نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۶، ص. ۱۰-۱

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 1, Mar.-Apr. 2017, p. 1-10

بهینه‌سازی تخصیص آب بین محصولات مختلف در شرایط تنش آبی در شبکه آبیاری دشت قزوین

مهدی محمدخانی[۱] – محمد کریمی[۲*] – افشین گمرکچی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۳

چکیده

توزیع آب در شرایط تنش آبی می‌بایست بصورتی بین محصولات کشت شده در شبکه آبیاری انجام گیرد که ضمن کاهش اثرات تنش، بیشترین درآمد خالص شبکه نیز بدست آید. بدین منظور، دستیابی به سه فاکتور ضریب حساسیت به کم آبی، مقدار عملکرد محصول و سود حاصل از تولید محصول ضروری است. در شرایط اعمال تنش آبی دریک شبکه آبیاری تعدای از محصولات با توجه به میزان عملکرد و حساسیت به تنش آبی و فاکتور نهائی اقتصادی شبکه (کسب سود خالص بیشتر) از نظر تامین آب در اولویت اول قرار گرفته و بعضی دیگر در اولویت‌های بعدی قرار خواهند گرفت. این تحقیق در شبکه آبیاری قزوین با هدف بهینه سازی تخصیص آب بین محصولات مختلف در شرایط تنش آبی انجام شد. شرایط موجود شبکه، شرایط موجود بهینه شده در شبکه و شرایط ۲۰ درصد، ۳۰ درصد و ۴۰ درصد تنش به ترتیب تحت عنوان گزینه های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ از نظر اقتصادی مقایسه گردید. برای تعیین شرایط بهینه از نرم افزار LINGO8 استفاده گردید. در تحقیق حاضر با استفاده از تابع آب –تولید از یک سو و سود حاصل از تولید محصول زراعی، الویت‌بندی تخصیص آب در محصولات کشت شده براساس ضریب بهره‌وری آب مشخص گردید. بر اساس این فاکتور سیب، گوجه‌فرنگی، انگور و سیب زمینی در اولویت‌های اول تامین آب و نخود، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند در اولویت‌های آخر قرار گرفته‌اند. بیشترین ضریب بهره وری اقتصادی آب در سیب زمینی وگوجه فرنگی و کمترین مقدار در چغندر قند و ذرت دانه‌ای مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید، توزیع آب، شبکه آبیاری قزوین، شرایط بهینه، کم آبی

مقدمه

با توجه به محدودیت منابع آب، افزایش نیازهای آبی و وقوع خشکسالی‌های متناوب، صرفه جوئی در مصرف آب و استفاده کارآمد از آن امری لازم و ضروری است. استفاده از تکنیک‌های مناسب جهت بهینه سازی تخصیص آب به محصولات مختلف کشت شده در هر دشت، در این خصوص میتواند راهگشا باشد. تحقیقات متعددی در ارتباط با این موضوع در داخل و خارج از کشور انجام شده که به چند مورد از آنها اشاره می‌شود. وارلف (۱۰) عملکرد گیاهان را در شرایط کم آبیاری با در نظر گرفتن بارندگی بر روی محصول ذرت با هدف حداکثر سازی عملکرد محصول مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که در دوره‌های حساس گیاه، لازم است حداقل ۷۵ الی ۸۰ درصد نیاز گیاه تامین شود و در صورت تامین دو سوم کل نیاز عملکرد محصول در حدود ۹۰ الی ۹۵ درصد و با تامین ۵۰ درصد آب مورد نیاز عملکرد محصول در حدود ۸۷ درصد خواهد بود. ردی و کومار (۹) از روش PSO (روش فرا کاوشی و هوشمند) جهت بهره برداری بهینه از مخزن سد مالابرابها در هند استفاده کردند. تابع هدف آنها در این تحقیق بیشینه کردن درآمد ناخالص چندین محصول زراعی (با در نظر گرفتن وجود تنش و کم آبیاری) بود که در آن هزینه ها وارد نگردید. نتایج به دست آمده نشان داد که روش PSO یک شیوه مناسب برای حل چند منظوره مسائل هیدرولوژی و منابع آب می‌باشد. دای و لی (۲) از یک مدل برنامه ریزی تصادفی چند مرحله ای برای تخصیص آب برای تعیین الگوی کشت بهینه در شرایط عدم حتمیت در حوضه رودخانه ژانگ ونگ استفاده کرده و با استفاده از سناریوهای متفاوت عدم حتمیت میزان تخصیص آب و الگوی کشت را به دست آورده اند. کیافر و همکاران (۶) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی تخصیص آب در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای را بررسی کردند. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن است که اختلاف مقدار

۱- دانشجوی کارشناس ارشد دانشگاه علوم تحقیقات تهران
۲ و ۳- اعضای هیات علمی (مربیان پژوهشی) بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: karimi.irri@gmail.com
DOI: 10.22067/jsw.v31i1.48682

Archive of SID
www.SID.ir

آب تخصیص یافته واقعی و مقدار بهینه در مناطق مختلف به طور متوسط برابر ۲/۱ میلیون مترمکعب است. همچنین میانگین سطح کل زیرکشت حاصل از مقادیر واقعی سه درصد بیشتر از سطح کشت حاصل از مقادیر پیش بینی منابع آب است. برمبنای سطح زیر کشت بهینه، مقدار سود حاصله از فروش محصولات در منطقه نوسان داشته و روند خاصی را نشان نمی‌دهد. ربیعی و همکاران (۸) در تحقیقی تخصیص بهینه همزمان آب و زمین در شرایط کمبود منابع آب را با استفاده از روابط بیلان آب در خاک بررسی نمودند. در این پژوهش با ارائه یک مدل، الگوی بهینه کشت تعیین گردید. نتایج ارزیابی حساسیت مدل نشان داد که با افزایش قیمت آب بها به میزان ۶۰ درصد، الگوی کشت تغییر می کند، بدین گونه که مدل در این حالت بیشترین سطح را در فصل دوم کشت به ذرت علوفه ای با سطح ۳/۵۴ هکتار و آبیاری کامل اختصاص می دهد و با کاهش آب مصرفی مدل از میزان سطح گندم کاسته و میزان کم آبیاری در این حالت به میزان ۲۰/۳۲ درصد افزایش پیدا می کند. خاشعی سیوکی و همکاران (۵) با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی، تخصیص آب به محصولات مختلف را در دشت نیشابور بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که می توان با کاهش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت اغلب محصولات بهاره و افزایش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت گندم و جو و کلزا بیشترین درآمد را از آب استحصالی از آبخوان کسب نمود. در بین محصولات بهاره ذرت و گوجه فرنگی نسبت به دیگر محصولات بهاره بیشترین سهم را در افزایش سطح داشت. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش ۲۰۵۹۱ هکتار به محصولات پاییزه و کاهش ۱۰۹۷۰ هکتار از محصولات بهاره می توان ۷۵۰۰ هزار ریال بطور متوسط در هر هکتار درآمد بیشتری بدست آورد. منتظر و لطفی (۷) تحقیقی با هدف توسعه یک مدل برنامه ریزی غیر خطی به منظور تعیین الگوی بهینه کشت و تخصیص آب در شبکه آبیاری قزوین انجام دادند. نتایج نشان داد که در بین محصولات، پیاز بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری اقتصادی و یونجه کمترین مقدار این شاخص را دارا بوده است. در شرایط خشکسالی مقدار این شاخص برای این دو محصول بترتیب ۷۵۰۶۹ و ۳۰۵۵ ریال بر مترمکعب برآورد گردید. بیشترین سطح زیر کشت در دوره های آبی خشک و تر مربوط به محصول گندم و بترتیب معادل ۱۹۳۵۰ و ۲۳۵۹۹ هکتار تعیین شد. در شرایط خشکسالی می توان با مدیریت الگوی کشت، مقدار شاخص بهره وری کلی شبکه آبیاری را به ۱۲۶۶۵ریال بر مترمکعب افزایش داد. همایونی فر و رستگاری پور (۴) تخصیص آب سد لتیان بین محصولات کشاورزی را در شرایط عدم حتمیت مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که با کاربرد برنامه ریزی فازی بازه ای در بهترین حالت (یعنی رخ دادن سطح جریان زیاد) به میزان ۶۳ درصد، ۶۹ درصد، ۴۹ درصد و ۳۳ درصد از آب مورد نیاز محصولات جو، صیفی جات، سبزیجات و ذرت علوفه‌ای تأمین می شود، اما میزان تخصیص نهایی آب محصول گندم به طور دقیق مشخص نیست.

در مواقع بروز تنش آبی درسطح شبکه آبیاری دشت قزوین تخصیص آب صرفا بر اساس سطوح کشت و بدون توجه به نوع محصولات کشت شده، واکنش محصولات به کم آبی و میزان عملکرد آنها انجام می گیرد. این تحقیق با هدف بهینه سازی تخصیص آب بین محصولات مختلف در شرایط تنش آبی در شبکه آبیاری قزوین انجام شد.

مواد و روش‌ها

محدوده شبکه آبیاری دشت قزوین در استان قزوین در فاصله ۱۵۰ کیلومتری غرب شهر تهران بین ˝۲۰ ˚۳۶ عرض شمالی و ˝۴۰ ˚۴۹ طول شرقی و ˝۰۰ ˚۳۶ عرض شمالی و ˝۳۵ ˚۵۰ طول شرقی واقع شده است. داده‌ها و اطلاعات مربوط به شبکه آبیاری در سال زراعی ۱۳۸۸ الی ۱۳۸۹ مبنای کار این تحقیق قرار گرفت. با توجه به شیوه بهره-برداری از شبکه به طور متوسط راندمان انتقال در کانال‌های فرعی و اصلی ۸۰ درصد و با توجه به سیستم آبیاری موجود در سطح شبکه راندمان کاربرد آب ۴۵ درصد بود.

جدول ۱- سطح کشت محصولات شبکه آبیاری دشت قزوین

Table 1- Planting pattern of field and horticulture crops in Qazvin irrigation network

محصول crop	سطح (هکتار) Cultivated area	محصول crop	سطح (هکتار) Cultivated area
گندم wheat	20315.5	سیب زمینی potatoes	50
ذرت دانه ای Grain corn	226	ذرت علوفه‌ای forage corn	1060
چغندر قند Sugar beet	616.7	لوبیا beans	267
عدس lentil	2178.2	جو barely	1977.3
نخود peas	141.5	انگور grapes	40
گوجه فرنگی tomatoes	1081	سیب apple	299.9
یونجه alfalfa	2524.55		

Archive of SID

www.SID.ir

میـزان آب ورودی بـه شـبکه از سـد طالقـان در سـال مبنـا ۲۷۴/۸میلیون متر مکعب بود که با توجه به رانـدمان‌هـای موجـود در شبکه نسبت به نیازخالص آبـی شـبکه (۱۰۹/۷۹۸میلیـون مترمکعـب) مقدارکاهش۱۰درصد مشاهده گردید. وسعت اراضـی تحـت آبخـور در سال زراعی ۱۳۸۸ الی ۱۳۸۹ معادل ۴۸۳۷۵ هکتار با احتسـاب آیـش بود. الگوی کشت شبکه آبیاری در سال زراعی مبنا در جـدول ۱ آمـده است.

تحقیق حاضر در قالب ۵ گزینه شامل: گزینه ۱ (شرایط موجود بـا حجم آب تـامین شـده ۲۷۴/۸میلیـون مترمکعـب)، گزینـه ۲ (شـرایط موجود بهینه شده با نـرم افـزار LINGO بـا حجـم آب تـامین شـده ۲۷۴/۸میلیون مترمکعب)،گزینه ۳ (تنش۲۰ درصد با حجـم آب تـامین شده به حجم ۲۱۹/۸۴میلیون مترمکعب)، گزینه۴ (تنش ۳۰ درصـد بـا حجم آب تامین شده به میزان ۱۹۲/۳۶ میلیون متر مکعب) و گزینه ۵ (تنش۴۰ درصد با حجم آب تـامین شـده بـه میـزان ۱۶۴/۸۸میلیـون مترمکعب) انجام شد. تعیین نیاز آبی گیاهـان بـا اسـتفاده از داده‌هـای هواشناسی با آمار بلند مدت ۳۰ ساله (۱۳۶۰ الـی ۱۳۸۹) و نـرم افـزار CROPWAT8 انجام گردید.

عملکرد بالقوه

بمنظور برآورد پتانسـیل تولیـد محصـولات از فرمـول هـای زیـر استفاده گردیده است (۳):

الف- وقتی که ym>۲۰ کیلوگرم در هکتار در ساعت باشد، مقدار عملکرد بالقوه Ym بر حسب کیلوگرم در هکتار در دوره رشد از رابطـه زیر بدست می آید :

$$Ym = CL \times CN \times CH \times G[F(0.8 + 0.01ym)yo + (1-F)(0.5 + 0.025ym)yc] \quad (۱)$$

ب- وقتی که۲۰ >ym کیلوگرم در هکتار در ساعت باشـد، مقـدار Ym برحسب کیلوگرم در هکتـار در دوره رشـد از رابطـه زیـر بدسـت می‌آید:

$$Ym = CL \times CN \times CH \times G[F(0.5 + 0.025ym)yo + (1-F)(0.05ym)yc] \quad (۲)$$

F: قسمتی از روز که آسمان ابری باشد (ابرناکی روز) که براساس در صد ساعات آفتابی و میزان تشعشع مـاوراء زمـین کـه از اطلاعـات ایستگاه سینوپتیک قزوین اخـذ گردیـده محاسـبه گردیـده اسـت. yo سرعت تولید ماده خشک ناخالص از یـک گیـاه مبنـا بـرای موقعیـت مشخص در یک روز کاملاً ابری (برحسب کیلوگرم در هکتـار در روز) و yc سرعت تولید ماده خشک ناخالص از یک گیـاه ناخـالص از یـک گیاه مبنا برای موقعیت مشخص شده در یک روز صاف (بدون ابر) (بر حسب کیلوگرم در هکتار در روز) مـی‌باشـد. ym سـرعت تولیـد مـاده خشک ناخالص که می تواند از سرعت فرضـی تولیـد گیـاه مبنـا (۲۰ کیلوگرم در هکتار در ساعت) بیشتر یا کمتر باشد این سرعت بر حسب کیلوگرم در هکتار در ساعت بیان مـی شـود. در جـدول ۲، ym بـرای گروهی از محصولات ارائه شده است. G، CH، CN، CL: بـه ترتیـب طول دوره رشد گیاه (روز)، ضریب مربوط بـه قسـمت برداشـت شـده، ضریب تصحیح تولید ماده خشک خالص و ضریب مربوط به وضـعیت توسعه محصول (نشریه FAO33) می‌باشند (جدول ۳).

در جدول ۲ محصولات گروه خنـک ۱ عبارتنـد از: یونجـه، لوبیـا، کلم، نخود، سیب زمینی، گوجه فرنگی، چغندر قند، گندم، محصـولات گروه گرم ۱ عبارتند از: یونجه ، مرکبات، پنبـه، بـادام زمینـی، فلفـل ، برنج، گلرنگ، سویا، آفتابگردان، تنبـاکو، گوجـه فرنگـی، محصـولات گروه خنک ۲ عبارتند از: بعضی از ارقام ذرت و سورگوم و محصـولات گروه گرم ۲ عبارتند از: ذرت، سورگوم و نیشکر

تابع عملکرد

تابع عملکرد محصولات زراعی دردوره های مختلف رشـد رابطـه خطی با میزان نیاز آبـی محصـول داشـته و در کـل دوره ایـن رابطـه بصورت غیر خطی بوده و بشکل زیر تعریف گردیده است:

$$\frac{Ya}{Ym} = \prod_{i=1}^{n}\left[1 - KYi\left(1 - \frac{ETa}{ETm}\right)\right] \quad (۳)$$

Ym: مقدار عملکرد پتانسیل محصول، Ya: مقدار عملکرد واقعـی محصول، ETa: تبخیر و تعرق واقعی، ETm: تبخیر و تعرق پتانسیل

جدول ۲- سرعت تولید (ym) بر حسب کیلوگرم در هکتار در ساعت برای گروهی از گیاهان و میانگین درجه حرارت

Table 2- The among of ym for a group of plants according to the average temperature

گروه محصولات Crops	میانگین درجه حرارت The average of temperature							
	5	15	20	25	30	35	40	45
خنک ۱ (Cold 1)	5	20	20	15	5	0	0	0
گرم ۱(Warm 1)	0	15	32.5	35	35	32.5	5	0
خنک ۲ (Cold 2)	0	45	65	65	65	45	5	0
گرم ۲ (Warm 2)	0	5	65	65	65	65	45	5

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقدار Ym برای الگوی کشت شبکه آبیاری دشت قزوین (کیلوگرم درهکتار)

Table 3- The among of Ym of cultivation pattern in Qazvin irrigation network (Kg/ha)

محصول (Crop)	G	CL	CN	CH	Ym
کلزا Canola	2525	0.5	0.5	0.3	4000
نخود Peas	113	0.5	0.5	0.3	3200
گندم Wheat	240	0.5	0.6	0.4	5200
جو Barley	230	0.5	0.6	0.4	4527
یونجه Alfalfa	230	0.5	0.6	0.6	17485
سیب زمینی Potato	140	0.5	0.55	0.65	42000
ذرت علوفه ای Forage Corn	140	0.5	0.55	0.75	55000
گوجه فرنگی Tomato	135	0.5	0.6	0.35	45000
ذرت دانه ای Grain corn	155	0.5	0.5	0.4	9370
لوبیا Bean	110	0.5	0.5	0.3	2911
چغندر قند Sugar Beet	165	0.5	0.6	0.4	40000
سیب Apple	365	0.5	0.55	0.55	15346
انگور Grape	365	0.5	0.55	0.4	10194

Ky : فاکتور حساسیت محصول به کم آبی و i: مراحل مختلف رشد محصول و n تعداد کل مراحل رشد محصول می‌باشد.

اگر تبخیر و تعرق واقعی برابر تبخیر و تعرق پتانسیل باشد (Eta=ETm) در نتیجه مقدار محصول پتانسیل برابر با مقدار محصول واقعی خواهد شد. اما اگر تبخیر و تعرق واقعی کمتر از تبخیر وتعرق پتانسیل باشد (ETa/ETm<1) در اینصورت Ya/Ym< ۱ شده و مقدار آن نسبت به ETa/ETm به صورت خطی که شیب آن متناسب با Ky است، تغییر می‌کند. مقدار Ky بسته به واریته، گونه گیاهی، روش آبیاری و مدیریت آن و مرحله رشد وقتی که کمبود تبخیر و تعرق تحمیل می‌شود، تغییر می‌کند (جدول ۴).

جدول ٤- ضریب واکنش عملکرد محصول به آبیاری (Ky) مربوط به الگوی کشت منطقه (۱)

Table 4- Yield response factor to irrigation (Ky) related to region cultivation pattern

محصول crop	مراحل توسعه محصول Steps of crop development				
	اولیه Initial	توسعه محصول crop development	اواسط فصل Middle season	اواخر فصل Late season	زمان برداشت Harvest time
گندم Wheat	0.7	0.13	0.6	0.5	0.1
نخود Pea	0.2	0.33	0.9	0.7	0.2
ذرت دانه ای Grain Corn	0.12	0.28	1.5	0.5	0.2
گوجه فرنگی Tomato	0.12	0.28	1.1	0.8	0.4
چغندر Sugar Beet	0.12	2	1.3	0.36	0.12
جو Barley	0.7	0.13	0.6	0.5	0.1
یونجه Alfalfa	0.07	0.7	1.1	1.1	0.7
کلزا Canola	0.07	0.13	1.1	0.75	0.2
سیب زمینی Potato	0.45	0.8	1	0.7	0.2
لوبیا Bean	0.07	0.13	1.1	0.75	0.2
ذرت علوفه ای Forage Corn	0.12	0.28	1.5	0.5	0.2
سیب Apple	0.5	1	1	0.85	0.4
انگور Grape	0.6	0.75	1	0.7	0.4

تابع هدف در مدل

تابع هدف در مدل بهینه سازی تهیه شده برای شبکه آبیاری دشت قزوین با رویکرد سود آوری کل شبکه تدوین شده است لذا تولید محصول بعنوان یک فاکتور بسیار مهم در کسب حداکثر سود

Archive of SID

www.SID.ir

خالص محسوب می‌گردد. از اینرو رابطه مقدار تولید با میزان آب دریافتی برای گیاه و ارزش ریالی محصول، دو فاکتور اثر گذار در مدل بهینه‌سازی تخصیص آب در شبکه می‌باشند.

تابع هدف با استفاده از برنامه نویسی در نرم افزار LINGO8 بصورت زیر بیان گردیده است:

$$MAX = \sum_{j=1}^{13}(\frac{Ya}{Yp})_j \times 0.94 \times BF_j \times A_j \times Yp_j \qquad (۴)$$

Aj: سطح کشت اختصاص یافته به محصول jام، Ypj: پتانسیل تولید بالقوه در شرایط تامین کامل نیاز آب گیاه با فرض فراهم بودن سایر شرایط رشد، BFj: سود خالص حاصل از تولید یک کیلوگرم محصول بدون احتساب هزینه آب بهاء و j (Ya/Yp) نسبت عملکرد واقعی به پتانسیل هر محصول می‌باشد.

هزینه آب بهاء بر اساس دستور العمل‌های شرکت آب منطقه‌ای استان برابر با ۳ درصدکل قیمت فروش محصول می‌باشد از طرفی میزان سود خالص محصولات زراعی استان بر اساس آمار اخذ شده ازآمار نامه وزارت جهاد کشاورزی بطور متوسط برابر با ۵۰ درصدکل قیمت فروش می‌باشد بنابراین می‌توان گفت میزان هزینه آب بها ۶ درصد سود خالص محاسبه می‌گردد در نتیجه سود خالص حاصل از تولید یک محصول مشخص با تاثیر هزینه آب بها بصورت فرمول ۶BF درصد−BF =۹۴درصد، خواهد بود (جدول ۵).

جدول ۵- میزان سود خالص برحسب ریال به ازای تولید یک کیلوگرم محصول

Table 5- Net profit per each Rial for producing one kilogram of yield

محصول	سیب	انگور	جو	لوبیا	ذرت علوفه‌ای	سیب زمینی	یونجه	گوجه فرنگی	نخود	کلزا	چغندرقند	ذرت دانه‌ای	گندم
crop	Apple	Grape	Barely	Bean	Forage Corn	Potato	Alfalfa	Tomato	Pea	Canola	Sugar beet	Grain corn	Wheat
BF	5000	4000	1350	4500	300	1300	1400	1500	3250	3500	310	1400	1500

قیودات مدل

- محدودیت آب در دسترس

محدودیت مدل که بر اساس مقدار آب در اختیارقرار داده شده برای گیاه می باشد. به صورت زیر بیان می شود:

$$eta(i,j) < etp(i,j) \qquad (۵)$$

$$eta(i,j) > 0.5etp(i,j) \qquad (۶)$$

$$SW(i) \times Esdi \times Esai = \sum_{i=1}^{12}\sum_{j=1}^{13} eta(i,j) \qquad (۷)$$

که درآن eta(i,j) مقدار آب توزیع شده در ماه مشخص i برای یک محصول مشخص j می‌باشد etp(i,j) نیز پتانسیل حداکثر نیاز آبی محصول می‌باشد که با توجه به نوع محصول و ماه‌های مختلف دوره رشد متفاوت می‌باشد با توجه محدودیت ذکر شده در بالا آستانه کم آبیاری در مدل حداکثر ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است. sw(i) حجم آب رها شده از سد طالقان در شبکه آبیاری قزوین می‌باشد. Esdi راندمان انتقال و توزیع در شبکه آبیاری و Esai راندمان آبیاری در مزرعه با توجه به سیستم آبیاری موجود می‌باشد.

- محدودیت حداکثر وحداقل مجموع بارندگی موثر و میزان آب توزیع شده بمنظور تعیین میزان دقیق آب تحویلی به هر محصول در الگوی کشت لازم است تا میزان بارندگی موثر نیز در ارتباط با تامین نیاز آبی گیاه نیز در نظر گرفته شود در این راستا مدل توزیع آب برای دوازده ماه سال تنظیم شده و از طرفی در برخی از ماه‌های سال با توجه به آنکه میزان بارندگی موثر بیش از مقدار حداکثر پتانسیل نیاز آبی گیاه می‌باشد لذا در این شرایط مقدار آب توزیع شده بر اساس دستورات شرطی صفر خواهد شد. در سایر ماه‌ها در صورتی‌که بارندگی موثر اتفاق نیفتد محدودیت آب در دسترس و در صورت وقوع بارندگی موثر کمتر از مقدار پتانسیل نیاز آبی، محدودیت های زیر اعمال خواهد گردید:

$$eta(i,j) + peff(i,j) < etp(i,j) \qquad (۷)$$

$$(eta(i,j) + peff(i,j) > 0.5 \times etp(i,j) \qquad (۸)$$

peff(i,j) مقدار بارندگی موثر در ماه مورد نظر می‌باشد که بر اساس فرمول پیشنهادی سرویس حفاظت خاک آمریکا بصورت زیر تعریف شده است:

$$peff = [p \times (125 - 0.2 \times p)]/125 \qquad (۹)$$

محدودیت حداکثر آستانه کاهش محصول

با توجه به الگوی کشت شبکه آبیاری دشت قزوین و وجود محصولات استراتژیک از یک سو و شرایط حاکمیتی، فرهنگی و اجتماعی بر کشاورزی شبکه تغییر الگوی کشت تقریباً ناممکن بنظر می‌رسد لذا رویکرد مدل بر توزیع بهینه آب در مواقع کم آبی در سطح شبکه استوار می‌باشد و هیچ تغییری در سطح کشت و نوع محصولات ایجاد نخواهد کرد.

از اینرو به‌منظوراعمال اثرات کم آبیاری بر عملکرد محصولات مختلف شبکه، محدودیت کاهش تولید به شرح ذیل لحاظ گردیده است:

$$Ya/Yp \geq 0.5 \qquad (۱۰)$$

$$Ya/Yp \geq 0.4 \qquad (۱۱)$$

Ya تولید واقعی محصول و Yp پتانسیل حداکثر تولید می‌باشد

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت تولید بیشتر از ۵۰ درصد در شرایط گزینه‌های ۱،۲،۳،۴در نظر گرفته شده است و محدودیت ۴۰ درصد تولید نیز تنها برای شرایط گزینه ۵درنظر گرفته شده است.

شاخص بهره‌وری اقتصادی آب NBPD[1]: شاخص بهره وری آب عبارت است از مقدار سود حاصل شده به ازای مصرف یک متر مکعب آب در یک محصول مشخص که بصورت مترمکعب/ریال بیان می‌گردد.

نتایج و بحث

بررسی تابع عملکرد محصولات شبکه تحت سناریوهای مختلف بهره‌برداری

تابع هدف در مدل بهینه‌سازی تهیه شده برای شبکه آبیاری دشت قزوین با رویکرد سود آوری کل شبکه تدوین شده است لذا تولید محصول بعنوان یک فاکتور بسیار مهم در کسب حداکثر سود خالص محسوب می‌گردد. از اینرو رابطه مقدار تولید با میزان آب دریافتی برای گیاه و ارزش ریالی محصول، دو فاکتور اثر گذار در مدل بهینه سازی تخصیص آب در شبکه می‌باشند.

همانگونه که اشاره شد با اعمال تنش آبی و عدم تامین کافی مقدار آب مورد نیاز، عملاً با کاهش محصول روبرو خواهیم شد، بطوریکه بر اساس روابط موجود محصولات با ضریب حساسیت بالا با کاهش محصول بیشتری مواجه خواهند شد. البته با توجه به نوع تابع هدف محصولی که سود آوری بیشتری دارد با تنش کمتری مواجه می‌شود تا کاهش محصول کمتری داشته باشد. بر اساس نتایج خروجی مدل تهیه شده توزیع آب در شبکه آبیاری قزوین، حجم بهینه آب تخصیص یافته بصورت ماهیانه به محصولات شبکه در سناریوهای مختلف تنش کم آبی به دست آمده واز طریق تابع عملکرد، نسبت عملکرد محصول در طی یک فصل زراعی محاسبه گردید (جدول ۵). لازم به ذکر است به علت عدم وجود آمار دقیق ازحجم اختصاص یافته آب به محصولات شبکه در گزینه ۱ در گزینه مذکور به آمار دریافتی در رابطه با میزان عملکرد محصولات اکتفا گردیده است (آمار و اطلاعات داخلی سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین). نسبت مقدار عملکرد به عملکرد بالقوه (Ya/Yp) و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات کشت شده به ترتیب در جدول ۶ و ۷ آمده است.

تابع عملکرد در گزینه ۱ (در شرایط فعلی بهره‌برداری): با توجه به عدم توزیع بهینه آب در سطح شبکه، محصولات سیب و سیب زمینی بیش از ۶۰ درصد کاهش محصول از خود نشان دادند و چغندر قند و ذرت دانه‌ای نیز بیشترین میزان عملکرد نسبی را دارا بودند. در این گزینه بعلت عدم تخصیص مناسب آب به محصولات شبکه، علیرغم تامین و توزیع بیشترین حجم آب نسبت به سایر گزینه ها درآمد خالص فقط از گزینه ۵ بیشتر بوده است.

تابع عملکرد در گزینه ۲ (بهینه‌سازی تخصیص آب در شرایط کنونی): با توزیع مناسب آب، تنش وارده به محصولات بر اساس مدل بهینه‌سازی به کمترین مقدار خود رسید و میزان عملکرد نسبی محصولات در این گزینه در مقایسه با گزینه ۱ بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در این گزینه اکثر محصولات، عملکردی برابر با عملکرد بالقوه داشته و فقط محصول جو بدلیل سود خالص پائین و ضریب حساسیت کمتر به تنش نسبت به سایر محصولات عملکرد نسبی ۵۴ درصد داشت.

تابع عملکرد در گزینه ۳ (با اعمال ۲۰ درصد تنش آبی): با بروز تنش آبی بیشتر و بر اساس نتایج خروجی مدل بهینه سازی، کاهش عملکرد در محصولات نخود و چغندرقند اتفاق افتاد بطوریکه نسبت به گزینه ۲ این دو محصول ۵۰ درصد کاهش عملکرد داشته و محصول جو نیز کاهش عملکرد ۴۴ درصد را تجربه کرد.

تابع عملکرد درگزینه ۴ (با اعمال ۳۰ درصد تنش آبی): در این گزینه گندم بعنوان محصولی که ۶۶ درصد سطح کشت شبکه را به خود اختصاص داده با کاهش عملکرد۵۰ درصدی مواجه گردید در حالیکه محصولاتی مثل یونجه، گوجه فرنگی، سیب زمینی و محصولات باغی کاهش محصولی رانشان ندادند. بیشترین کاهش عملکرد در این گزینه نسبت به گزینه ۳ مربوط به گیاه کلزا با ۳۸ درصد کاهش در تولید بود.

تابع عملکرد درگزینه ۵ (با اعمال ۴۰ درصد تنش آبی): در این گزینه با توجه به اعمال حداکثر تنش ممکن در شبکه بجز محصولات باغی، سیب زمینی وگوجه فرنگی با نسبت عملکرد برابر ۱ و یونجه با نسبت عملکرد ۹۶ درصد سایر محصولات درحداکثر آستانه کاهش محصول قرار گرفتند و دارای عملکرد نسبی۴۰ درصد بودند. بیشترین کاهش عملکرد در این گزینه نسبت به گزینه۴ مربوط به ذرت علوفه‌ای با ۳۳ درصد کاهش در تولید بود.

نتیجه‌گیری کلی

سناریوهای مختلف بروز تنش در شبکه آبیاری نشان داد که محصولاتی همچون گوجه فرنگی، سیب زمینی و یونجه دارای کمترین میزان تغییرات در میزان تولید واقعی به حداکثر تولید پتانسیل می باشند و نسبت عملکرد در محصول جو نیز در تمامی گزینه‌ها اختلاف معناداری از خود نشان نداد. در تمامی گزینه ها محصول گوجه فرنگی با شاخص بهره‌وری اقتصادی آب ۳۰۲۹ ریال بر متر مکعب بیشترین و چغندر قند در گزینه‌های ۲ تا ۵ به ترتیب با شاخص بهره وری ۴۷۹، ۳۱۰، ۳۰۷ و۲۶۸ ریال بر مترمکعب کمترین شاخص

1- Net Benefit Per Drop

Archive of SID

www.SID.ir

بهره وری را دارد بنابراین در شرایط تنش آبی اولویت توزیع آب در کلیه گزینه ها با محصول گوجه فرنگی ودر نهایت با چغندر قند می باشد.

جدول ٦- نسبت مقدار عملکرد به عملکرد بالقوه (Ya/Yp) در محصولات کشت شده در شبکه آبیاری

Table 6- The ratio of actual yield to potential yield (Ya/Yp) in different options of water stress

محصول crop	گزینه ۱ Option 1	گزینه ۲ Option 2	گزینه ۳ Option 3	گزینه ٤ Option 4	گزینه ٥ Option 5
گندم Wheat	0.6	0.86	0.55	0.5	0.4
ذرت دانه‌ای Grain Corn	0.96	0.94	0.63	0.5	0.4
چغندر قند Sugar Beet	0.98	1	0.5	0.5	0.4
کلزا Canola	0.88	1	1	0.62	.41
نخود Pea	0.43	1	0.5	0.5	0.4
گوجه فرنگی Tomato	0.87	1	1	1	1
یونجه Alfalfa	0.61	1	1	1	0.96
سیب زمینی Potato	0.39	1	1	1	1
ذرت علوفه ای Forage Corn	0.89	1	1	0.73	0.4
لوبیا Bean	0.4	0.86	0.69	0.5	0.41
جو Barley	0.52	0.54	0.54	0.5	0.41
انگور Grape	0.8	1	1	1	1
سیب Apple	0.38	1	1	1	1

جدول ۷- شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات کشت شده در شبکه آبیاری (مترمکعب/هزار ریال)

Table 7- Water productivity coefficient in different options of water stress

محصول crop	گزینه ۱ Option 1	گزینه ۲ Option 2	گزینه ۳ Option 3	گزینه ٤ Option 4	گزینه ٥ Option 5
گندم Wheat	0.584	1.096	1.196	1.400	1.599
ذرت دانه‌ای Grain Corn	1.184	0.570	0.470	0.400	0.356
چغندر قند Sugar Beet	0.689	0.479	0.310	0.307	0.268
کلزا Canola	1.535	1.633	1.633	1.830	2.360
نخود Pea	0.837	0.916	0.813	0.813	0.773
گوجه فرنگی Tomato	2.978	3.029	3.029	3.029	3.029
یونجه Alfalfa	0.848	0.920	0.920	0.920	0.898
سیب زمینی Potato	1.616	2.531	2.531	2.531	2.531
ذرت علوفه ای Forage Corn	1.384	0.869	0.869	0.786	0.570
لوبیا Bean	0.816	1.050	1.091	1.066	1.046
جو Barley	0.459	1.564	1.564	1.600	1.664
انگور Grape	2.561	2.920	2.920	2.920	2.920
سیب Apple	1.526	3.661	3.661	3.661	3.661

در کلیه گزینه‌ها گیاهان گندم، جو ،کلزا در رابطه با شاخص بهره‌وری دارای سیر صعودی می‌باشند گیاهان ذرت دانه‌ای و چغندر قند نیز در تمامی گزینه‌ها یک روند نزولی را در رابطه شاخص بهره‌وری دارا می‌باشند. بررسی شاخص آب- تولید بیانگر آن است که در صورت رعایت دستور العمل بهره‌برداری بهینه‌سازی شده قابلیت افزایش تولید و به دنبال آن قابلیت ارتقاء درآمد کلی شبکه را خواهد داشت. نتایج تحلیل مدل بهینه‌سازی نشان دهنده آن است که اثرات خشکسالی را با اعمال مدیریت هدفمند و بهینه در تخصیص آب می‌توان جبران نمود به نحوی که میزان در آمد کلی شبکه در هریک از سناریوهای مختلف بروز تنش از در آمد خالص شبکه در شرایط کنونی کمتر نشود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1- Consulting Engineers of Pandam. 2007. The reviewed studies of Qazvin irrigation network, Volume 2.
2- Dai Z.Y., and Li Y.P. 2013. A multistage irrigation water allocation model for agricultural land-use planning under uncertainty, Agricultural Water Management, 129: 69– 79
3- Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield response to water, FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 33, FAO, Rome, Italy. 193 pp.
4- Homaunifar M., and Rastegari pour F. 2010. Water allocation of Latian dam between different crops under uncertainty, Journal of Agricultural Economics and Development, 24(2):259-267. (in Persian with English abstract)
5- Khashei Siuki A., Ghahraman B., and Kouchakzadeh M. 2013. Application of agriculture water allocation and management by PSO optimization technic (Case study: Nayshabur Plaine), Journal of Water and Soil, 27(2):292-303. (in Persian with English abstract)
6- Kiafar H., Sadradini A.A., Nazemi A.H., and Sanikhani H. 2011. Optimal water allocation for Sufi-chay irrigation and drainage network in East Azerbaijan province of Iran using genetic algorithm, Journal of Irrigation and Water Engineering, Year II, No. 5, p.52-61. (in Persian with English abstract)
7- Montazar A.A., and Lotfi M. 2008. Development and application of programming model of optimized cropping pattern and allocation of water resources in irrigation networks, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 2(1): 93-108. (in Persian with English abstract)
8- Rabie R., Honar T., and Kazemi A.R. 2013. Optimal, Simultaneous Land and Water Allocation Under Resource Limitation Conditions, Using Soil Water Balance (Case study of Doroudzan Dam Irrigation and Drainage Network). Iranian Journal of lrrigation and Drainage, 7(2):159-166. (in Persian with English abstract)
9- Reddy M.J., and kumar D. 2007. Multi-objective particle swarm optimization for generating optimal trade-offs in reservoir operation. Hydrological Processes Journal, 21(21): 2897–2909.
10- Varlev I., Dimitrov P., and Popova Z. 1996. Irrigation scheduling for conjunctive use of rainfall and irrigation based on yield-water relationships. In: Irrigation Scheduling: From Theory to Practice, Proceedings ICID/FAO Workshop, Sept. 1995, Rome, Water Reports No. 8, FAO, Rome.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 1, Mar.-Apr. 2017, p. 1-10

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، فروردین –اردیبهشت ۱۳۹۶، ص. ۱۰-۱

Optimization of Water Allocation between Different Crops in Water Stress Conditions in Qazvin Irrigation Network

M. Mohammad Khani[1]- M. Karimi[2*]-A. Gomrokchi[3]

Received: 16-08-2015
Accepted: 11-04-2016

Introduction: Evaluations show the necessity of using optimization models in order to determine optimal allocation of water in different water conditions. Its use can be proposed according to developed model abilities in this study in order to optimize water productivity and provide sustainable management and development of water resources over irrigation and drainage networks. Basic needs of the earth growing population and limitation of water and soil resources remindnecessity of optimal use of resources. World's more than 280 million hectare lands are covered by irrigation networks (Khalkhali et al., 2006). The efficiency of most projects is between 30-50 percent and studies show that performance of most irrigation and drainage networks is not desirable and they have not achieved their aims. Hirich et al. (2014) Used deficit irrigation to improve crop water productivity of sweet corn, chickpea, faba bean and quinoa. For all crops, the highest water productivity and yield were obtained when deficit irrigation was applied during the vegetative growth stage. During the second season 2011 two cultivars of quinoa, faba bean and sweet corn have been cultivated applying 6 deficit irrigation treatments (rainfed, 0, 25, 50, 75 and 100% of full irrigation) only during the vegetative growth stage, while in the rest of a crop cycle full irrigation was provided except for rainfed treatment. For quinoa and faba bean, treatment receiving 50% of the full irrigation during the vegetative growth stage recorded the highest yield and water productivity, while for sweet corn applying 75% of full irrigation was the optimal treatment in terms of yield and water productivity. Moghaddasi et al. (2010) worked examines and compares this approach with that based on the optimization method to manage agricultural water demand during drought to minimize damage. The results show that the optimization method resulted in 42% more income for the agricultural sector using the same amount of water allocated in the 1999 drought. This difference emphasizes the importance of water allocation with respect to growth stages rather than simply cutting allocations on an equitable basis to combat water scarcity. However, managing the system using the optimization method is more complex and requires a new framework and planning to make it operational.

Materials and Methods: Qazvin irrigation network in Qazvin province is located in 150 km West of Tehran, between 36˚ 20′ north latitude and 49˚ 40′ east longitude and 36˚ 00′ north latitude and 50˚ 35′ east longitude. Net water requirement of cultivated crops in the irrigation network is 109.798 million m3. According to the total efficiency of the irrigation network, an impure water requirement of cultivated crops will be 304.994 million m3. The inlet water from Taleghan dam into irrigation network is 274.8 million m3 that compared to impure water requirement decrease 10%. The current study was conducted in 5 options, including: option 1 (current conditions and supplied water volume of 274.8 million m3), option 2 (optimized current conditions using LINGO software and supplied water volume of 274.8 million m3), option 3 (30% water deficit and supplied water volume of 192.36 million m3), option 5 (40% water deficit and supplied water volume of 274.8 million m3). Water requirement of crops is determined using meteorological data with 30 years long term statistics and CROPWAT8 software.

Results and Discussion: Studying different scenarios of water deficit in network shows that products such as tomatoes, potatoes and alfalfa have the least changes in real production to potential production and yield ration in barely did not show significant difference in all options. In all of the options, tomatoes with water productivity indicator of 3029 rials/m3 have the maximum productivity index and sugar beets with water productivity indicator in options 2 to 5 as 479, 310, 307 and 268rials/m3, respectively has the minimum productivity index. Therefore, in water deficit conditions, the priority of water distribution in all options is for tomatoes and the last priority for sugar beets. In all of the options, wheat, barley and canola ascend in productivity index and corn and sugar beets descend in productivity index.

1 - Master student of Irrigation and Drainage, Tehran Sciences and Research University
2 and 3- Members of Scientific Board (Research Lecturers) of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
(*-Corresponding Author Email: Karimi.irri@gmail.com)

www.SID.ir

Conclusion: Studying water- production index shows that considering instructions will result in optimal productivity that in turn will increase production and network total income. Optimal model results show that drought effects can be satisfied with optimal and targeted management in allocating water, so that network total income has not reduced in stress occurrences compared to network net income. Optimization method in model development has been selected according to aim of model and it is proposed that model results to be assessed by non- linear optimization methods. It is proposed that, different scenarios of climate are studied in region according to climate changes and optimal allocation of water is prepared according to the effect of these scenarios on temperature increase, raining decrease and products water need increase in present cultivation method. For model efficiency increase, it is proposed that using neural networks capabilities, intelligent prediction of the input discharge to the network is done and the possibility of comprehensive management and timely combining of network with water allocation optimal model is provided.

Keywords: Deficit irrigation, Optimum conditions, Qazvin Irrigation network, Water distribution

Archive of SID

www.SID.ir