Archive of SID

بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی خطی (مطالعه موردی: دشت بیرجند)

محمود نخعی[۱]، سید رضا هاشمی[۲]، عباس خاشعی سیوکی[*۳] و محسن احمدی[۴]

۱-کارشناس ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۳*- نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند abbaskhashei@birjand.ac.ir

۴- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲

چکیده

محدودیت منابع آب، عملکرد پایین بهره‌وری، افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به این منبع حیاتی لزوم برنامه‌ریزی مناسب به منظور استفاده بهینه از منابع آب را در مناطق خشک و نیمه خشک جهان نمایان می‌سازد. الگوهای کشت مناسب، روشی بسیار مؤثر و اساسی برای استفاده بهینه از آب است. با توجه به محدودیت منابع آبی در دشت بیرجند، این تحقیق برای بهینه‌سازی الگوی کشت در این دشت انجام شد. بدین منظور، الگوی کشت رایج در دشت بیرجند (A) و هشت الگوی کشت رایج در سایر دشت‌های خراسان به عنوان الگوهای پایه مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق از روش تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و مدل برنامه‌ریزی لینگو برای تعیین بهترین الگوی کشت استفاده شد. در هر دو مدل از معیارهای اقتصادی و اجتماعی برای حداکثر کردن درآمد خالص، اشتغال و نیروی کار و حداقل کردن آب مصرفی، هزینه، و مقدارآب مجازی صادراتی استفاده شد. نتایج نشان داد که معیارهای سود و آب مصرفی نسبت به سایر عوامل از اهمیت بیشتری در تعیین رتبه‌بندی محصولات و نوع‌کشت برخوردار می‌باشند. نتایج نشان داد که گیاهان زعفران، زیره، جو، گندم، صیفی‌جات، سبزیجات، چغندرقند، نباتات علوفه‌ای و پنبه به ترتیب بیشترین اولویت را برای کشت داشتند. با توجه به این نتایج و براساس الگوهای کشت رایج در منطقه، هشت الگوی کشت پیشنهاد شد. نتایج مدل تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که الگوهای هشت، دو و چهار به عنوان الگوهای مناسبی می‌باشند که در این الگوها به ترتیب نباتات علوفه‌ای (۲۱/۱۲ درصد)، گندم (۳٦/۷٤ درصد) و گندم (٤٦/۷٦ درصد) بیشترین سطح زیر کشت را داشتند. با توجه به بهینه‌یابی در مدل LINGO مدل ۸ به علت دارا بودن پایین‌ترین ضریب تعیین (R^2) نامناسب می‌باشد. در الگوهای ۲ و ٤ سطح زیر کشت گندم و سبزیجات نسبت به الگوی کشت رایج در منطقه افزایش نشان داد. گیاهان جالیزی، زعفران، پنبه و جو در الگوی دو نسبت به الگوی رایج منطقه افزایش داشت در حالی که در الگوی چهار کاهش یافت. زیره در الگوی دوم کاهش نشان داد ولی در الگوی چهار افزایش یافت. سطح زیر کشت نباتات علوفه‌ای و چغندرقند در هر دو الگوی کشت نسبت به وضعیت فعلی منطقه کاهش نشان داد.

کلید واژه‌ها: بهینه‌یابی، الگوی کشت، دشت بیرجند، برنامه‌ریزی خطی.

Optimization of Crop Pattern Using Analytical Hierarchy Process and Linear Programming (Case Study: Plain Birjand)

M. Nakhaee[1], S. R. Hashemi[2], A. Khashei Siuki[3*] and M. Ahmadee[4]

1-Master of science, Water Engineering Department, University of Birjand
2-Assistant professor, Water Engineering Department, University of Birjand
3*- Assistant professor, Water Engineering Department, University of Birjand
4-Ph.D. student, Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz

Received:13 January 2014 Accepted:23 May 2015

Abstract

It is necessary to optimize the use of water resources in arid and semi-arid of world because of limited water resources, low performance efficiency, increasing population and demand for water.

www.SID.ir

Archive of SID

Suitable cropping patterns are very effective and efficient method for use of water. Due to limited water resources in Birjand plain, this research was conducted to optimization of crop pattern in the plain. For this purpose, crop pattern in Birjand plain (A) and 8 common crop patterns were studied. The method of multi-criteria decision analytic hierarchy process and LINGO programming model used to determine the best cropping pattern. Economic and social measures used to maximize net income, employment and labor and minimizing water consumption, cost and virtual water in both model. Results showed that profit and water is factor that is more important other than to determine crop pattern. Results show that saffron, cumin, barley, wheat, summer crops, vegetables, sugar beet, forage plant and cotton are the highest priority for cultivation. AHP results showed that 8, 2 and 4 models were determined the best cropping patterns so that in these models the forage plant (21.12%), wheat (36.74%) and wheat (46.76%) had the highest cultivation area, respectively. Model 8 due to had a low coefficient of determination (R^2) in LINGO so this model is inappropriate. The cultivated wheat and vegetable in models 2 and 4 increased than cropping patterns prevalent in the region. Cucurbit plants, saffron, cotton and barley in Model 2 increased compared to the current model, while Model 4 decreased. Cumin decreased in model 2 but increased in model 4. Cultivation of forage plant and sugar beet in both models reduced compared to the current crop pattern.

Keywords: Optimization, Crop pattern, Birjand Plain, Linear programming.

مقدمه

الگوی کشت به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای مدیریت منابع آب مطرح می‌باشد. البته در شرایط کم‌آبی در نظر گرفتن الگوهای کشت مناسب، روشی بسیار موثر و اساسی برای استفاده بهینه از آب به شمار می‌رود. الگوی کشت در مراحل اولیه طراحی با توجه به شرایط زمانی و مکانی، با در نظر گرفتن سیاست‌های کلان در بخش کشاورزی پیشنهاد گردیده و مبنای استفاده بهینه از منابع آب قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه تعداد معیارهای مؤثر در تعیین الگوی کشت بهینه متنوع بوده و از طرفی چون این معیارها در قالب معیارهای کمی و کیفی قرار می‌گیرند و هم بعد نیستند، تعیین تأثیر تمام این معیارها در تعیین الگوی کشت بهینه امری غیرممکن می‌باشد. مجموعه عوامل مختلف مؤثر بر انتخاب الگوی کشت بهینه در سه گروه عوامل اقتصادی- اجتماعی، منابع آب و خاک و عوامل اقلیمی قابل تقسیم‌بندی و مطالعه می‌باشند. عوامل مؤثر در تعیین الگوی کشت بهینه شامل هزینه آب، هزینه کاشت، داشت و برداشت، قیمت واحد محصول، نیاز منطقه به محصولات (نیاز محلی)، مقدار کمی آب در دسترس کشاورز، هدایت الکتریکی آب، بافت خاک، روش آبیاری، مقدار تبخیر و تعرق گیاه و میزان بارش می‌باشند. با توجه به اهمیت تعیین بهترین سطح زیر کشت مطالعات بسیاری در این خصوص انجام شده و از روش‌های مختلفی استفاده شده است. به عنوان نمونه می‌توان به تحقیقات کیپکورير و همکاران[1] (۲۰۰۲) اشاره کرد. آنچه مهم است در نظرگرفتن همه‌ی عواملی است که در تعیین الگوی بهینه کشت موثر می‌باشند. همچنین در نظر شرایط هر منطقه برای بهینه‌سازی الگوی کشت نیازمند توجه به اثر عوامل مختلف نسبت به هم می‌باشد.

هائواریا و عزاییز[2] (۲۰۰۱) یک مدل برنامه‌ریزی خطی را به منظور تعیین الگوی کشت بهینه تحت شرایط کم‌آبی در مناطق خشک پیشنهاد کردند. ایشان نشان دادند که کشت کدام محصول برای داشتن حداکثر سود مناسب‌تر است و به هر محصول چه مقدار آب و زمین اختصاص داده شود. منتظر و لطفی (۱۳۸۷) با مطالعه روی شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به منظور تعیین الگوی کشت بهینه و تخصیص آب در سطح شبکه‌های آبیاری براساس توابع تولید و یکنواختی پخش آب ارائه دادند. شعبانی و هنر (۱۳۸۵) به منظور بهینه سازی مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری سد درودزن استان فارس از برنامه-ریزی ریاضی در کشاورزی و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و روش کم‌آبیاری استفاده کردند. زهرایی و اسلامی (۱۳۸۵) از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی الگوی کشت اراضی کشاورزی با در نظر گرفتن اولویت‌های تخصیص آب و محدودیت‌های منابع آب استفاده کردند. اکرت و وانگ[3] (۱۹۹۳) با ثابت فرض کردن زمین تخصیص داده شده به هر محصول به برنامه‌ریزی برای حداکثر کردن سود پرداختند. اسدپور و همکاران (۱۳۸۴) نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه سازی الگوی کشت را برای یک دشت در زیر حوزه هراز مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که با ایجاد انعطاف در آرمان‌ها در مدل فازی، منابع به نحو بهتری تخصیص می‌یابند و سطح زیر کشت توسعه پیدا می‌کند. منتظر و رحیمی خوب[4]

1-Kipkorir *et al.*

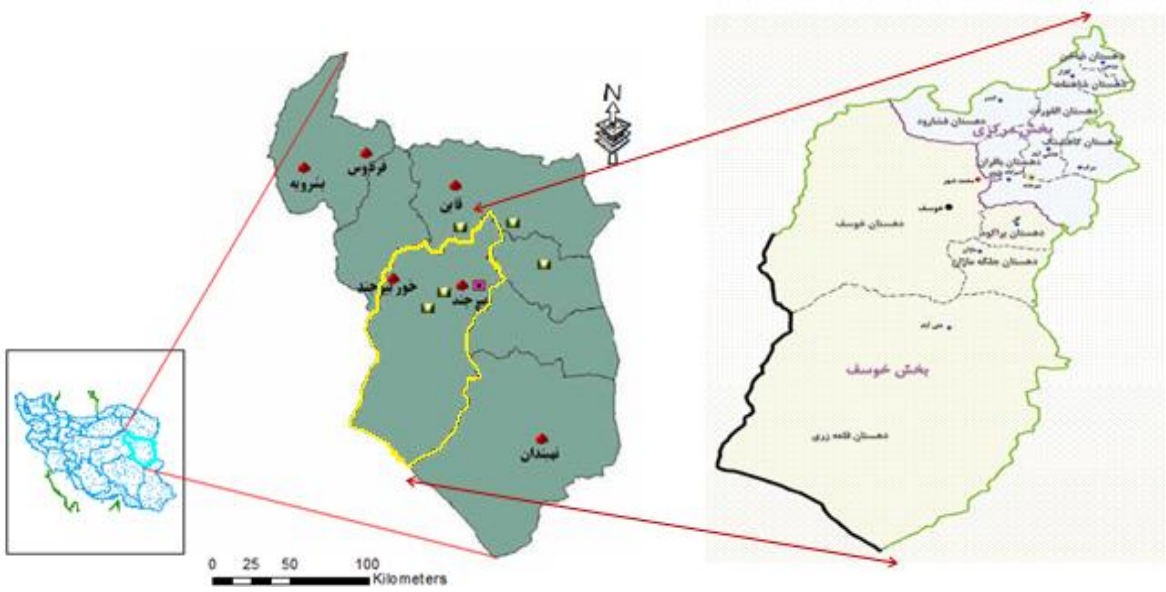
2-Haouaria and Azaiez
3-Eckert and Wang
4-Montazar and Rahimikob

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۰۸) با مطالعه روی شبکه آبیاری و زهکشی دشت قـزوین، یک مدل بهینه‌سازی غیرخطی را برای تخصیص بهینه آب و الگـوی کشت تحت شرایط منابع آبی محدود و کافی توسعه دادند. آنها سـود خالص حجم آب تخصیص داده شـده بـرای محصـولات آبـی را بـه عنوان تابع هدف در نظر گرفته و برای حل آن از بسـته نـرم افـزاری MS Excel Solver استفاده کردند.

نتایج نشان داد که تاکنون مطالعات اندکی در خصـوص تعیـین الگوی کشـت بهینـه بـا اسـتفاده از روش تحلیـل سلسـله مراتبـی و بهینه‌سازی با مدل لینگو انجام شده است. همچنین در اکثر مطالعات معیار آب مجازی در تعیین الگوی کشت بهینه در نظر گرفتـه نشـده است. بنابراین این تحقیق با هدف تعیین الگوی کشت بهینه در دشت بیرجند با در نظر گرفتن عوامل مختلف انجام شد.



شکل ۱- موقعیت مکانی شهرستان بیرجند

جدول ۱- وضعیت الگوهای مختلف زراعی (بر حسب درصد سطح زیر کشت)

محصول	الگوی پایه (A)	الگوی یک	الگوی دو	الگوی سه	الگوی چهار	الگوی پنج	الگوی شش	الگوی هفت	الگوی هشت
گندم	۳۳/۴	۳۶/۷۴	۴۰/۰۸	۴۳/۴۲	۴۶/۷۶	۳۰/۰۶	۲۶/۷۲	۲۳/۳۸	۲۰/۰۴
جو	۱۸/۹	۱۱/۳۴	۲۲/۶۸	۲۰/۷۹	۱۷/۰۱	۱۳/۲۳	۲۴/۵۷	۲۶/۴۶	۱۵/۱۲
پنبه	۱۱/۸	۱۸/۸۸	۴/۷۲	۱۳/۵۷	۸/۲۶	۱۷/۱۱	۱۰/۰۳	۶/۴۹	۱۵/۳۴
چغندرقند	۲/۵	۴/۵	۰/۵	۲	۱/۵	۳/۵	۱	۳	۴
سبزیجات	۱/۳	۲/۰۸	۱/۵۶	۱/۰۴	۱/۸۲	۰/۵۲	۰/۲۶	۰/۷۸	۲/۳۴
محصولات جالیز	۲/۴	۰/۹۶	۱/۹۲	۰/۴۸	۱/۴۴	۲/۸۸	۳/۳۶	۷/۸۴	۴/۳۲
زعفران	۱۲/۲	۸/۵۴	۱۵/۸۶	۷/۳۲	۹/۷۶	۱۳/۴۲	۱۰/۹۸	۱۴/۶۴	۱۷/۰۸
زیره	۳/۲	۴/۴۸	۱/۲۸	۱/۹۲	۵/۷۶	۳/۸۴	۵/۱۲	۲/۵۶	۰/۶۴
نباتات علوفه ای	۱۴/۳	۱۲/۴۸	۱۱/۴	۹/۴۶	۷/۶۹	۱۵/۴۴	۱۷/۹۶	۱۸/۸۵	۲۱/۱۲
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- خلاصه وضعیت الگوهای مختلف زراعی

الگوهای مختلف زراعی	آب مورد نیاز ناخالص (هزار مترمکعب بر هکتار)	تعداد افراد شاغل (نفر در هکتار)	هزینه ها (میلیون ریال در هکتار)	درآمدهای خالص (میلیون ریال در هکتار)	مقدار آب مجازی در حالت صادرات (متر مکعب آب مصرفی بر کیلوگرم محصول تولیدی)
وضعیت پایه	۱۰/۷	۳۷/۳	۱۱/۷۹	۱۷/۸	۳/۵۳۵
الگوی یک	۱۱/۲	۳۶/۵	۱۱/۴۴	۱۵/۹۶	۳/۴۳۹
الگوی دو	۹/۶	۳۷/۱	۱۱/۸۶	۱۹/۱۹	۳/۶۱۷
الگوی سه	۱۰/۲	۳۰/۸	۱۰/۱۷	۱۴/۲۱	۳/۲۶۵
الگوی چهار	۹/۵	۳۳/۹	۱۰/۵۱	۱۵/۷۸	۳/۴۴۲
الگوی پنج	۱۱/۳	۴۰/۳	۱۲/۵۱	۱۸/۹۶	۳/۷۰۷
الگوی شش	۱۰/۸	۳۶/۲	۱۱/۳۱	۱۷/۲۱	۳/۵۴۴
الگوی هفت	۱۰/۹	۳۸/۸	۱۲/۳	۱۹/۴۲	۳/۵۵۸
الگوی هشت	۱۲/۱	۴۴/۹	۱۴/۱۹	۲۱/۷۱	۳/۷۱۱

مواد و روش‌ها

استان خراسان جنوبی در شرق ایران واقع شده و مرکز آن شهر بیرجند است. مساحت این استان ۸۲۸۶۴ کیلومترمربع است که بین ۵۷ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و ۵/۴۷ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است (شکل ۱).

محصولات کشت شده در حوضه شامل گندم، جو، پنبه، چغندرقند، سبزیجات، محصولات جالیز، زغفران، زیره و نباتات علوفه‌ای می‌باشد. برای بهینه‌سازی الگوی کشت، از الگوی پایه موجود در منطقه و هشت الگوی دیگر استفاده شد. الگوهای انتخاب شده براساس الگوهای کشت مورد استفاده برای سایر مناطق دشت‌های خراسان انتخاب شده است (جدول ۱).

بهینه‌سازی الگوی کشت برای هر محصول براساس آب ناخالص مورد نیاز ، تعداد افراد شاغل، هزینه‌ها، در آمدها و مقدار آب مجازی در حالت صادرات در نظر گرفته شد (جدول ۲).

برای وزن‌دهی به معیارهای مورد نظر در الگوی کشت از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های قدرتمند تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد (ساعتی و وارگاس[1]، ۱۹۹۴). این روش بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی پیشنهاد شده است (اصغرپور، ۱۳۸۷). مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی شامل چهار مرحله اساسی بنا کردن نمودار سلسله مراتبی، تنظیم ماتریس مقایسه زوجی، محاسبه وزن و انتخاب بهترین گزینه و آزمون ناسازگاری است. تحلیل سلسله مراتبی برای الگوی کشت در این تحقیق براساس نمایش گرافیکی نشان داده شده در شکل (۲) انجام شد.

سپس عناصر هر سطح نسبت به سایر عناصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس‌های مقایسه زوجی مطابق رابطه (۱) تشکیل شد:

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

تخصیص امتیازات عددی مربوط به مقایسه زوجی اهمیت دو شاخص براساس جدول (۳) صورت گرفت.

وزن نهایی هر الگو براساس رابطه (۲) و نرخ ناسازگاری براساس رابطه (۳) محاسبه شد:

$$A = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}.w_j \quad (۲)$$

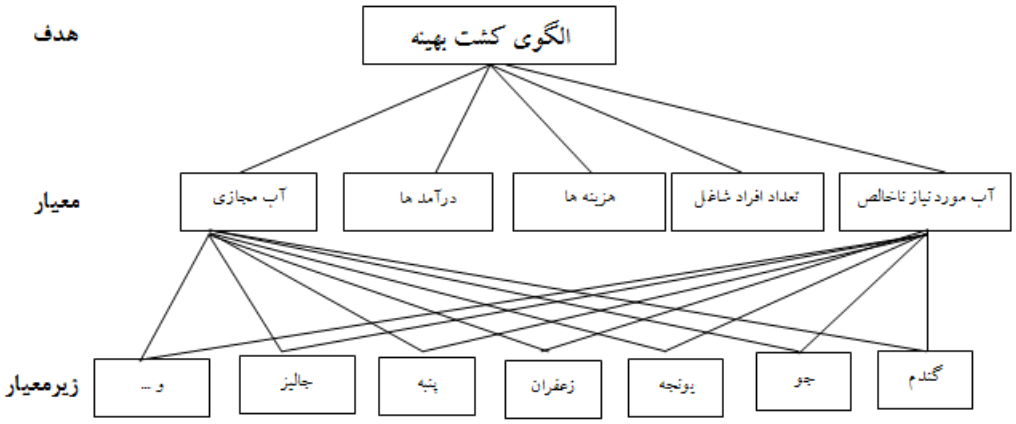
$$I.R = \frac{I.I}{R.I.I} \quad (۳)$$

که در روابط مذکور a_{ij}: ترجیح عنصر iام بر jام است، wj: نشانگر اهمیت معیار ، A: ماتریس مقایسه زوجی، R.I.I: شاخص ناسازگاری تصادفی، I.I: شاخص ناسازگاری و I.R: نرخ ناسازگاری می‌باشد.

1-Saaty and Vargas

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- نمایش گرافیکی تحلیل سلسله مراتبی الگوی کشت

(به علت پرهیز از شلوغی، درخت سلسله مراتبی بین هزینه‌ها، درآمدها و تعداد افراد شاغل و محصولات رسم نشده است)

جدول ۳- طبقه بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها

مقایسه نسبی شاخص‌ها (قضاوت شفاهی)	امتیاز عددی
اهمیت مطلق	۹
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت قوی	۵
اهمیت ضعیف	۳
اهمیت یکسان	۱
ترجیحات بین فاصله‌های بالا	۲، ۴، ۶ و ۸

پس از تعیین وزن هر معیار با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و با استفاده از نرم‌افزار اکسپرت چویس، بهینه‌سازی با استفاده از مدل لینگو انجام شد. تابع هدف با توجه به رابطه (۴) تعیین شد:

$$MaxZ = \sum_{i=1}^{n} F_i (P_i - C_i) \frac{1}{W_i} \frac{1}{V_i} A_i Y_i \qquad (۴)$$

در این رابطه Z : تابع هدف (ریال بر کیلوگرم)، F_i : تعداد افراد شاغل (تعداد در هر هکتار)، P_i :درآمد حاصله از هر محصول (ریال بر کیلوگرم در هکتار)، C_i: هزینه تولید هر محصول (ریال بر کیلوگرم در هکتار)، W_i: آب مصرفی (متر مکعب بر هکتار) ، V_i: آب مجازی (متر مکعب بر کیلوگرم)، A_i :سطح زیر کشت هر محصول (هکتار) و Y_i: عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) می‌باشد. قیود مورد استفاده در مدل لینگو در رابطه‌های (۵) تا (۶) نشان داده شده است:

$$\sum_{i=1}^{n} A_i \le A_t \qquad (۵)$$

$$\sum_{i=1}^{n} W_i \le W_t \qquad (۶)$$

$$\sum_{i}^{n} F_i \le F_t \qquad (۷)$$

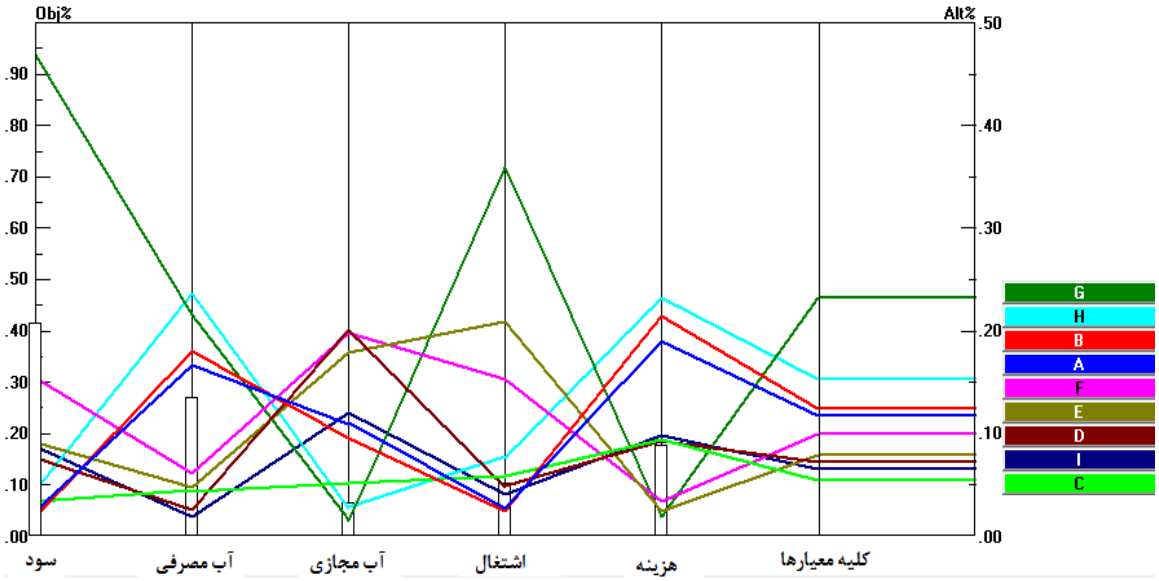
که در این روابط، A_t، W_t و F_t : به ترتیب کل سطح زیرکشت، کل آب در دسترس و بیشترین نیروی کار موجود در منطقه برای هر کشت می‌باشند. سپس سه سناریو در نظر گرفته شد به طوری که در این سناریوها تغییر سطح زیر کشت محصولات با محدودیت ۱۵، ۳۰ و ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. برای مقایسه مدل‌ها و سناریوهای ارائه شده، ابتدا درصد سطح زیر کشت در سناریوهای لینگو و الگوهای کشت تحلیل سلسله مراتبی در مقابل هم ترسیم گردید و سپس ضریب تعیین خطی آن‌ها محاسبه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- ماتریس وزن معیارها در هریک از گزینه‌ها

محصولات		هزینه‌ها	اشتغال	آب مجازی	آب مصرفی	سود
گندم	A	۰/۱۹	۰/۰۲۷	۰/۱۱	۰/۱۶۷	۰/۰۲۴
جو	B	۰/۲۱۵	۰/۰۲۵	۰/۰۹۵	۰/۱۸	۰/۰۱۹
پنبه	C	۰/۰۹۴	۰/۰۵۸	۰/۰۵۲	۰/۰۴۵	۰/۰۳۴
چغندر قند	D	۰/۰۹۲	۰/۰۴۹	۰/۲۰۱	۰/۰۲۶	۰/۰۷۷
سبزیجات	E	۰/۰۲۵	۰/۲۰۹	۰/۱۷۹	۰/۰۴۹	۰/۰۹۲
صیفی‌جات	F	۰/۰۳۴	۰/۱۵۳	۰/۱۹۸	۰/۰۶۲	۰/۱۵۴
زعفران	G	/۰۱۹	۰/۳۶	۰/۰۱۶	۰/۲۱۵	۰/۴۶۸
زیره	H	۰/۲۳۳	۰/۰۷۷	۰/۰۲۸	۰/۲۳۷	۰/۰۴۵
نباتات علوفه‌ای	I	۰/۰۹۹	۰/۰۴۱	۰/۱۲	۰/۰۱۹	۰/۰۸۷



شکل ۳-وزن معیارها و اولویت‌بندی محصولات (حروف A، B، C، D، E، F، G، H و I به ترتیب نشان دهنده‌ی محصولات گندم، جو، پنبه، چغندرقند، سبزیجات، صیفی‌جات، زعفران، زیره و نباتات علوفه‌ای هستند)

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که معیار سود دهی بالاترین وزن و معیار آب مجازی کمترین وزن را در تعیین الگوی کشت بهینه دارا می‌باشد. سیلک و پاکسوی[1] (۱۹۹۸) با بررسی عوامل موثر بر الگوی کشت در اراضی فاریاب آناتولی ترکیه به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققان گزارش کردند که عامل سوددهی بیشترین اثر را در تعیین الگوی کشت دارد. آب مصرفی، هزینه و اشتغال نیز به ترتیب پس از سوددهی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این نتایج با مشاهدات محمدیان و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت دارد. این محققان با ارزیابی الگوی کشت بهینه در دشت تربت جام به نتایج مشابه دست یافتند. احتمالاً به علت یکسان بودن اقلیم، فرهنگ و محصولات تحت کشت این نتایج به دست آمده است. با توجه به نتایج بدست آمده نرخ ناسازگاری در تعیین معیارها پنج درصد مشاهده شد که با توجه به این که این مقدار از ۰/۱ کمتر است بنابراین در محدوده قابل قبول می‌باشد (ساعتی[2]، ۲۰۰۱). مقایسه‌ی معیارهای تعیین الگوی کشت برای هر محصول نشان داد که معیار آب مصرفی در گیاهان گندم و زیره نسبت به سایر معیار از وزن بیشتری برخوردار هستند (جدول ۴). معیار آب مجازی وزن بیشتری در گیاهان چغندرقند، صیفی‌جات و نباتات علوفه‌ای نشان داد. معیارهای سود و اشتغال نیز به ترتیب برای گیاهان زعفران و سبزیجات وزن بیشتری را نشان دادند. بیشترین وزن در گیاهان جو و پنبه به هزینه‌ها اختصاص یافت.

1-Celik and Paksoy

2-Saaty

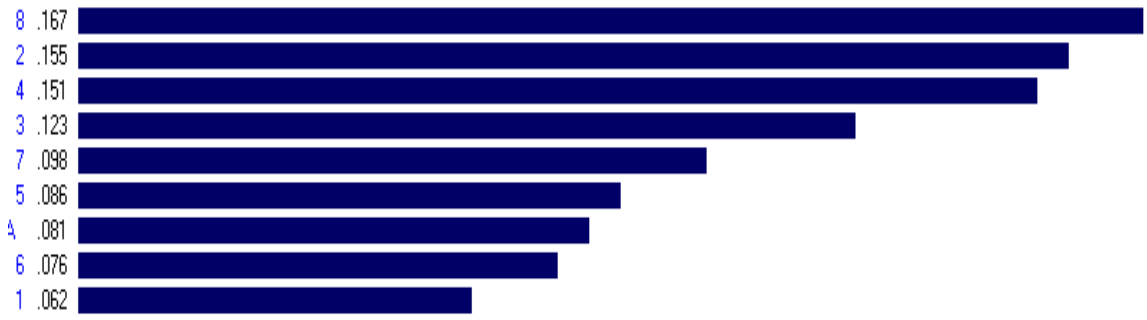
www.SID.ir

Archive of SID

نتایج رتبه‌بندی معیارهای مؤثر بر نوع محصولات الگوی کشت و اولویت بندی این محصولات در شکل (۳) نشان داده شده است. نتایج رتبه‌بندی اولویت محصولات الگوی کشت در منطقه براساس مدل تحلیل سلسله مراتبی، برای گیاهان زعفران، زیره، جو، گندم، صیفی‌جات، سبزیجات، چغندرقند، نباتات علوفه‌ای و پنبه به ترتیب با ۲۳/۲، ۱۵/۳، ۱۲/۵، ۱۱/۸، ۱۰، ۸، ۷/۲، ۶/۶ و ۵/۴ درصد تعیین شد. با توجه به اهمیت درآمدزایی در کشاورزی، مدل نیز بیشترین وزن را به معیار درآمد خالص (سود دهی) اختصاص داده است. با توجه به کمبود منابع آب در منطقه پس از درآمدزایی بیشترین وزن به معیار آب ناخالص مورد نیاز اختصاص داده شده است. بنابراین گیاهانی که نیاز آبی کمتری داشته و همچنین در برابر تنش آبی مقاوم‌ترند در اولویت کشت قرار می‌گیرند. بنابراین گیاه زیره در این معیار بهترین عملکرد و گیاه زعفران در اولویت بعدی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که اولویت‌بندی نهایی الگوهای کشت در دشت بیرجند به ترتیب به الگوی هشتم با وزن ۱۶/۷ درصد، الگوی دوم با وزن ۱۵/۵ درصد، الگوی چهارم با وزن ۱۵/۱ درصد، الگوی سوم با وزن ۱۲/۳ درصد، الگوی هفتم با وزن ۹/۸ درصد، الگوی پنجم با وزن ۸/۶ درصد، الگوی پایه منطقه با وزن ۸/۱ درصد، الگوی ششم با وزن ۷/۶ درصد و در نهایت الگوی اول با وزن ۶/۲ درصد می‌باشد (شکل ۴). الگوهای هشت، دو و چهار تفاوت محسوسی با سایر الگوها نشان دادند؛ بدین ترتیب می‌توان آن‌ها را به عنوان الگوهایی مناسب در این دشت به شمار آورد. البته می‌بایست توجه داشت که نرخ ناسازگاری نیز برابر ۰/۰۳ تعیین شد که حاکی از قابل قبول بودن نتایج می‌باشد (ساعتی، ۲۰۰۱).

با توجه به شکل (۳) گیاه زعفران بالاترین عملکرد را در معیار سوددهی دارا می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه بیشترین سطح زیر کشت گیاه زعفران مربوط به الگوی هشتم می‌باشد؛ بنابراین به نظر می‌رسد این عامل در الگوی کشت هشت تأثیر زیادی بر انتخاب آن به عنوان الگوی برتر داشته است. البته این عامل تنها معیار انتخاب الگوی هشتم به عنوان بهترین الگو نبوده است. اگر این گونه بود نتایج می‌بایست به صورتی باشد که الگوها براساس سطح زیر کشت زعفران رتبه‌بندی می‌شدند که با توجه به نتایج به دست آمده این فرض صحیح نیست. بنابراین نمی‌توان گفت که تنها با بالابردن سطح زیر کشت گیاه زعفران در منطقه می‌توان به الگوی کشت بهینه دست یافت و فقط می‌توان این طور بیان کرد که به دلیل بالا بودن سوددهی گیاه زعفران نسبت به سایر محصولات می‌بایست سطح زیر کشت بالاتری برای این محصول نسبت به سایر محصولات منطقه در نظر گرفته شود. این نتایج با مطالعات چیذری و قاسمی (۱۳۸۷) مطابقت دارد. این محققان گزارش کردند که الگوهای کشت موجود در شهرستان اقلید استان فارس توجیه اقتصادی ندارد و می‌بایست با بهینه‌سازی الگوی کشت، از محصولات پر سود در الگوی کشت استفاده کرد. نتایج تحقیقات عباسی و قدمی (۱۳۸۵) نیز در خصوص بررسی سوددهی الگوهای کشت نشان داد که علی‌رغم کاهش مصرف آب، سود خالص ارائه شده از الگوی بهینه کشت افزایش یافت. باقریان و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان دادند که با استفاده از محصولات پرسود در الگوهای کشت بهینه، در زمین‌های تحت کشت در شهرستان کازرون، می‌توان سوددهی را تا ۱۱/۵ درصد افزایش داد.



شکل ٤- اولویت‌بندی بهینه الگوهای کشت

(A نشان دهنده‌ی الگوی پایه و اعداد یک تا هشت نشان دهنده‌ی الگوهای یک تا هشت می‌باشد)

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به الگوی هشت، سطح زیر کشت گیاهان جو و چغندرقند باید افزایش یابد و کشت گیاهان زیره و پنبه می‌بایست کاهش یابد. نکته قابل توجه این است که علی‌رغم مصرف بالای آب در گیاهان چغندرقند، سبزیجات و نباتات علوفه‌ای، مشاهده شد که در الگوی هشت سطح زیر کشت این محصولات نسبت به وضعیت فعلی افزایش یافت. در الگوی هشت گندم پایین‌ترین سطح زیر کشت را نسبت به سایر الگوها دارد که این عامل می‌تواند ناشی از درآمد کم، هزینه‌های بالا و در نتیجه سود کم این محصول باشد. بدین منظور توصیه می‌شود که سطح زیر کشت گندم به ۲۰/۰۴ درصد کاهش یابد. در الگوهای دو و چهار سطح زیر کشت گندم و سبزیجات نسبت به الگوی کشت رایج در منطقه افزایش یافته است. همچنین در الگوی دو سطح زیر کشت گیاهان جالیزی، زعفران، پنبه و جو و در الگوی چهار سطح زیر کشت زیره افزایش نشان داد. سطح زیر کشت گیاهان جالیزی، زعفران، پنبه، جو، نباتات علوفه‌ای و چغندرقند در الگوی ۴ و سطح زیر کشت نباتات علوفه‌ای و چغندرقند در الگوی ۲ کاهش یافت. این در حالی است که با بهینه‌سازی در هر سه سناریوی اجرا شده با مدل لینگو سطح زیر کشت کلیه محصولات می‌بایست نسبت به وضعیت فعلی افزایش یابد (جدول ۵).

نتایج به دست آمده از تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که نباتات علوفه‌ای بیشترین درصد سطح زیر کشت را در الگوی هشت به خود اختصاص داد ولی در الگوهای دو و چهار محصول گندم بیشترین سطح زیر کشت را داشت. در حالی که نتایج به دست آمده از مدل لینگو در جدول (۵) نشان داد که در همه‌ی سناریوها گندم دارای بیشترین درصد سطح زیر کشت می‌باشد. در سناریوی اول، پس از گندم بالاترین سطح زیر کشت برای جو مشاهده شد. پس از جو نیز زعفران بالاترین سطح کشت بهینه را به خود اختصاص داد. در سناریوی دوم پس از گندم، زعفران بالاترین سطح زیر کشت را داشت و نباتات علوفه‌ای در رتبه سوم از نظر سطح زیر کشت قرار گرفت. در سناریوی سوم پس از گندم، زعفران بالاترین سطح زیر کشت را نشان داد و در رتبه سوم نیز جو بالاترین سطح کشت بهینه را به خود اختصاص داد. در همه‌ی سناریوها پایین‌ترین سطح زیر کشت برای سبزیجات مشاهده شد. در سناریوی اول، اولویت کشت محصولات، براساس آب ناخالص مورد نیاز، براساس سطح زیر کشت هر محصول تعیین شد. در حالی که در سناریوهای دوم و سوم اولویت اول تا سوم به ترتیب برای گندم، نباتات علوفه‌ای و پنبه مشاهده شد.

در هر سه سناریو، زعفران، گندم و پنبه به ترتیب بیشترین تعداد افراد شاغل را در شرایط بهینه نشان دادند. کمترین میزان اشتغال نیز در هر سه سناریو به چغندرقند اختصاص یافت. در خصوص هزینه نیز به ترتیب گیاهان زعفران، گندم و نباتات علوفه‌ای بیشترین میزان را در هر سه سناریو نشان دادند و کمترین هزینه برای گیاه زیره مشاهده شد. زعفران، گندم و نباتات علوفه‌ای بیشترین درآمد و سبزیجات کمترین در آمد را در بهینه‌سازی الگوی کشت نشان دادند. مجیدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گیاهان زعفران، گندم و برخی نباتات علوفه‌ای را مناسب‌ترین گیاهان در الگوی کشت پیشنهادی خود در دشت مشهد–چناران معرفی کردند. این محققان همچنین گیاهی مانند چغندرقند را به دلیل بازده کم، به عنوان محصول کم‌ارزش در الگوی کشت پیشنهادی معرفی کردند. با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، زعفران و گندم علاوه بر افزایش تعداد افراد شاغل، درآمد بیشتری نسبت به محصولات دیگر دارند؛ بنابراین در سناریوهای پیشنهادی مشاهده می‌شود که سطح زیر کشت این دو محصول نسبت به پنبه و نباتات علوفه‌ای نیز بیشتر است. این نتایج با مشاهدات محدث حسینی (۱۳۹۰) مطابقت دارد. این محقق نیز افزایش سطح زیر کشت محصولاتی که فقط سبب افزایش تعداد افراد شاغل می‌شوند را توصیه نمی‌کند. براساس مطالعات این محقق، در الگوی کشت بهینه می‌بایست دو عامل ایجاد شغل و درآمد با هم منظور شوند.

برای معیار آب مجازی برای شرایط بهینه تحت هر سه سناریوی مشاهده شد که زعفران در رتبه اول قرار گرفت و کمترین میزان آب خارج شده از این حوضه برای این محصول بود. زیره و سبزیجات در رتبه‌های دوم و سوم برای معیار آب مجازی در حالت صادرات قرار گرفتند. گندم به عنوان بدترین محصول از لحاظ آب مجازی تعیین شد به طوری که کشت گندم در دشت بیرجند تحت هر سه سناریو و با محدودیت آب مجازی بهینه نیست.

مقایسه‌ی مدل‌ها و سناریوهای ارائه شده نشان داد که الگوهای دو و چهار به ترتیب با ضریب تعیین ۰/۹۵ و ۰/۹۴. بیشترین مشابهت و قرابت را با سناریوهای ارائه شده در مدل لینگو دارند (شکل ۶). گرچه الگوی هشت بهترین الگوی کشت در مدل تحلیل سلسله مراتبی تعیین شد ولی به دلیل پایین بودن ضریب تعیین در این الگو، کاربرد آن توصیه نمی‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که اگر در منطقه مورد مطالعه الگوهای کشت مشابه الگوهای دو و چهار اجرا شود کشاورزی به صورت بهینه و ایده‌آل نزدیک خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- وضعیت درصد سطوح زیر کشت محصولات زراعی در مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی و لینگو

محصولات	اولویت بندی الگوهای کشت در مدل تحلیل سلسله مراتبی			سناریوهای مختلف الگوهای کشت در مدل لینگو		
	اولوبت اول	اولوبت دوم	اولوبت سوم			
	الگوی هشت	الگوی دو	الگوی چهار	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم
گندم	۲۰/۰۴	۴۰/۰۸	۴۶/۷۶	۳۸/۴۱	۴۳/۴۲	۵۰/۱
جو	۱۵/۱۲	۲۲/۶۸	۱۷/۰۱	۱۶/۴۲	۱۳/۹۵	۱۰/۶۵
پنبه	۱۵/۳۴	۴/۷۲	۸/۲۶	۱۰/۰۳	۸/۲۶	۵/۹
چغندرقند	۴	۰/۵	۱/۵	۲/۱۲	۱/۷۵	۱/۲۵
سبزیجات	۲/۳۴	۱/۵۶	۱/۸۲	۱/۱۰	۰/۹۱	۰/۶۵
محصولات جالیزی	۴/۳۲	۱/۹۲	۱/۴۴	۲/۰۴	۱/۶۸	۱/۲
زعفران	۱۷/۰۸	۱۵/۸۶	۹/۷۶	۱۴/۰۳	۱۵/۸۶	۱۸/۳
زیره	۰/۶۴	۱/۲۸	۵/۷۶	۳/۶۸	۴/۱۶	۴/۸
نباتات علوفه ای	۲۱/۱۲	۱۱/۴	۷/۶۹	۱۲/۱۵	۱۰/۰۱	۷/۱۵

جدول ٦- برآورد شاخص آماری ضریب تعیین در مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی و لینگو

	الگوی یک	الگوی دو	الگوی سه	الگوی چهار	الگوی پنج	الگوی شش	الگوی هفت	الگوی هشت
سناریوی اول لینگو	۰/۸۶	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۴۱	۰/۸۸۸	۰/۷۷۲	۰/۶۴۷	۰/۵۷۰
سناریوی دوم لینگو	۰/۸۴	۰/۹۵	۰/۹۴۱	۰/۹۴۱	۰/۸۸۸	۰/۷۷۲	۰/۶۴۷	۰/۵۷۱
سناریوی سوم لینگو	۰/۷۸۲	۰/۹۵	۰/۹۴۱	۰/۹۴۱	۰/۸۸۸	۰/۷۷۲	۰/۶۴۷	۰/۵۷۱

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که سوددهی بالاترین وزن و معیار آب مجازی کمترین وزن را در تعیین الگوی کشت بهینه دارند. براساس مدل‌سازی با روش تحلیل سلسله مراتبی گیاهان زعفران، زیره، جو، گندم، صیفی‌جات، سبزیجات، چغندرقند، نباتات علوفه‌ای و پنبه به ترتیب بیشترین اولویت را برای کشت نشان دادند. نتایج تعیین الگوی کشت با روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که الگوهای هشت، دو و چهار به ترتیب بهترین الگوهای کشت برای منطقه می‌باشند. بهینه‌سازی الگوی کشت با سه سناریوی محدودیت ۱۵، ۳۰ و ۵۰ درصد با مدل لینگو نشان داد که الگوی هشت برای دشت بیرجند مناسب نیست و بهتر است از الگوهای دو و چهار استفاده شود. بنابراین بهترین الگوی کشت در دشت بیرجند را می‌توان الگوهای دو و چهار تعیین کرد که در این الگوها محصولات گندم، جو و زعفران به ترتیب بیشترین سطح زیر کشت را نشان دادند به طوری که مجموع سطح زیر کشت این سه محصول در الگوهای دو و چهار به ترتیب ۷۸/۶۲ و ۷۳/۵۳ درصد بود.

منابع

۱- اسدپور، ح.، خلیلیان، ص. و غ. پیکنی. ۱۳۸۴. نظریه و کاربرد مدل برنامه ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه سازی الگوی کشت اقتصادی کشاورزی و توسعه. ویژه نامه بهره وری و کارایی، ۳۰۹: ۳۳۸-۳۰۷.

۲- اصغرپور، م. ج. ۱۳۸۷. تصمیم‌گیری‌های چند معیاری. چاپ پنجم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران. ۴۷-۲۶.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- باقریان، ع.، صالح، ا. و غ. ر. پیکانی. ۱۳۸۶. بهینه‌سازی الگوی کشت در منطقه کازرون با استفاده از روش برنامه ریزی خطی. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- چیذری، ا. و ع. قاسمی. ۱۳۷۸. کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۷(۲۸): ۷۶-۶۱.

۵- زهرایی، ب. و ع. اسلامی. ۱۳۸۵. بهره برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی -روش الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی خطی. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶- شعبانی، م .ک. و ت. هنر. ۱۳۸۵. مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن با استفاده از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی (GIS). پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز.

۷- عباسی، ع. و م. قدمی. ۱۳۸۵. تأثیر بهینه سازی الگوی کشت در کاهش مصرف آب و افزایش درآمد. هفتمین کنفرانس دو سالانه اقتصاد کشاورزی ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ایران، کرج.

۸- مجیدی، ن. علیزاده، ا. و م. قربانی. ۱۳۹۰. تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب دشت مشهد-چناران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴): ۷۸۵-۷۷۶.

۹- محدث حسینی، س. ا. ۱۳۹۰. بررسی ایجاد اشتغال با توجه به تغییرات الگوی کشت محصولات زراعی و باغی مورد مطالعه حوزه آبخیز اترک. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۹۰: ۱۰۰-۹۳.

۱۰- محمدیان ف ، شاهنوشی ن ، قربانی م و عاقل ح. ۱۳۸۹. تدوین الگوی زراعی پایدار در دشت تربت جام. اقتصاد کشاورزی، شماره ۲ ص ۱-۴۲

۱۱- منتظر، ع. ا. و م. لطفی. ۱۳۸۷. توسعه و کاربرد مدل برنامه ریزی الگوی بهینه کشت و تخصیص منابع آب شبکه های آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۲): ۱۰۸-۹۳.

12- Celik, Y. B. and S. Paksoy. 1998. Changes in cropping patterns in the newly irrigated parts of the harran plain and comparisons with the planned cropping patterns. Proceedings, 3rd Agricultural Economics Congress of Ankara, Turkey, pp. 301.

13- Eckert, j. B. and E. Wang. 1993. Effects of irrigation water supply variations on limited resource farming in Conejos County. Colorado, Water Resource Research, 29(2): 229–235.

14- Kipkorir, E. C. Ssahli, A. and D. Raes. 2002. Mios: A decision tool for determination of optimal irrigated cropping pattern of a multicrop system under water scarcity constants. Journal of Agricultural Water Management, ASCE 51: 155-166.

15- Haouaria, M. and M. N. Azaiez. 2001. Optimal cropping patterns under water deficits. European Journal of Operational Research, 130(1): 133–146.

16- Montazar, A. and A. Rahimikob. 2008. Optimal water productivity of irrigation networks in arid and semi-arid regions. Irrigation and Drainage. 57: 411-423.

17- Saaty, T. L. and L. G. Vargas. 1994. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications.

18- Saaty T. L. 2001. The allocation of intangible resource: The analytic hierarchy process and linear programming. Socio-Economic Planning Science, 37(3): 169-184.

www.SID.ir