اقتصادكشاورزي و توسعه، سال دوازدهم، شماره ٤٧، پاييز١٣٨٣

تأثير بهبود راندمان آبياري در بخش كشاورزي بر افزايش سطح آبهاي زيرزميني

دكتر ولي بريم نژاد، دكتر غلامرضا پيكاني*

چكيده

استفادة بهينه از منابع تجديدپذير آب، يكي از اهداف اقتصادي دولتها به شمار مي‌آيد. در اين راستا سنجش شاخصهاي پايداري آب نياز اساسي دوام نظامهاي كشاورزي در درازمدت است. از آنجا كه پايداري دربرگيرندة جنبه‌هاي اجتماعي، بومشناختي و اقتصادي است، كشاورز بايد بتواند پارامترهاي نرم‌افزاري و سخت‌افزاري را در تصميمگيري خويش با يكديگر تلفيق كند. هدف اين تحقيق، توسعة مدلي است كه به تصميمگيران كمك مي‌كند تا نظام پايداري براي منطقه طراحي كنند. برنامه‌ريزي رياضي ابزاري مفيد براي مطالعه و تحليل

* به ترتيب: اعضاي هيئت علمي دانشكده كشاورزي دانشگاه آزاد كرج و دانشگاه تهران.

Archive of SID

www.SID.ir

نظامهايكشاورزي است. نتايج حاصل ازحل برنامه‌ها و سياستهاي مختلف در راندمانهاي مختلف آبي و سناريوهاي گوناگون به مدير اين امكان را مي‌دهد كه حركت به سوي پايداري را براساس سياستها و اهداف منطقه‌اي طرحريزي و برنامه‌ريزي كند. نتايج حاصل از اين مطالعه بيانگر اثرمستقيم بهبود راندمان آبياري بر افزايش سطح آبهاي زيرزميني است.

كليد واژه‌ها:
توسعة پايدار، آب، برنامه‌ريزي رياضي، آبهاي زيرزميني، راندمان آبياري

مقدمه

لازمه توسعه كشاورزي، تحول و نوسازي است. در اين راستا عواملي همچون بازار، فناوري روزآمد، دسترسي به مواد و وسايل لازم در بخش كشاورزي بايد دچار تحول و نوسازي شوند. ولي با تغيير نگرش از عوامل فرابخشي به درونبخشي مشخص مي‌شود كه عواملي از درون بخش كشاورزي تأثيرات مهمي بر روند تحول و نوسازي اين بخش و به‌طورخاص توسعة كشاورزي خواهندداشت. آب و خاك، به عنوان دو مقولة عمده، ازجملة اين عواملاند. اگرچه اين دوعامل تا حدودي لازمة جدايي‌ناپذير رويش گياهان هستند اما نگاه ما به اين دو مقوله، و مشخصاً آب، از جنبة اهميت حياتي آن براي بخش‌كشاورزي (بويژه درشرايط اقليمي ايران) است (قاسم‌زاده مجاوري، ١٣٧٩). نقش‌حياتي بخش‌كشاورزي در اقتصادملي ايران بركسي پوشيده نيست، به‌طوري‌كه حدود ٢٧ درصد توليد ناخالص ملي، ٢٣درصد اشتغال و تأمين بيش از ٨٠ درصد غذاي كشور را به عهده دارد. دراين راستا محدوديت منابع آبي همواره يكي از مهمترين موانع توسعة بخش كشاورزي، به عنوان بستر اصلي نيل به خودكفايي مواد غذايي، بوده است (روزنامه اطلاعات مورخه ١٣٨٠/٥/٢).

E-mail: Vali_Borimnejad@kiau.ac.ir E-mail: rezapeykani@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

شرايط خاص اقليمي كشور، كه خشكي و پراكنش نامناسب زماني و مكاني بارندگي واقعيت گريزناپذير آن است، هرگونه توليد موادغذايي و كشاورزي پايدار را منوط به استفاده صحيح و منطقي از منابع آب محدود كشوركرده است. بنابراين مي‌توان گفت كه آبياري مهمترين نهادة توليد كشاورزي است؛ زيرا از يك طرف از حدود ۳۷ ميليون هكتار از اراضي مستعد كشاورزي به دليل محدوديت منابع آب، فقط ۷/۸ ميليون هكتار به صورت فاريا‌ب كشت مي‌شود و از طرف ديگراز ۸۸/۵ ميليارد مترمكعب آب استحصال‌شده از منابع سطحي و زيرزميني حدود ۸۳ ميليارد مترمكعب (۹۳/۵ درصد) آن به بخش كشاورزي اختصاص دارد (فيض‌اللهي، ۱۳۸۰).

با نسبت حجم آب مورد استفاده و نرخ بهره‌وري و رشد فعلي جمعيت، نياز آبي كشور در سال ۱۳۹۰ به ۱۲۶ و در سال ۱۴۰۰ به ۱۵۰ ميليارد مترمكعب خواهد رسيد كه رقم اخير حدود ۱۵ درصد بيشتر از پتانسيل بالقوة منابع آب تجديدشوندة كشور است (گزارش وزارت نيرو به هيئت دولت، ۱۳۷۷). بنابراين ضمن تأكيد بر كاهش رشد جمعيت، بايد از هم اكنون سياستها و راهبردهاي استفاده كارا از منابع آب همراه با پيش‌بيني فناوريهاي موردنياز جهت مقابله با اين عامل مهم محدود مدنظر و مورد توجه خاص قرارگيرد. بي‌توجهي به اين مهم كشور را با بحران آب مواجه خواهد ساخت؛ اگرچه در شرايط اقليمي ايران نيز به دليل پايين‌بودن بارندگي كشور و بالابودن پتانسيل تبخير، خلأ و كمبود شديد آب خود به صورت بحراني تجلي مي‌نمايد و اين عارضه در شرايط خشكساليها با شدت بيشتري كشور را با بحران مواجه مي‌كند (كشاورز و صادق‌زاده، ۱۳۸۰).

هرچند مالكيت و برنامه‌ريزي در مورد آب سابقه‌اي تاريخي دارد، اما درتوسعه پايدار اقتصادي، اجتماعي و فرهنگي حال و آيندة كشور، دسترسي به آب به اندازه‌اي حياتي است كه متوليان امور كشور ناگزير از اتخاذ برنامه‌اي راهبردي و مدون درمورد آب هستند تا فعاليتها و توسعه اقتصادي كشور بر مبناي آن

Archive of SID

www.SID.ir

صورت گيرد. حصول اين هدف مستلزم بررسي و تعيين مطالعات و بررسيهاي دقيق مهندسي منابع آب و خاك از يك طرف و توسعة اصولي فناوري و تحقيقات مديريت منابع آب و خاك از طرف ديگر است تا با رعايت آنها برنامه‌هاي مطلوب تدوين و اجرا شود. پژوهشگران معتقدند كه ١٠ تا ٥٠ درصد آب مصرفي در كشاورزي، ٤٠ تا ٩٠ درصد آب مصرفي در صنعت و حدود ٣٠ درصد آب مصرفي شهرها را مي‌توان كاهش داد بدون آنكه به اصل هدف لطمه‌اي واردشود (پوستل، ١٣٧٣). بنابراين، سازماندهي مناسب توسط مديريت تقاضا و تنظيم الگوي مصرف آب به صورت پايدار، راهگشاي تعديل در اتلاف آب است.

در اين راستا، با عنايت به اين حقيقت كه حدود ٨٩ درصد مواد خام كشاورزي كشور از باغها و مزارع فاريا‌ب حاصل‌مي‌شود و نيز بخش‌كشاورزي بزرگترين مصرف‌كننده آب دركشور است، اهداف اين مطالعه را مي‌توان به صورت زيرنوشت:

١.تعيين راهبردهايي براي الگوي كشت‌بهينه با توجه به كمبودمنابع آب زيرزميني در دشت كرمان

٢.نشان‌دادن نقش افزايش راندمان آبياري در افزايش سطح آبهاي زيرزميني به منظور بهينه‌سازي مديريت مصرف‌آب‌جهت استفادة پايدار از اين نهاده در بخش كشاورزي در دشت كرمان

مروري بر مطالعات انجام‌شده

يكي از مباحث مديريت پايدار كشاورزي، توليد پايدار محصول بدون آبياري است كه باعث افزايش اثربخشي عرضة آب و حفاظت خاك از فرسايش بيشترمي‌شود. آبياري كاراتر در عمل بدين معناست كه آب كمتري هرز رود يا سطح آبهاي زيرزميني كاهش نيابد. در نتيجه، با توسعه و تطبيق راههايي براي استفادة كاراتر از آب در كشاورزي، آب كمتري براي استفاده‌هاي غيركشاورزي، بويژه در نواحي خشك، در دسترس خواهدبود كه درآينده اين امر منجر به كاهش بيشتر در مقدار آب

Archive of SID

www.SID.ir

مورداستفاده، متناسب با نياز واقعي مصرفكنندگان آب مي‌شود (Sophocleous, 1998).

در همين‌حال، ارتباطات بين كشاورزي، زمين و آب به طور فزاينده‌اي درحال تغيير و تحول است كه از مهمترين‌علل اين‌تغيير مي‌توان به افزايش‌سريع شهرنشيني دركشورهاي درحال‌توسعه، رقابت براي آب دربين استفاده‌كنندگان مختلف، توجهات محيطي، فرسايش خاك و كمبود منابع آبي، فشار جمعيت، سطوح بالاي سوءتغذيه و قيمتهاي‌جهاني اشاره كرد. فشار روي منابع آب زماني اتفاق‌مي‌افتدكه‌تقاضاي جاري و آينده بيش‌از مقدار بهره‌دهي اقتصادي آب‌دردسترس‌ازمنابع‌آب باشد.

گزارش‌انجمن توسعة‌پايدارسازمان‌ملل به منظور پررنگ كردن ارتباط بين محدوده‌هاي سيستمهاي آب طبيعي و كمبودهاي موجود در محدودة سياستهاي مديريت آب و خدماتي تهيه شده كه تعيين‌كننده استفاده بهتراز آب است. به عقيدة اين انجمن "مديريت پايدار آب در آبياري در تلاش است تا از عرضة بلندمدت، پايدار و قابل انعطاف آب مطمئن گردد و در حالي‌كه تقاضاي آب براي مصارف صنعتي و شهري در حال افزايش است، به تقاضاي محصول براي آب پاسخ داده شود و پيامدهاي زيستمحيطي نيز به حداقل برسد" (Commission on Sustainable Development). براي رسيدن‌به‌اين‌توازن‌مطلوب به مدلهاي جديدي احتياج است تا بتوان از شاخصهاي پايداري براي هدايت فرايند تصميمگيري استفاده كرد. در راه رسيدن به اين هدف، كاي و همكاران (Cai & et al., 2001) يك ساختار مدلبندي ارائه‌دادند كه از معيار كمي‌شدة پايداري در يك مدل بهينه‌سازي درازمدت استفاده مي‌كند تا بتواند از حداقل كردن ريسك در عرضة آب، حفاظت محيطي، برابري در تخصيص آب و كارايي اقتصادي آب مطمئن شود. اين مدلبندي با يك كارعملي در رودخانة سيردريا[1] در آسياي مركزي به اجرا درآمد. نتايج مدل بيانگر اثربخشي مدل برنامه‌ريزي رياضي براي تحليل سياستهاي پايداري

1. Syr Darya

Archive of SID

www.SID.ir

درحوضه اين رودخانه است. از طرفي استخراج منابع آب زيرزميني در كشاورزي مي‌تواند منجر به خشك‌شدن چشمه‌ها و آب انبارهاي طبيعي و كاهش كيفيت آبهاي زيرزميني‌شود، درصورتي‌كه هنگام تعيين الگوهاي استخراج آبهاي زيرزميني در بخش كشاورزي اغلب به اين عوارض جانبي توجهي نمي‌شود.

هلگرس و همكاران (Hellegres & et al., 2001) مدلي مشتمل بر الگوهاي استخراج منابع آب زيرزميني در كشاورزي ارائه‌دادند. به عقيدة اين پژوهشگران، قيمتهاي فعلي براي آبهاي زيرزميني كافي‌نيست و براي قبول فناوري پيشرفته آبياري براي سيستمهايي كه هزينه تخليه و آلودگي آبهاي زيرزميني را در نظر مي‌گيرند، محركي ايجاد نمي‌كند. مطالعه هلگرس و همكاران، نشان مي‌دهد در نظر گرفتن اثر بهره‌برداري از آب‌زيرزميني روي كيفيت آب در يك مدل مديريت منابع، زماني معنيدار است كه پرشدن مجدد آبهاي زيرزميني در مقايسه با اندازة ذخيره بيشتر باشد.

روش تحقيق

براي مدلسازي پايداري در مديريت منابع آب در ابتدا لازم است كه ارتباط بين استفاده از آب و پيامدهاي آن تعريف و ميزان آب موجود و تقاضا براي آن بين احتياجات حال و آينده تركيب شود. كارايي استفاده از آب در سطح مزرعه معمولاً پايين است و اين امر را مي‌توان معلول قيمتهاي نسبي نهاده‌ها و ستانده‌هايي دانست كه باعث مي‌شوند كشاورزان هزينه‌هاي مربوط به مديريت منابع آب را حداقل كنند. علت ديگر اين موضوع مي‌تواند اين باشد كه كشاورزان به دليل قيود زماني و دسترسي آب و ديگر نهاده‌هاي كليدي از به دست‌آوردن يك سطح مطلوب ازكارايي آب ناتوانند (Lara & Stancu-Minasian, 1999). يكي ديگر از عللي كه كشاورزان نمي‌توانند مديريت بهينة آب را به كارگيرند اين است كه زمان انتقال آب براساس تناوبهاي مختلف تعيين مي‌گردد و

Archive of SID

www.SID.ir

نبود اعتماد به عرضة مداوم آب باعث انعطافپذيري اندك كشاورزان ميشود. كشاورزان ممكن است خاكهاي زراعي مختلفي داشته باشند كه آنها را مجبور كند كه از تانكر يا آبياري قطرهاي استفاده كنند؛ اما به دليل كمبود سرمايه و قيمت پايين محصولات زراعي قادر به سرمايهگذاري روي اين سيستمها نيستند. در برخي مواقع نبود اطلاعاتكافي باعث ميشود كشاورزان از به كاربردن روشهاي پيشرفتة آبياري محروم شوند (همان منبع).

پيامدهاي اقتصادي راندمانهاي پايين آبياري درسطح مزرعه ازجمله عدم بهرهوري به دليل يكسانبودن كاربرد آب، شستهشدن موادغذايي خاك و زيانهاي ناشي از بيماريها ميتواند همه به وضعيت نامناسب رطوبت خاك مربوط باشد. خسارات درازمدت ناشي از فرسايش خاك را نيز ميتوان به اين موضوعات افزود، گرچه كشاورزان در حالحاضر متوجة اين پيامدها نيستند. پيامدهاي اقتصادي خارج ازمزرعه، كه ناشي از راندمانهاي پايين آبياري در سطح مزرعه است، شامل آلودگي آبهاي زيرزميني و سطحي توسط موادغذايي و ديگر موادشيميايي، شوري زمينهاي پاييندست و رسوبگذاري در رودخانهها ست.

تحت فروض رقابتكامل، زماني كه يك بنگاه اقتصادي، قيمتپذير در عوامل و محصولات بازار است، پرداختي به تمامي عوامل توليد، دقيقاً معادل با درآمدكل است كه اين امر باعث ميشود سود صفر شود. در اينجا يك بنگاه، يك مزرعه است. تئوري بسيار ساده است؛ هرمقدار سود كه وجود داشته باشد، بازدهي عوامل ثابت توليد است كه به صورت بالقوه شامل آب آبياري نيز ميشود. براساساينمنطق، برنامهريزيخطيوغيرخطي ايستا و پويا نه تنها براي نشاندادن فايدة كل آب آبياري مفيداست، بلكهتوابعتقاضا براي آن را نيز ميتوان به دستآورد (Beneke and Winterboer, 1973). همچنين براي مطالعه و تحليل نظامهاي پايدار كشاورزي، برنامهريزي رياضي ابزاري مناسب است كه درزمان استفاده از اين

Archive of SID

www.SID.ir

مدلها، تحقيق در عمليات محدودة بزرگي از مدلهاي تئوريك معتبر را ارائه مي‌دهد (Lara & Stancu-Minasian, 1999).

مطالعة حاضر درصدد بررسي وضعيت منابع آبي دشت كرمان به‌عنوان محدودة مورد مطالعه است. قسمت اعظم بهرهبرداري از منابع آب دشتهاي مختلف استان از طريق حفرچاه جهت استفاده از مخازن آب زيرزميني انجام ميگيرد. برداشت از سفرههاي آبزيرزميني دشتها بيشتر براي مصارف بخش كشاورزي، آب آشاميدني شهرها و مصارف موردنياز استخراج معادن غني استان نظير مس و زغال سنگ، آهن و غيره انجام مي‌شود. كليه اين مصارف برحسب تصادف در مناطق فقير استان از نظر منابع آبزيرزميني و سطحي نظير زرند، رفسنجان، خاتون آباد، شهربابك و سيرجان متمركز شده است، درحاليكه در مناطق ديگر استان نظير جيرفت، كهنوج و رودبار، كه داراي آبسطحي فراوان (رودخانه پرآب نظير هليلرود) و آب زيرزميني مناسب هستند، تمركز فعاليت بهرهبرداري به نسبت كمتر است. بحران كنوني آب دراستان معلول اضافه برداشت از منابع آبهاي زيرزميني است كه اين امر باعث افت شديد سطح آب زيرزميني در دشتهاي استان گرديده است؛ به عبارتي، بهره‌برداري از منابع آبهايزيرزميني در اكثر نقاط از تغذية دشتهاي استان بيشتر شده است كه درصورت ادامه اين روند، سرمايه‌گذاريهاي فعلي بزودي درخطر نابودي قرار خواهد گرفت.

براساس مطالعات انجام‌گرفته دردشت كرمان و با توجه به تناوبهاي موجود در آن، دشت مذكور را مي‌توان به سه ناحيه با الگوي كشت مختلف تقسيم كرد. محصولات موجود دراين سه ناحيه هركدام داراي نياز آبي متفاوتي نسبت به ناحية ديگر است (جدولهاي١تا ٣).

جدول ١. ناحية اول

تركيب كشت	گندم	نخود	ذرت	سيبزميني	عدس	گوجه‌فرنگي	خيار	جو	جمع
زمين مورد استفاده (هكتار)	٤٢٠٠	٤٤٠	١٤٥	٥٨٠	١٠٥	١٨٠	٧٥	١٢٥٠	٦٩٧٥
آب مورد نياز براي هر هكتار	٥٧٠٠	٤٤٢٠	٨٠٨٠	٩٤٢٠	٤٧١٠	١٢٠٣٠	٤٤١٠	٥٧٠٠	

Archive of SID

www.SID.ir

	(مترمكعب)

جدول ۲. ناحيه دوم

ترکیب کشت	گندم	جو	هندوانه	ذرت	آفتابگردان	جمع
زمین مورد استفاده (هکتار)	۲۴۵۰	۷۸۰	۷۴۵	۷۵	۳۰۵	۴۳۵۵
آب مورد نیاز برای هر هکتار(مترمکعب)	۶۷۵۰	۶۷۵۰	۷۰۹۰	۸۲۲۰	۶۶۱۰	

جدول ۳. ناحیهسوم

ترکیب کشت	گندم	جو	چغندر	سیبزمینی	پیاز	گوجهفرنگی	جمع
زمین مورد استفاده (هکتار)	۱۸۵۰	۵۲۲	۳۸۵	۱۷۰	۴۰۰	۸۵	۳۴۱۲
آب مورد نیاز برای هر هکتار(مترمکعب)	۵۸۰۰	۵۸۰۰	۹۱۵۰	۸۰۰۰	۳۵۴۰	۱۱۶۸۰	

مأخذ: فرشي و همكاران، ۱۳۷۶، وزارت جهادكشاورزي، ۱۳۸۱
تذكر: كلية اعداد تقريبي بوده و بر اساس شباهتهاي اقليمي بين نواحي مختلف و وسعت آن نواحي محاسبه شده است.

نظر به محدودبودن ذخيرة سفرههاي آبزيرزميني در اين منطقه، هدف اوليه محاسبة مقدار آب موردنياز براي هر الگوي كشت، تعيين راندمان و تناوب موجود و الگوي كشت رايج در هر يك از مناطق دشت كرمان است. هدفبعدي، اندازهگيري اثر افزايش راندمان آبياري از طريق سيستمهايآبياري تحتفشار روي ميزان ذخيرة آب به صورت تلفيقي دركل دشت است. در پايان نيزتلاشخواهدشد اثرسياستگذاريهاي مختلف بر ميزان مصرفآب در دشت نشان داده شود.

برنامهريزي تلفيقي براي سه ناحيه با توجه به ذخيرة سفرههاي آب زيرزميني دشت كرمان

دراين بخش تلاش خواهد شد با تلفيق سه ناحية فوق، وضعيت دشت كرمان با توجه به ميزان ذخيره سفرههاي آبزيرزميني بررسيشود. اين برنامهريزي براي سه راندمان مختلف انجام ميگيرد تا از اين طريق بتوان اثر

Archive of SID

www.SID.ir

تغيير الگوي كشت و ميزان ذخيرة آب را به صورت مقايسه‌اي نشان داد. درضمن، اثرسياستهاي مختلف ازجمله وجود محصولات راهبردي نيز در مدل نظر گرفته خواهد شد.

راندمان ١٠٠ درصد:

Max:

Gm=354704corn1+57480barely1+40412cucum1+403060potato1+130835lent1+85411wheat1+
341852tomato1+92458pea1+354704corn2+232229sunfl2+57480barely2+320000waterm2+85411wheat2+
98837onion3+57480barely3+43105sugb3+403060potato3+341852tomato3+85411wheat3

s.t:

1)corn1+barely1+cucum1+potato1+lent1+wheat1+tomato1+pea1=6975

2)8080corn1+5700barely1+4410cucum1+9420potato1+4710lent1+5700wheat1+
12030tomato1+4420pea1-water1 $\leq$ 0;

3)566corn1+363barely1+585cucum1+958potato1+268lent1+392wheat1+362tomato1+671pea1 $\leq$ 3061240;

4)65corn1+52barely1+133cucum1+94potato1+45lent1+53wheat1+346tomato1+51pea1 $\leq$ 450965;

5)corn2+barely2+waterm2+wheat2+sunfl2=4355;

6)8220corn2+6750barely2+7090waterm2+6750wheat2+6610sunfl2-water2 $\leq$ 0;

7)566corn2+363barely2+485waterm2+392wheat2+219sunfl2 $\leq$ 1714110;

8)65corn2+52barely2+45waterm2+53wheat2+50sunfl2 $\leq$ 224060;

9)wheat3+barely3+sugb3+potato3+onion3+tomato3=3412;

10)5800wheat3+5800barely3+9150sugb3+8000potato3+3540onion3+11680tomato3-water3 $\leq$ 0;

11)392wheat3+363barely3+747sugb3+958potato3+575onion3+362tomato3 $\leq$ 1625911;

12)53wheat3+52barely3+78sugb3+94potato3+157onion3+346tomato3 $\leq$ 263414;

13)water1+water2+water3-reswater $\leq$ 0;

14)reswater $\leq$ 120000000;

15)reswater $\geq$ 100000000;

16)wheat1+wheat2+wheat3 $\leq$ 4200+2450+1850;

17)barely1+barely2+barely3 $\leq$ 1250+780+522;

18)corn1+corn2 $\leq$ 145+75;

19)potato1+potato3 $\leq$ 580+170;

20)tomato1+tomato3 $\leq$ 180+85;

21)lents1 $\leq$ 105;

22)lents=lents1;

23)cucum1 $\leq$ 75;

24)cucum=cucum1;

25)pea $\leq$ 440;

26)pea=pea1;

27)sunflo2 $\leq$ 305;

28)sunfl=sunfl2;

29)sugb3 $\leq$ 385;

30)onion3 $\leq$ 400;

Archive of SID

www.SID.ir

31)waterm2 $\leq$ 745;
32)wheat=wheat1+wheat2+wheat3;
33)barely=barely1+barely2+barely3;
34)water=water1+water2+water3;
35)potato=potato1+potato3;
36)tomato=tomato1+tomato3;
37)corn=corn1+corn2;
38)sugb=sugb3;
39)onion=onion3;
40)waterm=waterm2;

مدل فوق مدل برنامه‌ريزي تلفيقي دشتكرمان است. تابع هدف اين‌مدل، حداكثر كردن درآمدناخالص است. درمحدوديت ۱، كل زمين موجود در دشت كرمان مورد استفاده قرارمي‌گيرد. هدف محدوديت دوم اين است كه درراندمان ۱۰۰ درصد، ميزان آب مصرفي بر اساس الگوي كشت محصولات موجود درناحية يك و نياز آبي اين محصولات محاسبه شود. محدوديت سوم و چهارم به ترتيب مربوط به محدوديت كود و نيروي‌كار است. محدوديتهاي ٥ تا ٨، محدوديتهاي مربوط به ناحية دوم و محدوديتهاي ۹ تا ۱۲ مربوط به ناحية سوم است. يكي از اهداف اين مطالعه، محدودكردن ميزان آب مصرفي توسط الگوي كشت رايج درمحدوده‌اي است كه بتوان هرساله مقداري در مصرف آب صرفه‌جويي كرد تا پس از چند سال سطح سفره از حدبحراني خود خارج شود. در اينجا هدف اين است كه حداقل ۲۰ ميليون مترمكعب در سال ذخيره آب داشته باشيم (ميزان آب موجود در سفره‌هاي آب زيرزميني در دشت كرمان ۱٤٤ ميليون مترمكعب است). بنابراين سعي

Archive of SID

www.SID.ir

براين است كه حداكثر مقدار آب مصرفي در اين دشت از١٢٠ ميليون مترمكعب بيشتر و از ١٠٠ ميليون مترمكعب كمتر نشود. محدوديت ١٣ تا ١٥ ما را در رسيدن به اين هدف ياري مي‌كند. ممكن است سياست دولت يا مدير اين باشد كه همة محصولات موجود در منطقه در الگوي كشت قرار گيرند كه محدوديتهاي ١٦ تا ٣١ تأمين‌كنندة اين هدف هستند. محدوديتهاي ٢٤، ٢٦ و ٣٢ تا ٤٠ نيز الگوي كشت منطقه را نشان مي‌دهند.

جدول٤ نتايج حاصل از حل اين مدل، و مشخصاً الگوي كشت، مقدار آب لازم براي هر ناحيه و ميزان آب استفاده شده از سفره‌هاي آب زيرزميني و مقدار ذخيره آب را نشان مي‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤. حل مسئله برنامه‌ريزي تلفيقي

	متغير	ارزش متغير	هزينة كاهش‌يافته
١	ذرت ١	٠	٣٧٥٤٢٢٧٠٠٠٠٠
٢	جو١	٢٥٥٢	٠
٣	خيار١	٧٥	٠
٤	سيب‌زميني١	٧١٥	٠
٥	عدس١	١٠٥	٠
٦	گندم١	٣٣٦٠	٠
٧	گوجه‌فرنگي١	١٦٨	٠
٨	نخود١	٠	٥٩٧٣١١٤٠٠٠٠٠
٩	ذرت٢	٢٢٠	٠
١٠	آفتابگردان٢	٣٣٩٠	٠
١١	جو٢	٠	٦٢٣٥١٢٥٠٠٠٠
١٢	هندوانه٢	٧٤٥	٠
١٣	گندم٢	٠	١٤٦٨١٨
١٤	پياز٣	٤٠٠	٠
١٥	جو٣	٠	٦٢٣٥١١١٠٠٠٠
١٦	چغندرقند٣	٠	٤٢٣٠٦
١٧	سيب‌زميني٣	٣٥	٠
١٨	گوجه‌فرنگي٣	٩٦	٠
١٩	گندم٣	٢٨٨٠	٠
٢٠	آب١	٤١٤٩٤٠٥٠	٠
٢١	آب٢	٢٩٦٩٠٤٢٠	٠
٢٢	آب٣	٢١١٥٠٩٥٠	٠
٢٣	سفره زيرزميني	١٠٠٠٠٠٠٠٠	٠
٢٤	عدس	١٠٥	٠
٢٥	خيار	٧٥	٠
٢٦	نخود	٠	٠
٢٧	آفتابگردان	٣٣٩٠	٠
٢٨	گندم	٦٢٤٠	٠
٢٩	جو	٢٥٥٢	٠
٣٠	آب	٩٢٣٣٥٤٢٠	٠

ادامه

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤

٣١	سيبزميني	٧٥٠	٠
٣٢	گوجهفرنگي	٢٦٥	٠
٣٣	ذرت	٢٢٠	٠
٣٤	چغندرقند	٠	٠
٣٥	پياز	٤٠٠	٠
٣٦	هندوانه	٧٤٥	٠
	ارزش تابع هدف		٨٧٣٣٧٩٩٠٠٠٠٠٠٠

مأخذ: يافتههاي تحقيق

تذكر: انديسهاي ١، ٢ و ٣ به ترتيب نشاندهندة محصولات در نواحي اول، دوم و سوم است.

همانگونه كه در ابتداي مسئله برنامهريزي تلفيقي اشاره شد، اين برنامهريزي در راندمان ١٠٠درصد است، يعني فرض اين است كه كل آب استخراجشده به مصرف گياه ميرسد. براساس نتايج حاصل از حل اين مسئله، الگوي كشت به صورت زير خواهد بود:

ناحية اول: جو، خيار، سيبزميني، عدس، گندم و گوجهفرنگي (در اين ناحيه، ذرت و نخود از الگوي كشت حذفشده است).

ناحية دوم: ذرت، آفتابگردان وهندوانه (دراين ناحيه، گندم و جو ازالگوي كشت حذفشده است).

ناحية سوم: پياز، سيبزميني، گوجهفرنگي و گندم (در اين ناحيه جو و چغندرقند از مدل حذف شده است).

همانگونه كه ازجدول ٤ ميتوان استنتاج كرد، مقدارآب استفادهشده در نواحي مختلف به ترتيب براي ناحيةاول ٤١٤٩٤٠٥٠ مترمكعب، ناحيةدوم ٢٩٦٩٠٤٢٠ مترمكعب و ناحية سوم٢١١٥٠٩٥٠ مترمكعب خواهد بود. درنتيجه در دشت كرمان در راندمان ١٠٠ درصد، ٩٢٣٣٥٤٢٠ مترمكعب آب مصرفميشود كه با مصرف اين

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار آب، سالانه ٤٨ ميليون مترمكعب آب از سفره‌هاي آب زيرزميني دردشت كرمان صرفه‌جويي مي‌شود. البته همان طور كه مي‌دانيم، راندمان ١٠٠ درصد يك راندمان غيرواقعي است كه عملاً دستيابي به آن ناممكن خواهد بود. بنابراين در ادامه تلاش خواهدشد كه اين برنامه‌ريزي براي راندمانهاي ٣٥ درصد (راندمان رايج درسطح دشت كرمان) و ٧٥ درصد (در صورت استفاده از فناوري آبياري تحتفشار) انجام شود و سياستهاي لازم براي آن به اجرا درآيد.

راندمان ٧٥ درصد:

Max:

Gm=354704corn1+57480barely1+40412cucum1+403060potato1+130835lent1+
85411wheat1+341852tomato1+92458pea1+354704corn2+232229sunfl2+57480barely2+
320000waterm2+85411wheat2+98837onion3+57480barely3+43105sugb3+403060potato3+341852
tomato3+85411wheat3;

s.t:

1)corn1+barely1+cucum1+potato1+lent1+wheat1+tomato1+pea1=6975

2)10733corn1+7600barely1+5880cucum1+12560potato1+6280lent1+7600wheat1+16040tomato1+
5890pea1-water1 $\leq$ 0;

3)566corn1+363barely1+585cucum1+958potato1+268lent1+392wheat1+362tomato1+
671pea1 $\leq$ 3061240;

4)65corn1+52barely1+133cucum1+94potato1+45lent1+53wheat1+346tomato1+51pea1 $\leq$ 450965;

5)corn2+barely2+waterm2+wheat2+sunfl2=4355;

6)10960corn2+9000barely2+9453waterm2+9000wheat2+8813sunfl2-water2 $\leq$ 0;

7)566corn2+363barely2+485waterm2+392wheat2+219sunfl2 $\leq$ 1714110;

8)65corn2+52barely2+45waterm2+53wheat2+50sunfl2 $\leq$ 224060;

9)wheat3+barely3+sugb3+potato3+onion3+tomato3=3412;

10)7733wheat3+7733barely3+12200sugb3+10666potato3+4720onion3+15573tomato3-water3 $\leq$ 0;

11)392wheat3+363barely3+747sugb3+958potato3+575onion3+362tomato3 $\leq$ 1625911;

12)53wheat3+52barely3+78sugb3+94potato3+157onion3+346tomato3 $\leq$ 263414;

13)water1+water2+water3-reswater $\leq$ 0;

14)reswater $\leq$ 120000000;

15)reswater $\geq$ 100000000;

16)wheat1+wheat2+wheat3 $\leq$ 4200+2450+1850;

17)barely1+barely2+barely3 $\leq$ 1250+780+522;

18)corn1+corn2 $\leq$ 145+75;

Archive of SID

www.SID.ir

19)potato1+potato3 ≤ 580+170;
20)tomato1+tomato3 ≤ 180+85;
21)lents1 ≤ 105;
22)lents=lents1;
23)cucum1 ≤ 75;
24)cucum=cucum1;
25)pea ≤ 440;
26)pea=pea1;
27)sunflo2 ≤ 305;
28)sunfl=sunfl2;
29)sugb3 ≤ 385;
30)onion3 ≤ 400;
31)waterm2 ≤ 745;
32)wheat=wheat1+wheat2+wheat3;
33)barely=barely1+barely2+barely3;
34)water=water1+water2+water3;
35)potato=potato1+potato3;
36)tomato=tomato1+tomato3;
37)corn=corn1+corn2;
38)sugb=sugb3;
39)onion=onion3;
40)waterm=waterm2;

پس ازفرمولبندي مسئله برنامه‌ريزي تلفيقي دراندمان ٧٥درصد، آن را به دوصورتحل مي‌كنيم:

الف) فرض‌مي‌كنيم كه محدوديت ١٤ (يعني تعيين حداكثر ميزان مصرف‌آب) وجوددارد. نتايج حاصل از حل اين مسئله در جدول ٥ نشان داده شده است:

جدول ٥. حل مسئله برنامه‌ريزي تلفيقي با وجود محدوديت ١٤

	متغير	ارزش متغير	هزينة كاهش‌يافته
١	ذرت ١	٠	٣٨٧٥٢٠٥٠٠٠٠٠
٢	جو١	٢٥٥٢	٠
٣	خيار١	٧٥	٠
٤	سيب‌زميني١	٧١١	٠
٥	عدس١	١٠٥	٠
٦	گندم١	٣٤٣٣	٠
٧	گوجه‌فرنگي١	٩٨	٠

Archive of SID

www.SID.ir

۸	نخود۱	۰	۵۷۱۲۷۰۲۰۰۰۰۰
۹	ذرت۲	۰	۱۵۹۷۳۹۶۰۰۰۰
۱۰	آفتابگردان۲	۴۳۵۵	۰
۱۱	جو۲	۰	۶۲۰۹۲۲۲۰۰۰۰
۱۲	هندوانه۲	۰	۴۷۶۱۶۲۹۰۰۰
۱۳	گندم۲	۰	۱۳۹۱۴۵۹۰۰۰
۱۴	پیاز۳	۴۰۰	۰
۱۵	جو۳	۰	۶۰۷۰۱۷۷۰۰۰۰
۱۶	چغندرقند۳	۰	۳۳۲۳۵۳۶۰۰۰۰

ادامه جدول ۵

۱۷	سیبزمینی۳	۰	۲۱۸۲۱۷۵۰۰۰۰
۱۸	گوجهفرنگی۳	۰	۵۸۳۳۰۸۲۰۰۰۰
۱۹	گندم۳	۳۰۱۲	۰
۲۰	آب۱	۵۶۴۳۹۵۹۰	۰
۲۱	آب۲	۳۸۳۸۰۶۲۰	۰
۲۲	آب۳	۲۵۱۷۹۸۰۰	۰
۲۳	سفره زیرزمینی	۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۰
۲۴	عدس	۱۰۵	۰
۲۵	خیار	۷۵	۰
۲۶	نخود	0	۰
۲۷	آفتابگردان	۴۳۵۵	۰
۲۸	گندم	۶۴۴۵/۵۷۲	۰
۲۹	جو	۲۵۵۲	۰
۳۰	آب	۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۰
۳۱	سیبزمینی	۷۱۱	۰
۳۲	گوجهفرنگی	۹۸	۰

Archive of SID

www.SID.ir

٣٣	ذرت	٠	٠
٣٤	چغندرقند	٠	٠
٣٥	پياز	٤٠٠	٠
٣٦	هندوانه	٠	٠
	ارزش تابع هدف		٨٦٨٨٢٩٦٠٠٠٠٠٠٠

مأخذ: يافته‌هاي تحقيق

ب) فرض‌مي‌كنيم كه محدوديت ١٤ و ١٥(يعني تعيين حداكثر ميزان مصرف آب) وجود ندارد. نتايج حاصل از حل اين مسئله در جدول ٦ آورده شده است:

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦. حل مسئله برنامه‌ريزي تلفيقي بدون وجود محدوديت ١٤

	متغير	ارزش متغير	هزينة كاهش‌يافته
١	ذرت ١	٢	٣٧٥٤٠٠٠٠٠٠٠
٢	جو١	٢٥٥٢	٠
٣	خيار١	٧٥	٠
٤	سيب‌زميني١	٧١٥	٠
٥	عدس١	١٠٥	٠
٦	گندم١	٣٣٦٠	٠
٧	گوجه‌فرنگي١	١٦٨	٠
٨	نخود١	٠	٥٩٧٣٠٠٠٠٠٠٠
٩	ذرت٢	٢٢٠	٠
١٠	آفتابگردان٢	٣٣٩٠	٠
١١	جو٢	٠	٦٢٣٥٠٠٠٠٠٠٠
١٢	هندوانه٢	٧٤٥	٠
١٣	گندم٢	٠	١٤٦٨١٨
١٤	پياز٣	٤٠٠	٠
١٥	جو٣	٠	٦٢٣٥٠٠٠٠٠٠٠
١٦	چغندرقند٣	٠	٤٢٣٠٦
١٧	سيب‌زميني٣	٣٥	٠
١٨	گوجه‌فرنگي٣	٩٦	٠
١٩	گندم٣	٢٨٨٠	٠
٢٠	آب١	٥٧٠٥١١٦٠	٠
٢١	آب٢	٣٩٣٢٩٧٦٠	٠
٢٢	آب٣	٢٦٠٣٩٢٤٠	٠
٢٣	سفره زيرزميني	١٢٢٤٢٠٢٠٠	٠
٢٤	عدس	١٠٥	٠
٢٥	خيار	٧٥	٠
٢٦	نخود	٠	٠
٢٧	آفتابگردان	٣٣٩٠	٠
٢٨	گندم	٦٢٤٠	٠
٢٩	جو	٢٥٥٢	٠

ادامه

جدول ٦

٣٠	آب	١٢٢٤٢٠٢٠٠	٠
٣١	سيب‌زميني	٧٥٠	٠
٣٢	گوجه‌فرنگي	٢٦٥	٠
٣٣	ذرت	٢٢٠	٠
٣٤	چغندرقند	٠	٠
٣٥	پياز	٤٠٠	٠
٣٦	هندوانه	٧٤٥	٠
	ارزش تابع هدف	٨٧٣٣٧٩٩٠٠٠٠٠٠٠٠	

مأخذ: يافته‌هاي تحقيق

Archive of SID

www.SID.ir

راندمان ٣٥ درصد:

Max:
Gm=354704corn1+57480barely1+40412cucum1+403060potato1+130835lent1+85411wheat1+
341852tomato1+92458pea1+354704corn2+232229sunfl2+57480barely2+320000waterm2+85411wheat2+
98837onion3+57480barely3+43105sugb3+403060potato3+341852tomato3+85411wheat3;
s.t:
1)corn1+barely1+cucum1+potato1+lent1+wheat1+tomato1+pea1=6975
2)23086corn1+16286barely1+12600cucum1+26914potato1+13457lent1+16286wheat1+
34371tomato1+12628pea1-water1 ≤ 0;
3)566corn1+363barely1+585cucum1+958potato1+268lent1+392wheat1+362tomato1+
671pea1 ≤ 3061240;
4)65corn1+52barely1+133cucum1+94potato1+45lent1+53wheat1+346tomato1+51pea1 ≤ 450965;
5)corn2+barely2+waterm2+wheat2+sunfl2=4355;
6)23486corn2+19286barely2+20257waterm2+19286wheat2+18886sunfl2-water2 ≤ 0;
7)566corn2+363barely2+485waterm2+392wheat2+219sunfl2 ≤ 1714110;
8)65corn2+52barely2+45waterm2+53wheat2+50sunfl2 ≤ 224060;
9)wheat3+barely3+sugb3+potato3+onion3+tomato3=3412;
10)16571wheat3+16571barely3+26143sugb3+22857potato3+10114onion3+33371tomato3-water3 ≤ 0;
11)392wheat3+363barely3+747sugb3+958potato3+575onion3+362tomato3 ≤ 1625911;
12)53wheat3+52barely3+78sugb3+94potato3+157onion3+346tomato3 ≤ 263414;
13)water1+water2+water3-reswater ≤ 0;
14)reswater ≤ 120000000;
15)reswater ≥ 100000000;
16)wheat1+wheat2+wheat3 ≤ 4200+2450+1850;
17)barely1+barely2+barely3 ≤ 1250+780+522;
18)corn1+corn2 ≤ 145+75;
19)potato1+potato3 ≤ 580+170;
20)tomato1+tomato3 ≤ 180+85;
21)lents1 ≤ 105;
22)lents=lents1;
23)cucum1 ≤ 75;
24)cucum=cucum1;
25)pea ≤ 440;
26)pea=pea1;
27)sunflo2 ≤ 305;
28)sunfl=sunfl2;
29)sugb3 ≤ 385;
30)onion3 ≤ 400;
31)waterm2 ≤ 745;
32)wheat=wheat1+wheat2+wheat3;
33)barely=barely1+barely2+barely3;
34)water=water1+water2+water3;
35)potato=potato1+potato3;

Archive of SID

www.SID.ir

```
36)tomato=tomato1+tomato3;
37)corn=corn1+corn2;
38)sugb=sugb3;
39)onion=onion3;
40)waterm=waterm2;
```

در اين‌حالت نيز همانند راندمان ۷۵درصد، پس از فرمول‌بندي مسئله برنامه‌ريزي تلفيقي در راندمان ۳۵ درصد، آن را به دو صورت حل مي‌كنيم:

الف) فرض مي‌كنيم كه محدوديت ۱٤ (يعني تعيين حداكثرميزان مصرف آب) وجوددارد. نتايج حاصل ازحل اين مسئله نشان مي‌دهد كه در صورت قراردادن محدوديت استفاده از آب براي سفره آب‌زيرزميني جواب دستيافتني[1] وجود ندارد. بنابراين مجبوريم كه از راندمان ۳۵درصد اين محدوديت را برداريم و حالت دوم را بررسي كنيم.

ب) فرض مي‌كنيم كه محدوديت ۱٤ (يعني تعيين حداكثرميزان مصرف آب) وجودندارد. نتايج حاصل از حل اين مسئله در جدول ۷ آورده شده است:

1. feasible solution

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٧. حل مسئله برنامه‌ريزي تلفيقي بدون وجود محدوديت ١٤

	متغير	ارزش متغير	هزينة كاهش‌يافته
١	ذرت ١	٠	٣٧٥٤٢٢٧٠٠٠٠٠
٢	جو١	٢٥٥٢	٠
٣	خيار١	٧٥	٠
٤	سيب‌زميني١	٧١٥	٠
٥	عدس١	١٠٥	٠
٦	گندم١	٣٣٥٩	٠
٧	گوجه‌فرنگي١	١٦٨	٠
٨	نخود١	٠	٥٩٧٣١١٤٠٠٠٠٠
٩	ذرت٢	٢٢٠	٠
١٠	آفتابگردان٢	٣٣٩٠	٠
١١	جو٢	٠	٦٢٣٥١٢٥٠٠٠٠
١٢	هندوانه٢	٧٤٥	٠
١٣	گندم٢	٠	١٤٦٨١٨
١٤	پياز٣	٤٠٠	٠
١٥	جو٣	٠	٦٢٣٥١١١٠٠٠٠
١٦	چغندرقند٣	٠	٤٢٣٠٦
١٧	سيب‌زميني٣	٣٥	٠
١٨	گوجه‌فرنگي٣	٩٦	٠
١٩	گندم٣	٢٨٨٠	٠
٢٠	آب١	١٢٢٢٥٣٩٠٠	٠
٢١	آب٢	٨٤٢٨١٩٣٠	٠
٢٢	آب٣	٥٥٧٩٩١٦٠	٠
٢٣	سفره زيرزميني	٢٦٢٣٣٥٠٠٠	٠
٢٤	عدس	١٠٥	٠
٢٥	خيار	٧٥	٠
٢٦	نخود	٠	٠
٢٧	آفتابگردان	٣٣٩٠	٠
٢٨	گندم	٦٢٤٠	٠
٢٩	جو	٢٥٥٢	٣٧٥٤٢٢٧٠٠٠٠٠
٣٠	آب	٢٦٢٣٣٥٠٠٠	٠

ادامه جدول ٧

Archive of SID

www.SID.ir

۳۱	سيبزميني	۷۵۰	۰
۳۲	گوجه‌فرنگي	۲٦۵	۰
۳۳	ذرت	۲۲۰	۰
۳٤	چغندرقند	۰	۰
۳۵	پياز	٤۰۰	۰
۳٦	ژ هندوانه	۷٤۵	۵۹۷۳۱۱٤۰۰۰۰۰
	ارزش تابع هدف		۸۷۰۰۷۹۹۰۰۰۰۰۰۰

مأخذ: يافته‌هاي تحقيق

نتايج جدول ۷ نشان مي‌دهد در راندمان ۳۵ درصد مقدار آب مصرفي ۲٦۲۳۳۵۰۰۰ مترمكعب يعني نزديك دو برابر ميزان آب موجود درسفره (۱٤ميليون متر مكعب) است. اين بدان معني‌استكه‌دررانده‌مانهاي پايين بيشترآب ورودي‌به مخازن مصرفمي‌شود وهيچ‌آبي‌ذخيره نخواهدشد.

جمعبندي

هدف از برنامه‌ريزي تلفيقي طراحي سياستي براي كل دشت كرمان است. دراين برنامه‌ريزي تلاش شد تا درآمد ناخالص كلية محصولات زراعي منطقه با توجه به سياستهاي اتخاذشده، حداكثر شود. در اين باره مهمترين سياست، توجه به ميزان آب مصرفشده در اين دشت و حجم سفره‌هاي آب‌زيرزميني موجود در آن است. براساس مطالعات اسنادي موجود، حجم سفره‌هاي آب زيرزميني در دشت كرمان حدود ۱٤٤ميليون مترمكعب است كه هرساله مقداري به آن وارد و مقداري نيز از آن خارج مي‌شود. با توجه به مصرف بي‌رويه آب در سالهاي اخير و بويژه مصرف بي رويه توسط بخش كشاورزي (كه ناشي از پايين بودن راندمان آبياري در اين منطقه است) و همچنين با توجه به كمبود نزولات آسماني، هرساله حجم اين آب كمتر نيز مي‌شود. بنابراين يكي از سياستهاي منظورشده در اين برنامه، محدودكردن ميزان مصرف آب تا سقف ۱۲۰ ميليون مترمكعب است كه اين موضوع باعث مي‌شود سالانه حداقل ۲٤ ميليون مترمكعب آب در اين دشت صرفه‌جويي شود. سياست ديگر نيز اين است كه برنامه‌ريزي به

Archive of SID

www.SID.ir

گونه‌اي باشد كه همة محصولات موجود در الگوي كشت را در بربگيرد. پس از فرمولبندي اين برنامه‌ريزي، مسئله در راندمانهاي ٣٥%، ٧٥% و ١٠٠%، به عنوان شاهد، حل شد كه نتايج آن در جدولهاي ٤ تا ٧ آمد.

راندمان ١٠٠%: در اين راندمان ميزان درآمد ناخالص برابر ٨٧٣٣٧٩٩×١٠^{٨} و راندمان كل آب مورد استفاده ١٠٠ميليون مترمكعب است. اين مقدار آب حتي از ١٢٠ ميليون‌مترمكعب سقفي كه مدل تحميل كرده بود نيز كمتراست. دراين راندمان حدود ٤٤ ميليون مترمكعب آب صرفه‌جويي و به سفره‌هاي آب زيرزميني دشت كرمان افزوده مي‌شود.

راندمان ٧٥%: در اين راندمان ميزان درآمد ناخالص معادل ٨٦٨٨٢٩٦×١٠^{٨} است. در اين حالت، در صورت وجود محدوديت مصرف آب، همان ١٢٠ميليون مترمكعب مصرف مي‌شود و درصورتي‌كه اين محدوديت برداشته‌شود، اين مقدار به ١٢٢٤٢٠٢٠٠ مترمكعب افزايش مي‌يابد. در اين حالت سود برنامه معادل سود برنامه با راندمان ١٠٠% ، يعني ٨٧٣٣٧٩٩×١٠^{٨}، است.

راندمان ٣٥%: در اين راندمان درصورتي‌كه محدوديت استفاده از سفره‌هاي آب زيرزميني در مدل لحاظ شود، برنامه به جوابي دست نمي‌يابد، زيرا مصرف آب بسيار بيش از مقداري است كه به مدل تحميل شده‌است. اما درصورتي‌كه اين محدوديت برداشته شود مصرف آب به ٢٦٢٣٣٥٠٠٠ مترمكعب افزايش مي‌يابد، درحالي‌كه درآمد ناخالص ما همان مقدار ٨٧٣٣٧٩٩×١٠^{٨} است. اين مقدار مصرف آب يعني اينكه بخش كشاورزي علاوه بر مصرف تمام آب ورودي به سفره‌ها، مقدارزيادي از ذخيرة سفره‌هارانيز مصرف مي‌كندكه اين‌امردر نهايت‌منجر به‌كاهش سفره‌هاي آب زيرزميني مي‌شود.

منابع

١.پوستل، س. (١٣٧٣)، آخرين واحد،آب مايه حيات، ترجمة وهابزاده و عليزاده، انتشارات جهاد دانشگاهي مشهد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲.فرشي، ع. ا. و همكاران (۱۳۷٦)، برآورد آب مورد نياز گياهان عمده زراعي و باغي كشور جلد اول، وزارت كشاورزي، مؤسسه تحقيقات خاك و آب، نشر آموزش كشاورزي.
۳.فيض‌اللهي، ك. (۱۳۸۰)، آب هديه بي‌پايان يا توهم جاري، *همشهري (ويژه‌نامه طبيعت)*، ارديبهشت ۱۳۷۹.
٤.قاسم‌زاده مجاوري، ف. (۱۳۷۹)، اقتصاد آب: پيش شرط اقتصاد سبز، *اقتصاد سبز*، سال اول، ارديبهشت ماه.
٥.كشاورز، ع. و ك. صادق‌زاده (۱۳۸۰)، مديريت مصرف آب در بخش كشاورزي، *نشريه شكرشكن*، شماره ٥۷: ۳۲-۳۸
٦.وزارت جهاد كشاورزي(۱۳۸۱)، پرسشنامه هزينه توليد محصولات كشاورزي، اداره كل آمار و اطلاعات.
۷.وزارت راه و ترابري (سالهاي مختلف)، سالنامة آماري هواشناسي، سازمان هواشناسي كشور، مديريت خدمات ماشيني و كاربرد كامپيوتر در هواشناسي.

8.Beneke, R. R. and R. Winterboer (1973), Linear programming applications to agriculture, *Iowa State University Press*, AMES.

9.Cai, X., D. McKinney, and L.S Lasdon (2001), A framework for sustainability analysis in water resources management and application to the Syr Darya basin, University of Texas at Austin.

10.Commission on Sustainable Development (2000), Sustainable agriculture and rural development, *Report of the Secretary-General*.

11.Hellegers,P.,D. Zillberman & E.Van.Ierland (2001), Analysis dynamics of agricultural grand water extraction, *Ecological Economics*, 37:303-311.

12.Lara, P. and I. Stancu-Minasian (1999), Fractional programming: A tool for the assessment of sustainability, *Agricultural Systems*,(69): 131-141.

13.Sophocleous, M. (1998), Perspectives on sustainable development of

Archive of SID

www.SID.ir

water resources in Kansas, papers from 10 contributors, glossary, and an index, 239 pages.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir