the minimum error. It was demonstrated that minimum curvature method was the best approach to estimate grid point values at un-sampled points. Finally after selection of appropriate method and using considered manufacturer recommendations of herbicide application based on OMC and soil texture, a digital management map of Cyanazine variable rate application in a corn field was generated. Based on this map and considering the herbicide uniform application in the farm as 1.7, 2.9 and 4 Lha-1, herbicide application rate compared with 1.8 Lha-1, decreases 39% and increases 4 and 50% respectively. This means that if the entire field is sprayed with the uniform rate of 1.7 Lha-1, Compared with 1.8 Lha-1 which is obtained using management map, herbicide application will be saved 39%. Similarly, if herbicide is applied 2.9 and 4 Lha-1 uniformly, compared to the amount 1.8 Lha-1, 4 and 50% of herbicide application will increase respectively.

Keywords: Digital map, Geostatistical methods, interpolation, Soil texture, Organic Matter Content (OMC), Pre-emergence herbicide

1- Member of Young Researchers Club & Assistant Professor of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Takestan Branch
(*-Corresponding Author Email: davood412@aol.com)

2-Associate Professor of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, University of TarbiatModarres

3-Professor of Agricultural Machinery Engineering- School of Biosystems Engineering - University College of Agriculture & Natural Resources- University of Tehran

4- Professor of Agricultural Mechanization Engineering - Islamic Azad University - Science & Research Branch - Tehran

5- Lecturer Center of Agriculture Education-Qazvin

Making Weed Management Maps by Artificial Neural Networks for Using in Precision Agriculture

A. Rohani^{1*} – H. Makarian²

Received: 12-3-2011

Accepted: 26-9-2011

Abstract

With the rise of new powerful statistical techniques and neural networks models, the development of predictive species distribution models has rapidly increased in ecology. In this research, a learning vector quantization (LVQ) and multi layer perceptron (MLP) neural network models have been employed to predict, classify and map the spatial distribution of *A. repens* L. density. This method was evaluated based on data of weed density counted at 550 points of a fallow field located in Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran, in 2010. Some statistical tests, such as comparisons of the means, variance, statistical distribution as well as coefficient of determination in linear regression were used between the observed point sample data and the estimated weed seedling density surfaces by two neural networks to evaluate the performance of the pattern recognition method. Results showed that in the training and test phases non significant different was observed between average, variance, statistical distribution in the observed and the estimated weed density by using LVQ neural network. While this comparisons was significant except statistical distribution by using MLP neural network. In addition, results indicated that trained LVQ neural network has a high capability in predicting weed density with recognition error less than 0.64 percent at unsampled points. While, MLP neural network recognition error was less than 14.6 percent at unsampled points. The maps showed that, patchy weed distribution offers large potential for using site-specific weed control on this field.

Keywords: Classification, Neural network, Site-specific management, Spatial distribution

^{1,2}- Assistant Professors, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology
(*- Corresponding Author Email: abassrohani@yahoo.com)

Evaluation of Image Processing Technique for Measuring of Nitrogen and Yield in Paddy Rice and Comparing it with Standard Methods

M. R. Larijani¹ - R. Farrokhi Teimourlou^{2*}

Received: 3-3-2011

Accepted: 26-9-2011

Abstract

In order to use new and low cost methods in precision agriculture, nitrogen should be supplied for plants on time and precisely. For determining the required nitrogen of paddy rice in the clustering stage, a series of experiments were conducted using three different methods of: image processing, kjeldahl and chlorophyll meter set (SPAD-502), in a randomized complete block design with three replications during 2010 at Rice Research Center of Tonekabon, Iran. Four experimental treatments were different level of fertilizer (Urea with 46% nitrogen). In the clustering stage, some images from rice plants were taken vertically by a digital camera and were analyzed using image processing technique. Simultaneously the chlorophyll index of plants was measured by SPAD-502 chlorophyll meter set and the percentage amount of nitrogen was measured using of the so called kjeldahl laboratory method. The results showed that the three methods of determining nitrogen of rice plant were highly correlated. Moreover, the correlation among the three methods and crop yield were almost the same. In general, the method of image processing could have a high potential for nitrogen management in the field, while this method was low-cost, faster and also nondestructive in comparison to the other methods.

Keywords: Nitrogen, Paddy Rice, Kjeldahl, Chlorophyll meter SPAD-502

1,2- MSc Student and Assistant Professor, Dept. of Agricultural Machinery, College of Agriculture, Urmia University
(*- Corresponding Author Email: r.farrokhi@urmia.ac.ir)

Investigation on the Field Performance of Four Weeding Methods for Peanut

S. Firouzi^{1*} – M.N. Safar zad vishgaei² – M.R. Alizadeh³

Received: 21-1-2011

Accepted: 3-8-2011

Abstract

In this research, field performance of four weeding methods for peanut crop was investigated in Kiashahr located at Guilan province. The weeding methods were included weeding by two types of motorized weeders (power tiller operated cultivator and power tiller operated rotovator at three forward speeds of 1.0, 1.5 and 2.0 km/h), weeding by hand-driven wheeled cultivator and hand weeding by trench hoe. A randomized complete block design with three replications was used for the experiment. Weeding index, crop yield, field capacity, energy consumption and the economical index of benefit-cost ratio were measured and determined. Results showed that the highest weeding efficiencies of 98.61 and 97.37% were obtained in hand weeding for the first and second weeding stages, respectively. In all the mechanical treatments, the weeding efficiency of the second stage was greater than that of the first stage. The highest value of field capacity in the first stage (0.1263 km/h) and second stage (0.1287 ha/h) was recorded for power tiller operated rotovator at travel speed of 2.0 km/h. with amount of field efficiency was achieved in weeding with tiller rotovator at forward speed of 2 km/h (0.1263 and 0.1287 ha/h for first and second stages of weeding operation respectively). Among the methods, the lowest value of energy consumption with the average of 307.8 Mj/ha was registered for hand-driven wheeled cultivator. Results also indicated that power tiller operated rotovator at forward speed of 1.0 km/h had the highest benefit-cost ratio of 2.06 compared to other treatments. Thus, weeding by power tiller operated rotovator at forward speed of 1.0 km/h is advisable for peanut cultivation in the region.

Keywords: Peanut, Weeding machine, Weeding efficiency, Field capacity

1,2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

(*Corresponding author email: firoozi@iaurasht.ac.ir)

3- Agricultural Engineering Department, Rice research Institute of Iran (RRII), Rasht, Iran

Effect of Moisture Content on Mechanical Properties and Terminal Velocity of Berberis

E. Velayati^{1*} - B. Emadi² - M. Khojastehpour³ - M. H. Saidirad⁴

Received:11-6-2010

Accepted:11-5-2011

Abstract

The study of mechanical properties of Berberis not only is useful for design and optimization of transportation, processing and packaging equipment but also can prevent mechanical injuries and losses. In this study force, deformation, energy and toughness were measured at different moisture content levels including 70-76, 45-50, 25-30 and 7-10 percent (w.b.). The decrease of moisture content caused increasing rupture force from 1.387 to 2.679 N, decreasing shape deformation from 3.387 to 2.413mm, increasing toughness from 4.297 to 8.220 J/cm³ and decreasing rupture energy from 0.921 to 0.661mJ. Effects of loading speed, force orientation and their interaction were investigated on just fresh Berberis fruit. It was indicated that only force orientation was effective on all investigated properties except toughness. The moisture content was identified as an effective parameter on terminal velocity. It decreased from 9 to 4.5 m/s with decrease of moisture content from 76 to 7 percent (w.b.).

Keywords: Berberis, Mechanical properties, Moisture content, Terminal velocity

1,2,3- M.Sc. graduate, Assistant Professor and Assistant Professor, Dept. of Agriculture Machinery, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively

(*- Corresponding Author Email: ehsanvelayat@yahoo.com)

4- Assistant professor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, Mashhad, Iran.

Comparison of the Effects of No Tillage, Minimum Tillage and Conventional Tillage on Dry Land Wheat Yield in Pebbly Field in Tropical Region

N. Loveimi¹ - M. Safari² - N. Heidarpour³

Received: 9-2-2011

Accepted: 2-8-2011

Abstract

The current study was conducted to compare different tillage methods on wheat yield in pebbly dry land areas done within three years (2006-2008) in north Khuzestan (Baghmalek city) in randomized block design with five treatments and four replications. The experimental treatments were: (1) chisel plow + seed-drill, (2) Semi plow (mold board plow with remove mold board) + seed-drill, (3) no-till-drill, (4) sweep plow + seed-drill and (5) conventional method (mold board plow + broadcasting seed and fertilizer + sweep plow). These treatments included minimum tillage (treatments 1, 2 and 4), no tillage (treatment 3) and conventional tillage (treatment 5). Complex variance analyses of three years data showed that there was no significant difference between tillage methods and interaction of tillage methods with year in soil moisture content in different plant growth stages (stem, flowering, and filling seeds stages) but years were different in this factor. Variance analyses of data showed that there was no significant difference between different tillage methods in percent of organic materials in different soil depths in the end of the project. However, no difference in tillage methods in the amount of organic material has been analyzed based on the pebbly conditions. The complex variance analyses of data also showed that tillage methods had significant effect on grain yield and other agronomical factors, except plant height and harvest index. According to the results any devices cause to back more gravel and cobblestone into sub soil layer provide more grain yield. Therefore, mold board plow resulted in maximum yield in three experimental years which were different in amount and distribution of rainfall, and also in third year the amount of rainfall was considerably low. The grain yield averages of three years were 1333, 1558, 1190, 1080 and 1787 Kg.ha⁻¹ for chisel plow, semi plow, no-till-drill, sweep plow and mold board plow respectively.

Keywords: Dry land, Tillage method, Pebbly, Wheat

1- A member of scientific board, Agricultural Engineering Department of Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center

(*- Corresponding Author Email: N1584M@yahoo.com)

2- A member of scientific board of Agricultural Engineering Research Institute

3- A member of scientific board of Kohgiluyeh-Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research Center

Investigation of Energy Use Efficiency for Dry Wheat Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Approach; Case Study: Silakhor Plain

Y. Ajabshirchi^{1*} - M. Taki² - R. Abdi³ - A. Ghobadifar⁴ - I. Ranjbar⁵

Received: 1-3-2011

Accepted: 26-9-2011

Abstract

In this research energy efficiency for dry wheat production in three levels including 0.1 up to 2, 2.1 up to 5 and over 5.1 hectares for the farming year 2008-2009 in Silakhor plain located in Borujerd and Dorud divisions of Lorestan province was studied using data envelopment analysis (DEA) technique. The results showed that the input energy for seed, fertilizer and pesticides had the highest levels of energy consumption and the share of that in each studied level were 63.63, 56 and 54.07 percent respectively. The results of data envelopment analysis showed that the average of energy efficiency levels were 82, 78 and 68 percent, respectively. First level, that consumes more input energy than other two studied levels, had highest energy efficiency, because in this level output yield were more than other levels. Technical efficiency of inefficiency units in CRS model in three levels is 79%, 77% and 66% respectively. This issue indicates that 21, 23 and 34 of total energy input could be saved with upgrade efficiency in these units. All wrong using and also all share of total saved energy in three levels related to grain, fertilizer and pesticides and then fuel consumption.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Different Levels of Planting, Dry Wheat, Energy Efficiency

1,2,3,4- Associate Prof., Postgraduate student, Assistant Prof. and Former Postgraduate student, Dept. of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, respectively

(* - Corresponding Author Email: yajabshir@tabrizu.ac.ir)

5- Associate Prof., Dept. of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, I.A.U, Takestan Branch