مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۱، جلد۴، بهار ۱۳۸۹، ص. ۵۲-۴۴

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 1, Vol. 4, Spring 2010, p. 44-52

برنامه‌ریزی غیرخطی و سیستمهای پویا در تخصیص آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه زاینده رود اصفهان)

شهلا پایمزد[۱]، سعید مرید[۲]* و مهنوش مقدسی[۳]

چکیده

روند رو به رشد مشکلات کمبود آب، نقش موثری را در تشدید بحران آب ایران دارد. این شرایط، نیاز به اعمال راه کارهائی موثر برای مدیریت بهینه و کارآمد آب را بیش از پیش ضروری می‌سازد. بدین منظور، استراتژی مناسب برای تطبیق با این شرایط، برآورد نیاز بخش کشاورزی با در نظر گرفتن آب قابل دسترس، مراحل رشد گیاهان، مسائل اقتصادی و تعامل میان اجزای سیستم‌های آبی است که روش‌شناسی و ابزارهای خاص خود را طلب می‌کند. هدف این تحقیق، ارائه رویکردی بدین منظور است که برای آن بهینه‌سازی سیستم دینامیک (SDO) مورد ارزیابی قرار گرفته و شبکه آبیاری زاینده‌رود نیز برای ارائه روش شناسی و ارزیابی آن انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهد که SDO ابزار مفیدی برای تبیین مکانیزم تخصیص آب آبیاری و همچنین مناسب برای ارزیابی سناریوها می‌باشد. همچنین نتایج مربوط با مدل بهینه‌سازی غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار LINGO مقایسه گردید که نشان از توان قابل قبول بهینه سازی در SDO را داشت. ضمن اینکه این ابزار قابلیت بالائی برای پشتیبانی از تصمیمات (DSS) و ارزیابی سناریوهای مختلف را دارد که نمونه آن برای یک خشکسالی در مقاله نشان داده شد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، سیستم‌های پویا، برنامه‌ریزی غیرخطی، تخصیص آب و حوضه زاینده رود

مقدمه

کاهش منابع آبی، روند افزایشی وقوع خشکسالی‌ها و صدمات سنگین آن به کشور، بیش از پیش استفاده کارآمد از این منابع را ضرورت می‌بخشد. با توجه به سهم عظیم آب کشاورزی در کشور، هر اقدامی در مدیریت آن بسیار راهگشا خواهد بود. بدین منظور مدلسازی و تخصیص بهینه منابع آب از رویکردهای مرسوم بوده است.

Yaron و Dinar (۱۹۸۲) با استفاده از برنامه ریزی خطی (LP[۴]) و برنامه ریزی پویا (DP[۵]) و با هدف حداکثر نمودن درآمد، تخصیص بهینه آب را بین تعدادی از محصولات تعیین نمودند. Ghahraman و Sepaskhah (۲۰۰۲) برای تخصیص بهینه آب از سد مخزنی ارداک (واقع در نزدیکی مشهد) مدلی را شامل دو زیر برنامه توسعه دادند. بخش اول به تخصیص بین فصلی (برنامه ریزی غیرخطی) برای تخصیص آب بین محصولات مختلف و بخش دوم نیز تخصیص درون فصلی (برنامه ریزی پویای استوکاستیکی) بود که در آنها هدف حداکثر نمودن درآمد بود.

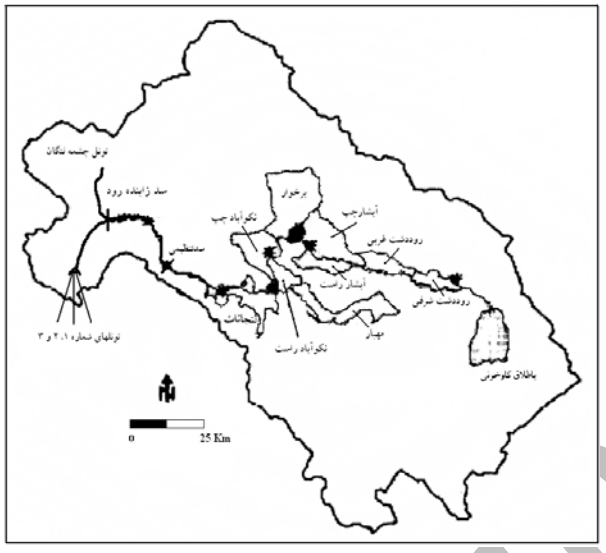
اما علاوه بر بهینه‌سازی، مدلسازیی که بتواند پیچیدگی و تعامل درونی اجزاء آن را در محاسبات لحاظ نماید، اقدام مثبت دیگری است. در این راستا سیستم‌های پویا[۶] (SD) ابزار مناسبی هستند که در تحقیقات زیادی مدلسازی سیستم‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این رویکرد بر پایه تئوری پویایی غیرخطی، کنترل بازخوردی و دیدگاه سیستمی است و امکان ساخت مدلی جهان – واقعی، به منظور درک بهتر فرآیندها را میسر می‌سازد (Sterman, 2000). Siminovic و Rajasekaram (2004) برای تخصیص آب در سطح کل کشور کانادا با مد نظر قرار دادن حقابه بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت و الویت بندی آنها از این SD استفاده کرد. همچنین کار Gastelum (2006; 2009) به منظور تخصیص آب رودخانه Rio Conchos بین مکزیک و آمریکا بر اساس قرارداد آبی دو کشور و تحقیق Elmahdi و همکاران (2007) برای انتخاب منبع مناسب آبی (چاه، رودخانه و بازار آب) برای آبیاری ۴ گیاه مختلف بطوریکه کمترین هزینه را برای کشاورزان به همراه داشته باشد از دیگر موارد است.

۱، ۲ و۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و دانشجوی دکتری گروه سازه های آبی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

(* - نویسنده مسئول: Email: Morid_sa@modares.ac.ir)

4 - Linear Programming
5 - Dynamic Programming
6 - System Dynamics

Archive of SID
www.SID.ir



(شکل ۱)- موقعیت حوضه آبریز زاینده رود

در کشور نیز، SD بخصوص طی سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است که کارآموز و کراچیان (۱۳۸۰) و مریدی (۱۳۸۶) برای تخصیص آب در حوضه کرخه با مد نظر قرار دادن متغیرهای کمی و کیفی منابع آب از آن جمله هستند.

در کلیه موارد فوق و دیگر مواردی که برای سابقه مطالعاتی مورد بررسی ارزیابی قرار گرفت، از SD برای بررسی سیاست‌ها و سناریوها استفاده شده است. اما اضافه شدن بهینه‌سازی به آن می‌تواند بر کارآیی آن بیافزاید، رویکردی که کمتر مورد توجه بوده‌است. این مهم هدف مقاله حاضر را رقم می‌زند و در آن تلاش است تا از رویکرد تلفیقی SD و بهینه سازی در تبیین مکانیزم تخصیص آب کشاورزی در شبکه زاینده رود اصفهان استفاده شود. برای ارزیابی و کنترل‌های لازم نیز نتایج مربوط با روش‌های بهینه سازی کلاسیک مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

رودخانه زاینده‌رود با مساحت حوضه آبریز ۴۱۵۰۰ کیلومتر مربع و طول ۳۵۰ کیلومتر از کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و به باتلاق گاوخونی ختم می‌گردد. بر روی این رودخانه سد مخزنی چادگان با حجم کل ۱۴۶۰ میلیون متر مکعب احداث گردیده است. در پائین دست سد و در طول این رودخانه، شبکه‌های کشاورزی، صنایع، شهرها و روستاها از آب آن بهره برداری می‌کنند. محصولات گندم، جو، چغندر قند، سیب زمینی با سطوحی به ترتیب برابر با ۱۱۳۸۴۰، ۴۴۶۶۰، ۱۱۱۶۰ و ۴۸۳۰ هکتار جزء محصولات اصلی حوضهاست (Murray-Rust *et al*., 2004). شکل (۱) نمایی از اراضی کشاورزی پائین دست سد چادگان در حوضه زاینده رود را نشان می‌دهد.

ساختار مدل بهینه سازی برای تخصیص آب

بهینه سازی این قسمت از نوع برنامه ریزی غیر خطی (NLP[1]) انتخاب گردید که علت آن توابع غیر خطی عملکرد محصولات (جدول ۱) و نهایتا تابع هدف می‌باشد. این توابع و قیودات مربوط از تحقیق Moghaddasi و همکاران (۲۰۰۹) استخراج شده اند. بدین منظور بهینه سازی با استفاده از بسته نرم افزاری LINGO و با دو زیر مدل مطابق زیر به انجام رسید :

– زیر مدل اول برای تخصیص و توزیع بهینه آب بین مراحل مختلف رشد با هدف حداکثر نمودن عملکرد گیاهان مختلف تعریف شد.

در آن ابتدا آب بطور بهینه طی فصل رشد و دور آبیاری ۱۰ روزه توزیع می‌گردد، بطوریکه بیشترین عملکرد گیاهی را به همراه داشته باشد. در این محاسبات، حساسیت گیاه به تنش‌های آبی نیز لحاظ خواهد بود. تابع هدف این زیر مدل عبارت است از:

$$MAX: \frac{Y_{ac}}{Y_{\max c}} = 1 - \sum_{g=1}^{n} Ky_g \left(1 - \frac{ETa_{c,g}}{ET\max_{c,g}}\right) \quad (۱)$$

در این رابطه $ETa_{c,g}$ تبخیر و تعرق واقعی محصول C در مرحله رشد g (mm/10day)، $ET\max_{c,g}$ حداکثر تبخیر و تعرق محصول C در هر مرحله رشد (mm/10day)، Ky_g ضریب حساسیت عملکرد نسبت به تنش آبی برای هر گیاه در هر مرحله رشد، n تعداد مراحل رشد، Y_{ac} عملکرد واقعی محصول C

1 - Non Linear Programming

Archive of SID

www.SID.ir

و $Y\max_c$ حداکثر عملکرد محصول C (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد (Allen *et al*., 1998; Borg and Grimes, 1986).

– زیر مدل دوم با استفاده از توابع حاصل از مرحله قبلی، تخصیص آب و سطح زیر کشت بهینه را بین محصولات مختلف تعیین می‌کند. تابع هدف این مدل، حداکثر نمودن سود حاصل از همه محصولات می‌باشد:

$$MAX\left\{\sum_{k=1}^{K} F_K(Q_K)A_K Y_{\max k} P_K\right\} \qquad (۲)$$

که در آن k تعداد محصولات, $F_K(Q_K)$ تابع عملکرد بین حداکثر عملکرد نسبی و آب تخصیص داده شده, A_K : سطح کشت (ha)، Y_{MAXK} حداکثر محصول و P درآمد محصول k است. در این بهینه سازی قیوداتی مانند زیر نیز در محاسبات دخالت دارند:

$$\sum_{(crop)} Area_{(crop)} \le \sum Total \quad Area \qquad (۳)$$

$$\sum_{(crop)} WD_{(crop)} \le \sum WA \qquad (۴)$$

در این روابط $Area_{(crop)}$ سطوح محصولات، *(Total Area)* کل سطح، $WD_{(crop)}$ آب مورد تقاضای محصولات و WA کل آب در دسترس می‌باشد. $F_K(Q_K)$ از زیر مدل اول محاسبه می‌گردد. بدین منظور آن را برای هر محصول و به ازای دبی های مختلف اجرا تا عملکرد آن به ازای دبی های مختلف تعیین شود و نهایتا تابع عملکرد هر محصول بدست می‌آید (جدول ۱).

مدل سیستمهای پویا

سیستم‌های پویا تکنیکی برای استفاده از اصول مهندسی بازخورد و کنترل در شبیه سازی است که ما را قادر به فهم الگوهای پیچیده موجود در روابط علت و معلولی سیستم‌ها می سازد (Sterman, 2000). این مدل‌سازی تعریف تعامل و بازخوردهای سیستم، تاخیر زمانی، نمودارهای حالت جریان[1] (یا علی و معلولی[2]) و از طریق حل معادلات دیفرانسیل مربوط به هم توصیف می‌شوند (Smith and Ackere, 2002). این بخش با استفاده از نرم افزار Vensim انجام گردید که دارای قابلیت شبیه‌سازی بصری اجزاء و روابط موجود را به همان ترتیبی که در واقعیت است را دارا می‌باشد. بهینه سازی نرم‌افزار نیز از روش هیل کلیمبیتگ[3] است. که از خانواده روش‌های جستجوی محلی است.

ساختار مدل پویا برای تخصیص آب

ساختار مدل SD برای تخصیص آب بین گیاهان شامل چهار سطح و تعریف فرآیند مربوط می‌باشد. پس از جایگذاری تمامی متغیرها و ارتباط دینامیکی آنها در مدل، معادلات مورد نظر وارد شده‌اند. با تعیین مصارف شرب، صنعت و نیاز آبی برنج و کسر آنها از خروجی مخزن سد چادگان، حقابه کشاورزی کل شبکه‌ها مشخص می‌گردد که تقریبا سیاست غالب در تخصیص حقابه بخش کشاورزی در منطقه است. علاوه بر حجم آب، سطوح زیر کشت اولیه محصولات، نیاز آبی و حداکثر عملکرد هر یک از محصولات نیز به مدل معرفی شده‌اند. ساختار شبیه سازی‌فوق در شکل (۲) آمده است. به دلیل محدودیت فضا، برخی از متغیرها حذف و برخی به صورت متغیر سایه۴ آمده اند، ولی در شکل (۳) ساختار کامل شبیه سازی برای یکی از محصولات (چغندر قند) نشان داده شده است. طراحی سیستم در شکل (۲) بدین شکل بوده که مساحت سطح زیر کشت که متغیری تجمعی است، با استفاده از متغیر حالت۵ تحت عنوان (crop area) آمده است. متغیر جریان یا Flow مربوط به آن، افزایش و یا کاهش سطح زیر کشت می‌باشند که به ترتیب با (increase area) و (decrease area) در شکل نشان داده شده‌اند. همچنین افزایش یا کاهش سود سالانه حاصل از کشت محصول (Crop benefit) عامل افزایش یا کاهش سطح زیر کشت می‌باشند. برای شروع شبیه‌سازی با توجه به میزان آب در دسترس (Supply) و آب مورد نیاز تک تک محصولات (Demand)، عملکرد و سود حاصل از آن محاسبه می‌گردد.

در صورتی که افزایش سطح زیر کشت، افزایش سود را به دنبال داشته باشد، سطح زیر کشت افزایش و در غیر این صورت کاهش می‌یابد. سطح زیر کشت از حداقل میزان خود (۸۰ درصد حداکثر سطح زیر کشت طبق اطلاعات محلی) کمتر و از حداکثر خود بیشتر نمی‌گردد. برای تمامی محصولات این شرط اعمال و نام هر یک از متغیرهای فوق بر اساس نوع محصول به مدل معرفی شده اند. پویایی‌های موجود در مدل به طور همزمان برای تک تک محصولات، تصمیم گیری در خصوص چگونگی تخصیص آب را با توجه به معادلات و قیودات، انجام می دهند.

ساختار تخصیص بهینه آب برای محصول چغندر قند بطور کامل در شکل (۳) آمده است. توضیح بیشتر اینکه با این روش، هم پویایی موجود ما بین سطح زیر کشت و عملکرد حاصل از آن (پویایی درون سالی) و هم تاثیر سطح زیر کشت هر سال بر سطح زیر کشت سال آتی (پویایی برون سالی) نیز مد نظر قرار گرفته است. به عنوان مثال یک نمونه از پویایی و بازخوردهای درون سیستم با توجه به شکل (۳) شرح داده می‌شود. تاثیر سطح زیر کشت محصول چغندر قند (Sugar beet crop area) روی عمق آب آبیاری ((h (sug.beet) در مقایسه

1 - Flow Diagram
2 - Causal Diagram
3 - Hill climbing

4 - Shadow Variable
5 - Stock

Archive of SID

www.SID.ir

با حداکثر عمق آب مورد نیاز محصول ((h-max (sug.beet)، عملکرد((yield (sug.beet) را برآورد می نماید. سپس این عملکرد با حداکثر عملکرد ((max yield (sug.beet) مقایسه و با توجه به قیمت محصول ((crop price (sug.beet) در آمد حاصل (crop benefit (sug.beet)) را برآورد می نماید. در نهایت در مقایسه با درآمد حاصل از دیگر محصولات، تصمیم گیری در خصوص کاهش یا افزایش سطح زیر کشت با بازخورد مجدد روی همین متغیر صورت می‌گیرد.

در طراحی مدل بالا و برای بهینه‌سازی آن، حداکثر نمودن سود حاصل از بخش کشاورزی (Crop Benefit) به عنوان تابع هدف در نظر می‌باشد. در زیر مدل مربوط به هر محصول، تابع عملکرد آن از جدول (۱) استخراج شده است. پس از تعیین عملکرد محصولات (کیلوگرم در هکتار)، با توجه به سطح زیر کشت (هکتار) و قیمت محصول (ریال)، سود خالص محصول (Crop Benefit) بر حسب ریال قابل محاسبه است:

$$CropBenefit = CropArea * Cropprice * Yield \quad (۵)$$

که در آن Crop Price قیمت، Crop area سطح زیر کشت و Yieldعملکرد محصول می‌باشند.

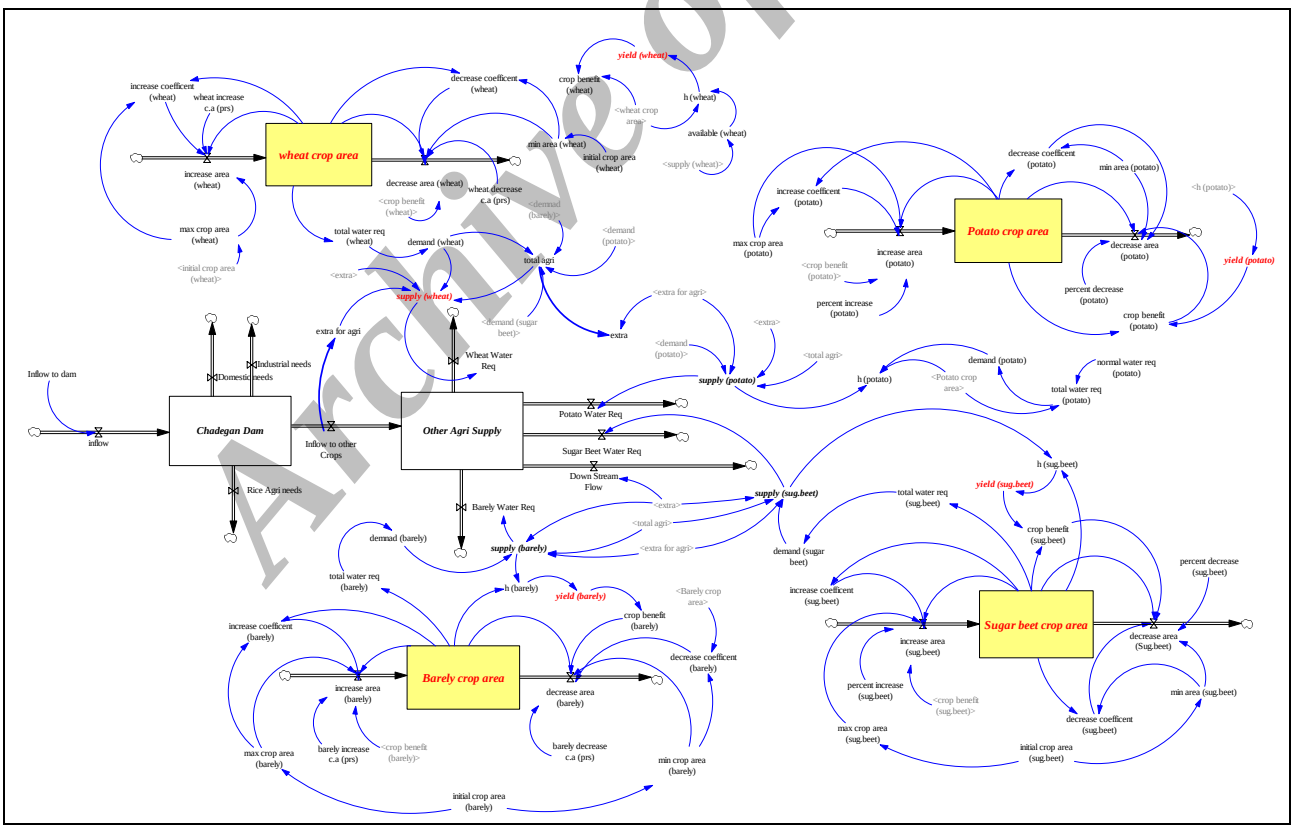
نتایج و بحث

در این بخش ابتدا به بررسی و مقایسه نتایج دو روش پرداخته می‌شود و سپس به مزیت‌ها و قابلیت‌هایی دیگری که SD در مدیریت تخصیص قرار می‌دهد، پرداخته می‌شود.

مقایسه نتایج SD با NLP

خروجی این دو رویکرد برای شرایط حوضه زاینده رود و سه مقدار خروجی که به ترتیب معرف سالهای پر آب، شرایط کم‌آبی و میانگین هستند در جدول (۲) آمده است. این مقایسه به شکلی ارزیابی کارآمدی مدل SD در بهینه سازی نیز می باشد.

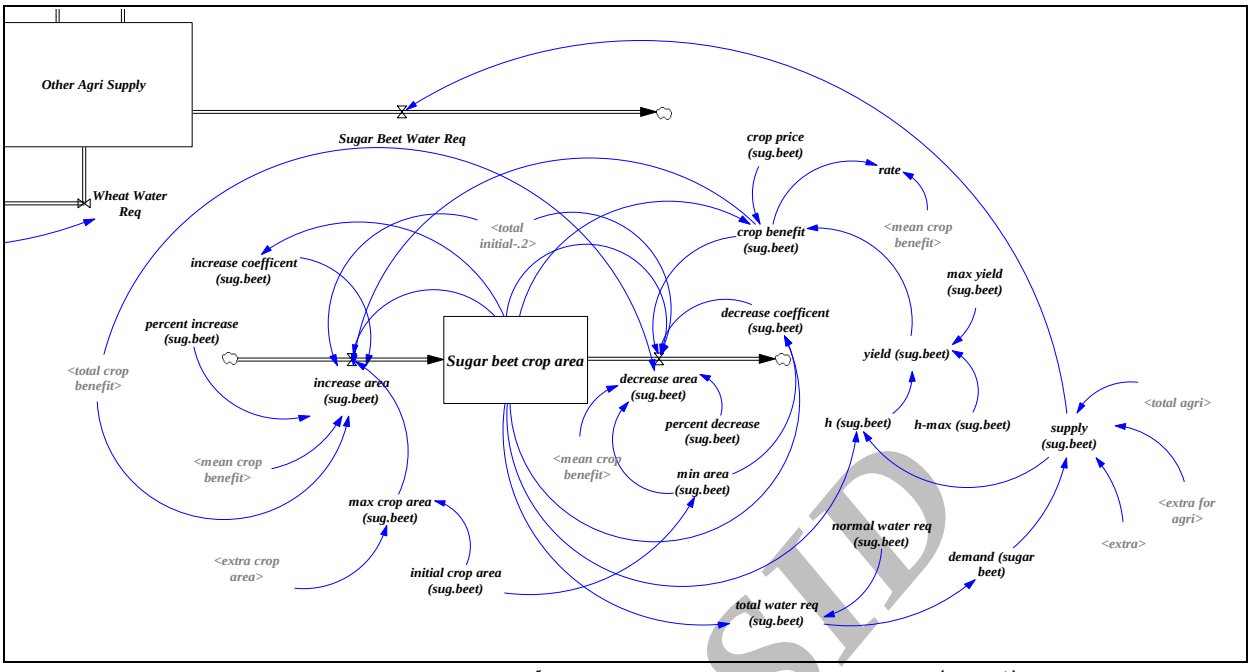
مقایسه ارقام سود و سطوح زیر کشت حاصل از دو روش نشان می‌دهد که جواب‌ها در سال خشک کاملا یکسان و برای سال نرمال و تر قدری تفاوت دارند. این تفاوت چه برای سود کل و چه برای سطح کل کمتر از ۳ درصد هستند. جدول (۳) همچنین نسبت عمق آب آبیاری تخصیصی به کل را نیز نشان می‌دهد که هر دو روش ارقام مشابهی را برای کم آبیاری با توجه به تخصیص‌های کل نشان داده‌اند. لذا در مجموع نتایج بسیار نزدیک هستند.



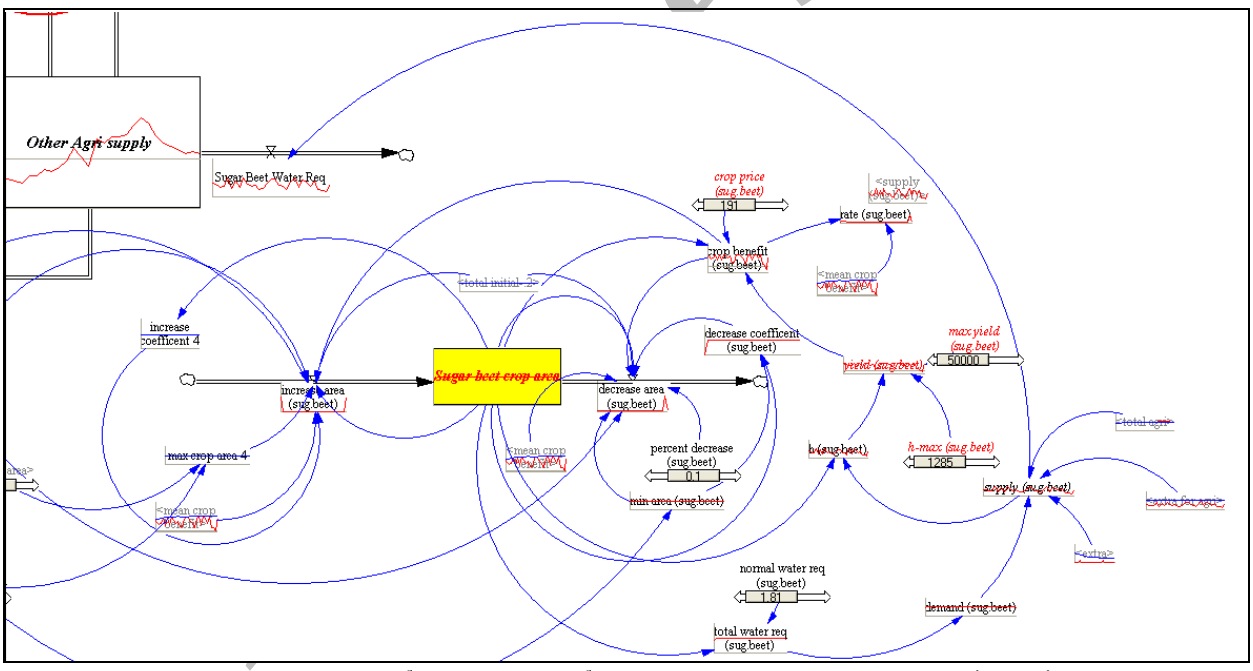
(شکل ۲) – ساختار دینامیکی مدل بهینه‌سازی سیستم تخصیص آب به بخش کشاورزی در اراضی پایین دست سد زاینده رود

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل ۳)- ساختار مدل بهینه‌سازی سیستم تخصیص آب به گیاه چغندر قند در رویکرد SD



(شکل ٤)- نمایش امکان تغییرات در قیمت و اپتیمم آب مورد نیاز و تاثیر آن بر دیگر بخش‌ها

مزیتهای رویکرد پویایی سیستم‌ها

نتایج بخش قبل تائیدی بود بر قابلیت بهینه سازی SD و هم ساخت مدل پویایی که در این تحقیق طراحی شده بود. این سیستم پس از صحت سنجی به نحو مطلوبی می‌تواند به اشکال دیگری نیز مورد استفاده قرار گیرد که در ادامه به نمونه‌هایی از آنها اشاره می‌گردد:

- سیستم طراحی شده می‌تواند به عنوان یک DSS (سیستم پشتیبانی از تصمیم‌گیری) و ابزاری کاربر دوست و سریع برای تدوین سناریوهای مختلف مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد که در ادامه به نمونه‌ای از آنها اشاره شده است.

www.SID.ir

(جدول ۲)- سود و سطح زیر کشت شبکه‌های کشاورزی حاصل از بهینه سازی دینامیک و NLP (آورد سالانه حداقل، متوسط و حداکثر)

	NLP آورد سالانه حداقل (۵۲۷ میلیون متر مکعب در سال)		SD آورد سالانه حداقل (۵۲۷ میلیون متر مکعب در سال)		NLP آورد سالانه متوسط (۱۰۵٤ میلیون متر مکعب در سال)		SD آورد سالانه متوسط (۱۰۵٤ میلیون متر مکعب در سال)		NLP آورد سالانه حداکثر (۱۷۸۳ میلیون متر مکعب در سال)		SD آورد سالانه حداکثر (۱۷۸۳ میلیون متر مکعب در سال)	
محصول	*Y/Ymax	**A (ha)	*Y/Ymax	**A (ha)	*Y/Ymax	**A (ha)	*Y/Ymax	**A (ha)	*Y/Ymax	**A (ha)	*Y/Ymax	**A (ha)
گندم	۰/۳۷	۹۱۰۷۰	۰/۳۷	۹۱۰۷۰	۰/۹۲	۱۱۳۸۴۰	۰/۹۴	۱۰۹۸۵۰	۱	۱۱۳۸۴۰	۱	۱۱۳۴۲۰
جو	۰/۳۶	۳۵۷۳۰	۰/۳۶	۳۵۷۳۰	۰/۴۲	۳۵۷۳۰	۰/۳۸	۳۸۱۷۰	۱	۴۴۶۶۰	۱	۴۴۶۰۰
چغندر قند	۰/۵۴	۸۹۳۰	۰/۵۴	۸۹۳۰	۰/۷۵	۸۹۳۰	۰/۶۵	۱۰۹۴۰	۱	۱۱۱۶۰	۱	۱۰۸۵۰
سیب زمینی	۰/۳۳	۳۸۷۰	۰/۳۳	۳۸۷۰	۰/۸۸	۴۰۱۰	۰/۸۶	۴۳۵۰	۱	۴۸۳۰	۱	۴۶۱۰
سود کل (ریال)	۳/۶*۱۰ ^۱۱		۳/۶*۱۰ ^۱۱		۹/۵۷* ۱۰ ^۱۱		۹/۳۲* ۱۰ ^۱۱		۱/۱۹ * ۱۰ ^۱۲		۱/۱۸ * ۱۰ ^۱۲	
سطح کل (هکتار)	۱۳۹۶۰۰		۱۳۹۶۰۰		۱۶۲۵۱۰		۱۶۳۳۱۰		۱۷۴۴۹۰		۱۷۳۴۸۰	

*) عملکرد نسبی (نسبت عملکرد واقعی به عملکرد حداکثر)

**) سطح زیر کشت محصولات

(جدول ۳)- سطح زیر کشت، سود و عمق آب آبیاری نسبی با توجه به محصولات گوناگون در سال ۷۹-۱۳۷۸

محصول	*h/ h (max)	کل سطح زیر کشت (هکتار)	سود (ریال)	تنوع محصولات
گندم	0.62	158215	7.67E+11	کل محصولات
جو	0.62			
چغندرقند	0.44			
سیب زمینی	0.88			
جو	1.00	60393	2.51E+11	حذف گندم
چغندرقند	0.71			
سیب زمینی	1.00			
گندم	0.74	128437	8.59E+11	حذف جو
چغندرقند	0.52			
سیب زمینی	1			
گندم	0.66	154162	8.16E+11	حذف چغندر قند
جو	0.66			
سیب زمینی	0.93			
گندم	0.64	159564	7.81E+11	حذف سیب زمینی

– از آنجائیکه همواره مقدار بهینه آب مورد نیاز محصولات، در شرایط مختلف و بسته به سیاست‌های مختلف قابل بازنگری می‌باشد، در سیستم طراحی شده این مقدار به عنوان یک متغیر وارد شده و تاثیر هرگونه تغییر در آن بر دیگر بخش‌ها و بخصوص تخصیص آب قابل بررسی می‌باشد. همین رویکرد در خصوص قیمت محصولات نیز صادق می باشد که در مدل قابل اعمال است. به بیانی ساده تر با مراجعه به شکل (۳) مشاهده می گردد که هر گونه تغییر در قیمت محصول پس از تاثیر بر سود حاصل و متغیرهای وابسته، علاوه بر تاثیرگذاری بر سطح زیر کشت (Sug.beet crop area) و عمق آب آبیاری ((Sug.beet) h)، بر مقدار آب قابل تخصیص (Sugar Beet Water Req) نیز تاثیر گذار است. شکل (۴) سادگی اعمال چنین تغییری و مشاهده عینی تاثیرات بر بخش‌های گوناگون را که در کمترین زمان قابل اجرا می باشد را نشان می‌دهد.

– مواجه با شرایط بحرانی و خشکسالی‌ها از دیگر شرایط معمول

Archive of SID

www.SID.ir

در مدیریت منابع آب است. برای مقابله با این شرایط و حداقل رساندن خسارات، کاهش سطح زیر کشت، حذف یک محصول و اعمال کم آبیاری از راهکارهای ممکن می‌باشد. این سه اقدام برای خشکسالی ۷۹-۱۳۷۸ منطقه مورد مطالعاتی، بطور مجزا با استفاده از سیستم طراحی شده مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج در جدول (۳) نیز آورده شده است. قابل ملاحظه می‌باشد که در صورت تمایل به حفظ کلیه کشت‌ها، کم آبیاری با نسبت‌های ۶۲، ۶۲، ۴۴ و ۸۸ درصد نسبت به آبیاری کامل (h(max)) به ترتیب برای گندم، جو، چغندر قند و سیب زمینی، بهترین بازده را برای منطقه دارد. اما در صورت امکان حذف محصولات، حذف جو در این دوره باعث می گردد تا حداقل خسارت خشکسالی متوجه کشاورزان گردد. در این شرایط آب قابل عرضه (h) به سیب زمینی بطور ۱۰۰٪ ، گندم ۷۴٪ و چغندر قند ۵۴٪ توصیه شده است.

اما از دیگر ویژگی بهینه سازی در محیط SD این است که می‌توان تابع هدف را نیز از وضعیت ثابت که بطور مرسوم در بهینه-سازی روش‌های کلاسیک اعمال می‌گردد به حالت دینامیک در آورد. بدین معنا که تابع هدف با گرفتن بازخورد از سیستم تغییر نماید. به عنوان مثال تجربه شده است که با افزایش یک محصول در یک سال، کشاورزان ترغیب می‌گردند تا در سال آتی به کشت بیشتر آن محصول بپردازند که این عکس العمل، باعث کاهش قیمت آن در سال بعد می‌گردد.

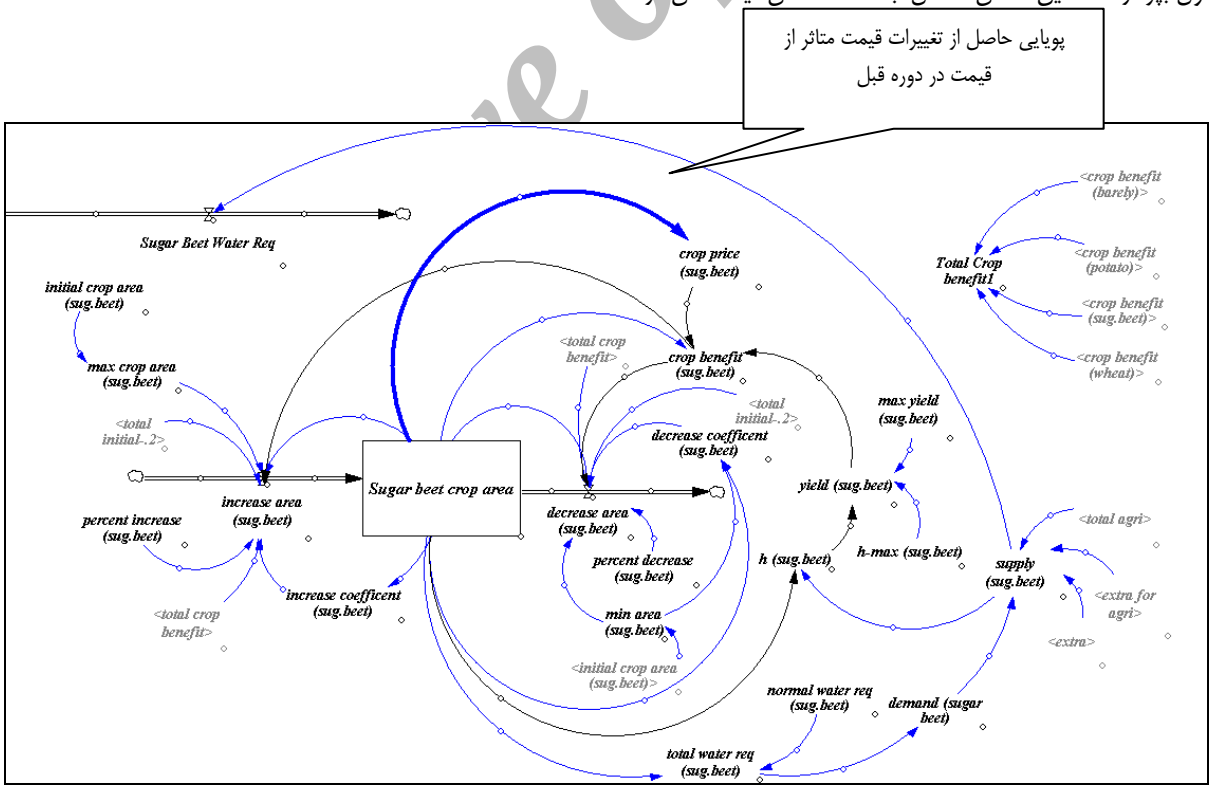
این پویایی را می‌توان با اضافه کردن حلقه جدیدی به تابع هدف در مدل به انجام رساند که در شکل (۵) به نمایش درآمده است.

معایب رویکرد بهینه سازی پویایی سیستم‌ها

علی رغم مزیت‌هایی که از SD در بخش‌های قبلی بدان اشاره شد، بهینه‌سازی با آن نیز مشکلاتی دارد. در این روش تشریح مدل مفهومی آن (Conceptual Model) کاملا ضروری می‌باشد. حلقه‌های علی و معلولی در این مرحله باید شناسایی و تعریف شوند و تا حصول به مدلی منطقی، بصورت رفت و برگشتی، مراحل ساخت مدل ادامه خواهد یافت. لذا صرف بهینه سازی با این مدل چندان قابل توصیه نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر تلاشی بود برای مدل‌سازی تخصیص آب برای محصولات مختلف کشاورزی در اراضی پائین دست سد چادگان در حوضه زاینده‌رود با رویکرد توام سیستمیک (SD) و بهینه سازی و در کنار آن، استفاده از مدل‌های مرسوم بهینه سازی (NLP).



(شکل۵)- دینامیک حاصل از تغییر قیمت بر تابع هدف بهینه سازی

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج نشان داد که طراحی SD انجام شده بخوبی توانسته است تا ضمن مدل‌سازی پویایی‌های حاکم در تخصیص، بهینه سازی را نیز به انجام رساند. بطوریکه نتایج این بخش با بهینه سازی برنامه‌ریزی غیرخطی حداکثر ۳ درصد اختلاف داشته‌اند. از آنجا که در روش بهینه‌سازی با SD، کلیه متغیرها در محیط آن قابل مشاهده و ارتباط بین آنها به سادگی نشان داده می‌شود، نسبت به روش‌های دیگر، کاربر به راحتی امکان تغییر یک پارامتر و مشاهده نتایج حاصل از تغییر فوق را در زمان کوتاهی دارد. لذا قابلیت آن به عنوان یک سیستم پشتیبانی از تصمیم‌گیری را نیز دارا است. در این مورد مثالی برای مواجهه با شرایط خشکسالی ارائه گردید و نشان داده شد که چگونه مدل از بین کم آبیاری و کاهش سطح، گزینه‌های مناسب را در تطبیق با آن ارائه داده است. اما مراحل کار با آن طولانی‌تر و کنترل‌های بیشتری را می‌طلبد. اما اینکه بهینه سازی در این محیط، برای چه ابعادی از مسائل بهینه سازی قابل استفاده باشد، کار بیشتری را نیاز دارد.

تشکر و قدردانی

مولفین بر خود لازم می‌دانند تا از نقطه نظرات ارائه شده در این تحقیق توسط آقای دکتر علی باقری تشکر و قدردانی نمایند.

مراجع

کارآموز، م. و کراچیان، ر. (۱۳۸۰). طرح تحقیقاتی حوضه آبریز کرخه , دفتر امور پژوهشی و پشتیبانی علمی، سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو. تعداد صفحات:

مریدی.ع. (۱۳۸۶). مدل یکپارچه تخصیص آب با در نظرگرفتن اهداف کمی و کیفی. رساله دکتری. دانشکده فنی، دانشگاه تهران.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration, Irrigation and Drainage. Paper 56. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 65-76, 163-166.

Borg, H. and Grimes, W. (1986). Depth development of roots with time: an empirical description, Transactions of the ASAE, 29(1):194-197.

Elmahdi, A., Malano, H. and Etchells, T. (2007)." Using system dynamics to model water-reallocation". Environmentalist, 27 :3-12.

Gastelum, J. R. (2006). "Analysis of Water Resources Alternatives to Improve Water Allocation the Conchos Basin During Drought Situations". Ph.D. thesis .The University of Arizona.

Gastelum, J. R. (2009).) "A system Dynamics Model to Evaluate Temporary Water Transfers in Mexican Conchos Basin". Water Resource Management, DOI 10.1007/s11269-009-9497-z

Ghahraman, B. and Sepaskhah, A. R. (2002). Optimal allocation of water from a single purpose reservoir to an irrigation project with pre-determined multiple cropping patterns, Irrigation Science, 21: 127-137.

Moghaddasi, M., Morid, S., Araghnejad, S and Aghaalikhani, M. (2009). Assessment of irrigation water allocation based on optimization and equitable water reduction approaches to reduce agricultural drought losses: A case study for the 1999 drought in the Zayandeh Irrigation system Iran, (in press in Journal of Irrigation and Drainage).

Murray-Rust, H., Droogers, P., and Heyadari, N., (2004). Water for the future –linking irrigation and water allocation in the Zayandeh rud basin, Iran. International Water Management Institute.IAERI-IWMI,Research Report 6.Simonovic, S. P. and Rajasekaram, V. (2004).

Integrated Analyses of Canada's Water Resources: A System Dynamics Approach". Canadian Water Resources Journal, 29(4): 223-250.

Smith, P. C. and Ackere, A. V. (2002). "A note on The Integration of System Dynamics and Economic Models". Journal of Economic Dynamics and Control. 26: 1-10.

Sterman, J. D. (2000). "Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World". Irvin McGraw-Hill, New York.

Yaron, D. and Dinar, A. (1982). Optimal allocation of water on a farm during feed season, Journal of Agricultural Economics, 64: 452-458.

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۳۰

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 1, Vol. 4, Spring 2010, p. 44-52

مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۱، جلد۴، بهار ۱۳۸۹، ص. ۵۲-۴۴

Comparison of non-linear optimization and a system dynamics approaches for agricultural water allocation (A case study:Zayande Rud Basin)

S. Paimozd[1], S. Morid[2*] and M. Moghaddasi[3]

Abstract

Significant problems of water shortage are contributing to growing water crisis in Iran. This situation requires creative solutions to achieve efficient water resources management. Finding ways to meet irrigation demands with respect to available water, growing stages of crops, economical issues and interaction of the water system are the relevant strategy. However, such strategy requires aid of modeling tools and optimization models. This research work aims to presents an approach for optimizing these objectives by applying system dynamics optimization (SDO). To explore and evaluate the methodology, the Zayandeh Rud irrigation system was selected and the required models developed. The paper concludes that SDO is a useful tool to indicate irrigation water allocation and is a suitable to evaluate alternative irrigation system management scenarios. The results are also compared with non-linear optimization model using LINGO commercial package, which were very close together. However, the SDO has more advantages and can be applied as a decision support system (DSS), too.

Keywords: Optimization, System Dynamics, Non Linear Programming, Water Allocation and Zayande Rud Basin

Archive of SID

1 - Ph.D Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2 - Associate Professor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
(* - Corresponding author Email: Morid_sa@modares.ac.ir)
3 - Ph.D Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

www.SID.ir