بهینه‌سازی الگوی کشت با تأکید بر پایداری منابع آب و خاک با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه‌ی موردی: دشت شهرکرد، استان چهارمحال و بختیاری)

زهره مصلح[۱]، محمدحسن صالحی[۲]، عباس امینی فسخودی[۳]، اعظم جعفری[۴]
[۱ و ۲] به‌ترتیب دانش‌آموخته‌ی دکتری و استاد گروه خاک دانشگاه شهرکرد؛ [۳] دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه اصفهان؛ [۴] استادیار گروه خاک دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

در این پژوهش، بهینه‌سازی الگوی کشت با تأکید بر پایداری منابع آب و خاک با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی در دشت شهرکرد استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. ۱۲۰ خاک‌رخ با فواصل تقریبی ۷۵۰ متر، حفر و ۱۹ خاک‌رخ، به‌عنوان شاهد انتخاب گردیدند. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌رخ‌های شاهد تعیین شدند و مطالعات تناسب کیفی اراضی در رابطه با آن‌ها صورت گرفت. بهینه‌سازی الگوی کشت برای محصولات عمده‌ی این منطقه (گندم، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای و یونجه) با هدف‌های بیشینه‌سازی سطح زیر کشت و سود خالص صورت گرفت. همچنین، پس از تهیه‌ی نقشه‌های تناسب کیفی اراضی، با توجه به سطح زیر کشت اختصاص‌یافته به هر یک از کلاس‌های تناسب اراضی، محدودیت‌هایی (آب، زمین‌های قابل کشت و سرمایه) در فرآیند مدل‌سازی اعمال گردید. در نهایت، سطح زیر کشت بهینه برای هر محصول تعیین گردید. نتایج نشان داد که در الگوی کشت آرمانی- تلفیقی، مجموع اراضی اختصاص‌یافته به کشت محصولات، ۲۱۰ هکتار بیش‌تر از الگوی کشت آرمانی است. این نتایج حاکی از نقش مثبت در نظر گرفتن مطالعات تناسب اراضی در کنار سایر منابع تولید برای استفاده‌ی بهینه از اراضی قابل کشت می‌باشد. همچنین، میزان مصرف آب در الگوهای کشت آرمانی و آرمانی- تلفیقی نسبت به الگوی کشت فعلی، تقریباً ۳۰ درصد کاهش یافته است.

واژه های کلیدی: برنامه‌ریزی آرمانی، بهینه‌سازی الگوی کشت، تناسب کیفی اراضی.

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، محدودیت زمین‌های قابل کشت و تقاضای در حال افزایش محصولات کشاورزی، استفاده‌ی بهینه از منابع کمیاب تولید، ضرورتی انکارناپذیر است. بهینه‌سازی الگوی کشت، راهکاری مناسب برای توسعه‌ی بخش کشاورزی می‌باشد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۲؛ لاله‌زاری و همکاران، ۲۰۱۵). در مسائل تصمیم‌گیری چندهدفه، راه حل بهینه، راه حلی است که موجب بهینه‌شدن هر یک از توابع هدف به‌صورت هم‌زمان با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود می‌شود (امینی فسخودی، ۱۳۸۷).

در حال حاضر و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از میان منابع مورد استفاده در بخش کشاورزی، جدی‌ترین مشکل، کمبود آب می‌باشد و این موضوع متأثر از افزایش جمعیت و تغییر اقلیم است (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین، برنامه‌ریزی صحیح در زمینه‌ی مصرف آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بایستی بیش از پیش مورد توجه خاص قرار گیرد تا ضمن تأمین نیازها، ذخایر آب زیرزمینی را برای مقابله با پدیده‌ی کم‌آبی حفظ نماید. منابع محیطی به‌ویژه آب و خاک به‌عنوان منابع اصلی تولید به‌شمار می‌آیند و پایداری این منابع یکی از چالش‌های اساسی است که تمامی جهان و از جمله کشور ما به‌شدت با آن مواجه است. پایداری این منابع، بیش از هر چیز به میزان آگاهی از چگونگی استفاده از این منابع وابسته می‌باشد. مطالعات ارزیابی تناسب اراضی و بهینه‌سازی الگوی کشت، هر کدام به‌نوعی تلاش می‌کنند تا بهترین استفاده از اراضی را مشخص نمایند. با این وجود، در مطالعات تناسب اراضی، تنها مشخصات اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید در نظر گرفته می‌شوند و سایر منابع تولید از جمله موجودیت منابع آب، نقشی در تعیین نوع کاربری ندارند. از سوی دیگر، در مطالعات

الگوی کشت، به زمین به‌عنوان یک بنگاه اقتصادی نگاه می‌شود که هر چه قدر میزان آن بیش‌تر باشد و بتواند عملکرد بیش تری تولید نماید از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. بنابراین، هیچ‌کدام از این مطالعات نمی‌توانند پایداری کامل منابع را موجب شوند؛ چرا که پایداری منابع تولید، مستلزم نگرش همه‌جانبه به این منابع می‌باشد. در مطالعات تناسب اراضی بدون در نظر گرفتن موجودی منابع آب، به این پرسش پاسخ داده می‌شود که کدام قسمت منطقه برای کشت یک گیاه خاص مناسب است؟، در حالی که الگوی کشت بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های خاک و تنها با توجه به موجودی آب و سرمایه بیان می‌کند که چه مساحتی برای کشت هر محصول مناسب می‌باشد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که اگر زمین‌های مناسب برای کشت محصول از طریق به‌کارگیری مطالعات تناسب اراضی تعیین گردند و سطح زیر کشت بهینه با استفاده از مطالعات بهینه‌سازی الگوی کشت به‌دست آید؛ بهترین کاربری و نوع استفاده برای پایداری هم‌زمان منابع آب و خاک مشخص می‌گردد. از این رو، پژوهش حاضر می‌کوشد تا در ابتدا، سطح زیر کشت بهینه برای محصولات عمده‌ی دشت شهرکرد (گندم، یونجه، ذرت و سیب‌زمینی) را تعیین نماید و سپس با تلفیق نتایج حاصل از مطالعات تناسب کیفی اراضی با مطالعات بهینه‌سازی الگوی کشت به این پرسش پاسخ دهد که "بهترین الگوی کشت بر اساس ویژگی‌های خاک و موجودی منابع آب در این منطقه کدام است؟"

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه با مساحت تقریبی ۱۰۵۰۰ هکتار شامل بخشی از اراضی دشت شهرکرد می‌باشد که بین طول‌های جغرافیایی ´۵۲ °۵۰ تا ´۰۰ °۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´۱۳ °۳۲ تا ´۲۳ °۳۲ شمالی قرار گرفته است. بخش اعظم این دشت به‌واسطه‌ی وجود زمین‌های حاصلخیز، تحت کشت قرار دارد و کاربری عمده‌ی اراضی در این منطقه، کشت آبی گندم، یونجه، سیب‌زمینی و ذرت علوفه‌ای می‌باشد. بر اساس مطالعات خاکشناسی نیمه‌تفصیلی (Rossiter, 2000)، ۱۲۰ خاک‌رخ با فواصل تقریبی ۷۵۰ متر، حفر گردید. سپس، ۱۹ خاک‌رخ به‌عنوان خاک‌رخ شاهد انتخاب گردیدند و از افق‌های مختلف آن‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از آن، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مورد نیاز تعیین گردید. نقشه‌ی خاک منطقه-ی مورد مطالعه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تا سطح فامیل تهیه گردید. مطالعات تناسب کیفی اراضی در رابطه با خاک‌رخ‌های شاهد انجام شد و بر مبنای جدول‌های نیازهای اقلیمی و زمینی محصولات مورد مطالعه و با استفاده از روش پارامتریک (ریشه دوم)، کلاس‌های تناسب اراضی تعیین گردیدند. در نهایت، نقشه‌های کلاس تناسب اراضی برای هر یک از محصولات مورد مطالعه بر مبنای نقشه‌ی خاک، تهیه گردید.

بهترین الگوی کشت برای محصولات مهم منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی تعیین گردید. برنامه‌ریزی ریاضی مبتنی بر فرض بهینه‌سازی (بیشینه‌سازی یا کمینه‌سازی) تحت عوامل محدودکننده می‌باشد (Amini Fasakhodi *et al.*, 2010). بهینه‌سازی الگوی کشت در این پژوهش با هدف‌های بیشینه‌سازی سطح زیر کشت و بیشینه‌سازی سود خالص با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی (Goal Programming, GP) در دو سناریو (بهینه‌سازی الگوی کشت و تلفیق نتایج بهینه‌سازی با مطالعات تناسب اراضی) انجام شد. برای انجام هدف‌های مذکور، اطلاعاتی در رابطه با سطح زیر کشت فعلی محصولات، هزینه‌های تولید، سود خالص، موجودی سرمایه، نیاز آبی محصولات، راندمان آبیاری و موجودی منابع آب تهیه گردید (جدول ۱).

در مطالعات بهینه‌سازی الگوی کشت، محدودیت‌هایی برای مدل در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، محدودیت‌های زمین‌های قابل کشت (مجموع زمین‌هایی که به کشت انواع محصولات کشاورزی اختصاص پیدا می‌کنند، نمی‌توانند از کل زمین‌های زراعی قابل کشت بیش‌تر باشند)، محدودیت سرمایه (مجموع هزینه‌ای که در طول یک دوره‌ی زراعی به کشت انواع محصولات اختصاص داده می‌شود، نمی‌تواند بیش‌تر از کل موجودی سرمایه‌ی زارعین منطقه باشد) و محدودیت آب در دسترس (با توجه به نیاز آبی محصولات مختلف در واحد سطح، مجموع نیاز آب آبیاری تمامی محصولات زراعی باید کوچکتر یا مساوی کل موجودی منابع آب در منطقه‌ی مورد مطالعه باشد) در نظر گرفته شدند.

مبنای کار برنامه‌ریزی آرمانی به این صورت است که ابتدا برای هر یک از هدف‌ها، مقدار مشخصی به‌عنوان آرمان تعیین و تابع هدف مربوط به آن تعریف می‌گردد. بنابراین، طراحی و حل یک مدل آرمانی با n هدف، مستلزم طراحی و حل n مدل

خطی می‌باشد که مقادیر آرمانی برای هر هدف بر اساس مدل‌های خطی به‌دست می‌آید (امینی فسخودی، ۱۳۸۷). بنابراین، برای هر سناریو، مدل‌سازی در سه حالت (بیشینه‌سازی سطح زیر کشت، بیشینه‌سازی سود خالص و مدل آرمانی) انجام گردید (به‌دلیل محدودیت تعداد صفحات، از بیان جزئیات و نحوه‌ی مدل‌سازی خودداری شد).

جدول ۱. سطح زیر کشت، عملکرد، هزینه، قیمت فروش، نیاز آبی و سود خالص برای محصولات مورد مطالعه

محصول	سطح زیر کشت	عملکرد	مجموع هزینه در هکتار	قیمت زمین	کل هزینه‌ها	سود خالص	قیمت فروش	نیاز آبی
	(هکتار)	(تن بر هکتار)	(میلیون ریال در هکتار)				(میلیون ریال بر تن)	(هزار مترمکعب در هکتار)
گندم	۱۳۸۰/۸	۴/۹۴	۳۶/۳۵۲	۱۷/۵	۵۳/۸۵	۲۰/۲۵	۱۵	۴/۳
یونجه	۱۷۲۶	۱۶/۸	۲۲/۸۷۸	۱۷/۵	۴۰/۳۷	۹۴/۰۳	۸	۹/۶۹۹
سیب‌زمینی	۲۷۷/۷	۲۵/۹	۴۸/۵۹	۱۷/۵	۶۶	۷۵/۴	۵/۴۶	۶/۵۰۴
ذرت	۱۶۸۳/۸	۷۲	۴۳/۶	۱۷/۵	۶۱/۱	۶۸/۵	۱/۸	۶/۷۲

پس از مدل‌سازی هر یک از هدف‌ها و تعیین مقدار متغیرهای تصمیم، مقادیر آرمانی برای هر یک از هدف‌های مورد مطالعه تعیین گردید و سپس دو هدف به‌صورت هم‌زمان با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی مد نظر قرار گرفتند. با توجه به اینکه هدف‌های مورد مطالعه دارای واحد یکسان نیستند (سود از جنس ریال و سطح زیر کشت از جنس هکتار) و در تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی، تمامی این هدف‌ها هم‌زمان با یکدیگر مد نظر قرار می‌گیرند؛ ضروری است که این انحرافات با ضرایب نرمال در نظر گرفته شوند تا بدون واحد گردند. در این پژوهش، ضرایب تابع هدف با استفاده از روش تقسیم بر نرم اقلیدسی نرمال گردیدند (امینی فسخودی، ۱۳۸۷). همچنین، تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی به‌صورت کمینه‌سازی مجموع انحرافات از مقادیر مطلوب مدل‌سازی گردید. با حل مدل‌ها، سطح زیر کشت بهینه برای هر محصول مشخص گردید.

در سناریو دوم، نتایج حاصل از مطالعات تناسب اراضی با مطالعات بهینه‌سازی الگوی کشت تلفیق شد. برای این منظور، پس از تهیه‌ی نقشه‌های تناسب کیفی اراضی برای محصولات مورد نظر، با توجه به سطح زیر کشت اختصاص‌یافته به هر یک از کلاس‌های تناسب اراضی، محدودیت‌هایی در فرآیند مدل‌سازی اعمال گردید و برای مقدار سطح زیر کشت اختصاص‌یافته به هر محصول، مقدار حداقل و حداکثر مشخص شد. به‌طوری که سطح زیر کشت هر محصول باید از مساحت کلاس S1 برای محصول مورد نظر بیش‌تر باشد و در عین حال کمتر از مجموع مساحت اختصاص‌یافته به کلاس‌های S1، S2 و S1-S2 باشد. هدف از به‌کار بردن این نوع محدودیت آن است که:

۱- با توجه به موجودی منابع آب و سرمایه برای رسیدن به الگوی کشت بهینه، سطح زیر کشت هر محصول به‌گونه‌ای انتخاب شود که بر اساس آن بهترین استفاده (تناسب بالا و متوسط) از اراضی نیز صورت گیرد.

۲- مساحتی از منطقه را که می‌توان برای کشت محصولات دارای کلاس تناسب S1 تا S2 در نظر گرفت؛ به کشت محصولاتی با کلاس تناسب S3، اختصاص داده نشود.

۳- در صورتی که منطقه برای کشت دو محصول از تناسب یکسانی برخوردار می‌باشد، از محصولاتی در ترکیب الگوی کشت استفاده شود که از منابع آب و سرمایه هم به‌نحو بهتری استفاده شود.

در این مطالعه، از نرم‌افزار LINDO (Linear Interactive Discrete Optimizer) برای انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۲، سطح زیرکشت، میزان مصرف آب و سود خالص در الگوی کشت فعلی، آرمانی و آرمانی- تلفیقی (برنامه‌ریزی آرمانی مطالعات بهینه‌سازی الگوی کشت با توجه به محدودیت‌های ناشی از مطالعات تناسب اراضی) را نشان می‌دهد. مقایسه

ی الگوهای کشت، حاکی از آن است که در الگوی کشت فعلی از مجموع ۱۰۴۹۵ هکتار اراضی قابل کشت در منطقه‌ی مورد مطالعه، ۵۰۶۸/۳ هکتار زیر کشت می‌باشد که این مقدار در الگوی کشت آرمانی و آرمانی- تلفیقی، به‌ترتیب به ۳۵۹۲/۴ و ۳۸۰۲ هکتار کاهش یافته است. همچنین، نتایج این جدول نشان می‌دهد که در الگوی کشت آرمانی- تلفیقی، مجموع اراضی اختصاص‌یافته به کشت چهار محصول مورد نظر، ۲۱۰ هکتار بیش‌تر از الگوی کشت آرمانی می‌باشد و این نتایج حاکی از نقش مثبت در نظر گرفتن مطالعات تناسب اراضی در کنار سایر منابع تولید برای استفاده‌ی بهینه از اراضی قابل کشت می‌باشد. از میان محصولات مورد مطالعه، افزایش سطح زیر کشت سیب‌زمینی در الگوهای کشت آرمانی و آرمانی- تلفیقی، بسیار قابل توجه می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲. سطح زیر کشت، میزان مصرف آب و سود خالص برای محصولات مورد نظر در الگوهای کشت فعلی، آرمانی و آرمانی- تلفیقی

محصول	سطح زیر کشت (هکتار)			میزان مصرف آب (هزار مترمکعب)			سود خالص (میلیون ریال)		
	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت آرمانی	الگوی کشت آرمانی- تلفیقی*	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت آرمانی	الگوی کشت آرمانی- تلفیقی	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت آرمانی	الگوی کشت آرمانی- تلفیقی
گندم	۱۳۸۰/۸	۰	۷۳۲	۵۹۳۷/۴	۰	۳۱۴۷/۶	۲۷۹۶۱	۰	۱۴۸۲۳
یونجه	۱۷۲۶	۶۰۶/۶	۶۲۲	۱۶۷۴۰/۴	۵۸۸۳/۴	۶۰۳۲/۷	۱۶۲۲۹۶	۵۷۰۲۰	۵۸۴۶۸
سیب‌زمینی	۲۷۷/۷	۲۹۸۵/۸	۱۵۱۹	۱۸۰۶/۱	۱۹۴۱۹/۶	۹۸۷۹/۵	۲۰۹۳۸	۲۲۵۱۲۹	۱۱۴۵۳۳
ذرت	۱۶۸۳/۸	۰	۹۲۹	۱۱۳۱۵/۱	۰	۶۲۴۲/۸	۱۱۵۳۴۰	۰	۶۳۶۳۶
مجموع	۵۰۶۸/۳	۳۵۹۲/۴	۳۸۰۲	۳۵۷۹۹	۲۵۳۰۳	۲۵۳۰۳	۳۲۶۵۳۵	۲۸۲۱۴۹	۲۵۱۴۶۰

* برنامه‌ریزی آرمانی مطالعات بهینه‌سازی الگوی کشت با توجه به محدودیت‌های ناشی از مطالعات تناسب اراضی

همچنین، نتایج نشان می‌دهند که میزان مصرف آب در الگوهای کشت آرمانی و آرمانی- تلفیقی، نسبت به الگوی کشت فعلی، تقریباً ۳۰ درصد کاهش یافته است. از بین محصولات مورد مطالعه، یونجه بالاترین میزان مصرف آب را دارد و با توجه به اینکه سطح زیر کشت این محصول در الگوهای کشت آرمانی و آرمانی- تلفیقی به میزان زیادی کاهش یافته است؛ می‌توان انتظار داشت که مصرف آب این الگوی کشت به میزان قابل توجهی نسبت به الگوی کشت فعلی کاهش یابد. بنابراین، با در نظر گرفتن محدودیت‌های ناشی از مطالعات تناسب اراضی، ضمن آنکه از اراضی بر اساس توان آن‌ها استفاده می‌شود؛ پایداری منابع آب در منطقه نیز حفظ می‌شود. Shangguan *et al* (2002) اذعان داشتند که با تعیین بهترین الگوی کشت و مدیریت بهینه‌ی آب در الگوی کشت می‌توان تا ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد.

از سوی دیگر، نتایج بیانگر آن است که میزان سود خالص در الگوهای کشت آرمانی و آرمانی- تلفیقی به‌ترتیب، ۱۳ و ۲۲ درصد نسبت به الگوی کشت فعلی کاهش یافته است و این کاهش می‌تواند متأثر از کاهش سطح زیر کشت اراضی در الگوهای آرمانی باشد. بنابراین، با چشم‌پوشی از مقدار مشخصی سود، می‌توان شاهد کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان آب مصرفی بود و در عین حال از اراضی زراعی به‌صورت کارآمدتری استفاده نمود. با توجه به اینکه توسعه‌ی پایدار در بخش کشاورزی، بدون استفاده‌ی بهینه و مدیریت صحیح منابع آب و خاک امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ تغییر نگرش در استفاده از روش‌هایی که به‌نوعی راه های رسیدن به پایداری منابع را بیان می‌کنند، ضروری می‌باشد. از این رو، با توجه به آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی به‌نظر می‌رسد که اصلاح یا تغییر الگوی کشت، افزایش بهره‌وری آب در مزرعه، تغییر قیمت‌گذاری آب در کشور و ارزش‌گذاری آن بر اساس تأمین امنیت غذایی می‌تواند در کاهش مصرف آب و پایداری بیش‌تر منابع، تأثیر چشمگیری داشته باشد و از این جهت کمک شایانی به پایداری منابع آب بنماید.

منابع

امینی فسخودی، ع. ۱۳۸۷. مدل سازی مدیریت منابع آب و خاک و تعیین الگوی بهینه بهره برداری در اراضی زراعی ناحیه شرق اصفهان با استفاده از رویکرد چند معیاره برنامه ریزی آرمانی. پایان‌نامه‌ی دکتری جغرافیا- برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده‌ی ادبیات دانشگاه اصفهان.

فلاحی، ا. خلیلیان، ص. و احمدیان، م. ۱۳۹۲. بهینه‌سازی الگوی کشت با تأکید بر محدودیت منابع آب (مطالعه‌ی موردی: دشت سیدان- فاروق، شهرستان مرودشت). مجله‌ی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۵، شماره‌ی ۲، صفحه‌های ۹۱ تا ۱۱۵.

Amini Fasakhodi A., Nouri H., Amini M. 2010. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; A multi-objective fractional goal programming approach. Water Resource Management, 24: 639-4657.

Lalehzari R., Asce S.M., Boroomand Nasab S., Moazed H., and Haghighi A. 2015. Multiobjective management of water allocation to sustainable irrigation planning and optimal cropping pattern. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 8: 2-10.

Rossiter D.G. 2000. Methodology for Soil Resource Inventories. Soil Science Division, International institute for Aerospace Survey & Earth Science (ITC).

Shangguan Z., Shao M., Horton R., Lie T., and Qin L. 2002. A model for regional optimal allocation of irrigation water resources under deficit irrigation and its applications. Agricultural Water Management, 52: 139-154.

Optimization of cropping pattern with emphasis on sustainable allocation of agricultural lands and water resources using mathematical multi-objective programming (A case study: Shahrekord plain, Chaharmahal-Va-Bakhtiari province)

Z. Mosleh[1], M.H. Salehi[2], A. Amini Fasakhodi[3], A. Jafari[4]

[1, 2] Graduated Ph.D. student and Professor, Soil Science Dept., Shahrekord University.
[3] Associate Prof, Geography and Rural Planning Dept., University of Isfahan.
[4] Assistant Prof, Soil Science Dept., Shahid Bahonar University of Kerman.

Abstract

This study considers simultaneously the suitable cultivable lands and water resources to optimize the cropping pattern in the Shahrekord plain of Chaharmahal-Va-Bakhtiari province. 120 pedons with approximate distance of 750 m were excavated. Based on the pedons descriptions, 19 pedons were considered as representative. Soil samples were taken from different genetic horizons and their physicochemical properties were determined. The land suitability maps for wheat, alfalfa, potato and maize were also prepared. A goal programming model was developed to maximize the net return and cultivable area. After preparing the land suitability maps, a constraint was defined. To do this, two lower and upper bound constraints applied on the decision variables of the crops' area of cultivation, instead of the simple non negativity ones. The results demonstrated that cultivable lands increase (210 ha) when the suitable lands and water availability considered simultaneously. Therefore, it seems that it is necessary to link soils information to ecosystem services and land suitability assessment has a key role for successful soil management. Also, water consumption is 30% less than the existing cultivation pattern.

Keywords: Goal programming model, Optimization of cropping pattern, Qualitative land suitability.