

کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳ آذر ماه ۱۳۸۴

تأثیر اعمال کم آبیاری بر طراحی شبکه‌های آبیاری سطحی

محمد علی غلامی سفیدکوهی^۱، مجید میر لطیفی^۲، کورش محمدی^۳

۱- چکیده

معمولاً پروژه‌های آبیاری و زهکشی با هدف تأمین کامل نیاز آبی گیاهان در دوره اوج مصرف آب به لحاظ امکان دستیابی به حداکثر ممکن تولید طراحی می‌گردند. این شیوه با توجه به محدودیت‌های کنونی منابع آب و افزایش قابل توجه هزینه احداث پروژه‌ها، ممکن است از نظر اقتصادی توجیه پذیر نباشد. جهت بررسی دقیق این موضوع، بصورت موردی در دشت گنبد- مینودشت واقع در استان گلستان، طراحی شبکه آبیاری و زهکشی با هدف تأمین نیاز آبی گیاهان در سطوح مختلف شامل ۱۰۰، ۹۵، ...، ۵۵، ۵۰ درصد انجام شد. پس از استخراج هزینه‌ها و منافع حاصل از اجرای طرح در هر یک از سطوح تأمین نیاز آبی گیاهان، اقدام به آنالیز اقتصادی با نرخ بهره‌های متفاوت شد. نتایج دلالت بر آن دارد که با توجه به جمیع شرایط پروژه شامل توپوگرافی، اقلیم منطقه، الگوی کشت منتخب و ...، سطح کم آبیاری ۱۰ درصد (تأمین ۹۰ درصد نیاز آبی گیاهان الگوی کشت) با نرخ بهره ۷ درصد، دارای بالاترین نسبت سود به هزینه و سود خالص می‌باشد. همچنین سطح کم آبیاری مذکور دارای بالاترین نرخ بازده داخلی طرح برابر ۱۳/۴ درصد می‌باشد. این سطح کم آبیاری سبب افزایش سطح زیر کشت شبکه به میزان ۱۱ درصد نسبت به حالت آبیاری کامل گردید.

۲- پیشگفتار

ایران کشوری است که قسمت عمده آن در منطقه خشک و بیابانی قرار گرفته و بیش از ۹۰ درصد از مساحت آن در منطقه خشک و کم آب قرار دارد [۵]. بنابراین اهمیت و ضرورت بکارگیری کم آبیاری در

۱- دانشجوی دکتری علوم مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس

۲ و ۳- عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس

زراعت‌های آبی بدلیل محدودیت منابع آب و فراوانی نسبی زمین باید بصورت دست‌ورالعمل جامع در طراحی، اجرا و بهره برداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن و مکانیزه لحاظ گردد[۷]. از طرف دیگر با توجه به افزایش هزینه توسعه و احداث پروژه‌های آبیاری بویژه در سالهای اخیر و محدودیت منابع تامین کننده سرمایه، و وجود پتانسیل سرمایه گذاری در بخشهای مختلف آب و خاک، به نظر می‌رسد که تامین حداکثر نیاز آبی گیاهان الگوی کشت در راستای دستیابی به تولید حداکثر مقرون به صرفه نباشد. در هندوستان پروژه‌های بزرگی برای گسترش آبیاری طراحی می‌شوند که با توجه به منابع آب موجود، سطح بزرگتری نسبت به آنچه که بطور طبیعی در آبیاری کامل به کار می‌روند، به زیر کشت برده می‌شوند. هدف در این پروژه‌ها آبیاری حفاظتی^۱ جهت افزایش عملکرد و حفظ محصول از تلف شدن کامل می‌باشد. در این مورد می‌توان مشخصاً به منطقه غرب یامانا اشاره کرد که میزان آب تحویلی از طریق شبکه آبیاری، تنها ۲۰ تا ۲۵ درصد کل نیاز آبی می‌باشد[۱۲]. توصیه کمیسیون ملی آب هندوستان، مصرف بهینه منابع آب موجود در سالهای کم آبی بوده و برنامه ریزی و طراحی شبکه‌های آبیاری باید بر اساس احتمال وابستگی به ۵۰ درصد از آب موجود می‌باشد[۱۰].

در مقابل طرحهای آبیاری در غرب ایالات متحده، معمولاً در جهت رفع نیاز آبی محصول در خشکترین دو سال از هر ده سال بوده و در طی هشت سال باقی مانده مصرف آب کمتر از مقدار بهینه می‌باشد[۱۲]. گسترده‌ترین کاربرد کم آبیاری در بخش جنوبی دشتهای مرتفع تگزاس می‌باشد که به طور معمول با مقدار مشخص آب، تقریباً دو برابر سطح اسمی آبیاری می‌شود و در برخی موارد کشاورزان این سطح را حتی به سه برابر نیز می‌رسانند[۱۰]. همچنین کم آبیاری در حوزه کلمبیای ایالات متحده نیز اجرا می‌شود که در آن کاربرد آب در مزارع تحت پوشش روش کم آبیاری، به طور متوسط ۵۰ درصد نیاز آبی کامل بوده، در حالی که متوسط عملکرد دچار کاهش معادل ۳۶ درصد گردید[۱۲].

سیاست مصرف آب و مدیریت کم آبیاری در بخشهایی از پاکستان مشابه هند می‌باشد. بعنوان مثال مقدار آب تحویلی از طریق کانالهای آبیاری در پنجاب به طور متوسط کمتر از یک سوم حداکثر نیاز آبی می‌باشد. همچنین بر اساس تحقیق بعمل آمده، کل آب مصرفی در بخش کشاورزی پاکستان، ۳۵ درصد کمتر از نیاز آبی کامل محصولات است[۱۲].

بر اساس نتایج حاصل از طراحی سیستم آبیاری قطره ای در شرایط کم آبیاری که در مؤسسه مدیریت و مهندسی منابع آب هندوستان انجام شد[۱۵]، مشخص گردید که با اعمال حدود ۱۰/۸۳ درصد کم آبیاری می‌توان با افزایش سطح زیر کشت، نسبت سود به هزینه را ۵/۰۸ درصد افزایش داد. این مؤسسه همچنین اثرات حاصل از اعمال کم آبیاری در طراحی سیستم آبیاری ثقلی را نیز مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش آب مصرفی بمیزان حدود ۲۰ درصد، نسبت سود به هزینه حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد[۱۷].

همانطور که ملاحظه می‌گردد، محدودیت منابع آب ایجاب می‌نماید تا جهت افزایش سود آوری، ظرفیت پروژه را در حدی پائین تر از میزان ظرفیت لازم برای تولید حداکثر انتخاب نمود. بعبارت دیگر حد بهینه آبیاری را باید با در نظر گرفتن فرصت از دست رفته آب و تحلیل اقتصادی ناشی از کاهش هزینه به ازاء کاهش ظرفیت پروژه محاسبه نمود.

کاهش ظرفیت پروژه اگر چه باعث کاهش هزینه اجرائی در واحد سطح خواهد شد، ولی این امر سبب کاهش تولید و نهایتاً کاهش درآمد در واحد سطح نیز خواهد شد. لذا تجزیه و تحلیل اقتصادی جهت انتخاب حد مطلوب و بهینه تامین نیاز آبی گیاهان الگوی کشت برای دستیابی به حداکثر سود به ازاء پتانسیل آب و خاک موجود و ایجاد شرایط توسعه پایدار ضروری است.

در این راستا بصورت موردی شبکه آبیاری (گنبد-مینودشت) در استان گلستان با اعمال سطوح مختلف آبیاری (تامین ۱۰۰، ۹۵، ۹۰، ...، ۵۰ درصد نیاز آبی گیاهان) طراحی گردید. سپس با محاسبه هزینه و درآمد حاصل از اجرای شبکه در هر سطح آبیاری، به بررسی و آنالیز اقتصادی سطوح مختلف پرداخته و سود آوری در هر یک از سطوح کم آبیاری با حالت آبیاری کامل مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت سطح بهینه کم آبیاری برای الگوی کشت مورد نظر در منطقه مطالعاتی معرفی گردید.

مسلماً ارزیابی اقتصادی مدیریت آبیاری مستلزم کمی‌سازی عملکرد محصول نسبت به مقدار آب کاربردی می‌باشد. عموماً جهت توصیف کمی عملکرد محصول به ازاء مقدار آب کاربردی، از توابع عملکرد - آب مصرفی استفاده می‌شود. گرچه این نوع توابع تجربی بوده و معمولاً تحت تأثیر شرایط اقلیمی می‌باشند، ولی در تجزیه و تحلیل‌های مدیریتی و اقتصادی می‌توان از آنها استفاده نمود.

با توجه به اینکه دسترسی به توابع تولید تمامی گیاهان الگوی کشت در منطقه مطالعاتی مقدور نبود، لذا از توابع تولیدی که بصورت کلی با حفظ شرایط حدی توسط [۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴] پیشنهاد شده است، استفاده گردید. از بین تحقیقات ذکر شده، مدل ریاضی (۱) جهت ارزیابی اقتصادی مقوله کم آبیاری مورد استفاده قرار گرفت [۸]. بنابراین مقدار محصول متناظر با هر یک از سطوح کم آبیاری بر اساس رابطه (۱) برآورد گردید.

$$\left(1 - \frac{Y}{Y_{max}}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET}{ET_{max}}\right) \quad (1)$$

ET - تبخیر - تعرق واقعی گیاه، در فصل رشد (mm)

ET_{max} - تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه در فصل رشد (mm)

Y_{max} - عملکرد ماکزیم محصول (ton/ha)

Y - عملکرد واقعی محصول (ton/ha)

K_y - فاکتور حساسیت محصول یا نسبت کاهش محصول

۳- مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر اعمال کم آبیاری بر طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی به منظور افزایش سودآوری، از اطلاعات مربوط به طرح مطالعات توسعه منابع آب رودخانه‌های نرماب، چهل چای و خرمالو و شبکه تحت پوشش (گنبد - مینودشت) در استان گلستان استفاده شد. این منطقه در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرقی گرگان واقع شده است و از نظر اقلیمی تحت تأثیر شرایط اقلیمی سواحل دریای خزر قرار دارد و دارای آب و هوای نیمه خشک معتدل تا نیمه مرطوب معتدل می‌باشد. میزان بارندگی سالانه محدوده طرح حدود ۷۰۰ میلی متر می‌باشد که بیشتر آن در فصل غیر زراعی (زمستان و پاییز) اتفاق می‌افتد. متوسط درجه حرارت سالانه حدود ۱۷ درجه سانتیگراد و متوسط رطوبت نسبی سالانه برابر ۷۵ درصد می‌باشد. بر اساس اطلاعات حاصل از ایستگاههای سینوپتیک، متوسط سرعت باد حدود ۲/۳ متر بر ثانیه می‌باشد.

پس از جمع آوری اطلاعات کلی در محدوده طرح از لحاظ وضعیت آبیاری، شبکه انهار آبیاری، نحوه بهره‌برداری از منابع آب، سیمای کشاورزی منطقه، وضعیت کاربری اراضی، ترکیب کشت و اقتصاد تولید زراعی در منطقه در شرایط موجود، اقدام به بررسی شرایط توسعه کشاورزی و آبیاری در آینده گردید. بر این اساس از مجموع ۳۳۷۰۰ هکتار اراضی منطقه، حدود ۲۶۵۰۰ هکتار به اراضی کشاورزی (دیم-آبی) اختصاص دارد. همچنین به منظور توسعه اراضی آبی در محدوده مورد مطالعه، در نظر است با احداث سد مخزنی بر روی رودخانه نرماب و انحراف جریانهای رودخانه چهل چای و خرمالو به مخزن سد مذکور، از پتانسیل منابع آب و خاک منطقه طرح استفاده بعمل آید. با احتساب پتانسیل منابع آب زیرزمینی قابل برداشت، کل آب قابل دسترس معادل ۱۶۴/۴ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که با توجه به موضوع تحقیق، با تامین نیاز آبی پروژه در سطوح مختلف آبیاری، شبکه مدرن طراحی گردید و نهایتاً از نظر اقتصادی سودآوری هر یک از سطوح کم آبیاری با حالت آبیاری کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

متناسب با امکان توسعه منابع آب، وضعیت خاک و اراضی منطقه، شرایط اقلیمی و سایر عوامل اجتماعی و فرهنگی، الگوی کشت طرح توسعه بشرح جدول شماره (۱) پیشنهاد شد.

جدول شماره ۱- الگوی کشت پیشنهادی (درصد) [۴]

نوع کشت	اصلی			مجدد		
	پنبه	هندوانه	بامیه	گندم	سبزی زمینی	باز
نوع محصول	۲۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
درصد کشت	۱۰	۱۰	۱۰	۱۵	۱۵	۱۲۵

برای محاسبه نیاز آبی محصولات الگوی کشت و به تبع آن استخراج هیدرومدول آبیاری برای هر یک از سطوح آبیاری در ماه اوج مصرف، از اطلاعات اقلیمی منطقه استفاده گردید و با استفاده از نرم افزار

CROPWAT [۱۶] حداکثر شدت تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع در منطقه محاسبه شد. پس از اعمال ضرایب گیاهی مربوط به هر گیاه، برای محاسبه نیاز آبی ناخالص الگوی کشت، راندمان کاربرد آب برای گیاه برنج و سایر محصولات به ترتیب ۷۰ و ۵۰ درصد [۴] اعمال و محاسبات انجام شد.

جهت استخراج هیدرومدول، فرض شد که از بین گیاهان الگوی کشت، گیاه پرمصرف در ماه اوج مصرف در قطعات ۲۰ هکتاری کشت خواهد شد. همچنین با توجه به گردش زراعی، الگوی کشت در واحدهای زراعی ۳۰۰ هکتاری اجرا خواهد شد. براساس توصیه‌ها و استانداردهای موجود [۱]، ضریب انعطاف پذیری ظرفیت کانالها برای سطح تحت پوشش حدود ۲۰ و ۳۰۰ هکتار به ترتیب برابر ۱/۵ و ۱/۲۵ انتخاب گردید. برای محاسبه ضریب مذکور برای سطوح کشت بین ۲۰ تا ۳۰۰ هکتار با توجه به تجارب طراحی شبکه‌های آبیاری در ایران، در این تحقیق تغییرات هیدرومدول بصورت خطی در نظر گرفته شد. جهت اعمال تلفات ناشی از تراوش^۱ در شبکه آبیاری، راندمان انتقال و توزیع آب معادل ۸۵ درصد [۱] در نظر گرفته شد. با اعمال شرایط فوق، هیدرومدول شبکه در سایر سطوح مختلف آبیاری نیز استخراج و ظرفیت کانالهای شبکه آبیاری و به تبع احجام کار آنها در هر سطح استخراج گردید.

برای تعیین ظرفیت طراحی کانالهای آبیاری، ابتدا احتیاجات آبیگرهای انشعابی بر اساس مدول آبیاری و مساحت خالص تحت آبیاری مشخص شد و با احتساب مجموعه این نیازها و احتیاجات غیر زراعی طرح تا محل آبیگری از منبع تغذیه و منظور نمودن تلفات انتقال و بهره برداری و ضرایب انعطاف پذیری مناسب، ظرفیت طراحی کانالها مشخص گردید.

با توجه به پتانسیل آب موجود و نیاز ناخالص الگوی کشت در هر یک از سطوح آبیاری، جانمایی شبکه آبیاری و زهکشی بر روی نقشه‌های ۱:۲۰۰۰۰ منطقه از سطح ۱۹۰۳۵ هکتار تا ۲۸۰۷۰ هکتار که به ترتیب معرف سطح تحت پوشش آبیاری کامل و سطح تحت پوشش اعمال کم آبیاری ۵۰ درصد می‌باشند، صورت پذیرفت. این جانمایی شامل کانالهای اصلی، درجه ۱، درجه ۲ و درجه ۳ و همچنین زهکشهای اصلی، درجه ۱ و درجه ۲ می‌باشد. سپس با استفاده از نرم افزار Softdesk Civil Survey 8² پروفیل طولی مسیر کانالها و زهکشها برای کلیه سطوح آبیاری محاسبه شد.

جدول شماره ۲- نیاز ناخالص و سطح تحت پوشش شبکه مدرن در هر یک از سطوح آبیاری

درصد تامین نیاز آبی گیاهان الگوی کشت										
50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
نیاز ناخالص در هر هکتار از الگوی کشت (متر مکعب)										
3364	3700	4037	4373	4710	5046	5383	5719	6055	6392	6728
سطح زیر کشت (هکتار)										
38070	34609	31725	29285	27193	25380	23794	22394	21150	20037	19035

1 - Seepage

۲- یک برنامه قدرتمند در زمینه طراحی کانالها، کالورت و ابنیه فنی راه بر اساس آئین نامه ASHTO

جهت تعیین وضعیت زهکشی اراضی منطقه، ابتدا وضعیت موجود زهکشی مورد بررسی قرار گرفت. بطور کلی در وضعیت موجود تنها ۵/۰ درصد از اراضی محدوده دارای مشکل زه به صورت حاد می‌باشند. همچنین حدود ۲۰ درصد از اراضی دارای پتانسیل بالقوه برای ایجاد مشکل زه پس از اجرای شبکه می‌باشد [۴]. تغییرات سطح آب زیر زمینی در شرایط اجرای طرح با مدل MODFLOW مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می‌دهد که در صورت عدم برداشت از منابع آب زیرزمینی با حفظ چاههای فعلی، محدوده ای به وسعت حدود ۹۹۸۰ هکتار در معرض بروز مشکلات حاد زهکشی قرار خواهند گرفت. با ملاک قرار دادن این سطح، بهره برداری از چاه (زهکش عمودی) به عنوان روشی برای کنترل سطح آب زیرزمینی انتخاب شد.

همچنین جهت تعیین ظرفیت زهکشهای سطحی در هر یک از نواحی سه گانه، با توجه به کلیه پارامترهای موثر در رواناب (گروه خاک، کاربری اراضی و طرز کشت)، عمق رواناب و نهایتاً مدول رواناب سطحی ناشی از بارندگی با دوره برگشتهای مختلف محاسبه گردید. به منظور برآورد رواناب در حوزه‌های مشرف به دشت از روش شماره منحنی استفاده بعمل آمد. سپس جهت تلفیق رواناب حوزه‌های مجاور، از قاعده پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا استفاده شد.

اجزاء اصلی شبکه آبیاری و زهکشی در هر یک از سطوح آبیاری شامل سد انحرافی، کانالهای اصلی، کانالهای درجه ۱، کانالهای درجه ۲، زهکشهای اصلی و درجه ۱، زهکشهای درجه ۲ و شبکه کانالها و زهکشهای فرعی (کانالها و زهکشهای درجه ۳) می‌باشد. جدول شماره (۳) طول کانالها و زهکشهای طراحی شده در کل محدوده طرح، در هر یک از سطوح آبیاری را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۳- طول کانالها و زهکشها در سطوح مختلف آبیاری (متر)

زهکش			کانال				درصد
درجه ۳	درجه ۲	اصلی و درجه ۱	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۱	اصلی	تامین نیاز
263,622	70,796	59,382	254,376	126,964	43,209	39,260	100
277,497	74,522	62,507	267,764	133,646	45,484	39,260	95
292,913	78,662	65,980	282,640	141,071	48,011	39,260	90
310,143	83,289	69,861	299,266	149,369	50,835	39,260	85
329,527	88,495	74,227	317,970	158,704	54,012	39,260	80
351,496	94,394	79,175	339,168	169,285	57,613	39,260	75
376,602	101,137	84,831	363,394	181,376	61,728	39,260	70
405,572	108,917	91,356	391,348	195,328	66,476	39,260	65
439,369	117,993	98,969	423,960	211,606	72,016	39,260	60
479,312	128,720	107,967	462,502	230,843	78,563	39,260	55
527,243	141,592	118,763	508,752	253,927	86,419	39,260	50

ضوابط طراحی هیدرولیکی کانالها و زهکشها بر اساس توصیه منابع مختلف و همچنین تجربیات اجرایی اعمال گردید. سپس با استفاده از پروفیل طولی و نتایج حاصل از ابعاد کانال، در هر یک از سطوح آبیاری، احجام و مقادیر کار با توجه به فهرست بهای واحد پایه رشته آبیاری و زهکشی رسته مهندسی آب سال ۱۳۸۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور [۳] استخراج و هزینه‌های احداث شبکه آبیاری و زهکشی محاسبه شد. با توجه به محل طرح، ضرایب مربوطه شامل تجهیز و برچیدن کارگاه، بالاسری و منطقه‌ای در برآورد نهائی هر یک از سطوح آبیاری اعمال گردید.

با توجه به منحنی آبدهی سد مخزنی نرماب، چه در حالت آبیاری کامل و چه در سطوح مختلف کم آبیاری، سد انحرافی مینودشت باید حجم یکسانی از جریان را منحرف سازد. لذا هزینه اجرایی سد انحرافی تابعی از سطح تحت کشت نبوده و بطور یکسان معادل ۱۵۰۰۰ میلیون ریال [۴] برای سطوح مختلف آبیاری در نظر گرفته شد. هزینه سد مخزنی و تاسیسات مربوطه معادل ۵۰۰۰۰۰۰ میلیون ریال در سال ۱۳۸۱ در نظر گرفته شد [۴] که در تحلیل اقتصادی از آن استفاده گردید.

پس از استخراج هزینه‌های اجرایی شبکه آبیاری و زهکشی در هر یک از سطوح کم آبیاری، اقدام به محاسبه درآمدهای حاصل از اجرای طرح گردید. به منظور ارزیابی اقتصادی طرح و مشخص نمودن اثرات واقعی اجرای طرح بر اقتصاد کشاورزی منطقه، مطالعات اقتصاد کشاورزی در دو حالت "با" و "بدون" اجرای طرح مورد بررسی قرار گرفت.

در شرایط توسعه پیش بینی گردید که عملکرد محصولات تحت تاثیر شرایط فراهم شده در نتیجه اجرای طرح قرار گرفته و متحول خواهد شد. لذا فرض گردید که در شرایط توسعه، عملکرد محصول از رابطه (۱) پیروی می‌نماید. از آنجائیکه فرض شد کمبود آب داده شده به هر یک از گیاهان الگوی کشت در طول

دوره رشد به مقدار یکسان اعمال می‌شود، برای نسبت $(\frac{ET}{ET_{max}})$ مقادیر درصد تامین نیاز آبی گیاه برابر

۱، ۰/۹۵، ...، ۰/۵۵ و ۰/۵۰ در نظر گرفته شد و با انتخاب ضریب (k_y) برای گیاه مورد نظر [۸] مقادیر متناظر نسبت $(\frac{Y}{Y_{max}})$ محاسبه گردید و نهایتاً عملکردهای متناظر با هر یک از سطوح کم آبیاری محاسبه شد.

جدول شماره (۴) نتایج بدست آمده برای سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تامین نیاز آبی را نشان می‌دهد. همچنین جهت بررسی دقیقتر، محصولات فرعی حاصل از کاشت برنج، گندم و جو که بمصرف سایر بخشها خواهد رسید، در محاسبات در نظر گرفته شد.

جدول شماره ۴- عملکرد محصولات مختلف در هر هکتار با توجه به سطوح مختلف آبیاری (کیلوگرم)

محصولات										درصد تامین نیاز
برنج	گندم	جو	پنبه	سیب زمینی	هندوانه	گوجه فرنگی	خیار	سویا	ماش	
K_y										
1.00	1.00	0.90	0.85	1.05	1.05	1.05	1.05	0.85	0.80	
عملکرد ماکزیمم (kg/ha)										100
3,500	6,000	5,000	3,000	28,000	30,000	25,000	20,000	2,500	1,500	
عملکرد ماکزیمم محصول فرعی (kg/ha)										50
2,000	2,500	2,500	0	0	0	0	0	0	0	
عملکرد ماکزیمم (kg/ha)										50
1,750	3,000	2,750	1,725	13,300	14,250	11,875	9,500	1,438	900	
عملکرد ماکزیمم محصول فرعی (kg/ha)										
1,000	1,250	1,375	0	0	0	0	0	0	0	

۴- یافته‌ها

ارزیابی اقتصادی طرح به منظور مشخص نمودن ارزش طرح برای کل جامعه صورت می‌پذیرد که این ارزیابی در چهار چوب تحلیل فایده و هزینه اجتماعی صورت می‌پذیرد [۷]. در این تحقیق نیز، پس از محاسبه هزینه‌ها و درآمدهای طرح در هر یک از سطوح آبیاری، اقدام به انتخاب گزینه بهینه گردید. با توجه به مبانی محاسبات اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب کشور [۲]، موارد زیر شامل هزینه‌های طرح، منافع طرح، طول دوره اجرا، هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، دوره تطبیق و هزینه‌های جایگزینی در هر یک از سطوح آبیاری استخراج و جهت آنالیز اقتصادی مورد استفاده قرار گرفت. هزینه‌های طرح در سطوح مختلف آبیاری شامل هزینه‌های سد مخزنی، سد انحرافی، شبکه آبیاری و زهکشی و هزینه تسطیح اراضی می‌باشد. در مقابل، درآمدهای ناخالص حاصل از اجرای طرح در هر یک از سطوح آبیاری بر اساس پیش شرط‌های اولیه و رابطه (۱) محاسبه گردید (جدول شماره (۵)).

جدول شماره ۵- هزینه‌ها و درآمدهای ناخالص در هر یک از سطوح آبیاری - (میلیون ریال)

درآمد ناخالص	هزینه						سطح زیر کشت (ha)	درصد تامین نیاز
	جمع	سد مخزنی	سد انحرافی	تسطیح اراضی	شبکه زهکشی	شبکه آبیاری		
264,549	880,419	500,000	15,000	34,389	29,085	111,736	19,035	100
264,687	885,868	500,000	15,000	36,199	30,615	111,120	20,037	95
264,819	908,939	500,000	15,000	38,210	32,004	119,256	21,150	90
264,990	930,109	500,000	15,000	40,457	33,573	126,025	22,394	85
265,181	937,587	500,000	15,000	42,986	34,243	126,565	23,794	80
265,373	949,987	500,000	15,000	45,852	35,333	128,809	25,380	75
265,620	974,843	500,000	15,000	49,127	37,483	135,812	27,193	70
265,875	985,464	500,000	15,000	52,906	38,437	136,389	29,285	65
266,205	1,015,042	500,000	15,000	57,314	41,003	144,204	31,725	60
266,594	1,038,380	500,000	15,000	62,525	43,053	148,612	34,609	55
267,023	1,080,222	500,000	15,000	68,777	46,683	159,651	38,070	50

۵- کاوش

جهت تحلیل اقتصادی مطابق توصیه سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، هزینه‌ها و درآمدهای حاصل از فعالیتهای زراعی در طول عمر طرح در سطوح مختلف کم آبیاری مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس مبانی محاسبات اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب [۲] شاخصهای اقتصادی سطوح مختلف آبیاری با نرخ بهره‌های صفر، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ درصد محاسبه شد (جدول شماره ۶). مطابق نتایج ارائه شده در جدول اخیر، طرح حاضر در سطح کم آبیاری ۱۰ درصد (تامین ۹۰ درصد نیاز آبی گیاهان الگوی کشت) با نرخ بهره ۷ درصد^۱، دارای بالاترین نسبت فایده به هزینه و سود خالص به ترتیب معادل ۲/۲ و ۱۱۱۳ میلیارد ریال می‌باشد، که بیانگر اقتصادی بودن طرح و توجیه پذیری مناسب آن نسبت به سایر سطوح (حتی آبیاری کامل) می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که نرخ بازده داخلی^۲ این سطح برابر ۱۳/۴ می‌باشد.

با توجه به عدم دسترسی به نقشه‌های دقیق و بزرگ مقیاس، احتمال افزایش احجام عملیاتی و در نتیجه افزایش هزینه‌های اجرایی محتمل می‌باشد. لذا حساسیت طرح نسبت به افزایش هزینه‌های اجرایی به میزان ۲۰ درصد با ثابت بودن درآمدهای ناخالص طرح، مورد تحلیل قرار گرفت. در شرایط مذکور نیز نسبت فایده به هزینه طرح با نرخ بهره ۷ درصد حدود ۱/۸ و نرخ بازده داخلی طرح حدود ۱۱/۷ درصد در سطح کم آبیاری منتخب (۱۰ درصد) خواهد بود که نشان دهنده توجیه پذیری تحت این شرایط است.

۱- نرخ بهره انتخابی در این تحقیق به عنوان حداقل نرخ قابل قبول (Cut of Rate) با توجه به نرخ رایج و مورد توصیه سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور در مورد طرحهای توسعه منابع آب معادل ۷ درصد می‌باشد.

همچنین احتمال عدم دستیابی به عملکردهای پیش بینی شده در طرح به دلیل عدم تحقق تمامی پیش فرضهای منظور شده در شرایط توسعه نیز محتمل می‌باشد. لذا وضعیت توجیه پذیری طرح در مقابل کاهش ۲۰ درصدی درآمدها و ثابت ماندن هزینه‌ها نیز بررسی شد. در این شرایط در سطح کم آبیاری منتخب (۱۰ درصد)، نسبت فایده به هزینه طرح با نرخ بهره ۷ درصد حدود ۱/۷ و نرخ بازده داخلی طرح حدود ۱۱/۳ درصد حاصل گردید که دلالت بر آن دارد که شرایط مذکور نتوانسته است توجیه پذیری را ساقط نماید. بنابراین با اعمال حساسیت‌های فوق‌الذکر بصورت کاهش درآمدها و افزایش هزینه‌ها، سطح کم آبیاری ۱۰ درصد با حفظ توجیه پذیری اقتصادی در نرخ بهره ۷ درصد همچنان به عنوان گزینه بهینه انتخاب گردید.

مطابق جدول شماره (۶)، نسبت سود به هزینه با نرخ بهره ۷ درصد در شرایط آبیاری کامل و تامین ۸۰ درصد نیاز یکسان می‌باشد. به عبارتی دیگر در شرایط محدودیت منابع آب، با صرفه جوئی به میزان ۲۰ درصد در آب مصرفی، ضمن ثابت ماندن نسبت سود به هزینه، به سطح زیر کشت حدود ۲۵ درصد افزوده خواهد شد که خود باعث ایجاد ارزش افزوده بیشتر نسبت به حالت آبیاری کامل خواهد شد.

جدول شماره ۶- شاخصهای اقتصادی در سطوح مختلف آبیاری

درصد تامین نیاز آبی الگوی کشت											نرخ بهره (درصد)
50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
ارزش حال خالص ^۱ (میلیارد ریال)											
5,753	6,018	6,224	6,411	6,553	6,695	6,809	6,904	7,009	6,833	6,849	0
980	1,078	1,151	1,221	1,269	1,323	1,362	1,395	1,436	1,392	1,399	6
701	790	856	919	962	1,011	1,046	1,075	1,113	1,077	1,083	7
474	556	616	674	712	758	790	816	851	821	828	8
125	197	248	299	332	372	400	422	453	432	438	10
-134	-68	-22	24	52	89	114	133	162	148	154	12
-339	-277	-235	-191	-166	-131	-108	-91	-64	-72	-67	14
-509	-450	-410	-369	-345	-312	-290	-274	-248	-253	-247	16
نسبت فایده به هزینه ^۲											
6.5	7.0	7.4	7.8	8.0	8.4	8.6	8.8	9.1	9.2	9.3	0
1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	6
1.6	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	7
1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	8
1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	10
0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	12
0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	14
0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	16

1 - Net Present Value

2 - Benefit Cost Ratio

۶- توصیه و پیشنهاد

در تحقیق حاضر اثر اعمال کم آبیاری بر طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی با هدف افزایش سودآوری پروژه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج تحقیق دلالت بر آن دارد که اعمال ۱۰ درصد کم آبیاری در طراحی شبکه، سبب افزایش سودآوری پروژه خواهد شد. علاوه بر آن افزایش حدود ۱۱ درصدی سطح زیر کشت (۲۱۱۵ هکتار) در این حالت نسبت به حالت آبیاری کامل باعث ایجاد ارزش افزوده بیشتر در منطقه خواهد شد.

گرچه ممکن است جهت طراحی شبکه آبیاری و زهکشی، انتخاب سطح بهینه تامین نیاز آبی گیاهان الگوی کشت در هر منطقه بدین روش مشکل بنظر رسد، ولی دستیابی به رشد مطلوب در تولید مواد غذایی، صرفاً از طریق انتخاب گزینه‌های مناسب تر ممکن خواهد بود. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند گواهی خوبی جهت کاهش حداکثر ظرفیت پروژه در جهت افزایش سودآوری پروژه باشد. بنابراین توصیه می‌گردد در طراحی شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی اثر اعمال کم آبیاری بعنوان یکی از گزینه‌هایی که می‌تواند سودآوری پروژه را افزایش دهد، اگر چه نباید از مدیریت بحث برانگیز کم آبیاری در حین بهره برداری غفلت نمود، مد نظر قرار گیرد.

۷- منابع

- ۱- بی نام (۱۳۷۲). استاندارد ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. چاپ اول. وزارت نیرو، دفتر استاندارد مهندسی آب، ۶۴ ص.
- ۲- بی نام (۱۳۸۰). مبانی محاسبات اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب. چاپ اول. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، تهران - سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۲۰ ص.
- ۳- بی نام (۱۳۸۱). فهرست بهای واحد پایه رشته آبیاری و زهکشی رشته مهندسی آب. چاپ دوم. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، تهران - سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۹۳ ص.
- ۴- بی نام (۱۳۸۰). مطالعات توسعه منابع آب رودخانه‌های نرماب - چهل چای و شبکه آبیاری و زهکشی تحت پوشش (گنبد - مینودشت). مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار، تهران، ۲۲ جلد.
- ۵- توکلی، ع، و فرداد، ح (۱۳۷۵). بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج. ارائه شده در دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، تهران.

- 6- Dewit, C. T. (1985). Transpiration and Crop Yields. Versl Land Bouwk, Donderzock. P 60-64.
- 7- Dinar, A. and Zilberman, D. (1993). The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture. 2nd edn. Kluwer Academic, U.S.A.

- 8- **Doorenbos, J. and Pruitt, W.O.** (1977). Guidelines For Predicting Crop Water Requirements. Irrigation And Drainage Paper No. 24. FAO, Rome, Italy.
- 9- **English, M. J.** (1990). Deficit Irrigation: Observation In The Columbia Basin. Journal of American Society of Agricultural Engineers (IR), **116(3)**: 413-426.
- 10- **English, M. J., Musick, J. T. and Murty, V. V. N.** (1990). Deficit Irrigation. In: Management of Farm Irrigation Systems, Eds. Hoffman, G. J., Howell, T. A. and Solomon, K. H. American Society of Agricultural Engineers, U.S.A.
- 11- **Hanks, R. J. R. W. Hill, and J. wright** (1983). Crop Yield Models Adapted to Irrigation Scheduling Programs. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University Printing, Logan, Utah.
- 12- **Hoffman, G.J., Howell, T.A. and Solomon, K.H.** (1990). Management of Farm Irrigation Systems. 1stedn. American Society of Agricultural Engineers, U.S.A.
- 13- **Jensen, M. E.** (1968). Water Consumption by Agricultural Plants. In Water Deficits and Plant Growth II. Kozlowski T. T. (Ed) Academic Press, New York.
- 14- **Minhans. B. S. K. S. Parikh and T. N. Sinivasan** (1984). Toward The Structure of a Production Function for Wheat Yield. Irr.Water.Re.**10**: 383-393.
- 15- **Parikh, H. S., Shete, D. T., Modi, P. M.** (1994). Characterization of Yield Response under Drip Irrigation. 17th European Regional Conference on Irrigation and Drainage. Varna, Bulgaria. P 89-96.
- 16- **Smith, M., Clarke, D. and El-Askari, K.** (1998). CROPWAT for Windows, User Guide. Available on The: *url: <http://www.fao.org/>*
- 17- **Veeranjaneyulu, P., Shete, D. T., Modi, P. M.** (1994). Yield Response Characterization under Basin for Deficit Irrigation. 17th European Regional Conference on Irrigation and Drainage. Varna, Bulgaria. P 117-126.

Economic Investigation of Implementing Deficit Irrigation in The Design of Irrigation Projects.

Abstract

Irrigation and drainage projects are usually design with the goal of completely satisfying project crop water requirement during peak periods in order to be capable of achieving crop production at maximum possible level. This design strategy may not be anymore economically feasible and recommendable due to the increasing cost of project construction and limitation of renewable water resources. In order to investigate this issue, an irrigation project in Gonbad-Minodasht region was designed in order to meet various level of crop water requirement ranging from 50, 55 ...95,100 percent of actual crop water needs. After designed the project for every levels of irrigation water requirement, the total cost and benefit of the project were computed and economical analysis was per formed considering variable interned rates.

Results indicate that designing and sizing the project in a manner to be capable of satisfying only 90% of the crop water requirement produce the highest B/C ratio 7% interned rate. The greatest internal rate of return equal to 13.4% was obtained at such deficit irrigation level (10%). Designing the project at 10% deficit irrigation increased the total project revenue significantly and the irrigation land area by 11%.

Keyword: Water Scarcity, Deficit Irrigation, Design of Irrigation and Drainage Network

