برآورد کمینه سطح اقتصادی برای پیاده سازی کشاورزی دقیق در مزارع گندم و جو(مطالعه موردی: استان همدان)

امیرعرفان هاشمی[۱]، محمد باقرلک[۲]، فرنگیس خسروانجم[۳]

۱ـ دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، a_e_hashemi@yahoo.com
۲ـ دانشجوی دکتری مکانیک ماشین های کشاورزی ، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، mbagherlak@gmail.com.
۳ـ دانشجوی دکتری مهندسی کشاورزی و بیولوژی، دانشگاه فلوریدا، farangis@ufl.edu.

چکیده

کشاورزی دقیق یا به عبارت بهتر مدیریت موضعی نهاده‌ها باور توانایی تاثیر بر افزایش بهره‌وری را تبیین می نماید. با بهره‌گیری از این فنّاوری می‌توان در مصرف نهاده‌ها صرفه‌جویی کرد و ضمن حفظ محیط زیست و افزایش بازدهی اقتصادی به پایداری کشاورزی کمک نمود. در این مقاله حداقل سطح اقتصادی برای گندم و جو آبی و دیم در همدان برآورد شد. این سطح با در نظر داشتن صرفه‌جویی بالقوه ناشی از مصرف صحیح نهاده‌ها تخمین زده شد و سطوح ۶۹۴، ۹۷۵، ۱۳۶۱ و ۴۲۰ هکتار برای گندم آبی، گندم دیم، جو آبی، و جو دیم به‌عنوان حداقل سطح اقتصادی پیاده‌سازی کشاورزی دقیق در این مزارع برآورد شدند.

واژگان کلیدی: کشاورزی دقیق، سطح اقتصادی، گندم، جو، اندازه مزرعه، صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌ها.

مقدمه

استان همدان با دربرگرفتن هشت شهرستان و وسعتی حدود ۱۹۴۹۴۰۰ هکتار، ۱.۲٪ از سطح کل کشور را درمیان گرفته است. جمعیت این استان ۱۷۰۳۲۶۷ نفر می باشد که حدود ۲.۴٪ جمعیت کشور را تشکیل می دهد و این بدان معناست که تراکم جمعیت استان همدان حدود دوبرابر میانگین کشور است (جدول۱).

جدول۱. مقایسه تراکم نسبی جمعیت استان در هر کیلومتر مربع به تفکیک شهرستان در سال ۱۳۸۵(۳)

شهرستان	مساحت بر حسب (کیلومتر مربع)	جمعیت	تراکم نسبی جمعیت در کیلومتر مربع	رتبه تراکم نسبی در استان	جمعیت ساکن در آبادیها
همدان	۴۰۸۴	۶۳۷۳۰۴	۱۵۶	۱	۱۲۰۰۲۱
ملایر	۳۲۳۸	۲۹۰۱۹۷	۹۰	۴	۱۱۸۰۳۸
نهاوند	۱۶۲۳	۱۸۱۰۴۹	۱۱۲	۲	۹۱۸۸۷
تویسرکان	۱۴۸۰	۱۱۰۷۳۷	۷۵	۶	۶۱۰۲۳
کبودرآهنگ	۳۷۶۸	۱۴۲۶۴۵	۳۸	۸	۱۱۶۹۲۶
اسد آباد	۱۱۷۳	۱۰۶۰۲۸	۹۰	۳	۵۴۱۴۰
بهار	۱۳۹۸	۱۲۲۲۵۴	۸۷	۵	۷۱۹۹۲
رزن	۲۷۳۰	۱۱۳۰۵۳	۴۱	۷	۸۷۷۵۵
استان	۱۹۴۹۴	۱۷۰۳۲۶۷	۸۷	***	۷۲۱۷۸۲
کشور	۱۶۲۸۵۵۴	۷۰۴۷۰۸۴۶	۴۳	***	۲۲۲۲۵۷۷۱

در حال حاضر، از این جمعیت ۱۷۰۳۲۶۷ نفری استان همدان، ۱۲۱۰۰۰ نفر بهره بردار با دراختیارداشتن ۸۴۴۶۰۰ هکتار زمین، مسئول تأمین غذای استان همدان هستند [۳]. بنابراین، هر بهره بردار غذای ۱۴ نفر را تأمین می کند (جداول۱و۵). این درحالیست که آمار نشان می‌دهد که در سال ۱۹۷۰ میلادی بیش از نیمی از جمعیت امریکا یعنی دست‌کم یک نفر از هر دو نفر در کار کشاورزی بودند. این نسبت به‌خاطر مکانیزه‌شدن کشاورزی، به ۱ نفر از هر ۱۲ نفر در سال ۱۹۶۰ و ۱ نفر از هر ۲۶ نفر در سال ۱۹۷۶ (سی وسه سال پیش) کاهش یافته‌است. یک کشاورز امریکایی، در دهه ۱۹۹۰ می‌توانسته غذای ۶۰ نفر را فراهم آورد و یک خانوار روستایی قادر به گرداندن یک مزرعه ۱۲۰۰ هکتاری بوده است[۱].

از سطح ۱۹۴۹۴ کیلومتر مربع وسعت استان همدان، مجموع سطح دراختیار بهره برداران بخش کشاورزی ۸۴۴۶۰۰ هکتار است که حدود ۴۳.۳٪ از سطح استان است؛ این درحالیست که تعداد بهره برداران ۱۲۱۰۰۰ نفر است(۳). بنابراین، مساحت متوسط زمینهای با کاربری کشاورزی ۶.۹۸ هکتار است (جداول۱و۲).

جدول۲. فرآوانی طبقات بهره برداری های کشاورزی با زمین استان همدان[۳]

وسعت اراضی	تعداد بهره برداری (هزار بهره بردار)	در صد	مجموع مساحت در اختیار (هزار هکتار)	در صد
جمع کل	۱۲۱	۱۰۰	۸۴۴.۶	۱۰۰
کمتر از یک هکتار	۳۵.۷	۲۹.۵	۱۰.۱	۱.۲
یک تا پنج هکتار	۳۷.۹	۳۱.۳	۹۶.۳	۱۱.۴
پنج تا بیست هکتار	۳۷.۵	۳۱	۳۵۶.۳	۴۲.۱
بیست تا پنجاه هکتار	۸.۲	۶.۸	۲۲۸.۴	۲۷.۱
پنجاه هکتار به بالا	۱.۷	۱.۴	۱۵۳.۵	۱۸.۲

طبق جداول۲ و۳ اغلب (۶۱/۳٪) مزارع استان دارای مساحتی بین ۱ تا ۲۰ هکتار هستند. ۵۵/۳٪ بهره برداران با سواد هستند، امّا ۴۴/۷٪ بقیه را بی سوادان تشکیل می دهند که همین موجب نگرانی برای داشتن کشاورزی مطابق با یافته های نوین است. زیرا نه تنها کشاورزی دقیق، بلکه کشاورزی متداول و مکانیزه بهره بردارانی را می طلبد که حداقل توان خواندن دفترچه های راهنمای استفاده از ادوات و جزوات آموزشی ترویجی را داشته باشند و همین نیاز به ارائه کلاسهای آموزشی و ترویجی را شدت می دهد. البته آموزش اعضای باسواد خانواده های کشاورزان بی سواد نیز می تواند تا اندازه ای سودمند باشد.

جدول۳. وضعیت سواد بهره برداران کشاورزی بر حسب طبقات بهره برداری (هزار بهره بردار)(۳)

وسعت اراضی	بی سواد	در صد	با سواد	در صد
جمع کل	۶۳.۸	۴۴.۷	۷۸.۸	۵۵.۳
بدون زمین	۸.۶	۱۳.۵	۱۳.۳	۱۶.۸
کمتر از یک هکتار	۱۵.۳	۲۴	۲۰.۳	۲۵.۸
یک تا پنج هکتار	۱۷.۵	۲۷.۶	۲۰.۲	۲۵.۷
پنج تا بیست هکتار	۱۸	۲۸	۱۹.۵	۲۴.۷
بیست تا پنجاه هکتار	۳.۷	۵.۹	۴.۵	۵.۶
پنجاه هکتار به بالا	۰.۷	۱	۱	۱.۴

کشاورزی متداول و سود حاصل از تولید گندم و جو

گندم و جو در بین محصولاتی که در استان همدان کشت می شوند، دارای اهمیت ویژه ای هستند؛ چرا که بیشترین سطح مزارع استان به کشت این دو محصول اختصاص دارد. همچنین، در تغذیه انسان و دام، گندم و جو جایگاهی ویژه دارند.

باتوجه به روبرو بودن بخش وسیعی از مزارع استان همدان با کمبود آب ، ۷۵/۷٪ سطح زیر کشت گندم کـه تـأمین کننـده بـیش از۵۰٪ محصول گندم استان است بصورت دیم پرورش می یابد. ۴۳/۴٪ سطح زیر کشت جو نیز بصورت دیم پرورش مـی یابـد و محصول حاصل ازآن ۲۲/۷٪ کل تولید جو می باشد.

کشاورزی دقیق

کشاورزی دقیق، جدید ترین فناوری در عرصه کشاورزی می باشد که بر مبنای کشاورزی پایدار و تولید غذای سالم و پاک، استوار است. و بر اساس سه اصل افزایش عملکرد، افزایش بهره اقتصادی و کاهش اثرات سوء زیست محیطی دنبال می شود (نظرزاده اوغاز، صمد،۱۳۸۷). افزایش فشار برای امنیت غذایی و پایداری تولید مانند نیاز برای متوقف کردن تخریب محیط زیست بر بهبود استفاده موثر از منابع مزرعه اهمیت پیدا کرده است

(Yeong S. and Mark B., 2012)

کشاورزی دقیق، چشم اندازی از کشاورزی آینده است که در این زمینه ماهواره ها، سنسور ها، نقشه ها و داده های حاصل از دور سنجی، به کمک کشاورز آمده و دقت عمل او را بالاتر می برند. در کشاورزی دقیق، داده های حاصل از زمین بوسیلهٔ سنسورهای مختلفی که بر روی ادوات کشاورزی نصب گردیده اند با مشخصات محل داده که توسط *GPS* تعیین می شود و زمان ورود داده، در مانیتور محصول ترکیب می شود و اطلاعات حاصله به سیستم *GIS* داده شده تا نقشه های محصول بصورت سایت_ ویژه درآیند. این نقشه ها مدیران مزرعه را قادر می سازد که تصمیمات مدیریتی خود را با توجه به شرایط موجود در هر سایت (کوچکترین بخش مدیریتی مزرعه) اتخاذ کرده و بهترین اقدامات را با توجه به این شرایط به مرحلهٔ اجرا در آورند.

کشاورزی دقیق از عناصر و مفاهیم مختلفی شکل گرفته است که وجود هریک از آنها ضروری و در عین حال ناکافی است که از این میان می توان به سیستم های ماهواره ای شامل *GPS* و *DGPS*[۱]، حسگرهای مختلف، مانیتور محصول، کامپیوتر، مدیریت سایت_ ویژه، نقشه محصول، و بکار گیری نرخ متغیر[۲] اشاره کرد.

کشاورزی دقیق و تولید گندم و جو

همانگونه که بیان شد، نزدیک به سه دهه از عمر این فنّاوری مـی گـذرد. در طـول ایـن چنـد سـال تحقیقـات بیشـماری دربـاره بکارگیری کشاورزی دقیق انجام شده است و گزارش هایی نیز ذکر شده است. که می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- سازمان مرجع غلات انگلستان درباره منافع اقتصادی بکارگیری کشاورزی دقیق چنین بیان می کند:

۱ - Differential Global Positioning System (DGPS)

۲ - Variation Rate Application (VRA)

موقعیت اقتصادی محکمی برای اتخاذ کشاورزی دقیق، حتی در یک مبنای کوچک وجود دارد. منافع حاصل ازبکارگیری کشاورزی دقیق در مقایسه با برنامه های نهاده استاندارد چنین بود:

- نیتروژن تا ۲۲ پاوند بر هکتار
- علفکشها تا ۱۸ پاوند بر هکتار
- قارچکش تا ۲۰ پاوند بر هکتار

تجهیز یک مزرعه برای کشاورزی دقیق باتوجه به پیچیدگی سامانه و اندازه مزرعه از۲ تا ۱۸ پاوند هکتار هزینه دارد. جمع آوری و تفسیر داده ها بمنظور فراهم آوردن بدون درنگ خسارات زراعی باتوجه به کل سطح پیمایش شده بوسیله شعاع سنجی هواپیما یا سواربر تراکتور از ۷ پاوند بر هکتار و بیش از آن هزینه دارد

(Tangwongkit, R, *et al*., 2006)

عده‌ای از دانشمندان منافع بکارگیری کشاورزی دقیق را چنین بر می شمارند:

- اطلاعات بمنظور اقدام مقتضی
- نظارت بهتر بر فرآیندهای زراعی
- جنبه زیست محیطی
- جنبه اقتصادی

(Schneider, M. and Wagner, P, 2010)

فنّاوری کشاورزی دقیق بری گندم در ۴۲٪ از موارد سودآور، در ۳۳٪ زیان آور و در ۲۵٪ موارد بینابین جواب داده است؛ همچنین اعمال کشاورزی دقیق برای تولید جو صد در صد موفق است[۹].

جمعی از محققین توجیه اقتصادی کشاورزی دقیق را اینگونه تفسیر می کنند:

برای یک مزرعه ۵۰۰ هکتاری با روش حسگر برای کوددهی نیتروژن به غلات، هزینه اضافی تجهیز مزرعه به حسگر پوشانده می شود و اگر سطح مزرعه به ۲۰۰۰ هکتار افزایش یابد این هزینه های اضافی هکتاری تا ۲۵٪ هزینه های اضافی به ازای هر هکتار مزرعه با وسعت ۵۰۰ هکتار کاهش خواهد یافت.

(Robertson, M *et al.,* 2011)

- گروهی از محققین پس از بررسی سودآوری کشاورزی دقیق در مزارع غلات استرالیا به این نتیجه رسیدند:

پرورش دهندگان غلات استرالیا سامانه هایی را اتخاذ کرده اند که سودآور بوده، قادر به اعاده هزینه سرمایه اولیه در ۲ تا ۵ سال هستند، و همچنین مزایای نامحسوس استفاده از فنّاوری را مشاهده کرد. در حالیکه نتایج به سوی بحث پیرامون سودآوری کشاورزی دقیق پیش می رود، امّا همچنین روشن می کند که استفاده و مزایای حاصل از فنّاوری کشاورزی دقیق از مزرعه ای به مزرعه ای دیگر مطابق با ترجیحات و شرایط کشاورز، تغییر می کند

(Martin, S.W *et al*., 2005)

عده‌ای برای برآورد هزینه ها و بازگشت سرمایه کشاورزی دقیق از یک مزرعه نمونه به مساحت ۳۳ ایکر (۱۳/۳۶هکتار) بمنظور برقرار کردن برآوردهای هزینه پایه این فنّاوری ها استفاده کردند. درصورتیکه سطح کافی موجود باشد، یافته ها بر هزینه نسبتاً کم هر ایکر(۸ تا ۱۲ دلار بر ایکر) و حتی کمتر از مقدار عقلانی معمول اشاره دارند. صرفه جویی های متوسط سالیانه نهاده در این مطالعه تقریباً ۲ دلار بر ایکر (حدود ۵ دلار بر هکتار) بود. افزایش عملکرد ممکن بیش از آنست که هزینه تجهیز یک سامانه کشاورزی دقیق تمام مزرعه ای را حتی در مزارع با حداقل اندازه پوشش دهد.

(Lambert, D. and Lowenberg-DeBoer, J. 2000)

مواد و روش‌ها

برای محاسبه حداقل سطح اقتصادی به‌کارگیری کشاورزی دقیق ابتدا هزینه‌های تجهیز ماشین‌های موجود به فنّاوری کشاورزی دقیق برآورد می‌شوند (جدول۵) و سپس با تقسیم مقدار هزینه‌های ناشی از مصرف اضافی نهاده‌ها (جدول۴) بر این مقدار، تعداد سیستم‌هایی که به‌طور بالقوه می‌توان تهیه کرد، برآورد می‌شود و سپس با تقسیم سطوح زراعی بر تعداد سیستم‌ها، حداقل سطح زراعی برآورد می‌شود:

جدول۴. هزینه‌های ناشی از به‌کار گیری نهاده‌های اضافی (۲)

محصول	Seed				Nitrogen				Phosphorous				Input excessive costs* ($/ha)	Cultivated area (ha)	Total excessive costs** ($)
	Recommended amount (kg/ha)	Unit costs ($/kg)	Applicated amount (kg/ha)	Extra costs ($/ha)	Recommended amount (kg/ha)	Unit costs ($/kg)	Applicated amount (kg/ha)	Extra costs ($/ha)	Recommended amount (kg/ha)	Unit costs ($/kg)	Applicated amount (kg/ha)	Extra costs ($/ha)			
گندم آبی	180	0.29	227.22	13.60	130	0.10	161.79	3.12	90	0.09	144.71	4.65	21.66	97196	2105265
گندم دیم	80	0.27	132.32	14.23	50	0.08	55.36	0.45	50	0.08	58.93	0.67	15.38	30324	4663908
جو آبی	180	0.29	210.13	8.59	130	0.08	129.97	0.00	90	0.08	120.04	2.25	11.11	36745	408237
جو دیم	80	0.27	175.09	25.96	50	0.12	92.58	5.11	50	0.11	91.80	4.68	35.75	28141	1006041

* *Input excessive costs = (Applicated amount –Recommende amount) × Unit cost*

** *Total excessive costs = Input excessive costs × Cultivated area*

باتوجه به جدول۴، کل هزینه‌های ناشی از مصرف اضافی نهاده‌ها برای کشت‌های گندم آبی، گندم دیم، جو آبی، و جو دیم به ترتیب ۲۱۰۵۲۶۵، ۴۶۶۳۹۰۸، ۴۰۸۲۳۷، و ۱۰۰۶۰۴۱ دلار است. این هزینه‌های برآورد شده، هزینه‌های ناشی از به‌کارگیری بیشتر ماشین-ها را در بر نمی‌گیرد.

جدول۵. هزینه تجهیز ماشین‌ها به کشاورزی دقیق.

Machinery	C (ha/hr)	Number	*PC	YM*	*GPS	*GIS	Sensors	Total
Sprayer	3	1	1000/3		2500	1000/3	200	3366.67
Planter and Fertilizing	1.5	2	1000/3		2×2500	1000/3	200	5866.67
Combine	3	1	1000/3	4000	500	1000/3	600	5766.67
Total	3		1000	4000	8000	1000	1000	15000

* *Stombaugh et al, 2003*

در جدول۵ ظرفیت زراعی مرجع ماشین‌ها ۳ هکتار بر ساعت فرض شده‌است (لک، محمدباقر، ۱۳۸۶) از آنجا که تهیه یک رایانه و نرم‌افزار GIS کفایت می‌کند، در هر مورد قیمت‌ها بر ۳ تقسیم شده‌اند. در ضمن تعداد کارنده در هر سیستم ۲ عدد مفروض است زیرا ظرفیت زراعی این ماشین نصف ماشین‌های سمپاشی و کمباین است.

(۱)

$$\text{تعداد سیستم ها} = \frac{\text{هزینه‌های اضافی ناشی از مصرف بیش از اندازه نهاده‌ها}}{\text{هزینه تجهیز ماشین های موجود به فناوری کشاورزی دقیق}}$$

(۲)

$$\text{کمینه سطح اقتصادی} = \frac{\text{مساحت زیر کشت هر یک از محصولات}}{\text{تعداد سیستم ها}}$$

برآورد هزینه ها

هزینه های تجهیز مزارع کشت گندم و جو به سامانه کشاورزی دقیق را می توان در عملیات مختلف زراعی به تفکیک زیر برآورد کرد:

۱. کود دهی، کاشت و سم پاشی نرخ متغیر

بیش از ۲۰٪ صرفه جویی در مصرف علفکش با استفاده از یک سمپاش نرخ متغیر بر مبنای بینایی ماشینی دست‌یافتنی است (Shearer, S *et al*, 1999)

این در حالیست که نتایج استفاده از این فناوری در توزیع دیگر انواع سم و کود دهی نیز نتایج مطلوبی خواهد داشت.

۲. برداشت

مانیتور های محصول، پیشرفت تازه ای در ماشین آلات کشاورزی می باشند که به تولید کنندگان دانه این اجازه را می دهند که تأثیرات آب و هوا ، ویژگی های خاک و مدیریت را بر تولید دانه تعیین نمایند که اولین گام منطقی برای کسانی است که می خواهند به مدیریت زراعی سایت – ویژه یا "کشاورزی دقیق" بپردازند. دقت این دستگاهها، بستگی دارد به نصب، کالیبره نمودن و بهره گیری درست آنها. در کمباین برداشت غلات دستگاه های الکترونیکی مجهز به حسگرها، *GPS* یا *DGPS* و مانیتور محصول ضمیمه کمباین می شوند تا برآوردی دقیق از چگونگی تنوع عملکرد محصول در مزرعه بدست آید.

بحث و نتیجه گیری

با استفاده از داده‌های جداول۴و۵ و رابطه‌های۱و۲ تعداد سیستم‌هایی که با صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌ها قابل تهیه هستند برای گندم آبی، گندم دیم، جو آبی و جو دیم ۱۴۰، ۳۱۱، ۲۷ و ۶۷ عدد می‌باشد که در نتیجه حداقل سطح اقتصادی برای پیاده‌سازی کشاورزی دقیق در استان همدان برای محصولات مذکور به ترتیب ۶۹۴، ۹۷۵، ۱۳۶۱ و ۴۲۰ هکتار برآورد می‌شود.

با توجه به بررسی های انجام شده، میانگین حداقل سطح اقتصادی متوسط ۸۵۳ هکتار خواهد بود. بافت جامعه روستایی استان به گونه‌ای است که طبق جداول۲و۳، ۴۴.۷٪ بهره‌برداران بی‌سواد هستند و ۹۸.۶٪ از کل بهره‌برداران با دارا بودن ۸۱.۸٪ سطح مزارع استان مزارعی با مساحتی کمتر از ۵۰ هکتار را تحت مالکیت خود دارند.

با این شرایط و نیز با توجه به سطح متوسط مالکیت ۶.۹۸ هکتار برای هر بهره‌بردار، پیاده‌سازی کشاورزی دقیق ممکن نخواهد بود مگر با اعمال سیاست‌های همراستا با یکپارچه‌سازی اراضی و تشکیل شرکت‌های خدماتی برای ارائه خدمات در سطوح وسیع.

منابع و مآخذ

(۱). بهروزی لار، منصور، ۱۳۷۸، اصول طراحی ماشینهای کشاورزی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

(۲). دفتر آمار و فنّاوری اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان همدان، ۱۳۸۷، سیستم هزینه تولید.

(۳). سازمان جهاد کشاورزی استان همدان، ۱۳۸۶، آمارنامه.

(۴). کاظمی اربط، ۱۳۷۸، زراعت خصوصی (جلد اول: غلات)، مرکز نشر دانشگاهی.

(۵). لک، محمدباقر، ۱۳۸۶، اصول نصب و بکارگیری مانیتور محصول، سومین کنفرانس دانشجویی مهندسی مکانیزاسیون و مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه شیراز.

(۶). نظرزاده اوغاز، صمد،۱۳۸۷، تهیه نقشه عملکرد محصول مزرعه به عنوان مهمترین گام در کشاورزی دقیق(طراحی و ساخت دستگاه اندازه گیر پیوسته دبی گندم برداشت شده توسط کمباین کلاس)، پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون.

(۷). وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۶، دستورالعمل های فنی کلی محصولات کشاورزی مؤسسات و مراکز تحقیقات ملی، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، دفتر بررسی و هماهنگی طرح های تحقیقاتی.

(8). Alimardani, R, Abbaspour-Gilandeh, Y, Khalilian, A, keyhani, A, Sadati, S.H., 2007, Energy Savings with Variable-Depth Tillage "A Precision Farming Practice", American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 2 (4): 442-447, 2007, IDOSI Publications.

(9). Implenting Precision Agriculture, 2003, What Will This Investment Cost?, University of Kentucky Cooperative Extension.

(10). Lambert, D., Lowenberg-DeBoer, J. 2000, Precision Agriculture Profitability Review, Site-specific Management Center School of Agriculture, Purdue University.

(11). Martin, S.W., Hanks, J., Harris, A., Wills, G., Banerjee, S., 2005, Estimating Total Costs and Possible Returns from Precision Farming Practices, Plant Management Network.

(12). Robertson, M., Carberry, P., Brennan, L., 2011, THE ECONOMIC BENEFITS OF PRECISION AGRICULTURE: CASE STUDIES FROM AUSTRALIAN GRAIN FARMS, CSIRO Sustainable Ecosystems,

(13). Schneider, M., Wagner, P.,2010, Prerequisites for the Adoption of new Technologi Example of Precision Agriculture, Institute of Agriculture Economics, Farm Management Group, 06099 Halle, Germany. *www.preagro.de/Veroeff/paper.pdf*

(14). Schulze, C., Spilke, J., Lehner, W., 2007, Data modeling for Precision Dairy Farming within the competitive field of operational and analytical tasks, Computers and Electronics in Agriculture, AALBORG UNIVERSITY.

(15). Shearer, S.A., Fulton, J.P., McNeill, S.G., Higgins, S.F., 1999, Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation, University of Kentucky Cooperative Extension.

(16). Tangwongkit, R, Salokhe, V.M., Jayasuriya, H.P.W., 2006, Development of a Real-time, Variable Rate Herbicide Applicator Using Machine Vision for Between-row Weeding of Sugarcane Fields, Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, Manuscript PM 06 009. Vol. VIII. June, 2006.
(17). UK National Association of Aerial Photographic Libraries, 2002, Precision farming of cereals practical guidelines and crop nutrition.
(18). Yeong Sheng Tey, Mark Brindal,2012 Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications, Published online: 20 July 2012_ Springer Science+Business Media, LLC 2012.

Economic justification of precision farming for wheat and barley farmlands: A case study for Hamedan province

Abstract

Precision Agriculture, as site-specific management of agricultural inputs, is capable to increase the productivity. Using the technology, saving the inputs consumption and while the environment is protected and economic efficiency is improved, agricultural sustainability would be achieved. In the paper, the minimum economically justified area of precision farming of irrigated/dry wheat and barley in Hamedan province was estimated. The area was estimated according to savings due to appropriate consumption of inputs and was 694, 975, 1361, and 420 ha for irrigated wheat, dry wheat, irrigated barley, and dry barley, respectively.