اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و پنجم، شمارهٔ ۹۹، پاییز ۱۳۹۶

مدل سازی هیدرو- اقتصادی در تحلیل استراتژی‌های مدیریت منابع آب در دشت نیشابور

هادی رفیعی دارانی[۱]، محمدرضا کهنسال[۲]، محمد قربانی[۳]، محمود صبوحی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۲۳

چکیده

مدیریت پیچیده منابع آب نیازمند به‌کارگیری دیدگاه های مختلف فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی است که در آن نیاز تمامی بهره برداران آب مدنظر قرار گیرد. هدف اصلی این مطالعه معرفی مدل هیدرو- اقتصادی و مدلسازی آن در یکی از دشت‌های کشور در راستای تحلیل سیاست‌های مدیریت منابع آب است. به این منظور، از آمار و اطلاعات اقلیمی و هواشناسی دشت نیشابور و همچنین مصاحبه حضوری و تکمیل پرسش‌نامه از کشاورزان استفاده شد. مدلسازی هیدرو- اقتصادی از دو بخش اصلی هیدرولوژیکی و اقتصادی تشکیل

۱. دانشجوی دوره دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد hadirafiy@yahoo.com
۲. استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد(نویسندهٔ مسئول) kohansal@um.ac.ir
۳. استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ghorbani@um.ac.ir
۴. استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد msabuhi39@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

شده است. در بخش هیدرولوژیکی از مدل ویپ WEAP و در بخش اقتصادی از برنامه‌ریزی مثبت منطقه‌ای (فضایی) استفاده شد. استراتژی‌های به‌کاررفته در این مطالعه شامل سه سناریوی اصلی کاهش دسترسی به منابع آب در بخش کشاورزی (کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی) بود که تأثیر آن ابتدا بر الگوی کشت و در ادامه تغییرات الگوی کشت بر منابع و مصرف آب بررسی شد. نتایج در بخش اقتصادی مدل هیدرو- اقتصادی نشان داد که بیشترین تأثیرپذیری از اجرای سناریوهای مختلف سیاستی مربوط به منطقه اول است به‌گونه‌ای که سطح کشت آن در سناریوی اول ۱۳/۴ درصد، دوم ۲۰/۵۹ درصد و سوم ۲۹/۱۱ درصد کاهش یافته است. در بخش هیدرولوژیکی مدل هیدرو- اقتصادی، تغییر الگوی کشت بر مصرف منابع آب بر اساس سناریوهای مختلف و با استفاده از مدل ویپ شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که بیشترین تأثیر بر کاهش مصرف آب مربوط به سناریوی سوم بوده که علت اصلی آن نیز مربوط به تغییر و کاهش سطح زیر کشت محصولات مختلف است. همچنین اجرای سناریوهای مختلف بر تخصیص آب بین بخش‌های اصلی متقاضی آب تأثیرگذار بوده و باعث شده که میزان عدم تأمین در بین سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۳۵ در سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب کاهش یابد.

طبقه‌بندی JEL: Q25، R14، D78

کلیدواژه‌ها:

مدیریت منابع آب، مدل هیدرو- اقتصادی، الگوی کشت، برنامه‌ریزی مثبت فضایی (منطقه‌ای)، ویپ (WEAP)

مقدمه

آب موضوعی حیاتی برای کشورهای در حال توسعه است به گونه‌ای که کمبود آب، غذا و انرژی رابطه تنگاتنگی با فقر و دیگر مسائل و مشکلات اقتصادی- اجتماعی دارد (۴، ۱۵ و ۲۱). تقاضای جهانی برای آب به دلیل افزایش سریع جمعیت و غذای مورد نیاز در حال

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش است. در عین حال، منابع شیرین محدود می‌باشند و مصرف آب در بسیاری از موارد آب‌های سطحی و زیرزمینی در شرایط ناپایداری قرار دارند. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۲۵، حدود ۱/۸ میلیارد نفر در کشورها و مناطق مختلف دنیا با کمبود مطلق آب مواجه باشند و حدود ۷۰درصد جمعیت جهان در شرایط تنش (فشار) خشکی آب زندگی کنند. بنابراین آب به عنوان یک سرمایه طبیعی، به‌طور فزاینده ای نقش یک عامل محدود کننده را در توسعه ایفا می کند (۳، ۲۱ و ۵۵). بسیاری از حوضه‌های آبریز دنیا با افزایش کمبود آب ناشی از افزایش تقاضا مواجه شده‌اند که تغییرات آب و هوایی و تغییرپذیری آن باعث تنش‌های آبی زیادی در این خصوص شده است (۲۹). با توجه به چالش‌های پیش‌روی آب، توسعه اقتصادی کارا و رهیافت‌های پایدار در تخصیص آب بین مصارف رقیب (کشاورزی، صنعت و شرب) برای توسعه اجتماعی- اقتصادی پایدار بسیار حیاتی است. در طول دهه گذشته، مباحثات و مناقشات تخصیص آب بین بخش‌های اصلی مصرف افزایش چشمگیری داشته است (۵، ۳۱، ۳۲ و ۴۳). به‌ویژه رشد جمعیت، تغییر شرایط محیطی و کم شدن دسترسی به آب، چنین رقابتی را تشدید کرده است.

کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف کننده منابع آبی جهان است که حدود ۷۰ درصد آب در این بخش مصرف می‌شود (۱۸). همان‌گونه که جمعیت افزایش پیدا می‌کند نیاز آنها به غذا نیز افزایش می‌یابد و از طرف دیگر، با توسعه صنایع و جوامع شهری اهمیت توجه به آب و منابع آبی بخش کشاورزی و کمبودهای پیش روی آن بیش از پیش اهمیت می‌یابد (۴۴). در ایران وضعیت مصرف آب در بخش‌های مختلف به گونه‌ای است که حدود ۹۲ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی و ۸ درصد در دو بخش شرب و صنعت مصرف می‌شود. از طرف دیگر سرانه منابع آب قابل تجدید واقعی حدود ۱۸۸۰ متر مکعب در سال می‌باشد و این در حالی است که متوسط جهانی این شاخص حدود ۶۰۰۰ متر مکعب می‌باشد که نشان دهنده فاصله نسبتاً زیاد ایران با سایر کشورها می‌باشد. همچنین ایران با میانگین بارندگی سالانه کمتر از ۳۰۰ میلیمتر در پهنه‌بندی خشک و نیمه خشک جهانی قرار دارد (۲۶ و ۴۶) و به دلیل رشد

Archive of SID

www.SID.ir

جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت، پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه بوده است (۶۱).

طبیعت پیچیده مسائل آب نیازمند روش های جدید مدیریتی است که دیدگاه های فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی را در قالب یک مدل به هم پیوسته گردآوری نماید. این همان مفهوم مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM)[5] است که باید اصلی ترین روش برای دستیابی به منابع پایدار آب در سطح ملی و بین المللی باشد. مدیریت جامع آب باید نیاز تمامی بهره برداران آب را لحاظ نماید (۳۴). لذا توجه به مدیریت منابع آب، به‌خصوص سیاست‌های مرتبط با مدیریت آن در بخش کشاورزی و تدوین برنامه‌های بر گرفته از محدودیت‌های منطقه‌ای و شرایط اقلیمی حاکم بر آن و همچنین نوع و ساختار کشاورزان (به عنوان اصلی‌ترین جامعه مصرف کننده آب) اهمیت بسزایی در مدیریت منابع آبی دارد. در این خصوص مای نودین و همکاران (۳۷) با استفاده از مدلسازی هیدرو- اقتصادی به تحلیل استراتژی های استفاده از آب در حوضه ماری-دارلینگ در استرالیا پرداختند. آنها نشان دادند که رهیافت بهینه برای دستیابی به سیاست مناسب به مواردی همچون فاکتورهای اقتصادی شامل هزینه آب و سودهای محاسبه شده، فاکتورهای نهادی همچون محدودیت های مبادله بین مناطق و فاکتورهای هیدرولوژیکی به‌ویژه محاسبه و مدنظر قرار دادن تلفات شبکه رودخانه بستگی دارد. گوان و هوباک (۲۰) در مطالعه ای به بررسی منابع آب زیرزمینی در شمال چین با استفاده از محاسبات اقتصادی – هیدرولوژیکی پرداختند. نتایج نشان داد که در مناطقی که با محدودیت آب مواجه می باشند (همچون شمال چین) باید بخش های کم مصرف آب (همچون خدمات) را توسعه دهند. پولیدو-ویلاکوئز و همکاران (۵۱) در مطالعه ای از مدل هیدرو-اقتصادی برای یک حوضه رودخانه در اسپانیا در راستای مدیریت و اتخاذ استراتژی‌های سیاستی و همچنین بهبود کارایی مصرف آب استفاده کردند. آنها اذعان داشتند که مدل های هیدرو- اقتصادی یکپارچه باید قادر باشند که مقادیر آب را به‌صورت بهینه بین مصارف مختلف مصرف-شرب-کشاورزی تخصیص دهند. پیا- هارو و همکاران (۴۹) در

5. Integrated Water Resources Management

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعه ای به مدیریت بهینه آلودگی نیترات آب زیرزمینی به‌دلیل فعالیت بخش کشاورزی پرداختند. نتایج نشان داد که در یک افق زمانی (زمان بازیابی و برگشت)، کاهش نیترات آب به همراه کاهش سود (به‌دلیل کاهش استفاده از نیترات) حاصل می شود. مانتا و همکاران (۳۸) با استفاده از مدل هیدرو- اقتصادی، اثرات خشکسالی را بر کاربری زمین، سودهای مزرعه و اشتغال کشاورزی در یکی از حوضه های رودخانه ای برزیل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کشاورزان به کمبودهای بارندگی به‌صورت حداقل نمودن اثرات آن بر سود مزرعه واکنش نشان می دهند به گونه ای که تأثیر آن بر کشاورزان بسته به موقعیت آنها در حوضه آبخیز و دسترسی آنها به آب زیرزمینی دارد. مدلین- آزوارا و همکاران (۴۱) در مطالعه ای با استفاده از مدل هیدرو- اقتصادی به بررسی دامنه وسیعی از گزینه های مدیریت سیستم آب منطقه ای در شمال کالیفرنیا و مکزیک پرداختند. آنها اذعان داشتند که مدل های بهینه سازی هیدرو اقتصادی قابلیت بررسی گزینه های مختلف مدیریتی آب در راستای تخصیص بین تقاضای مختلف (همچون کشاورزی – محیط زیست – مصرف شرب شهری) را دارد. وارلا-ارتگا (۵۷) به بررسی تعادل بین اهداف حفاظتی آب زیرزمینی و دستیابی به شاخص های زندگی روستایی تحت عدم حتمیت در آب و آب و هوا پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که از منظر متدولوژیکی، استفاده همزمان از الگوهای اقتصادی و هیدرولوژیکی قابلیت تحلیل سیستم های پیچیده و روابط اجتماعی- اقتصادی به همراه هیدرولوژیکی پدیده ها را فراهم می نماید. لووسی و همکاران (۳۵) در مطالعه ای از مدل هیدرو- اقتصادی برای بررسی تأثیرات اجتماعی و مدل های اقتصادی در بررسی کارایی استفاده از آب کشاورزان استفاده کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که افزایش معنی دار هزینه های کمبود آب تحت رژیم بارندگی کمتر از نرمال، کارایی کشاورزی را کاهش می دهد. کراگت (۳۰) در مطالعه ای به بررسی درآمد و هزینه کیفیت آب در یک مدل هیدرو- اقتصادی پرداخت. در این مطالعه نشان داده شد که گزینه های مدیریت حوضه آبریز با بخش اقتصاد و بخش اکولوژیکی در تعادل و توازن می باشند. هریواکس و همکاران (۲۲) در مطالعه ای از مدل هیدرو- اقتصادی، که ترکیبی از مدل هیدرولوژیکی در شبیه سازی کیفیت آب آبیاری و مدل

Archive of SID

www.SID.ir

اقتصادی در بررسی منافع، هزینه ها و اثربخشی برنامه های کشاورزی محیط زیست (AES)۶ است، استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مدت زمان تأثیرگذاری و اثربخشی برنامه ها می تواند بیشتر از مدت زمان پیش بینی شده (در برنامه WFD۷) باشد. بلانکو-گوتیرز و همکاران (۶) در مطالعه ای به بررسی هم‌زمان مداخلات سیاستی برای توسعه و ترویج آبیاری پایدار در مناطق کم آب پرداختند. در این مطالعه سیاست‌های مختلف CAP با مدنظر قرار دادن تبعات اقتصادی- هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. آرجون و همکاران (۲) در مطالعه ای ریسک‌های اقتصادی و هیدرولوژیکی اجرای یک برنامه بر روی رود نیل بر کشورهای پایین دست و تحت نفوذ رود را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اگر کشورهای در حاشیه رود نیل با مدیریت مشارکتی موافقت کنند، اجرای طرح مربوطه (برنامه GERD) افزایش معنی داری بر منافع کشورها بویژه اتیوپی و سودان دارد و اثرات خارجی مثبتی را در سودان و مصر در طول سالهای خشک به همراه دارد.

استان خراسان رضوی دارای ۴ حوضه آبریز اصلی شامل اترک، قره قوم، کویر مرکزی و خواف است که این ۴ حوضه مجموعاً شامل ۳۷ دشت می باشند. از کل دشت های استان، ۳۴ دشت آن ممنوعه و ممنوعه بحرانی می باشد که دشت نیشابور یکی از آنها می باشد. هدف اصلی این مطالعه مدلسازی مدیریت منابع آب دشت نیشابور استان خراسان رضوی در چارچوب مدل هیدرو- اقتصادی و به‌کارگیری آن در تحلیل سیاست های مدیریت منابع آب می باشد.

چارچوب نظری

دهه های اخیر از تحلیل های سیستم برای مدیریت منابع آب استفاده گسترده ای شده است. تحلیل های سیستمی به‌کار گرفته شده در منابع آب، مدل های بهینه سازی و شبیه سازی را برای شناساندن منافع و مزایای مدیریت سیستم های زیست‌محیطی همچون واحدهای

6. Agri-Environmental Schemes
7.Water Framework Directive

Archive of SID

www.SID.ir

یکپارچه با وابستگی داخلی[8] به‌کار گرفته اند. در تحلیل های سیستمی برای مدیریت یکپارچه منابع آبی اجزای مختلف عرضه و تقاضای آب در سطح حوضه مدنظر قرار می گیرند و بر اساس وضع موجود دشت (یا حوضه)، عوامل محیطی و زیست محیطی، وضعیت آب و هوا و سناریوهای مدنظر، وضعیت آب و سطوح مصرف آن را در افق های زمانی مختلف شبیه سازی و پیش‌بینی می کنند (۲۲).

از ابتدای به‌کارگیری چنین مدل‌های سیستمی در منابع آب، اهداف اقتصادی و محدودیت‌ها به عنوان دو مبحث اصلی مطرح بوده اند (۳۳ و ۳۶). توسعه چنین مدل‌های سیستمی را می توان در سال‌های اخیر به مدل های هیدرو- اقتصادی مربوط دانست که سرآغاز استفاده از آن را می توان به دهه های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ در مناطق خشک کشورهایی چون ایالات متحده (منطقه جنوب غرب) مربوط دانست (۱۶، ۱۷ و ۵۳).

بیر و همکاران چارچوب مفهومی برای مدل های مدیریت یکپارچه فاز منطقه ای آب ایجاد کردند (۱۶ و ۴۷) که در آن آب برای بهینه سازی سود خالص مشتق شده از منحنی های تقاضای آب، اختصاص داده شده و مدیریت می شود. بعد از آن محققان از واژه های متفاوتی برای مدلسازی مهندسی- اقتصاد آب استفاده کردند؛ مانند: هیدرولوژیکی – اقتصادی (۱۶)، هیدرواقتصادی (۴۷)، اقتصادی - هیدرولوژیکی – آگرونومیک (۴۸)، نهادی۹ (۷)، هیدرولوژیکی - اقتصادی- نهادی یکپارچه (۸)، بهینه سازی یکپارچه حوضه رودخانه (۵۹)، تخصیص کارا (۱۳)، اقتصادی - هیدرولوژیکی یکپارچه (۴۰ و ۵۴)، اقتصادی – مهندسی (۱۴، ۳۴ و ۴۵)، هیدرولوژیکی - آگرونومی – اقتصادی یکپارچه (۱۱)، عرضه و تقاضا (۱۹)، هیدرولوژیکی – اقتصادی یکپارچه (۱۱، ۵۱ و ۵۲)، منابع آب کل نگر اقتصادی (۹ و ۱۰)، هیدرودینامیکی – اقتصادی یکپارچه (۲۵)، و اکولوژیکی - اقتصادی یکپارچه (۵۸).

در این خصوص و در سال های اخیر، مطالعات با رویکرد هم‌زمان اقتصاد و مهندسی آب با عنوان "هیدرو- اقتصادی" از جایگاه قابل توجهی برخوردار شده است. به عبارت دیگر

8. Interdependent Integrated units
9.Institutional

Archive of SID

www.SID.ir

بسیاری از مطالعات که چارچوب اصلی مدل سازی آنها بر اساس مباحث اقتصادی و هیدرولوژیکی بوده و با واژه های مدلسازی که در بالا بدان اشاره شد منطبق می باشد، با مدلسازی تحت عنوان "هیدرو- اقتصادی" انجام شده است (۲، ۶، ۲۰، ۲۲، ۳۰، ۳۵، ۳۷، ۳۸، ۴۱، ۴۹، ۵۱ و ۵۷). مدل های هیدرو- اقتصادی از نظر فضایی، سیستم های منابع آب و زیرساخت‌های توزیع، مدیریت گزینه ها و ارزش های اقتصادی را در یک روش یکپارچه ارائه می دهد.

روش تحقیق

مدل های هیدرو- اقتصادی آب جنبه های اقتصادی، محیطی، مهندسی و هیدرولوژیکی در فاز منطقه ای را ارائه می دهند. در این مدل ها، هدف عملیاتی کردن مفاهیم اقتصادی با در نظر گرفتن آنها در قالب مدل های مدیریت منابع آب است. این مدل ها ابزاری قدرتمند جهت هدایت مدیریت یکپارچه منابع آب می باشند (۱۲ و ۳۹).

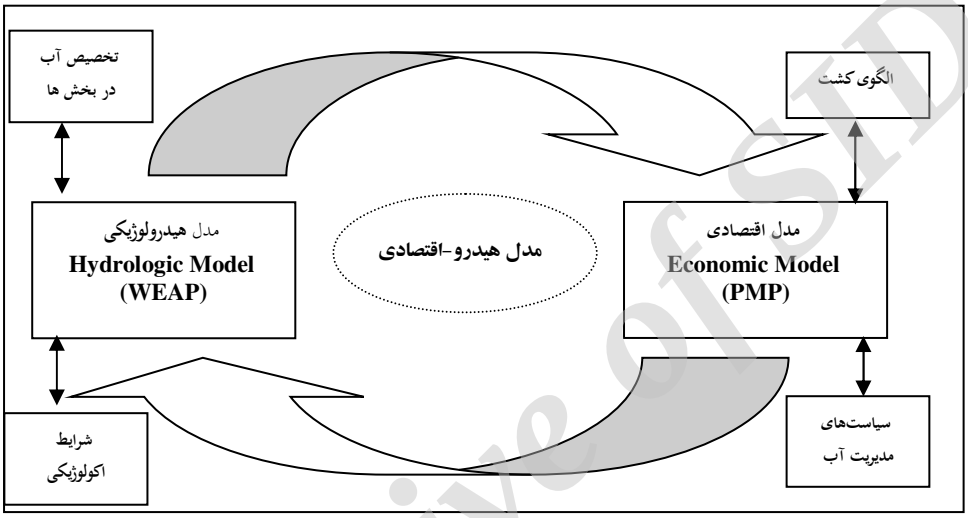
در مجموع، مدل‌های هیدرو- اقتصادی دو جزء اصلی هیدرولوژیکی و اقتصادی را شامل می شود، لذا چارچوب اصلی این مطالعه بر اساس دو بخش مذکور الگوسازی شده است. در مدل اقتصادی، الگوی بهینه کشت بر اساس محدودیت‌های آبی حوضه و اهداف اقتصادی کشاورزان تعیین می شود. در مدل هیدرولوژیکی تأثیر تغییرات الگوی کشت ناشی از اجرای سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب منطقه بررسی و میزان مصرف آب در بخش های مختلف محاسبه و در سال‌های آتی پیش بینی و شبیه سازی می شود.

در نمودار ذیل روابط مفهومی مدل اقتصادی و مدل هیدرولوژیکی ارائه شده است. در تخصیص آب به بخش کشاورزی در مدل هیدرولوژیکی، نیازهای آبی بخش های رقیب یعنی صنعت و شرب نیز مدنظر قرار می گیرد به گونه ای که حوضه به عنوان یک مخزن آبی در تعادل بلند مدت قرار داشته باشد. در مدل اقتصادی، بر اساس میزان آب تخصیص داده شده در مدل هیدرولوژیکی، الگوی کشت کشاورزان تعیین می گردد و سناریوهای سیاستی که بر

Archive of SID

www.SID.ir

الگوی کشت کشاورزان مؤثرند را می توان در این بخش به چرخه اصلی وارد نمود. چنین سیاست‌هایی نه تنها باعث تغییر الگوی کشت می گردند بلکه به عنوان جریان داده های اولیه برای مدل هیدرولوژیکی محسوب می شوند. به عبارت دیگر مدل های هیدرو- اقتصادی با اجزای اقتصادی- اجتماعی و هیدرولوژیکی معمولاً در یک فضای زمانی و مکانی متفاوتی تحلیل می شوند که تلفیق و یکپارچه کردن آنها حائز اهمیت است (۶).



شکل ۱. الگوی نظری مدل هیدرو- اقتصادی (H-E)

بخش هیدرولوژیکی

در بخش هیدرولوژیک، مدل های متنوعی برای بررسی وضعیت آب در سطح حوضه توسعه یافته است که لازم است در انتخاب مدل مناسب، امکانات و داده های در دسترس و ساختار مدل و ارتباط آن با سایر بخش ها مدنظر قرار گیرد. مدل WEAP به لحاظ دسترسی به نرم افزار مربوطه و قابلیت‌هایش و همچنین امکان استفاده از آن در کنار مدل‌سازی اقتصادی، در روش های هیدرو- اقتصادی از جایگاه قابل توجهی برخوردار است که در پیشینه مطالعاتی نیز از WEAP در الگوهای هیدرو- اقتصادی استفاده شده است. WEAP از توانایی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی حقابه ها با مدنظر قرار دادن اولویت های تخصیص برخوردار است.

Archive of SID

www.SID.ir

WEAP بر اساس معادله های بیلان آبی استوار است و آن را می توان در سیستم های شهری، کشاورزی، حوضه های مستقل و یا سیستم های رودخانه ای مرزی پیچیده به‌کار برد. ساختار مدیریتی در WEAP با استفاده از سناریوهایی که در آن نوشته می شود وضعیت آینده آب را نشان می دهد. سناریوها از سال پایه اخذ می شوند. سال پایه سالی است که اطلاعات و آمار مناسبی از وضعیت منطقه تحت مطالعه موجود باشد. سپس با استفاده از سال پایه سناریوهای مختلفی در سال پایه و در آینده جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع و تقاضا در محیط مدل‌سازی شده و شبیه‌سازی می‌گردد (۵۶). برنامه ریزی WEAP بر اساس شبیه سازی است که در آن ابتدا محاسبه بیلان آب مدنظر قرار گرفته و در ادامه مهندسی منابع آب و مهندسی محیط زیست را به صورت هم‌زمان مورد توجه قرار می دهد. در مدل WEAP نیاز کل سیستم به‌صورت ذیل به‌دست می آید (۵۶):

$$AD = \sum (TAL * WUR) \qquad (۱)$$

که در آن AD[10] نیاز آب سالانه، TAL[11] سطح فعالیت کل که بسته به نوع نیاز ممکن است برای مناطق مسکونی نفر یا کشاورزی هکتار باشد و WUR[12] سرانه مصرف آب که واحد آن مترمکعب در سال می باشد.

رواناب در مدل WEAP با استفاده از رابطه ذیل به‌دست می‌آید (۵۶):

$$R = MAX(0, PAE - ETP) + (P * (1 - PE)) + ((1 - IF) * S) \qquad (۲)$$

در رابطه فوق R رواناب، PAE میزان بارندگی که مستقیماً تبخیر می شود، ETP تبخیر و تعرق پتانسیل، P بارش، PE بارش مؤثر، IF جزء آبیاری و S حجم ذخیره می باشد (تمام اجزا بر حسب میلیمتر).

همچنین برای محاسبه میزان تغذیه آب های زیرزمینی از رواناب ها و محاسبه آب های سطحی از روابط ذیل استفاده می شود (۵۶):

10. Annual Demand
11. Total Activity Level
12. Water Use Rate

Archive of SID

www.SID.ir

$$RTG = \sum (R * RTGF) \quad (۳)$$

$$RTS = \sum (R * (1 - RTGF)) \quad (۴)$$

در روابط فوق RTG تغذیه آب زیرزمینی (مترمکعب)، RTGF ضریب تغذیه آب زیرزمینی و RTS تغذیه از آب سطحی (مترمکعب) می باشد. جریان آب در رودخانه در پایین دست در مدل با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$DO = UI + SI + GFTR - RFTG - E \quad (۵)$$

که در آن DO جریان آب در پایین دست، UI جریان آب در بالادست، SI ورود جریان آب سطحی، GFTR تغذیه توسط آب زیرزمینی، RFTG تخلیه به آب زیرزمینی و E تبخیر می‌باشد (تمام اجزاء بر حسب متر مکعب بر ثانیه).

بخش اقتصادی

در مدلسازی اقتصادی با مدنظر قرار دادن الگوی اصلی مطالعه (الگوی هیدرو-اقتصادی) و با توجه به پیشینه مطالعاتی موجود، از برنامه ریزی ریاضی استفاده شد. در خصوص مدل های برنامه ریزی ریاضی می توان گفت که این مدل ها به دو گروه مدل‌های برنامه ریزی ریاضی دستوری (NMP) و مدل های برنامه ریزی ریاضی اثباتی (PMP) تقسیم بندی می شوند. در مدل‌های دستوری تضمینی برای رسیدن به شرایط موجود وجود ندارد و محقق با وارد کردن محدودیت ها اقدام به حداکثر سازی تابع هدف می کند. این در حالی است که در مدل های PMP فرض می شود که کشاورزان در شرایط موجود بهینه عمل می کنند و لذا تأثیر برنامه یا سیاست‌های مورد نظر بر وضعیت فعلی مورد بررسی قرار می گیرد (۲۷). انجام مطالعات در سطح حوضه آبریز، با این مسئله مواجه می باشد که استفاده از مدل PMP استاندارد باعث درنظر گرفتن یک تابع هزینه با ضرایب ثابت در تمام حوضه می شود. این در حالی است که در دنیای واقع، چنین رفتار یکسانی مشاهده نمی شود. از جمله الگوهایی

Archive of SID

www.SID.ir

که با زیربنای PMP اقدام به حل این مسئله می‌کند مدل فضایی یا منطقه ای است که از زیربنای آن در مطالعات مربوط به مدل تولید کشاورزی ایالتی کالیفرنیا (SWAP) نیز استفاده شده است (۲۴ و ۴۱). در مدل برنامه ریزی مثبت فضایی یا منطقه ای توابع تولید محصولات کشاورزی هر منطقه در یک الگوی تجمیع فضایی، توسط برنامه ریزی مثبت PMP به‌کار گرفته می شود که اصطلاحاً مدل فضایی یا منطقه ای اطلاق می شود.

چنین تجمعی باعث می شود که: الف) مدل PMP با لحاظ نمودن توابع تولید منطقه ای ناتوانی هایی را که در مدل های قبلی استاندارد خود داشته رفع نماید و به کمک یک تابع هدف غیر خطی (درجه دو) یا بیشتر (تابع نمایی) به تحلیل سیاست ها در بخش کشاورزی بپردازد، ب) مدل برنامه ریزی مثبت فضایی کشش جانشینی ثابت منطقه ای (CES) توابع را وارد می کند تا جانشینی بین نهاده ها را محدود نماید. بنابراین مدل PMP فضایی و تجمیع مکانی باعث ارتقای مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت PMP شده و این توانایی را در مدل ایجاد می کند که با بررسی داده ها و اطلاعات به صورت جزئی از سطح مناطق به پیش بینی تأثیر سیاست ها و برنامه های کشاورزی در سطح منطقه به‌صورت دقیق تر بپردازد (۲۴). در ادامه مراحل مدل PMP فضایی (منطقه ای) ارائه شده است.

مرحله اول

در ابتدا مناطق مختلف حوضه شناسایی و منطقه بندی می شود. بعد از تعیین مناطق همگن، الگوی برنامه ریزی خطی با توجه به تابع هدف ذیل و محدودیت های منابع و کالیبراسیون برآورد می شود:

$$\max Z = \sum_{g}\sum_{i}\left(PP_{gi}\,Y_{gi}XL_{gi} - \sum_{j=land}\left[a_{gij}XL_{gi,land}\omega_{gij}\right]\right) \qquad (۶)$$

Subject to:

$$\sum a_{gij}XL_{gij} \le b_{gj} \qquad \forall g,j \qquad [\lambda_1] \qquad (۷)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$XL_{gij} \le \bar{X}_{gij} + \varepsilon \qquad \forall g,i,j \qquad [\lambda_0] \tag{۸}$$

$$X_{gij} \ge 0 \qquad \forall g,i,j \tag{۹}$$

که در آن z سود ناخالص کشاورزان، PP_{gi} قیمت محصول i در منطقه g، XL_{gij} متغیر تصمیم و a_{gij} ضریب لئونتیف برای منطقه g در خصوص محصول i و نهاده j است.

رابطه ۶ تابع هدف یعنی حداکثر کردن سود ناخالص کشاورزان را نشان می دهد. روابط ۷ و ۸ محدودیت‌های الگو می باشند که در آنها رابطه ۷ محدودیت های منابع در هر منطقه را نشان می دهد. رابطه ۸ محدودیت واسنجی مدل را نشان می دهد که $\bar{X}_{igj}$ مقدار مشاهده شده فعالیت i در منطقه g و ε نیز یک مقدار کوچک می باشد. با حل الگو برنامه ریزی فوق، قیمت‌های سایه ای محدودیت سیستمی و واسنجی به‌دست می آید.

مرحله دوم: تخمین پارامترهای تابع هزینه غیر خطی

در این مرحله پارامترها برای تابع هزینه درجه دو PMP محاسبه می شود. تابع هزینه درجه دو موقعیت کشاورز را در اینکه سود در هکتار با افزایش نسبت سطح کشت مزرعه کاهش می یابد نشان می‌دهد (۴۱). تابع هزینه درجه دو PMP به‌صورت ذیل می باشد:

$$TC = \alpha_{gij} XN_{gij} + \gamma_{gij} XN_{gij}^2 \tag{۱۰}$$

که α_{gij} و γ_{gij} از طریق اطلاعات مرحله اول به‌دست می آیند.

مرحله سوم: تخمین پارامترهای تابع تولید CES فضایی (منطقه ای)

در این مرحله تابع تولید CES فضایی می‌باشد که فرم کلی آن در ذیل نشان داده شده است. تابع تولید CES این امکان را ایجاد می کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده های تولید و ضرایب لئونتیف و ضرایب تابع کاب داگلاس به‌وجود آید (۲۴). در روابط ذیل، رابطه

Archive of SID

www.SID.ir

۱۱ فرم تابع تولید CES منطقه ای را نشان می دهد. ρ_i متغیری است که بر حسب کشش جانشینی نهاده ها (σ) بوده و به‌صورت رابطه ۱۲ محاسبه می شود. τ_{gij} نیز پارامتر مقیاس است:

$$Y_{gij} = \tau_{gij}\left[\sum_j \beta_{gij} k_{gij}^{\rho_i}\right]^{1/\rho_i} \quad (11)$$

$$\rho_i = \sigma - 1 \quad (12)$$

$$\tau_{gij} = \frac{\left(\frac{Y_j}{X_i}\right).\bar{X}_i}{[\sum_j \beta_j k_j^{\rho}]^{1/\rho_i}} \quad \forall g, i, j \quad (13)$$

پارامترهای β در تابع تولید فوق از طریق مراحل ذیل به‌دست می آیند. در ابتدا پارامتر β نهاده زمین و در ادامه پارامتر β سایر نهاده ها محاسبه شد که نحوه محاسبه فرایند ذیل برای تمام محصولات و مناطق قابل تعمیم است:

$$\beta_{gi,land} = \frac{1}{1 + \left(\left(\bar{X}_{gi,land}^{-1/\sigma_i} / CS_{gi,land}\right)\sum_{j\neq land}\left(\bar{X}_{gij}^{-1/\sigma_i} / CS_{gij}\right)\right)} \quad (14)$$

$$\beta_{gi,j\neq land} = CS_{gij}\left(\frac{\beta_{gi,land}}{CS_{gi,land}}\right) * \left(\frac{\bar{X}_{gi,land}}{\bar{X}_{gij}}\right)^{-1/\sigma} \quad (15)$$

CS_{gij} هزینه فرصت نهاده j است به گونه ای است که $CS_{gij} = \omega_{gij} + \lambda_{1gij} + \lambda_{2gij}$. در رابطه مذکور λ_1 و λ_2 لاگرانژ کالیبراسیون و معادلات محدودیت منابع منطقه g و محصول i و نهاده j می باشد (۴۱). در نهایت تابع تولید و هزینه فضایی در هر منطقه با استفاده از مراحل ۲و۳ محاسبه می شود.

مرحله چهارم: تبیین مدل PMP فضایی (منطقه ای) واسنجی شده

در این مرحله و با استفاده از اطلاعات مراحل قبل (تابع هزینه غیر خطی، تابع تولید فضایی و محدودیت های منابع) مدل نهایی به شرح ذیل ارائه می گردد:

Archive of SID

www.SID.ir

$$\max \pi = \sum_{g}\sum_{i} PP_{gi}\left[\tau_{gij}\left(\sum_{j}\beta_{gij}XNN_{gij}\right)^{\rho_i}\right]^{1/\rho_i} - \sum_{g}\sum_{i}\sum_{j}(\alpha_{gij}XNN_{gij} + \gamma_{gij}XNN_{gij}^{2}) \quad (16)$$

Subject to:

$$\sum_{i} XNN_{gi} \leq b_{gj} \quad \forall g,j \in (\text{constraints resources and inputs}) \quad (17)$$

تابع هدف در رابطه ۱۶ نشان دهنده تابع هدف غیرخطی مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت بر اساس مناطق مختلف (توابع تولید مناطق و توابع هزینه مناطق) می باشد. محدودیت های منابع و نهاده ها نیز در رابطه ۱۷ ارائه شده است. در این مطالعه، بر اساس بررسی های صورت گرفته محدودیت آب، زمین، نیروی کار و ماشین آلات در مدل سازی برنامه ریزی مثبت در نظر گرفته شد. در این خصوص محدودیت آب در نظر گرفته شده به سه محدودیت اصلی بهار، تابستان و پاییز در مدل وارد گردید.

آمار و اطلاعات این مطالعه از منابع مختلف به‌دست آمد. در بخش آمار و اطلاعات مربوط به مدلسازی هیدرولوژیکی از آمارهای آب منطقه ای خراسان رضوی (سال های مختلف۱۳۶۳-۱۳۹۳) و اداره کل هواشناسی خراسان رضوی (سال های مختلف ۱۳۴۲-۱۳۹۳) و سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی استفاده شد. همچنین در بخش اقتصادی، آمار و اطلاعات از طریق مصاحبه حضوری با کشاورزان دشت نیشابور و تکمیل پرسش‌نامه جمع آوری شد. ۳۶۶ پرسش‌نامه از طریق نمونه گیری طبقه بندی تصادفی به‌صورت مصاحبه حضوری به‌دست آمد. در این مطالعه، سناریوهای مدنظر مدل اقتصادی، کاهش دسترسی به آب کشاورزان (بخش زراعت) به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد به عنوان سناریوهای اصلی

Archive of SID

www.SID.ir

(سناریوی اول، دوم و سوم) می باشد. نرم افزارهای اصلی مورد استفاده WEAP و ArcGIS می باشد.

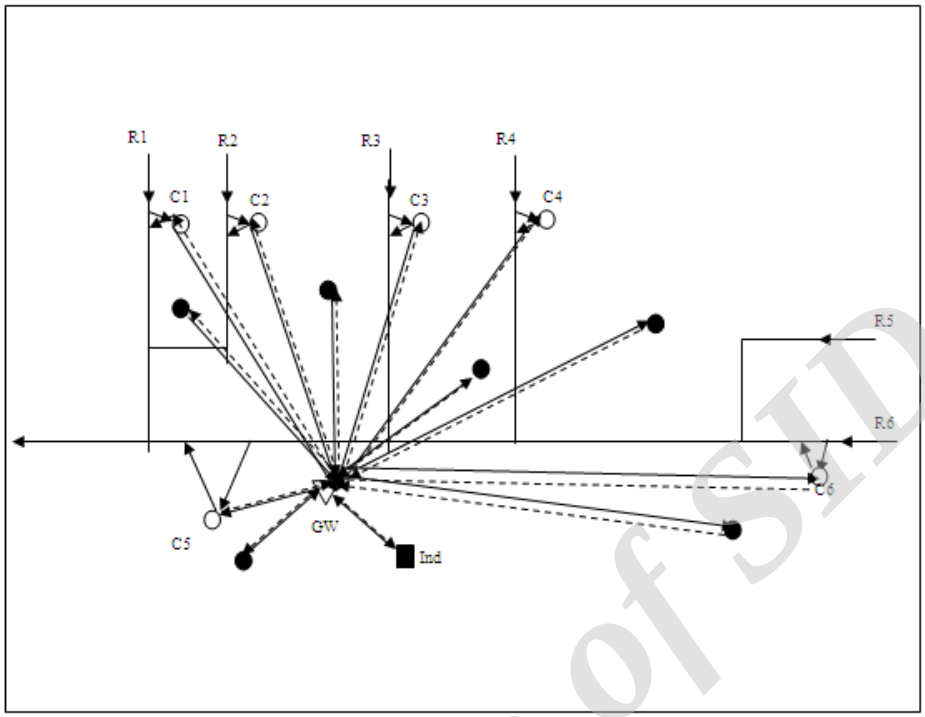
همان‌گونه که عنوان شد، منطقه مورد مطالعه دشت نیشابور می باشد. در بخش هیدرولوژیکی مطالعه، دشت نیشابور به ۶ زیرحوضه تقسیم گردید که تقسیم آن بر اساس روابط هیدرولوژیکی حاکم بر دشت به‌خصوص از منظر وجود و مسیر رودخانه های آن می باشد. در بخش اقتصادی نیز به سه منطقه اصلی تقسیم شد که همگن سازی این مناطق بر اساس وضعیت اقلیمی و توپوگرافی آن صورت گرفت. به عبارت دیگر در منطقه اول، مناطق کوهستانی دشت نیشابور در نظر گرفته شد. منطقه دوم در قسمت مرکز به سمت غرب و جنوب غرب و منطقه سوم نیز در قسمت مرکز به سمت شرق و جنوب شرق در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

محدوده دشت نیشابور یکی از زیرحوضه های کویر مرکزی است و این حوضه جزو هفتمین حوضه آبریز درجه ۲ از حوضه آبریز اصلی درجه یک فلات مرکزی ایران می‌باشد. دشت نیشابور در مرکز استان خراسان رضوی قرار دارد و تمامی اطراف آن را ارتفاعات احاطه کرده و بخش های شمال شرقی، شمالی و شمال غربی و غربی تغذیه کننده آبخوان می باشند. وضعیت این دشت به گونه ای است که ۱۱ رودخانه در آن جریان دارند که عمدتاً فصلی می باشند. بزرگ‌ترین رودخانه نیشابور کال شور است که از ارتفاعات کوه قرمزی و دیزباد سرچشمه می‌گیرد. مدل هیدرولوژیکی نیشابور ۶ زیرحوضه دارد که در هر کدام از آنها، مصرف کشاورزی و شرب و همچنین در زیر حوضه اصلی مربوط به شهر نیشابور، بخش صنعت نیز مدنظر قرار گرفته است. در دشت نیشابور، عمده مصرف آب در بخش های مختلف مربوط به آب زیرزمینی و بعد از آن سطحی می باشد که با توجه به فصلی بودن آنها، منبع قابل اطمینان برای بخش‌های مختلف و به‌خصوص کشاورزی، بخش زیرزمینی می باشد. در شکل زیر، نمای شماتیک وضعیت عرضه و تقاضای آب در دشت نیشابور ارائه گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. روابط هیدرولوژیکی دشت نیشابور

براساس بررسی های صورت گرفته در نیشابور و رشد جمعیت شهری و روستایی (به عنوان مصرف کننده آب شرب)، توسعه بخش صنعت و همچنین شرایط فعلی کشاورزی (الگوی کشت فعلی) میزان آب مصرفی در حال حاضر و همچنین در سال های آتی با چالش بسیار بزرگ‌تری مواجه می باشد که ادامه روند فعلی مصرف در نیشابور را با مشکلات و مسائل عدیده ای مواجه ساخته است.

از جمله سناریوهای قابل توجه در مدیریت منابع آب، استفاده از سیاست‌های مختلف مدیریت عرضه و تقاضای آب است. به‌کارگیری این سیاست‌ها در بخش کشاورزی به عنوان اصلی ترین تقاضا کننده آب، از اهمیت بالایی برخوردار است که بالتبع باعث تغییرات قابل توجه بر رفتار کشاورزان نسبت به استفاده از نهاده ها به‌خصوص زمین (تغییر الگوی کشت) و همچنین آب می شود. بر این اساس و همان‌گونه که در بخش قبل اشاره شد، سناریوهای مختلف سیاستی کاهش عرضه آب به‌شکل محدودیت در دسترسی کشاورزان به آب

Archive of SID

www.SID.ir

به‌صورت کاهش، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی (سناریوهای اول، دوم و سوم) ارائه گردیده است. بر این اساس، تغییرات در محدودیت دسترسی به آب باعث تغییر الگوی کشت و نحوه استفاده از نهاده ها می شود. از آنجا که الگوی کشت از جمله اجزای اصلی بخش هیدرولوژی سیستم می باشد، این تغییر الگوی کشت باعث تغییرات در سیستم هیدرولوژی می گردد و به دنبال آن تغییرات در مصرف منابع آبی را به همراه دارد.

در جدول ذیل، تغییرات در الگوی کشت تحت سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب در کشاورزان مختلف ارائه شده است. این نتایج مربوط به بخش اقتصادی مدل هیدرو-اقتصادی می باشد که تعیین الگوی بهینه آن نیز در چارچوب برنامه ریزی ریاضی مثبت فضایی (منطقه ای) صورت گرفته است. نتایج اعمال سناریوهای مختلف نشان می دهد که محدودیت دسترسی به آب باعث تغییر الگوی کشت شده است. بر این اساس، کل سطح کشت در منطقه اول از ۸/۵ هکتار در وضعیت فعلی به ۷/۳۶ هکتار در سناریوی اول، ۶/۷۵ هکتار در سناریوی دوم و ۶/۰۲ هکتار در سناریوی سوم رسیده است که به ترتیب ۱۳/۴۱، ۲۰/۵۹ و ۲۹/۱۱ درصد کاهش را نشان می دهد. در منطقه دوم، نتایج نشان می دهد که اعمال سناریوهای مختلف، تغییرات زیادی را در الگوی کشت به همراه ندارد و تنها در سناریوی سوم باعث کاهش ۴/۶۱ درصدی کل سطح کشت می شود. در منطقه سوم، اعمال سناریوهای دوم و سوم باعث کاهش سطح زیرکشت به میزان ۵/۵۴ و ۱۶/۳۴ درصد می گردد و سناریوی اول، کل سطح زیرکشت را تغییر نمی‌دهد.

در منطقه اول، اعمال سناریوی محدودیت آب باعث شده است که محصول یونجه از الگو خارج گردد که در تمام سناریوهای اول و دوم و سوم صادق است. همچنین سطح زیرکشت ذرت علوفه ای به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به ترتیب در سناریوهای اول، دوم و سوم و سطح زیر کشت گوجه فرنگی ۲/۵ و ۵ درصد در سناریوی دوم و سوم کاهش یافته است. سطح کشت محصول گندم به عنوان اصلی ترین محصول منطقه اول، از ۴/۵ هکتار فعلی به

Archive of SID

www.SID.ir

۳/۵۷، ۲/۹۵ و ۲/۲۹ هکتار می رسد و به ترتیب ۲۰/۶۶، ۳۴/۴۴ و ۴۹/۱۱ درصد کاهش سطح زیرکشت را نشان می دهد. این در حالی است که سطح کشت جو به عنوان محصول دوم منطقه، ابتدا از ۳ هکتار به ۳/۰۱ و ۳/۰۵ هکتار در سناریوی اول و دوم و در سناریوی سوم سطح کشت آن به ۳/۰۱ هکتار رسیده است.

در منطقه۲، با توجه به تنوع کشت نسبت به دو منطقه اول و سوم، با اعمال سناریوهای کاهش دسترسی به آب، سطح کشت پنبه، هندوانه بذری، یونجه و ذرت علوفه ای در تمام سناریوهای محدودیت دسترسی به آب کاهش یافته است. در خصوص دو محصول گندم و جو وضعیت به گونه ای بوده که سطح کشت این دو محصول اصلی منطقه در سناریوهای کاهش ۲۰ و ۳۰ درصدی آب، افزایش و در سناریوی سوم سطح زیرکشت گندم کاهش و جو افزایش یافته است. در خصوص گوجه فرنگی، سطح کشت آن تقریباً ثابت باقی مانده است.

در منطقه سوم نتایج نشان می دهد که اعمال محدودیت دسترسی به آب باعث کاهش سطح کشت چغندر قند و یونجه شده است. سطح کشت گندم و جو ابتدا افزایش و در نهایت کاهش یافته است. همچنین سطح کشت هندوانه بذری تقریباً ثابت باقی مانده است.

در مجموع به نظر می رسد که اعمال محدودیت دسترسی به آب در تمام مناطق دشت نیشابور باعث افزایش کشت محصول جو و در برخی سناریوها گندم شده که این امر به نظر می رسد به نیاز نسبتاً پایین این دو محصول به آب برمی گردد. در خصوص محصولاتی همچون یونجه، چغندرقند و پنبه، محدودیت دسترسی به آب باعث کاهش سطح کشت آنها در تمام مناطق دشت و سناریوهای مورد بررسی شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. متوسط سطح زیرکشت محصولات مختلف در وضعیت فعلی

ردیف	محصول	وضع موجود		
		منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳
۱	پنبه	۰	۱/۱	۰
۲	جو	۳	۴/۹	۱/۸
۳	چغندر قند	۰	۰	۲/۵
۴	ذرت علوفه ای	۰/۴	۰/۶	۰
۵	گندم	۴/۵	۶/۳	۵
۶	گوجه فرنگی	۰/۴	۰/۴	۰
۷	هندوانه بذری	۰	۱/۴	۰/۶
۸	یونجه	۰/۲	۰/۷	۱/۳
	کل	۸/۵	۱۵/۴	۱۱/۲

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۲. تغییر الگوی کشت در سناریوی اول

ردیف	محصول	منطقه ۱		منطقه۲		منطقه ۳	
		سطح کشت	درصد تغییر	سطح کشت	درصد تغییر	سطح کشت	درصد تغییر
۱	پنبه	–	–	۰/۹۵	-۱۳/۶۴	–	–
۲	جو	۳/۰۱	۰/۳۳	۵/۲	۶/۱۲	۱/۸۲	۱/۱۱
۳	چغندر قند	–	–	–	–	۲/۴	-۴
۴	ذرت علوفه ای	۰/۳۸	-۵	۰/۵۹	-۱/۶۷	–	–
۵	گندم	۳/۵۷	-۲۰/۶۷	۶/۴۴	۲/۲۲	۵/۱۲	۲/۴۰
۶	گوجه فرنگی	۰/۴	۰	۰/۴	۰	–	–
۷	هندوانه بذری	–	–	۱/۳۹	-۰/۷۱	۰/۶	۰
۸	یونجه	۰	-۱۰۰	۰/۴۲	-۴۰	۱/۲۶	-۳/۰۸
	کل	۷/۳۶	-۱۳/۴۱	۱۵/۳۹	-۰/۰۶	۱۱/۲	۰

مأخذ: نتایج تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ . تغییر الگوی کشت در سناریوی دوم

ردیف	محصول	منطقه ۱		منطقه۲		منطقه ۳	
		سطح کشت	درصد تغییر	سطح کشت	درصد تغییر	سطح کشت	درصد تغییر
۱	پنبه	–	–	۰/۸۳	-۲۴/۵۵	–	–
۲	جو	۳/۰۵	۱/۶۷	۵/۳۵	۹/۱۸	۱/۸۲	۱/۱۱
۳	چغندر قند	–	–	–	–	۲/۲	-۱۲
۴	ذرت علوفه ای	۰/۳۶	-۱۰	۰/۵۹	-۱/۶۷	–	–
۵	گندم	۲/۹۵	-۳۴/۴۴	۶/۵۵	۳/۹۷	۴/۷۷	-۴/۶
۶	گوجه فرنگی	۰/۳۹	-۲/۵	۰/۴	۰	–	–
۷	هندوانه بذری	–	–	۱/۳۸	-۱/۴۳	۰/۶	۰
۸	یونجه	۰	-۱۰۰	۰/۳	-۵۷/۱۴	۱/۱۹	-۸/۴۶
	کل	۶/۷۵	-۲۰/۵۹	۱۵/۴	۰	۱۰/۵۸	-۵/۵۴

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۴ . تغییر الگوی کشت در سناریوی سوم

ردیف	محصول	منطقه ۱		منطقه۲		منطقه ۳	
		سطح کشت	درصد تغییر	سطح کشت	درصد تغییر	سطح کشت	درصد تغییر
۱	پنبه	–	–	۰/۶۲	-۴۳/۶۴	–	–
۲	جو	۳/۰۱	۰/۳۳	۵/۳۶	۹/۳۹	۱/۸	۰
۳	چغندر قند	–	–	–	–	۱/۸۷	-۲۵/۲۰
۴	ذرت علوفه ای	۰/۳۴	-۱۵	۰/۵۸	-۳/۳۳	–	–
۵	گندم	۲/۲۹	-۴۹/۱۱	۶/۲۳	-۱/۱۱	۴/۰۳	-۱۹/۴
۶	گوجه فرنگی	۰/۳۸	-۵	۰/۳۹	-۲/۵	–	–
۷	هندوانه بذری	–	–	۱/۳۷	-۲/۱۴	۰/۶	۰
۸	یونجه	۰	-۱۰۰	۰/۱۴	-۸۰	۱/۰۷	-۱۷/۶۹
	کل	۶/۰۲	-۲۹/۱۱	۱۴/۶۹	-۴/۶۱	۹/۳۷	-۱۶/۳۴

مأخذ: نتایج تحقیق

Archive of SID

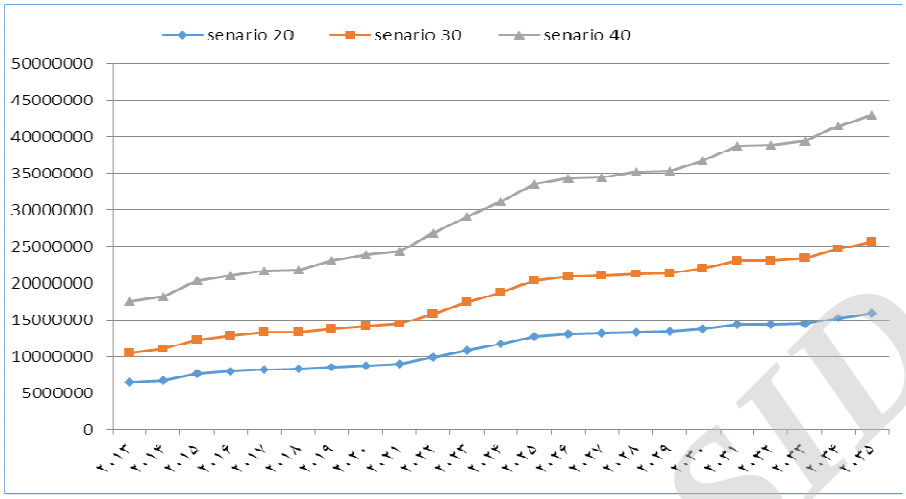
www.SID.ir

در ادامه، تأثیر تغییر الگوی کشت بر مصرف منابع آب دشت نیشابور بررسی شد. همان‌گونه که اشاره شد، از جمله اجزای بخش هیدرولوژیکی مدل هیدرو- اقتصادی، الگوی کشت می باشد که تغییر آن باعث تغییرات در مدل هیدرولوژیکی و نهایتاً میزان مصرف منابع آب و تغییر در تخصیص آب در بخش‌های اصلی مصرف می گردد. بر این اساس با وارد کردن نتایج بخش قبل در مدل هیدرولوژیکی (مدل WEAP دشت نیشابور)، نتایج نشان می دهد که با اعمال سناریوهای مختلف (سناریوی اول، دوم و سوم)، میزان استفاده از منابع آب نسبت به وضعیت فعلی (پایه) کمتر می باشد به گونه ای که در نمودار ۱ میزان کاهش تجمعی مصرف آب در سناریوهای مختلف نسبت به پایه (اختلاف مصرف آب در سناریوهای مختلف با وضعیت فعلی) ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که سناریوی سوم از بیشترین کاهش در مصرف آب نسبت به وضعیت پایه برخوردار است که به خصوص در سال‌های انتهایی، فاصله به نسبت بیشتری از دو سناریوی دیگر دارد. این امر به تغییرات الگوی کشت و میزان کاهش آنها در خصوص محصولات مختلف مربوط است.

در الگوی ویپ، از جمله شاخص های حائز اهمیت، میزان عدم تأمین تقاضای آب در بخش های مختلف می باشد. در نمودار ۱ نسبت عدم تأمین تقاضا در سناریوهای مختلف نسبت به وضعیت پایه ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که میزان عدم تأمین تقاضا در سناریوهای مورد بررسی نسبت به وضع پایه (وضعیت فعلی) کاهش یافته است به گونه ای که میزان متوسط نسبت عدم تأمین تقاضا در سناریوهای مختلف به پایه در طول سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۳۵، در سناریوی اول ۰/۸۴، در سناریوی دوم ۰/۷۵ و در سناریوی سوم ۰/۶۴ می باشد. به عبارت دیگر اجرای سناریوهای مختلف مدیریت آب باعث شده که عدم تأمین تقاضا در سال‌های مختلف به‌طور کلی کاهش یابد و در واقع سیستم هیدرولوژیکی قادر به تأمین سهم بیشتری از تقاضای آب بر اساس سناریوهای مورد بررسی باشد که این کاهش عدم تأمین تقاضا در سناریوی سوم بیشتر از دو سناریوی دیگر است.

Archive of SID

www.SID.ir

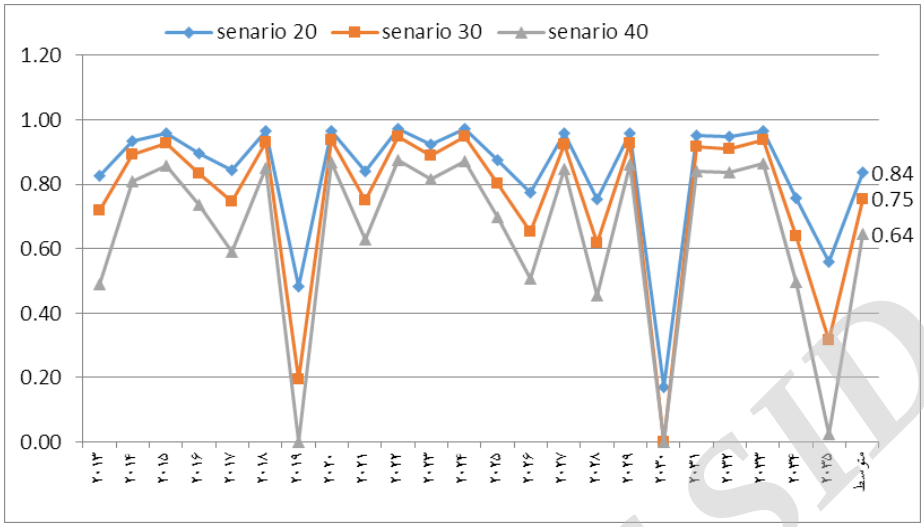


نمودار ۱. میزان کاهش تجمعی آب مصرفی

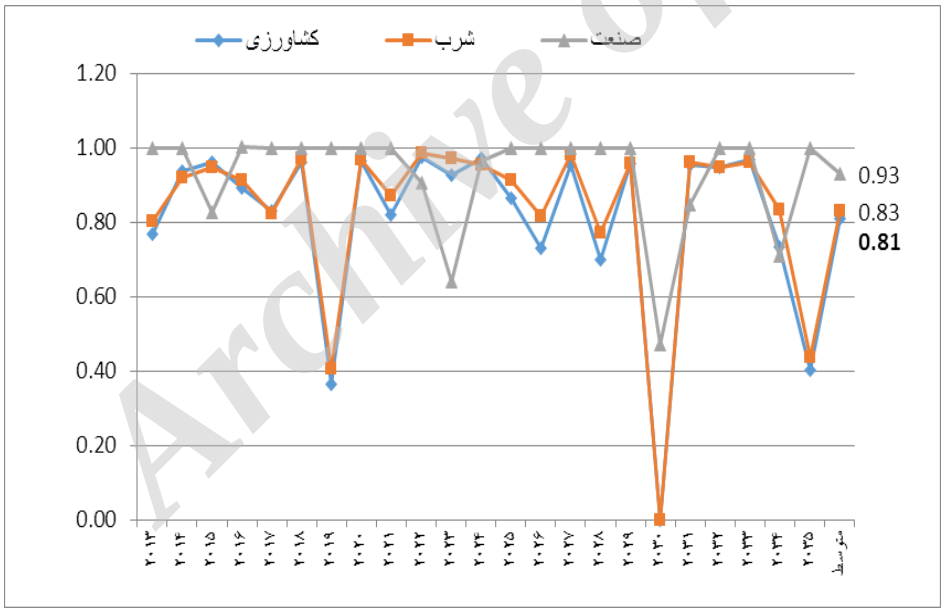
در نمودارهای ۳ تا ۵ نسبت میزان عدم تأمین تقاضای آب در بخش های اصلی مصرف (کشاورزی-شرب – صنعت) به تفکیک سناریوهای مورد بررسی ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که در سناریوی اول و در طول دوره ۲۰۱۳–۲۰۳۵ میزان عدم تأمین تقاضا در بخش شرب و کشاورزی نسبت به بخش صنعت در وضعیت بهتری قرار دارد به گونه ای که به‌طور متوسط میزان نسبت عدم تأمین تقاضا در بخش کشاورزی و شرب نسبت به پایه ۰/۸۱ و ۰/۸۳ و در بخش صنعت این نسبت به ۰/۹۳ رسیده است. در سناریوی دوم (نمودار ۴) نیز همچون سناریوی اول، کشاورزی و شرب در وضعیت به نسبت بهتری قرار دارند و در واقع میزان عدم تأمین تقاضای این دو بخش کاهش بیشتری یافته است به گونه ای که به‌طور متوسط عدم تأمین تقاضای آنها نسبت به پایه به ترتیب حدود ۰/۷۲ و ۰/۷۵ و در صنعت ۰/۹ می باشد. در سناریوی سوم (نمودار ۵) که اختلاف قابل ملاحظه ای با دو سناریوی دیگر دارد میزان عدم تأمین در بخش های کشاورزی، صنعت و شرب به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۶۷ و ۰/۸۱ می باشد که در بخش کشاورزی و شرب نسبت به صنعت، میزان عدم تأمین آنها کاهش بیشتری را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



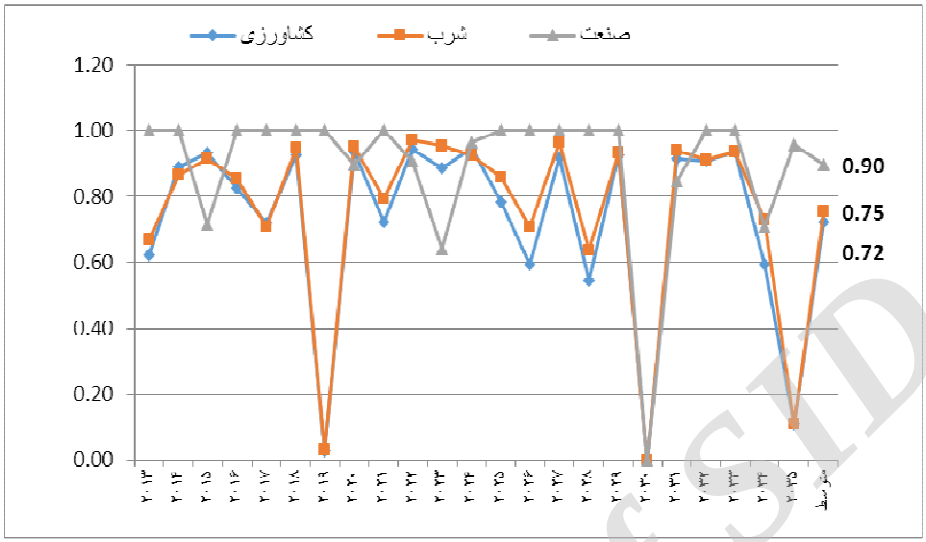
نمودار ۲. نسبت میزان عدم تأمین تقاضای آب در سناریوهای مختلف به وضعیت پایه



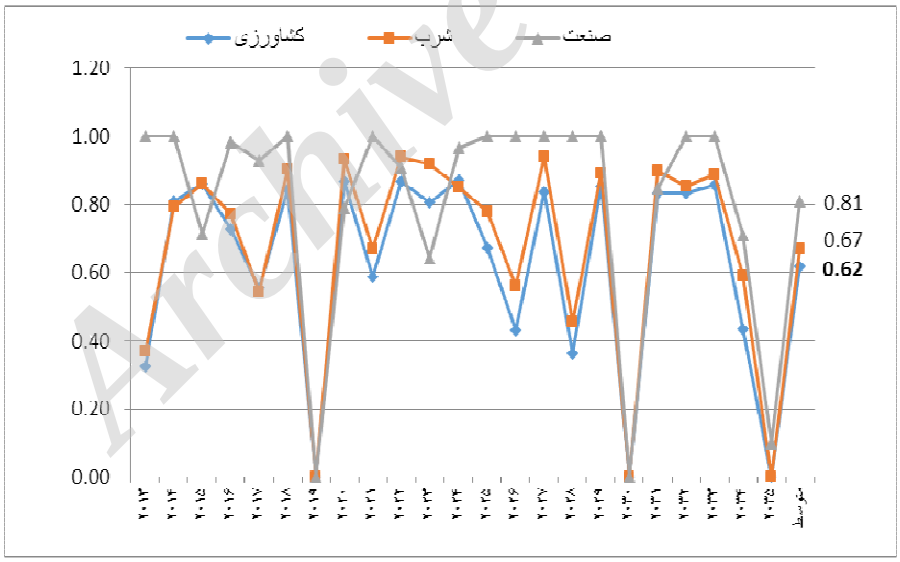
نمودار ۳. نسبت میزان عدم تأمین تقاضای آب در سناریوی اول به وضعیت پایه در بخش‌های اصلی

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۴. نسبت میزان عدم تأمین تقاضای آب در سناریوی دوم به وضعیت پایه در بخش‌های اصلی



نمودار ۵. نسبت میزان عدم تأمین تقاضای آب در سناریوی سوم به وضعیت پایه در بخش‌های اصلی

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه از مدل هیدرواقتصادی در راستای تحلیل استراتژی های مدیریت منابع آب در دشت نیشابور استفاده گردید. در بخش اقتصادی مدل هیدرو- اقتصادی از مدل برنامه ریزی مثبت فضایی (منطقه ای) و در بخش هیدرولوژیکی از مدل ویپ (WEAP) بهره گیری شد. برای این منظور از آمار و اطلاعات مختلف اقلیمی و هواشناسی، هیدرولوژیکی و همچنین مصاحبه حضوری و تکمیل پرسش نامه از کشاورزان بهره گرفته شد. از آنجا که در سیاست‌های مدیریت منابع آب باید اجزای مختلف اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی به‌طور پیوسته در ارتباط با هم مدنظر قرار گیرند لذا به‌کارگیری مدل های جامع که حداکثر استفاده از اطلاعات اقتصادی و فنی را در نظر داشته باشد بسیار حائز اهمیت است. این امر می تواند نتایج قابل توجهی برای سیاست‌گذاران در جهت شفاف شدن پیامدهای اتخاذ برنامه ها و سیاست های مختلف مدیریت منابع آب به همراه داشته باشد. مدل‌های هیدرو-اقتصادی از جمله این مدل ها می باشند که با توجه به قابلیت آنها و امکان مدنظر قرار دادن مسائل و محدودیت های مختلف اقتصادی و هیدرولوژیکی، به‌کارگیری آنها در مطالعات مربوط به مدیریت منابع آب توصیه می گردد.

مطالعات در خصوص مدیریت منابع آب، عموماً در سطح دشت و یا حوضه می باشد که با توجه به ویژگی های مختلف کشاورزان، قاعدتاً باید از روش هایی در تحلیل داده ها استفاده شود که موقعیت منطقه‌ای بهره برداران مدنظر قرار گیرد. در این خصوص و در راستای تعیین الگوی بهینه کشت، برنامه ریزی ریاضی مثبت با رویکرد فضایی (منطقه ای) از جمله روش‌هایی است که به‌کارگیری آن در مطالعات در سطح دشت و یا حوضه آبریز توصیه می‌گردد.

همان‌گونه که نتایج این مطالعه نشان داد، سناریوهای مختلف سیاستی می تواند آثار متفاوتی بر الگوی کشت کشاورزان داشته باشد که جهت تبیین و پیش بینی آثار آن لازم است

Archive of SID

www.SID.ir

که تغییرات الگوی کشت به همراه تحلیل تغییرات در منابع آب در سطح حوضه و یا دشت همراه گردد.

نتایج این مطالعه نشان داد که اجرای سناریوی های مدیریت آب آثار یکسان بر مناطق مختلف ندارد و باعث تغییرات مختلف الگوی کشت و همچنین میزان به‌کارگیری از نهاده زمین در مناطق مختلف می گردد به گونه ای که به عنوان مثال با اجرای سناریوی سوم، میزان سطح زیر کشت در منطقه اول ۲۹/۱۱ درصد، در منطقه دوم ۴/۶۱ درصد و در منطقه سوم ۱۶/۳۴ درصد کاهش می یابد که چنین تغییراتی به ترکیب کشت، میزان نهاده های در دسترس و همچنین رفتار کشاورزان بستگی دارد. لذا اجرای یک سناریو در مناطق مختلف، آثار متفاوتی بر سطح زیر کشت و همچنین الگوی کشت دارد. بنابراین مدنظر قرار دادن واکنش کشاورزان در سیاست‌های مدیریت منابع آب و استفاده ترکیبی از سیاست‌های مختلف، به‌خصوص تلفیق و ترکیبی از سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی مدیریت منابع آب و نهایتاً تصمیم‌گیری بر اساس آثار و پیامدهای آنها می تواند راهنمای مناسبی برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در تصمیم سازی بهینه باشد.

از دیگر نتایج حائز اهمیت این مطالعه، تأثیر تغییرات الگوی کشت ناشی از اجرای سناریوهای مختلف بر میزان عدم تأمین تقاضای آب در بخش‌های مختلف (نتایج مدل ویپ) می باشد. نتایج نشان می دهد که تأثیرپذیری ناشی از اجرای سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی باعث کاهش میزان عدم تأمین تقاضای آب به ترتیب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت می گردد که دو بخش کشاورزی و شرب اختلاف به نسبت بیشتری با صنعت دارند. لذا تعیین میزان تأثیرپذیری سناریوهای مختلف مدیریت آب بر بخش‌های اصلی متقاضی آب از دیگر مسائلی است که می تواند به عنوان یک شاخص در تصمیم سازی سیاست‌های مدیریت منابع آب ایفای نقش کند.

Archive of SID

www.SID.ir

در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهادهای ذیل ارائه می گردد:

در مطالعات مربوط به مدیریت منابع آب در سطح حوضه و یا دشت، پیشنهاد استفاده از مدل‌های هیدرو- اقتصادی به دلیل جامعیت آن و در نظر گرفتن مسائل مختلف فنی و اقتصادی مورد تأکید می‌باشد. در این خصوص، استفاده از نرم‌افزار WEAP در تحلیل بخش هیدرولوژیکی و همچنین به‌کارگیری برنامه ریزی ریاضی همچون PMP در تحلیل آمار و اطلاعات توصیه و پیشنهاد می شود.

با توجه به نتایج این مطالعه در خصوص واکنش کشاورزان در سیاست‌های مدیریت منابع آب، پیشنهاد استفاده ترکیبی از سیاست‌های مختلف (همچون سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی در مدیریت منابع آب) به عنوان راهکاری مناسب در بهبود وضعیت دشت نیشابور پیشنهاد می گردد.

نتایج مطالعه حاکی از تأثیر متفاوت سناریوهای سیاستی بر تأمین تقاضای بخش‌های اصلی متقاضی آب می باشد. لذا در نظر گرفتن روابط درون بخشی و تقاضای بخشی در مدیریت منابع آب از دیگر مسائل و چالش‌های مطالعاتی می باشد که توصیه می شود در مطالعات، توجه جدی بدان گردد.

منابع

1. Agricultural Organization of Khorasan Razavi Province. (2014). http://koaj.ir.

2. Arjoona, D., Mohamedb, Y., Goord, Q. & Tilmanta, A. (2014). Hydro-economic risk assessment in the eastern Nile river basin. *Water Resources and Economics*. (In Press).

Archive of SID

www.SID.ir

3. Aronson, J., Blignaut, J. & Milton, J. Clewell, A. (2006). Natural capital: The limiting factor. *Ecological Engineering,* 28: 1–5.

4. Ashton, P.J. & Haasbroek, B. (2002). Water demand management and social adaptive capacity: A South African case study. In: Turton, A.R., Henwood, R. (Eds.) Hydropolitics in the developing world: A southern African perspective. African Water Issues Research Unit (AWIRU) and International Water Management Institute (IWMI), 24 pp.

5. Bashir, M.A., Tanakamaru, H. & Tada, A. (2009). Spatial and temporal analysis of evapotranspiration using satellite remote sensing data: A case study in the Gezira Scheme, Sudan. *Journal of Environmental Informatics,* 13 (2): 86–92.

6. Blanco-Gutiérrez, I. Varela-Ortega, C. & Purkey, D. (2013). Integrated assessment of policy interventions for promoting sustainable irrigation in semi-arid environments: A hydro-economic modeling approach. *Journal of Environmental Management,* 128: 144-160.

7. Booker, J.F. & Young, R.A. (1994). Modeling intrastate and interstate markets for Colorado river water-resources. *Journal of Environmental Economics and Management,* 26(1): 66–87.

8. Booker, J.F. (1995). Hydrologic and economic-impacts of drought under alternative policy responses. *Water Resources Bulletin,* 31 (5): 889–906.

Archive of SID

www.SID.ir

9. Cai, X. & Wang, D. (2006). Calibrating holistic water resources – economic models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(6): 414–423.

10.Cai, X.M. (2008). Implementation of holistic water resources–economic optimization models for river basin management – Reflective experiences. *Environmental Modeling and Software,*23 (1): 2–18.

11.Cai, X.M., McKinney, D.C. & Lasdon, L.S. (2003). Integrated hydrologic–agronomic–economic model for river basin management. *Journal of Water Resources Planning and Management* – ASCE. 129(1): 4–17.

12.Cardwell, H.E., Cole, R.A., Cartwright, L.A. & Martin, L.A. (2006). Integrated water resources management: definitions and conceptual musings. *Journal of Contemporary Water Research and Educatio,* (35): 8–18.

13.Diaz, G.E. & Brown, T.C. (1997). Aquarius: An object-oriented model for efficient allocation of water in river basins. In: Warwick, J.J. (Eds.). Symposium Water Resources Education, Training, and Practice: Opportunities for the Next Century. June 29–July 3. Keystone. CO. pp. 835–844.

14.Draper, A.J., Jenkins, M.W., Kirby, K.W., Lund, J.R. & Howitt, R.E. (2003). Economicengineering optimization for California water management. *Journal of Water Resources Planning and Management,* 129(3): 155–164.

15.Falkenmark, M. (1994). The dangerous spiral: near-future risks for water-related eco-conflicts. Proceedings of the ICRC Symposium Water and War: Symposium on Water in Armed Conflicts, International Committee of the Red Cross, Montreux, Switzerland, 21–23 November. 16 pp.

Archive of SID

www.SID.ir

16.Gisser, M. & Mercado, A. (1972). Integration of the agricultural demand function for water and the hydrologic model of the Pecos basin. *Water Resources Research*, 8(6): 1373–1384.

17.Gisser, M. & Mercado, A. (1973). Economic aspects of ground water resources and replacement flows in semiarid agricultural areas. *American Journal of Agricultural Economics*, 55(3): 461–466.

18.Grafton, Q.R. & Hussey, K. (2011). Water resources planning and management. New York: Cambridge University Press.

19.Griffin, R.C. (2006). Water resource economics – the analysis of scarcity, policies and projects. Massachusetts: MIT Press.Cambridge.

20.Guan, D. & Hubacek, K. (2008). A new and integrated hydro-economic accounting and analytical framework for water resources: a case study for North China. *Journal of Environmental Management,* 88: 1300–1313.

21.Heerdena, J.H., Blignauta, J. & Horridgeb, M. (2008). Integrated water and economic modeling of the impacts of water market instruments on the South African economy. *Ecological Economic*, 66: 105 – 116.

22.Hérivaux, C., Orban, P. & Brouyère, S. (2013). Is it worth protecting groundwater from diffuse pollution with agri-environmental schemes? A hydro-economic modeling approach. *Journal of Environmental Management*, 128: 62-74.

23.Howitt, R.E., Medellin-Azuara, J. & MacEwan, D. (2009). Estimating the economic impacts of agricultural yield related changes for California. A Paper from California Climate Change Center, 29P.

Archive of SID

www.SID.ir

24.Howitt, R.E., Medellin-Azuara, J., MacEwan, D. & Lund, R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Science of the Environmental Modeling and Software*, 38: 244-258.

25.Jonkman, S.N., Bockarjova, M., Kok, M. & Bernardini, P. (2008). Integrated hydrodynamic and economic modeling of flood damage in the Netherlands. *Ecological Economics*, 66(1): 77–90.

26.Kavoosi, A. & Meshkati, S. (2007). Zoning and spatial analysis of Iranian climatic precipitation. *Ecology*, 33(43): 31-40. (Persian)

27.Keramatzade, A., Chizari, A.H. & Sharzei, Gh. (2011). The role of water market in determining economic value of agricultural water using the predictive mathematic programming (PMP) approach (Case study: downstream bottoms of the dam in Bojnourd valley). *Economics Research in Iranian Agricultural Development*, 42 (1): 29-44. (Persian)

28.Khorasan Razavi Regional Water Authority. (2014). http://www.khrw.ir.

29.Kimaite, F.M. (2011). A Hydro-Economic model for water resources assessments with application to the Apalachicola Chattahoochee flint river basin. A Dissertation Presented to The Academic Faculty By In Partial Fulfillment Of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in the School of Civil and Environmental Engineering Georgia Institute of Technology. August 2011.

Archive of SID

www.SID.ir

30.Kragt, M.E. (2013). Hydro-economic modeling in an uncertain world: Integrating costs and benefits of water quality management. *Water Resources and Economics*, 4: 1–21

31.Li, Y.P., Huang, G.H., Xiao, H.N. & Qin, X.S. (2007). An inexact two-stage quadratic program for water resources planning. *Journal of Environmental Informatics*, 10(2): 99–105.

32.Li, Y.P., Li b, C.H. & Huanga, G.H. (2010). An inexact two-stage water management model for planning agricultural irrigation under uncertainty. *Agricultural Water Managemen,* 97: 1905–1914

33.Loucks, D.P., Stedinger, J.R. & Haith, D.A. (1981). Water resources rystems planning and analysis. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice-Hall.

34.Lund, J.R., Cai, X. & Characklis, G.W. (2006). Economic engineering of environmental and water resource systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(6): 399–402.

35.Luwesi, C.N., Shisanya, C.A. & Obando, J.A. (2013). Hydro-economic inventory for sustainable livelihood in Kenyan ASALs: the case of Muooni Catchment. *Journal of Agri-Food and Applied Sciences JAAS Journal*, 1(2): 46-55.

36.Maass, A., Hufschmidt, M., Dorfman, R., Thomas, H., Marglin, S. & Fair, G. (1962). Design of water-resources systems. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Archive of SID

www.SID.ir

37.Mainuddin, M., Kirby, M. & Qureshi, M.E. (2007). Integrated hydrologic–economic modelling for analyzing water acquisition strategies in the Murray River Basin. *Agricultural Water Management*, 93: 123 – 135.

38.Maneta, M.P., Torres, M.O., Wallender, W.W., Vosti, S., Howitt, R., Rodrigues, L., Bassoi, L.H. & Panday, S. (2009). A spatially distributed hydroeconomic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment. *Water Resources Research*,45 (11): 1-19.

39.Mario, M.A. & Simonovic, S.P. (2001). Integrated water resources management. Publ. no. 272. IAHS Press.

40.McKinney, D., Cai, X., Rosegrant, M.W., Ringler, C. & Scott, C.A. (1999). Modeling water resources management at the basin level: Review and future directions. SWIM Paper 6. International Water Management Institute. Colombo.

41.Medellan-Azuara, J., Harou, J.J. & Howitt, R.E. (2010). Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Science of The Total Environment,* 408 (3): 5639–5648.

42.Medellin-Azuara, J., Mendoza-Espinosa, L.G., Lund, J.R., Harou, J.J. & Howitt, R.E. (2009). Virtues of simple hydro-economic optimization: Baja California, Mexico. *Journal of Environmental Management*, 90: 3470–3478.

43.Menezes, G.B. & Inyang, H.I. (2009). GIS-based contaminant transport model for heterogeneous hydrogeological settings. *Journal of Environmental Informatics*, 14(1): 11–24.

44. Molden, D. (2007). Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. Earthscan/IWMI.

Archive of SID

www.SID.ir

45.Newlin, B.D., Jenkins, M.W., Lund, J.R. & Howitt, R.E. (2002). Southern California water markets: Potential and limitations. *Journal of Water Resources Planning and Management – ASCE*, 128(1): 21–32.

46.Nikoee, A.R. & Zibaei, M. (2012). Management of water resources and food security in Zayandehrud basin: Application of integrated river basin analysis method. *Journal of Agricultural Economics and Development,* 26(3): 183-196. (Persian)

47.Noel, J.E. & Howitt, R.E. (1982). Conjunctive multibasin management – an optimalcontrol approach. *Water Resources Research*, 18(4): 753–763.

48.Noel, J.E., Gardner, B.D. & Moore, C.V. (1980). Optimal regional conjunctive water management. *American Journal of Agricultural Economics*, 62(3): 489–498.

49.Pea-Haro, S., Pulido-Velazquez, M. & Sahuquillo, A. (2009). A hydro-economic modeling framework for optimal management of groundwater nitrate pollution from agriculture. *Journal of Hydrology*, 373: 193–203.

50.Pulido-Velazquez, M., Andreu, J. & Sahuquillo, A. (2006). Economic optimization of conjunctive use of surface water and groundwater at the basin scale. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(6): 454–467.

51.Pulido-Velazquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A. & Pulido-Velazquez, D. (2008). Hydro-economic river basin modelling: The application of a holistic surface–groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain. *Ecological Economics*,66: 51-65.

Archive of SID

www.SID.ir

52.Ringler, C., Von Braun, J. & Rosegrant, M.W. (2004). Water policy analysis for the Mekong River Basin. *Water International*, 29(1): 30–42.

53.Rogers, P. & Smith, D.V. (1970). Integrated use of ground and surface water in irrigation project planning. *American Journal of Agricultural Economics,* 52(1): 13

54.Rosegrant, M.W., Ringler, C., McKinney, D.C., Cai, X., Keller, A. & Donoso, G. (2000). Integrated economic–hydrologic water modeling at the basin scale: The Maipo river basin. *Agricultural Economics*, 24(1): 33–46.

55.Scholes, R. (2001). Global terrestrial observing system: Regional implementation plan for Southern Africa. GTOS-21.

56.Sieber, J. & Purkey, D. (2011). Water evaluation and planning system (weap) user guide. Stockholm Environment Institute (SEI). U.S. Center.

57.Varela-Ortega, C., Blanco-Gutierrez, I., Swartz, C. & Downing, T.E. (2011). Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: an integrated hydro-economic modeling framework. *Global Environmental Change*, 21: 604–619.

58.Volk, M., Hirschfeld, J., Dehnhardt, A., Schmidt, G., Bohn, C., Liersch, S. & Gassman, P.W. (2008). Integrated ecological-economic modeling of water pollution abatement management options in the Upper Ems River Basin. *Ecological Economics*, 66(1): 66–76.

59.Ward, F.A. & Lynch, T.P. (1996). Integrated river basin optimization: Modeling economic and hydrologic interdependence. *Water Resources Bulletin*, 32:(6): 1127–1138.

Archive of SID

www.SID.ir

60. Ward, F.A. (2009). Economics in integrated water management. *Environmental Modelling and Software*, 24(8): 948–958.

61. Yazdanpanah, T., Khodashenas, S., Davari, K. & Ghahreman, B. (2008). Water resource management in the catchment area using the WEAP model (Azghad case study). *Water and Soil (Science and Technology of Agriculture),* 22 (1): 213-222. (Persian)

Archive of SID

www.SID.ir