محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٠، شمارهٔ ٢، تابستان ١٣٩٣، صفحهٔ ٥٤٠-٥٢٩

ارزیابی و مقایسهٔ سطح پایداری محصولات زراعی شرق حوضهٔ زاینده‌رود تحت شرایط خشکسالی با استفاده از تکنیک تصمیم چندمعیاره

اعظم رضایی[1]، سیدابوالقاسم مرتضوی*[2]، غلامرضا پیکانی[3]، صادق خلیلیان[4]

۱. دانشجوی دکترای اقتصاد منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس a_rezaee@modares.ac.ir
۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران rezapeykani@yahoo.com
٤. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس khalil.s@modares.ac.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۸/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷

چکیده

همزمان با توسعهٔ مباحث پایداری، تلفیق جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای انجام فرایند تصمیم ضروری به نظر می‌رسد. این مقاله با تجمیع جنبه‌های مختلف پایداری و استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره (فرایند تحلیل سلسله مراتبی) به سنجش و مقایسهٔ سطح پایداری محصولات زراعی در مقیاس مزرعه‌ای پرداخته است. داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل ۱۴۰ پرسش‌نامه و مصاحبهٔ رو در رو با کشاورزان شرق حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود برای چهار محصول یونجه، گندم، جو و ذرت علوفه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۰– ۱۳۹۱ جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که یونجه با وزن نهایی ۰/۲۸۷ پایدارترین محصول است و جو، گندم و ذرت علوفه‌ای به ترتیب با وزن نهایی ۰/۲۶۶، ۰/۲۳۵ و ۰/۲۱۲ در رتبه‌های بعدی پایداری قرار دارند. همچنین، بر اساس معیار زیست‌محیطی، جو با نمرهٔ ۰/۳۵۲ پایدارترین محصول بود. در رتبه‌بندی محصولات بر اساس معیارهای اجتماعی و اقتصادی به ترتیب یونجه با وزن ۰/۲۷۴ و ۰/۵۰ دارای بالاترین سطح پایداری بود. با توجه به افزایش رقابت کاربری آب در حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود و افزایش ارزش آب در بخش کشاورزی با تغییر وزن شاخص آب مصرفی تحلیل حساسیت انجام گرفت. نتایج حاکی از این بود که با افزایش وزن مؤلفهٔ زیست‌محیطی تا سطح ۰/۴ پایداری کلی جو افزایش می‌یابد. این نتیجه با افزایش فشار بر منابع آب زیرزمینی و به تبع آن شوری آب و خاک و نیاز آبی پایین جو نسبت به سایر محصولات در منطقه سازگار است.

کلیدواژه

پایداری، تحلیل سلسله مراتبی، خشکسالی، زاینده‌رود.

۱. سرآغاز

پایداری کشاورزی به‌منزلهٔ پیش‌شرط کلیدی برای سودآوری بلندمدت نواحی کشاورزی مطرح می‌شود. به زعم صاحب‌نظران، سیستم کشاورزی در صورتی پایدار است که از نظر زیست‌محیطی باکیفیت، از جنبهٔ اقتصادی دارای ثبات و از حیث اجتماعی عادلانه باشد (Barnes, 2002; Dantsis, et al., 2010). پایداری کشاورزی در سطوح مختلف مزرعه، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی مطرح

* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۲۱۴۸۲۹۲۰۲۶ Email: samortazavi@modares.ac.ir

است، اما با توجه به شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیکی خاص در هر منطقه، نیاز به ارزیابی پایداری در مقیاس‌های کوچک‌تر دیده می‌شود (Payraudeau and van der Werf, ; Pacini, et al., 2003; Van Cauwenbergh, et al., 2007; 2005).

خشکسالی‌های اخیر در حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود سبب افزایش رقابت در کاربری آب بین بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب و فشار بیش از حد بر منابع آب شده است. این رقابت محدودیت منابع آب را در بخش کشاورزی افزایش می‌دهد و همراه سیستم مدیریتی ضعیف منابع آب در حوضه، ناپایداری کشاورزی را به وجود آورد (Huang, et al., 2012).

در دسترس بودن آب مهم‌ترین عامل برای تولیدات کشاورزی در نواحی خشک است (Sharma and Minhas, 2005). بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی، توسعهٔ کشاورزی را قویاً تحت تأثیر قرار می‌دهد و در تخریب محیط‌زیست نقش کلیدی بازی می‌کند (Li, et al., 2009). بر این اساس سنجش پایداری تحت شرایط خشکسالی می‌تواند برای تخصیص منابع آب مطلوب برای حمایت از پایداری کشاورزی به تصمیم‌گیران کمک کند.

مطالعات مختلفی به ارزیابی پایداری کشاورزی پرداخته‌اند. مضمون مشترک همهٔ این مطالعات، تجسم ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری است (van Calker, ; Rigby, et al., 2001; Tiwari, et al., 1999 ; Van Cauwenbergh, et al., 2007; et al., 2007 Sydorovych and Wossink, 2008). برخی مطالعات به بررسی پایداری از یک جنبه پرداخته‌اند. Cerutti و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش ارزیابی چرخهٔ زندگی[1]، پایداری زیست محیطی سه نوع سیستم کشت انگور در ایتالیا را مقایسه کردند. Pala و همکاران (۲۰۰۴) برای افزایش بهره‌وری سود گندم در کشاورزان معیشتی، رهیافتی پایدار از جنبهٔ اقتصادی ارائه دادند. تعدادی از مطالعات به سنجش دو جنبه از پایداری پرداخته‌اند. Tiwari و همکاران (۱۹۹۹) با استفاده از تکنیک تحلیل چندمعیاره و تجمیع معیارهای اقتصادی و زیست‌محیطی به ارزیابی پایداری در بخش کشاورزی در سطح منطقه‌ای پرداختند. هزینه‌های زیست‌محیطی، تقاضای آب، نسبت نهاده به ستادهٔ انرژی و تناسب زمین به‌منزلهٔ معیارهای زیست‌محیطی و تحلیل‌های هزینه- فایده به‌منزلهٔ معیار پایداری اقتصادی در نظر گرفته شدند. Mancini و همکاران (۲۰۰۸) با در نظر گرفتن جنبه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری برای کشاورزان پنبه‌کار در هندوستان آموزش در مزرعه را از راهکارهای افزایش پایداری مطرح کردند. همچنین، تعداد کمی از مطالعات انجام‌شده به بررسی جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در کنار هم پرداخته‌اند. Dantsis و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی و مقایسهٔ پایداری کشاورزی با استفاده از تجمیع شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و تئوری ارزش چندوجهی در یونان پرداختند و در دو منطقهٔ کشاورزی سطح پایداری محصولات مختلف را مقایسه کردند. Liu و Zhang در سال ۲۰۱۳ به ارزیابی جامع پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در دو منطقهٔ مهم کشاورزی چین پرداختند. Cauwenbergh و همکاران (۲۰۰۷)، چارچوبی همراه معیارهای همه‌جانبهٔ آن برای ارزیابی پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و قابل اجرا در سطح مزرعه، منطقه، ملی و بین‌المللی ارائه دادند. از مطالعاتی که در کشور به ارزیابی پایداری پرداختند می‌توان به چند مطالعه اشاره کرد. عربیون و همکاران (۱۳۸۸) به ارزیابی سطح پایداری نظام کشت گندم در استان فارس پرداختند و نشان دادند که ۶۸/۴ درصد کشاورزان در وضعیت ناپایدار قرار دارند. شاه‌نوشی و همکاران (۱۳۹۰)، به منظور بهره‌برداری پایدار از منابع آبی منطقهٔ گنبد کاووس و مدیریت خشکسالی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[2] راهکارهای عملی مدیریت خشکسالی را برای دورهٔ کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت ارائه دادند. بریم‌نژاد و صدرالاشرافی (۱۳۸۴)، به مدل‌بندی پایداری منابع آب کشاورزی با استفاده از معیارهای زیست‌محیطی پرداختند. در این مطالعه معیارهای

کیفیت هوا، کیفیت آب، کمیت آب، تنوع زیستی و ... به کار گرفته شد.

اغلب مطالعاتی که به ارزیابی پایداری پرداخته‌اند روی جنبه‌های زیست‌محیطی متمرکز شده و جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی پایداری را نادیده گرفته‌اند. در این مطالعه، با استفاده از معیار تجمیع‌شده از شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و تکنیک تصمیم چندمعیاره (MCDA)[۳] به ارزیابی و مقایسهٔ پایداری محصولات زراعی عمده در سطح مزرعه در شرق حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود پرداخته شده است. در این راستا اهداف اختصاصی تحقیق عبارت‌اند از:

۱. ارزیابی پایداری از جنبهٔ زیست‌محیطی در منطقه؛
۲. ارزیابی پایداری از جنبهٔ اجتماعی در منطقه؛
۳. ارزیابی پایداری از جنبهٔ اقتصادی در منطقه؛
۴. تحلیل حساسیت پایداری در شرایط خشکسالی.

آمار و اطلاعات مورد نیاز با استفاده از تکمیل پرسش‌نامه از کشاورزان در سال زراعی ۹۰- ۹۱ به دست آمده است. برای تحلیل نتایج از نرم‌افزار Expert choice 11 و Excel استفاده شده است.

۲. مواد و روش بررسی

تکنیک تصمیم چندمعیاره معیاری مناسب برای تحلیل مسائل پیچیده است که با ترکیبی از داده‌های کمّی و کیفی شامل نظرهای کارشناسان مواجه است. این تکنیک توانایی تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه از طریق تجمیع خصیصه‌های مختلف برای انتخاب گزینه‌های مستقل را دارد (Belton and Stewart, 2002).

تکنیک تصمیم چندمعیاره در مطالعات مختلف برای ارزیابی پایداری کشاورزی استفاده شده است که همگی بر استفاده از این معیار برای سنجش پایداری تأکید داشته‌اند (Cauwenbergh, et al., ; Mendoza and Martins, 2006 Liu ; Mouron, et al., 2012; Dantsis, et al., 2010; 2007 and Zhang, 2013).

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) از جامع‌ترین و معمول‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده بر اساس تکنیک MCDA است. این تکنیک امکان فرموله‌کردن مسائل را به صورت سلسله مراتبی فراهم کرده است و امکان در نظر گرفتن معیارهای کمّی و کیفی مختلف را نیز به تصمیم‌گیرنده می‌دهد (Saaty, 2008).

جامعهٔ آماری این تحقیق شامل زارعان شرق حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود است که بر اساس شاخص نمایهٔ بارش استانداردشده (SPI)[۴] و نقشه‌های گسترهٔ فراوانی خشکسالی دچار خشکسالی بسیار شدید شده است (سلطانی و سعادتی، ۱۳۸۶). در این منطقه ۲۸۵۰۹ هکتار اراضی کشاورزی آبی وجود دارد که ۲۴۹۲۰ هکتار آن اختصاص به کشت محصولات زراعی سالانه و ۳۵۸۹ هکتار باغ وجود دارد. محصولات عمده در این منطقه عبارت‌اند از: گندم، جو، یونجه، ذرت علوفه‌ای (ذوفن، ۱۳۹۰) که برای ارزیابی پایداری انتخاب شدند. در این منطقه کشت دیم وجود ندارد. همچنین، روش نمونه‌گیری در این تحقیق، تصادفی ساده است و برای تعیین حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شد (رابطهٔ ۱):

$$n=\frac{t^2 s^2}{d^2}\ \frac{N-n}{N} \qquad (1)$$

در این رابطه n تعداد نمونه، N اندازهٔ جامعه آماری، t ضریب اطمینان قابل قبول، d درصد خطا و S^2 واریانس صفت مورد مطالعه در جامعهٔ آماری است. حجم نمونه، با ضریب اطمینان ۹۵ و خطای ۸ درصد، ۱۴۰ تعیین شد. پرسش‌نامه‌ها از طریق مصاحبهٔ رو در رو با زارعان منطقه در سال زراعی ۹۰- ۹۱ تکمیل شد. پرسش‌نامهٔ طراحی‌شده شامل سه بخش بود: بخش اول، در برگیرندهٔ وضعیت اجتماعی کشاورزان که شامل متغیرهای سن، سطح تحصیلات، اندازهٔ خانوار، اشتغال و داشتن شغل جانبی بود. بخش دوم، سؤالاتی در خصوص وضعیت اقتصادی کشاورزان از جمله میزان مصرف و هزینهٔ نهاده‌های کشاورزی، ارزش محصول اصلی و فرعی و ... طی مراحل کاشت، داشت و برداشت بود. بخش سوم نیز به سؤالات زیست‌محیطی از قبیل نوع سیستم زراعی، فعالیت‌های مدیریت مزرعه و ... زارعان اختصاص داشت.

استفاده از AHP با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11 مستلزم طی مراحل زیر است (Saaty and Vargas, 2012).

۱. مدل‌سازی (توسعهٔ درخت تصمیم)

اولین گام برای انتخاب پایدارترین محصول در منطقه، ایجاد درخت تصمیم همراه شاخص‌های انتخابی است (نمودار ۱). شاخص کلی پایداری از تجمیع سه معیار زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به دست آمد. معیارها بر اساس مطالعهٔ Dantsis و همکاران (۲۰۱۰) انتخاب و به زیرمعیارهای قابل اندازه‌گیری در سطح مزرعه تقسیم‌بندی شدند.

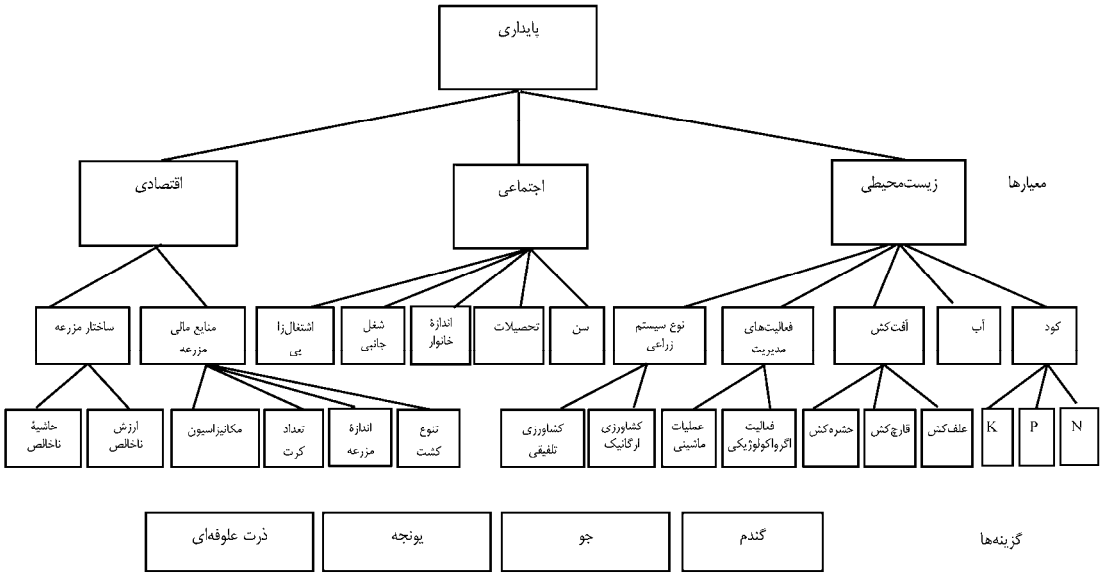
۲. مقایسه‌های زوجی معیارها

یک سری ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارها در سه سطح برای تعیین وزن شاخص‌ها در سطح مزرعه به کار برده شدند. بر اساس تعریف پایداری کشاورزی Van Passel و همکاران (۲۰۰۷) وزن سه شاخص اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در پایداری یکسان در نظر گرفته شد. در نهایت با تجمیع شاخص‌های اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی، شاخص پایداری کل به دست آمد (Dantsis, et al., 2010). معیارها و زیرمعیارهای استفاده‌شده در سنجش پایداری با استفاده از مطالعات انجام‌شده در این زمینه انتخاب و با نظرهای متخصصان امر اصلاح و تأیید شدند. برای وزن‌دهی زیرمعیارها نیز از ۵ نفر از متخصصان در زمینهٔ پایداری استفاده شد. انتخاب افراد کاملاً تعمدی و غیرتصادفی بود. برای این کار، ابتدا ماتریس مقایسه های زوجی[5] شاخص‌ها همانند رابطهٔ ۲ تشکیل می‌شود.

(۲)

$$D=\begin{bmatrix} a_{11} & \vdots & \vdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & \vdots & \vdots & a_{nm} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \vdots & \vdots & \frac{W_1}{W_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{W_n}{W_1} & \vdots & \vdots & \frac{W_n}{W_n} \end{bmatrix}$$

در این ماتریس، $a_{ij\rightarrow \forall i,j}=1,2,...,n$ معرف قضاوت شخصی تصمیم‌گیرنده در خصوص مقایسهٔ زوجی مابین شاخص iام نسبت به شاخص jام است. به عبارت دیگر، برای تصمیم‌گیرنده شاخص iام نسبت به jام می‌تواند دارای اهمیت و ارجحیت متفاوتی باشد. سپس، ماتریس زوجی گروهی با استفاده از میانگین هندسی که منعکس‌کنندهٔ نظرهای تک تک افراد است، ایجاد می‌شود. با توجه به اینکه مقایسه های زوجی داده‌ها به صورت «نسبت» انجام می‌شوند، میانگین هندسی از نظر ریاضی بهترین میانگین برای آن‌هاست. علاوه بر این، معکوس بودن ماتریس مقایسه، استفاده از این میانگین را بیشتر از هر چیز موجه می‌کند.



نمودار ۱. درخت تصمیم

اگر فرض شود a_{ij_k} مؤلفهٔ مربوط به شخص kام برای مقایسهٔ شاخص i به j است، بنابراین میانگین هندسی برای تمامی مؤلفه‌های متناظر به صورت رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود (Saaty, 2008).

$$\bar{a}_{ij} = (\prod_{k=1}^{N} a_{ij_k})^{\frac{1}{N}} \qquad (۳)$$

رتبه و وزن هر معیار و رتبه و وزن هر کدام از زیرمعیارها، برای اثر در پایداری و مقیاس آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به تفکیک وزن و رتبه

معیار و وزن	زیرمعیار (۱)	رتبه	وزن	زیرمعیار (۲)	رتبه در زیرگروه	وزن در زیرگروه	مقیاس	جهت اثر	توضیحات
زیست‌محیطی (۰/۳۳۳)	کود	۲	۰/۲۶۱	نیتروژن	۱	۰/۶۴۹	$Kg\ ha^{-1}$	−	مقدار مصرف طی دورهٔ رشد
				فسفات	۲	۰/۲۷۹	$Kg\ ha^{-1}$	−	
				پتاس	۳	۰/۰۷۲	$Kg\ ha^{-1}$	−	
	آفت‌کش	۱	۰/۴۹	حشره‌کش	۱	۰/۷۳۱	$No\ ha^{-1}$	−	تعداد دفعات طی دورهٔ رشد
				علف‌کش	۲	۰/۱۸۸	$No\ ha^{-1}$	−	
				قارچ‌کش	۳	۰/۰۸۱	$No\ ha^{-1}$	−	
	مصرف آب آبیاری	۴	۰/۰۸۹	−	−	−	$M^3\ ha^{-1}$	−	میزان مصرف آب ناخالص طی دورهٔ رشد
	فعالیت‌های مدیریت مزرعه	۳	۰/۱۱	عملیات ماشینی مزرعه	۲	۰/۲۵	$No\ ha^{-1}$	−	تعداد دفعات ورود ماشین‌آلات به مزرعه
				فعالیت‌های اگرواکولوژیکی	۱	۰/۷۵	درصد (٪)	+	متوسط میانگین فعالیت‌های مدیریت مزرعه. ۱) مدیریت بقایای گیاهی؛ ۲) کود آلی؛ ۳) تناوب زراعی؛ ۴) دو/چند کشتی‌بودن. دارای فعالیت بودن=۱ و در غیر این صورت=۰
اجتماعی (۰/۳۳۳)	نوع سیستم زراعی	۵	۰/۰۴۹	کشاورزی ارگانیک	۱	۰/۷۵	درصد (٪)	+	نرخ سازگاری فعالیت‌ها با محیط‌زیست. ۱) بذر اصلاح‌شده و ۲) آبیاری تحت فشار. انجام فعالیت=۱ و در غیر این صورت=۰
				کشاورزی تلفیقی	۲	۰/۲۵		+	انجام دامداری همزمان با کشاورزی=۱ و در غیر این صورت=۰
	سن	۲	۰/۲۴۴	−	−	−	سال	−	میانگین سن کشاورزان
	سطح تحصیلات	۱	۰/۴۹۸	−	−	−	$No\ ha^{-1}$	+	میانگین تحصیلات کشاورزان
	شغل جانبی	۳	۰/۱۴۲	−	−	−	درصد (٪)	+	دارای شغل جانبی=۱ و در غیر این صورت=۰
	اندازهٔ خانوار	۵	۰/۰۴۹	−	−	−	No	+	−
	اشتغال‌زایی فعالیت کشاورزی	۴	۰/۰۶۷	−	−	−	$L\ ha^{-1}$	+	تعداد نیروی کار شاغل در فعالیت کشاورزی
اقتصادی (۰/۳۳۳)	منابع مالی مزرعه	۱	۰/۷۵	ارزش ناخالص محصول	۲	۰/۲۵	$Rials\ ha^{-1}$	+	−
				حاشیهٔ ناخالص کشاورزی	۱	۰/۷۵	$Rials\ ha^{-1}$	+	میانگین تفاوت درآمد و هزینهٔ جاری محصول
	ساختار مزرعه	۲	۰/۲۵	تنوع در کشت	۳	۰/۱۲۲	No	+	تعداد محصولات کشت‌شده به جز محصول هدف
				اندازهٔ مزرعه	۱	۰/۵۹۷	ha	+	متوسط میانگین اندازهٔ مزرعه
				تعداد کرت	۲	۰/۲۴۵	No	−	−
				مکانیزاسیون	۴	۰/۰۵۴	$No\ ha^{-1}$	+	میانگین تعداد ماشین‌آلات کشاورزان

مأخذ: یافته‌های تحقیق

از ۲۲ شاخص مطرح‌شده، کودها، آفت‌کش‌ها، مصرف آب آبیاری، عملیات ماشین‌آلات، سن کشاورزان و تعداد کرت اثر منفی و فعالیت‌های اگرواکولوژیکی، کشاورزی ارگانیک، کشاورزی تلفیقی، شغل جانبی، سطح تحصیلات، اندازهٔ خانوار، اشتغال‌زایی کشاورزی، ارزش ناخالص محصول، حاشیهٔ ناخالص محصول، تنوع در کشت، اندازهٔ مزرعه و مکانیزاسیون اثر مثبت در پایداری دارند. تمام معیارها برای یک هکتار محاسبه شده‌اند. در صورت نرخ ناسازگاری بیش از ۰/۱ در تصمیم متخصصان با کمک نرم‌افزار Expert Choice 11، مقایسه‌های ناسازگار تشخیص داده و رفع شد.

۳. استخراج اولویت‌ها با استفاده از ماتریس مقایسه‌های زوجی.

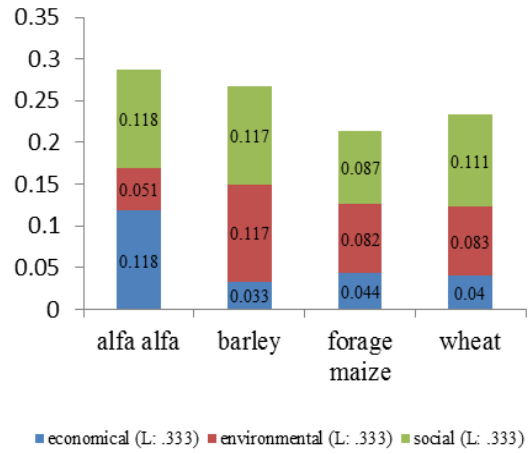
برای این منظور، در ابتدا باید با تقسیم هر یک از مؤلفه‌های ماتریس تصمیم‌گیری بر مجموع مؤلفه‌های ستون مربوط این ماتریس را بی‌مقیاس کرد (رابطهٔ ۴).

$$r_{ij} = \frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} \bar{a}_{ij}}, (j = 1,2,\ldots,m) \qquad (۴)$$

در این رابطه r_{ij} معرف ارزش نرمال‌شدهٔ گزینهٔ شاخص iام نسبت به jام است. پس از نرمال‌کردن و تشکیل ماتریس بهنجارشده، میانگین هر سطر این جدول نشان‌دهندهٔ اولویت هر معیار یا گزینهٔ رقیب است.

۳. نتایج

بر اساس نتایج تحقیق، یونجه پایدارترین محصول بود. مجموع سطوح پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی یونجه ۰/۲۸۷ بود. همچنین، جو، گندم و ذرت علوفه‌ای به ترتیب با نمرهٔ ۰/۲۶۶، ۰/۲۳۵ و ۰/۲۱۲ در رتبه‌های بعدی پایداری قرار گرفتند (شکل ۱).



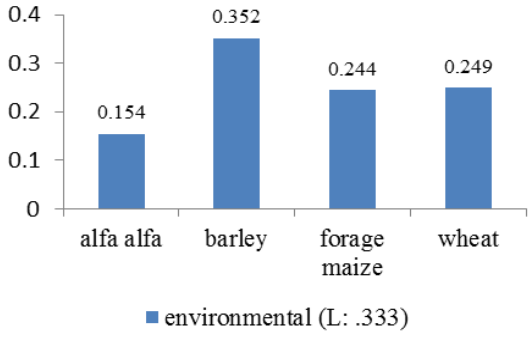
شکل ۱. سطح پایداری محصولات (نرخ ناسازگاری کلی=۰/۰۳)

۱.۳. هدف اختصاصی اول

براساس شاخص زیست‌محیطی، جو با نمرهٔ ۰/۳۵۲ پایدارترین محصول بود. گندم، ذرت علوفه‌ای و یونجه با نمره‌های ۰/۲۴۹، ۰/۲۴۴ و ۰/۱۵۴ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در زیرمعیار کود با نرخ ناسازگاری ۰/۰۲، جو با سطح پایداری ۰/۳۲۳، گندم ۰/۲۴۹، ذرت علوفه‌ای ۰/۲۳۳ و یونجه ۰/۱۹۵ به ترتیب اولویت قرار داشتند. جو در هر سه زیرمعیار کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم بالاترین سطح پایداری را داشت.

بر اساس زیرمعیار آفت‌کش‌ها که از تجمیع زیرمعیارهای علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش به دست آمد جو نیز با نمرهٔ ۰/۴۲۱ در بالاترین سطح پایداری قرار گرفت. گندم با ۰/۲۵۰، ذرت علوفه‌ای با ۰/۲۱۶ و یونجه با ۰/۱۱۲ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۲ در سطوح پایین‌تر قرار گرفتند. بر اساس معیار آب مصرفی در هر هکتار با نرخ ناسازگاری (۰/۰۰)، جو با کمترین نیاز آبی و نمرهٔ ۰/۳۶۲ در بالاترین سطح پایداری قرار گرفت. گندم با ۰/۳۲۶، ذرت علوفه‌ای با ۰/۲۷۲ و یونجه با ۰/۰۴۱ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بر اساس زیرمعیار فعالیت‌های مزرعه و با نرخ ناسازگاری (۰/۰۰)، ذرت علوفه‌ای با ۰/۳۰۷، یونجه با ۰/۲۷۷، گندم با ۰/۲۰۹ و جو با ۰/۲۰۷ بالاترین نمره‌های

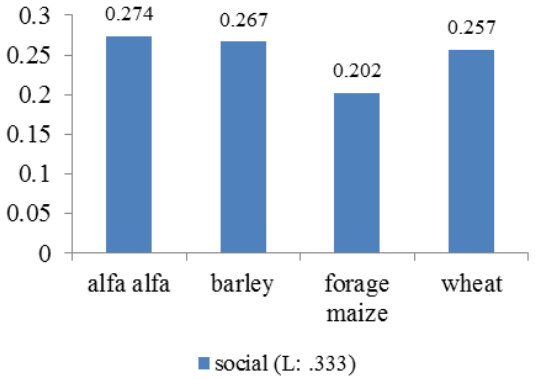
پایداری را داشتند. بر اساس تعداد دفعات ورود ماشین‌آلات به مزرعه، یونجه پایدارترین و گندم و ذرت ناپایدارترین محصولات بودند. استفادهٔ بیش از حد از ماشین‌آلات سنگین، به تراکم خاک منجر شده و از جدی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی محسوب می‌شود. بر اساس عملیات اگرواکولوژیکی که متشکل از متوسط میانگین ارزش از ۱. مدیریت بقایای گیاهی؛ ۲. کود آلی؛ ۳. تناوب زراعی و ۴. سیستم دو/چند کشتی بود، ذرت با ۰/۳۴۱ پایدارترین و یونجه با ۰/۲۵۷، گندم با ۰/۲۱۱ و جو با ۰/۱۹۲ در رتبه‌های بعدی پایداری با نرخ ناسازگاری ۰/۰۰ قرار داشتند. بر اساس زیرمعیار نوع سیستم زراعی که متشکل از زیرمعیارهای کشاورزی تلفیقی و ارگانیک بود، با نرخ ناسازگاری ۰/۰۰، ذرت با نمرهٔ ۰/۳۷۹ پایدارترین و گندم با ۰/۲۲۹، جو با ۰/۲۱۱ و یونجه با ۰/۱۸۰ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۲).



شکل ۲. سطح پایداری زیست‌محیطی محصولات (نرخ ناسازگاری کلی=۰/۰۵)

۲.۳. هدف اختصاصی دوم

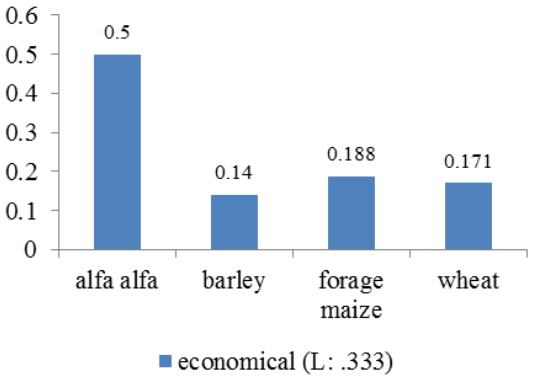
بر اساس معیار پایداری اجتماعی که از زیرمعیارهای سن، سطح تحصیلات، اندازهٔ خانوار، شغل جانبی و نرخ اشتغال فعالیت‌های کشاورزی تشکیل شده بود، یونجه با نمرهٔ پایداری ۰/۲۷۵ در رتبهٔ اول قرار داشت. جو با ۰/۲۶۸، گندم با ۰/۲۵۷ و ذرت علوفه‌ای با ۰/۲۰۱ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۵ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. بر اساس زیرمعیارهای شاخص اجتماعی پایداری، یونجه‌کاران دارای سطح تحصیلات بالاتر و نرخ اشتغال در بخش کشاورزی بالاتری بودند. همچنین، گندم‌کاران از بقیهٔ زارعان جوان‌تر بودند و جوکاران بیشتر از سایر زارعان شغل جانبی داشتند (شکل ۳).



شکل ۳. سطح پایداری اجتماعی محصولات (نرخ ناسازگاری کلی=۰/۰۵)

۳.۳. هدف اختصاصی سوم

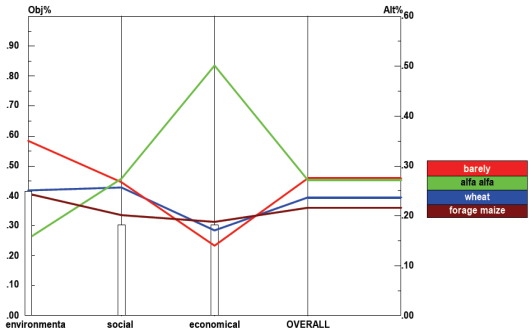
یونجه با نمرهٔ ۰/۵ پایدارترین محصول از جنبهٔ اقتصادی بود. ذرت علوفه‌ای، گندم آبی و جو نیز در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. بر اساس معیار منابع مالی مزرعه که متشکل از ارزش ناخالص محصول و بازده برنامه‌ای محصول بود، یونجه بالاترین سطح پایداری را داشت. همچنین، بر اساس معیارهای ساختار مزرعه، گندم با سطح پایداری ۰/۲۹۷ در رتبهٔ اول و پس از آن جو با نمرهٔ ۰/۲۶۲، یونجه ۰/۲۲۵ و ذرت علوفه‌ای با ۰/۲۱۶ قرار داشتند. ذرت علوفه‌ای بالاترین نمره (۰/۳۷۲) در تنوع کشت، گندم پایدارترین محصول با نمرهٔ ۰/۲۹۴ از نظر اندازهٔ مزرعه، گندم و جو پایدارترین محصولات با نمرهٔ ۰/۳۴۰ از نظر تعداد کرت و یونجه پایدارترین محصول از جنبهٔ مکانیزاسیون (۰/۲۸۲) بودند (شکل ۴).



شکل ۴. سطح پایداری اقتصادی محصولات (نرخ ناسازگاری کلی=۰/۰۱)

۴.۳. هدف اختصاصی چهارم

با توجه به بحران آب در حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود و افزایش تقاضا و رقابت برای آب میان کاربری‌های شرب، صنعت و کشاورزی سهم بخش کشاورزی از آب رودخانه پیوسته در حال کاهش و به همین علت ارزش آب در بخش کشاورزی در حال افزایش است. به همین منظور با افزایش وزن زیرمعیار مصرف آب ناخالص آبیاری برای هر محصول رتبه‌های پایداری در منطقه بررسی شد. با افزایش وزن زیرمعیار آب و به تبع آن شاخص زیست‌محیطی، پایداری جو افزایش می‌یابد. در صورتی که وزن شاخص زیست‌محیطی تا حد آستانهٔ ۰/۴ افزایش یابد، ترتیب اولویت پایداری بین یونجه و جو تغییر می‌کند و در شرایط خشکسالی با توجه به نیاز آبی بالای یونجه، این محصول در وضعیت ناپایدار قرار می‌گیرد (شکل ۵).



شکل ۵. تحلیل حساسیت عملکرد تحت شرایط خشکسالی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف ارزیابی پایداری محصولات عمدهٔ زراعی و انتخاب پایدارترین محصول تحت شرایط خشکسالی انجام شد. به علت اهمیت ارزیابی پایداری در مقیاس‌های کوچک‌تر، سنجش پایداری در سطح مزرعه انجام شد. با توجه به اهمیت معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در پایداری بخش کشاورزی، برای سنجش پایداری از معیار تجمیع‌شده که تمام شاخص‌های بالا را دارا باشد، استفاده شد.

بر اساس معیار زیست‌محیطی، بالاترین سطح پایداری متعلق به جو است. با توجه به اینکه افزایش کاربرد کودها مبین تخصصی‌شدن و کشت متراکم فعالیت‌های زراعی است با افزایش مصرف کودها، ناپایداری افزایش می‌یابد. در بین محصولات تحت بررسی، جو کمترین مصرف کود را داشته است که این نتیجه با نتایج مطالعهٔ Dantsis و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی داد. همچنین، مزارع جو کمترین دفعات کاربرد آفت‌کش‌ها و در نتیجه بالاترین سطح پایداری در زیرمعیار آفت‌کش را داشت که مطالعهٔ Boyd (۲۰۰۱) نیز این نتیجه را تأیید می‌کند. به بیان دیگر به علت اینکه افزایش کاربرد آفت‌کش‌ها سلامت انسان و کیفیت محیط‌زیست را مستقیماً تحت تأثیر مستقیم قرار می‌دهد سطح پایداری زیست‌محیطی و به تبع آن پایداری کل را کاهش می‌دهد.

همچنین، جو در مصرف آب نیز بالاترین نمرهٔ پایداری را در بین محصولات دارد. نظر به اینکه زاینده‌رود تنها رودخانه در فلات خشک و نیمه‌خشک مرکزی ایران است، رقابت‌پذیری بین کاربران منابع آبی به سرعت در حال افزایش است. افزایش جمعیت، رشد بخش صنعت و تغییرات اقلیم از یک‌سو و انتقال آب رودخانه به سایر استان‌ها از سوی دیگر سبب کاهش سهم بخش کشاورزی از آب رودخانه و افزایش فشار بر سفره‌های آب زیرزمینی و به تبع آن افزایش ناپایداری کشاورزی شده است. در واقع با کاهش سهم بخش کشاورزی از آب رودخانه و

افزایش فشار بر منابع زیرزمینی شوری خاک و EC آب افزایش می‌یابد. در این راستا پایداری محصولی مانند جو به علت نیاز آبی پایین نسبت به سایر محصولات و مقاومت به شوری افزایش می‌یابد. این نتیجه با مطالعهٔ فسخودی و نوری (۱۳۹۰) که در منطقهٔ براآن جنوبی در شرق حوضهٔ زاینده‌رود انجام شده است و بیان می‌کند که برای افزایش سطح پایداری زیست‌محیطی بایستی سطح فعالیت جو افزایش یابد همخوانی دارد.

بر اساس معیار اقتصادی، یونجه بالاترین سطح پایداری را داشت. شاخص‌های اقتصادی بیانگر سودآوری و ثبات اقتصادی مزرعه هستند که به وسیلهٔ دو گروه شاخص‌های اقتصادی منابع مالی مزرعه (ارزش ناخالص کشاورزی و حاشیهٔ ناخالص سود کشاورزان) و ساختار مزرعه (تنوع کشت، اندازهٔ مزرعه، تعداد کرت و مکانیزاسیون) اندازه‌گیری شدند. این نتیجه با نتایج مطالعهٔ فسخودی و نوری (۱۳۹۰)، موسوی و قرقانی (۱۳۸۸) و Dantsis و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد.

ارزش ناخالص کشاورزی برای یونجه ۴ برابر ذرت علوفه‌ای، ۸ برابر گندم و ۱۰ برابر جو بود. همچنین، حاشیهٔ ناخالص سود کشاورزان (GM) برای یونجه ۳۵ برابر جو، ۱۴ برابر گندم و ۳ برابر ذرت علوفه‌ای بود. GM مهم‌ترین معیار اقتصادی از دیدگاه کشاورزان در فعالیت‌های مدیریتی مزرعه است. شایان یادآوری است که به‌رغم قیمت تضمینی برای گندم و حمایت دولت از این محصول، هر دو معیار ارزش ناخالص محصول و حاشیهٔ ناخالص کشاورزان که بیانگر منابع مالی مزرعه است، در رتبهٔ پایین‌تری نسبت به یونجه قرار داشت. علاوه بر این، با توجه به کشاورزی تلفیقی (دامداری) برای یونجه پایداری اقتصادی آن افزایش می‌یابد.

معیارهای تنوع کشت، اندازهٔ مزرعه، تعداد کرت و مکانیزاسیون کشاورزی نمایندهٔ معیار ساختار مزرعه بودند.

تنوع در کشت بهره‌وری و درآمد مزرعه را افزایش و ریسک را کاهش می‌دهد. ذرت علوفه‌ای و یونجه به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین تنوع در کشت را داشتند. یونجه به علت چندساله بودن تنوع در کشت نداشت. Gómez و Riesgo (۲۰۰۹)، Riesgo و Limon (۲۰۰۶)، Dantsis و همکاران (۲۰۱۰) نیز مانند مطالعهٔ حاضر، تنوع در کشت را موجب پایداری بیشتر می‌دانند. در صورتی که فیروز زارع و کهنسال (۱۳۸۶) تخصص در کشت را در مزارع بزرگ‌مقیاس و تنوع در کشت را در مزارع کوچک‌مقیاس برای همسویی با پایداری پیشنهاد می‌کنند. شایان یادآوری است که غالب کشاورزان در شرق رودخانهٔ زاینده‌رود خرده‌مالک بودند.

از طرف دیگر، اندازهٔ مزارع (میانگین تعداد قطعات/میانگین مساحت مزرعه) یونجه از دیگر محصولات بزرگ‌تر بود که بیانگر عملکرد بیشتر و پایداری بالقوهٔ بالاتری است. شایان یادآوری است که به علت خرده‌مالک بودن کشاورزان، قانون ارث و خردشدن قطعات زمین‌ها امکان انجام فعالیت‌های ماشینی در مزرعه و به تبع آن درجهٔ مکانیزاسیون کاهش می‌یابد که در خصوص یونجه به علت اندازهٔ مزارع بزرگ‌تر، کمتر از سایر محصولات به چشم می‌خورد. بر اساس زیرمعیار تعداد کرت‌ها در هکتار نیز پایداری گندم و جو از یونجه و ذرت علوفه‌ای به علت صرف انرژی و نیروی کار بیشتر به ازای هر کرت، در سطح بالاتری قرار گرفت. مطالعهٔ Todorova (۲۰۰۶) و Dantsis و همکاران (۲۰۱۰) نیز این نتیجه را تأیید می‌کند.

بر اساس شاخص‌های اجتماعی، یونجه بالاترین نمرهٔ پایداری را به خود اختصاص داد. با افزایش سن، سطح آموزش و پرورش کشاورز، نگرش‌ها، ویژگی‌های مدیریتی، تعهد به شغل کشاورزی و حجم عملیات کشاورزی تغییر می‌کند (Burton, 2006). همچنین، کشاورزان با سطح تحصیلات بالاتر به فعالیت‌های مدیریتی در مزرعه روی می‌آورند که با محیط‌زیست سازگارتر باشد. از این رو در این زیرمعیار تفاوت چندانی بین کشاورزان گندم‌کار، جوکار و یونجه‌کار وجود نداشت و جو با ۵/۷ و ذرت

علوفه‌ای با ۳/۷۲ به ترتیب بیشترین و کمترین سطح پایداری را داشتند. زیرمعیار اشتغال‌زایی در بخش کشاورزی نیز بیانگر اهمیت بخش کشاورزی در جذب نیروی کار روستایی است که این شاخص برای یونجه ۱۰ برابر جو، ۹/۵ برابر گندم و ۶/۵ برابر ذرت بود. زیرمعیار اندازهٔ خانوار شرکت‌کننده در فعالیت‌های کشاورزی نیز بر ابقای نیروی کار در روستا و مهاجرت‌نکردن به شهر اشاره دارد که برای یونجه در سطح بالاتری است. مطالعهٔ موسوی و قرقانی (۱۳۸۸)، Dantsis و همکاران (۲۰۱۰) و Riesgo & Limon (۲۰۰۶) در تأیید این نتیجه است.

در شرایط خشکسالی، پایداری کشاورزی به صورت همه‌جانبه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در شرق حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود خشکسالی همراه اجازه‌نگرفتن برای تغییر کاربری اراضی به کشاورزان سبب رهاشدن زمین‌های زراعی بیشتر و افزایش مهاجرت به شهرها، کاهش درآمد کشاورزی و روی‌آوردن به شغل‌های کاذب شده است که پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و زیست‌محیطی را قویاً تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در راستای افزایش پایداری در شرایط بحران آب در حوضهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود و با توجه به راندمان آبیاری ۴۰ درصد، افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از آبیاری تحت فشار معمولاً یکی از گزینه‌هایی است که برای افزایش راندمان آب در بخش کشاورزی مطرح می‌شود. باید به این نکته توجه داشت که سطح پذیرش آبیاری بارانی در کشاورزان منطقه به علت شوری و بالابودن PH خاک، بالابودن EC آب، بالابودن هزینهٔ تجهیزات، هراس از مقطعی‌بودن آب رودخانه و کانال و خردبودن مزارع بسیار پایین است که با افزایش فاصله از رودخانه افزایش می‌یابد. لذا روش‌های دیگری مانند لوله‌گذاری در مزرعه برای افزایش راندمان آب مطرح می‌شود که مستلزم ایجاد تسهیلات دولتی، ارائهٔ وام‌های کم‌بهره از طرف دولت است. همچنین، با توجه به پایداری جو در شرایط خشکسالی روش‌هایی مانند افزایش قیمت تضمینی و آموزش‌های ترویجی برای ترغیب کشاورزان به کشت این محصول پیشنهاد می‌شود.

یادداشت‌ها

1. Life cycle assessment (LCA)
2. Analytical Hierarchy Process (AHP)
3. Multiple criteria decision analysis (MCDA)
4. Standard precipitation Indicator (SPI)
5. Matrix of paired comparisons

منابع

بریم‌نژاد، و.، صدرالاشرافی، س. م. ۱۳۸۴. مدل‌بندی پایداری در منابع آب با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مجلهٔ علوم کشاورزی، سال یازدهم، شمارهٔ ۴: ۱۵– ۲۳.

ذوفن، ج.، نصراصفهانی، م. ۱۳۹۰. الگو و ترکیب کشت محصولات زراعی و باغی به تفکیک واحدهای هیدرولوژیک در استان اصفهان، دفتر مطالعات معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان.

سلطانی، س.، سعادتی، س. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از نمایهٔ استاندارد بارش (SPI). مجلهٔ علوم مهندسی و آبخیزداری ایران، جلد ۱، شمارهٔ ۲: ۶۴– ۶۷.

شاهنوشی، ن. ۱۳۹۰. مدریت ریسک خشکسالی در جهت استفادهٔ پایدار از منابع کشاورزی در استان گلستان، همایش پایداری کمّی و کیفی منابع آب کشور.

عربیون، ا.، کلانتری، خ.، اسدی، ع.، شعبانعلی فمی، ح. ۱۳۸۸. سنجش سطح پایداری نظام کشت گندم در استان فارس و تعیین عوامل مؤثر بر آن، مجلهٔ علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، جلد ۵، شمارهٔ ۲: ۱۷– ۲۸.

فسخودی، ع.، نوری، س. ه. ۱۳۹۰. ارزیابی پایداری و تعیین الگوی کشت سیستم‌های زراعی بر اساس بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع آب و خاک با استفاده از الگوهای غیرخطی برنامه‌ریزی ریاضی، مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شمارهٔ ۵۵: ۹۹- ۱۰۹.

کهنسال، ر.، فیروززارع، ع. ۱۳۸۶. تعیین الگوی بهینهٔ کشت همسو با کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه مطالعهٔ موردی استان خراسان شمالی، مجلهٔ اقتصاد کشاورزی و توسعه، جلد ۱۶، شمارهٔ ۶۲: ۱- ۳۱.

موسوی، س. ن.، قرقانی، ف. ۱۳۸۸. محاسبهٔ شاخص‌های پایداری آب کشاورزی توسط مدل برنامه‌ریزی کسری (مطالعهٔ موردی شهرستان مرودشت)، مجلهٔ اقتصاد کشاورزی، سال سوم، شمارهٔ ۳: ۱۴۳- ۱۶۰.

Barnes, A. P. 2002. "Publicly-funded UK agricultural R&D and 'soci al' total factor productivity." Agricultural Economics 27(1): 65-74.

Belton, V., and Stewart, T. J. 2002. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach, Springer.

Boyd, D. R. 2001. "Canada vs. the OECD: an environmental comparison."

Burton, R. J. 2006. "An al ternative to farmer age as an i ndicator of life-cycle stage: the case for a farm family age index." Journal of Rural Studies 22(4): 485-492.

Cerutti, A. K., Bruun, S., Donno, D., and Beccaro, GL. 2013. "Environmental sustainability of traditional foods: the case of ancient apple cultivars in Northern Italy assessed by multifunctional LCA." Jo urnal of Cleaner Production **52**(0): 245-252.

Dantsis, T., Douma, C., Giourga, C., and Loumou, A. 2010. "A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems." Ecological Indicators 10(2): 256-263.

Gómez-Limón, J. A., and R iesgo, L. 2009. "Al ternative approaches to the construction of a composite indicator of agricultural sustainability: An application to irrigated agriculture in the Duero basin in Spain." Journal of Environmental Management 90(11): 3345-3362.

Huang, Y., Li , Y., C hen, X., M ai, YG. 2012. "Opt imization of t he irrigation water resources for agricultural sustainability in Tarim River Basin, China." Agricultural Water Management 107(0): 74-85.

Li, Y. P., Huang, G.H., Wang, G.Q., Huang, YF. 2009. "FSWM : A hybrid fuzzy-stochastic water-management model for agricultural sustainability under uncertainty." Agricultural Water Management 96(12): 1807-1818.

Liu, F., and Zhang, H. 2013. "Novel methods to assess environmental, economic, and social sustainability of main agricultural regions in China." Agronomy for Sustainable Development: 1-13.

Mancini, F., Termorshuizen, AG., Jiggins, G. 2008. "Increasing the environm ental and social sustainability of cotton farming through farmer education in Andhra Pradesh, India." Agricultural Systems 96(1): 16-25.

Mendoza, G., and Martins, H. 2006. "M ulti-criteria decision analysis in na tural resource management: a critical review of methods and new modelling paradigms." Forest ecology and management 230(1): 1-22.

Mouron, P., Heijne, B., Howells, O. 2012. "Sustainability assessment of crop protec tion systems: Sustain OS methodology and its application for apple orchards." Agricultural Systems 113(0): 1-15.

Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C. 2003. "Eva luation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and fi eld-scale analysis." Agriculture, Ecosystems & Environment 95(1): 273-288.

Pala, M., Ryan, J., M azid, A., Abdal lah., O. 2004. "Wheat farming in Syria: an approach to economic transformation and sustainability." Renewable Agriculture and Food Systems 19(01): 30-34.

Payraudeau, S., and van der Werf, H. M . G. 2005. "Envi ronmental impact assessment for a farming region: a review of methods." Agriculture, Ecosystems & Environment 107(1): 1-19.

Riesgo, L., and Gom ez-Limon, J.A .2006. "Multi-criteri a policy scenario analysis for public regulation of irrigated agriculture." Agricultural Systems 91(1): 1-28.

Rigby, D., Woodhouse, P., Young, T., B urton, M .2001. "C onstructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice." Ecological Economics 39(3): 463-478.

Saaty, T. L. 2008. "Deci sion making with the analytic hierarchy process." Int ernational Journal of Servi ces Sciences 1(1): 83-98.

Saaty, T. L., and Vargas, L. G. 2012. How t o Make a Decision. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Springer: 1-21.

Sharma, B. R., and Minhas, P.S. 2005. "St rategies for managing saline/alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia." Agricultural Water Management 78(1–2): 136-151.

Sydorovych, O., and W ossink, A .2008. "The meaning of agricultural sust ainability: Evidence from a conjoint choice survey." Agricultural Systems 98(1): 10-20.

Tiwari, D. N., Loof, A., Paudyal, GN. 1999. "Envi ronmental–economic decision-making in lowland irrigated agriculture using multi-criteria analysis techniques." Agricultural Systems 60(2): 99-112.

Todorova, A .2006. "Econom ic and soci al effects of land fragmentation on B ulgarian agriculture." Journal of Central European Agriculture 6(4).

Van Calker, K. J., Berentsen, P.B., De Boer, IG. 2007. "Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: An app lication to conventional and organic dairy farming." Agricultural System s 94(2): 205-219.

Van Cauwenbergh, N., B iala, K., B ielders, C. 2007. "SAFE—A hierarchical framework for assessi ng the sustainability of agricultural systems." Agriculture, Ecosystems & Environment 120(2–4): 229-242.

Van Passel, S., Nevens, F., Mathijs, E . 2007. "Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency." Ecological Economics 62(1): 149-161.