Archive of SID

اقتصاد کشاورزی/ جلد ۳/ شماره‌ی ۲/ صفحه‌های ۹۸ ۸۳

کاربرد برنامه‌ریزی چندهدفه در مدیریت منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه‌ی ساوجبلاغ

سمیه شیرزادی لسکوکلایه و محمود صبوحی صابونی*

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۹/۲۶

چکیده

یکی از چالش‌های موجود در مدیریت منابع آب، تخصیص بهینه‌ی آن بین بخش‌ها و مصارف مختلف است. این مساله با افزایش جمعیت و تقاضا روز به روز حادتر می‌شود. در این مطالعه، مدیریت منابع آب در شهرستان ساوجبلاغ با استفاده از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه بررسی شد. بر اساس مدل، میزان تخصیص بهینه‌ی آب در منطقه مشخص و درصد تغییرات آن با شرایط موجود مقایسه شد. نتایج نشان داد که مقدار بهینه‌ی پمپاژ در ماه‌های گرم سال افزایش می‌یابد. افزون بر آن، سطح زیر کشت محصولات زراعی در سال خشک نسبت به مرطوب به طور محسوسی کاهش نشان داد. مقادیر بهینه‌ی پمپاژ نیز در ماه‌های مختلف سال کم‌تر از میزان پمپاژ فعلی منطقه بود. با توجه به یافته‌ها، برای پرهیز از آسیب بیش‌تر به سفره‌ی آب‌های زیرزمینی منطقه لازم است سیاست‌های مدیریت منابع آب منطقه مورد تجدید نظر و مدیریت عرضه و تقاضای آب با هم مورد توجه قرار گیرد.

طبقه‌بندی JEL: C02- C61-Q25

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی چندهدفه، پمپاژ بهینه، مدیریت منابع آب، سطح زیر کشت

* به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.
e-mail: Shirzady24@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با افزایش جمعیت، نیاز به آب سالم و قابل شرب افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، منابع آب‌های سطحی به دلیل آلودگی‌ها و تغییرات آب‌وهوایی درحال کاهش است. در نتیجه، نگاه‌ها به سوی منابع آب‌های زیرزمینی سوق یافته است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، منابع حیاتی محسوب می‌شوند. درطول دهه‌ی آخر قرن بیستم افزایش استحصال آب‌های زیرزمینی باعث افزایش بحران آب در مقیاس محلی، منطقه‌ای و حتی جهانی شده است. استفاده از آب برای آبیاری مزارع، منابع آب را تحت تنش قرار داده و سرانجام منجر به کاهش منابع آبی در منطقه می‌شود. این روی‌داد، مدیریت بهره‌برداری از منابع آب را روز به روز پراهمیت‌تر می‌کند (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، ۱۳۸۷).

شهرستان ساوجبلاغ دارای تنوع آب‌وهوایی، زمین کشاورزی حاصل‌خیز و منابع آبی محدود است (جهاد کشاورزی هشتگرد، ۸۶ ۱۳۸۵). استفاده‌ی درست از منابع آب و مدیریت صحیح آن برای بیش‌ترین استفاده‌ی مطلوب از زمین‌های کشاورزی و فعالیت‌های دیگر در زمینه‌ی زراعت، باغداری و دامداری در این منطقه دارای اهمیت است. منابع آب سطحی منطقه تنها برای فعالیت‌های کشاورزی و غیرقابل شرب است. میزان دقیق برداشت آب از منابع سطحی برای فعالیت‌های کشاورزی و باغی و میزان آب ورودی و خروجی به رودخانه کردان به طور دقیق مشخص نیست و از آن جا که این رودخانه دارای انشعابات بسیار است، مقدار زیادی آب در انتقال آن به زمین‌های کشاورزی هدر می‌رود. این امر خود موجب استحصال بیش‌تر از منابع آب زیرزمینی و حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق شده است. با توجه به این که مدیریت واحدهای بهره‌برداری از منابع آبی و زمین‌های کشاورزی به طور عمده سنتی و در اختیار روستاییان است، این واحدها باچالش‌هایی ازجمله تلفات آب، ضایعات محصولات و مصرف بیش از حد مواد اولیه مانند کودهای شیمیایی و سم‌ها مواجه هستند.

با توجه به محدودیت آب در منطقه و در نظر گرفتن اهداف متعدد برای منابع آبی از جمله اهداف زیست‌محیطی، افزایش راندمان آبیاری، کاهش هزینه‌ی پمپاژ، افزایش درآمد و بیشینه کردن سود کشاورزان و کم‌ترین برداشت از منابع آب برای کاهش تخریب سفره‌های آب

www.SID.ir

Archive of SID

زیرزمینی؛ استفاده از روشی سودمند است که بتواند مجموعه‌ی این هدف‌ها را به نقطه‌ی مطلوب برساند. در چنین شرایطی استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه مفید است. برخلاف مسایل تک‌هدفه، در مسایل چندهدفه که همواره یک جواب بهینه به دست می‌آید؛ مجموعه‌ای کارا مشخص می‌شود که مجموعه‌ی بهینه‌ی پارتو نامیده می‌شود. در مجموعه‌ی بهینه‌ی پارتو مبادله‌ی بین هدف‌ها همواره در تعارض صورت می‌گیرد و نزدیک شدن به یک هدف به قیمت دور شدن از هدف‌های دیگر خواهد بود (هندرسن و کوانت، ۱۳۸۱)[۱].

در زمینه‌ی مدیریت منابع آب مطالعات بسیاری صورت گرفته است. هیون و هم‌کاران[۲] (۲۰۰۲) برای مدیریت حوزه‌ی آبریز سیردریا مدلی را با هدف مدیریت پایداری ارایه کردند که تقاضای همه‌ی مصرف‌کنندگان را پاسخ دهد. آن‌ها دلیل اصلی مشکلات زیست‌محیطی در دریای آرال را ضعف مدیریتی در منابع آب حوزه‌های آبریز آمودریا و سیردریا بیان کردند. ناکامورا[۳] (۲۰۰۳) از مدیریت حوزه‌ی آبریز رودخانه مبتنی بر اکوسیستم[۴]، برای مدیریت حوزه‌ی آبریز رودخانه‌ی یانگ‌تسه[۵] در جهت دست‌یابی به اهداف مورد نظر در حوزه‌ی بیشینه‌سازی ارزش کل اکوسیستم استفاده کرد. ناکامورا نشان داد چگونه چنین سیستمی در چارچوب یک سیاست برای این حوزه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هاجی بیروس[۶] و هم‌کاران (۲۰۰۵) با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره، اهداف متضادی را که در تخصیص آب سد پلاستیراس یونان وجود دارد بررسی و اثرات متقابل آن‌ها را در تعیین مقدار آب لازم برای بیشینه کردن مطلوبیت مصرف‌کنندگان بیان کردند. آن‌ها مقدار آبی را که برای تامین نیاز همه‌ی بخش‌ها لازم است تا در دریاچه باقی بماند، ۷۸۴ متر تعیین کردند.

صبوحی و هم‌کاران (۱۳۸۶) راه‌کارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی را در دشت نریمانی استان خراسان بررسی کردند. نتایج نشان داد که راه‌کار بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و

---

1 - Henderson and Koant
2- Heaven et al
3- Nakamura
4- Ecosystem-based river basin management
5- Yangtze
6- Hadjibiros et al

www.SID.ir

Archive of SID

سیاست مالیاتی نسبت به گزینه‌های دیگر برای رسیدن به بهره‌برداری پایدار مناسب‌تر است. چیذری و کرامت‌زاده (۱۳۸۴) مدیریت سد بازوان شیروان را از طریق تخصیص بهینه‌ی آب بین اراضی زیر سد بررسی کردند. نتایج مطالعه نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین تغییر در تخصیص فعلی آب نسبت به تخصیص بهینه به ترتیب مربوط به ماه‌های تیر و فروردین است که بایستی میزان آب تخصیصی در ماه تیر به میزان ۹۵ درصد نسبت به شرایط فعلی افزایش و در ماه فروردین حدود ۶۲ درصد کاهش یابد. آماده و صدرالاشرافی (۱۳۸۰) بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را مطالعه کردند. نتایج نشان داد چنان‌چه راندمان کاربرد آب از ۶۰ به ۷۰ درصد افزایش یابد، با تعدیلاتی مشابه در برداشت آب و سطوح زیر کشت، امکان افزایش درآمد ناخالص تا ۱۷/۱ درصد وجود دارد.

با توجه به آن چه گفته شد هدف اصلی این مطالعه، تعیین الگوهای بهینه‌ی کشت محصولات زراعی منطقه و میزان پمپاژ بهینه با در نظر گرفتن مساله‌ی زیست‌محیطی در مورد بیش‌ترین استحصال آب در منطقه و مقایسه‌ی آن با الگوی برنامه‌ریزی خطی و شرایط موجود است.

روش تحقیق

در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی چندهدفه با در نظر گرفتن سه هدف بیشینه کردن درآمد خالص[1](NR)، کمینه کردن هزینه‌ی متغییر[2] (VC) و کمینه کردن حجم کل پمپاژ آب زیرزمینی[3] (TP) استفاده شد. بیشینه کردن درآمد خالص (NR) و کمینه کردن هزینه‌ی متغیر (VC) از اهداف مدنظر کشاورز است در حالی که کمینه کردن کل پمپاژ شاید با اهداف کشاورز در تضاد باشد و از اهداف زیست‌محیطی به شمار رود. در رابطه‌ی (۱) اهداف مورد نظر نشان داده شده است.

1- Net Revenue
2- Variable Cost
3- Total Pumping

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{a)} \quad \text{MaxNR} = \sum_{c} \text{GM}(c)\text{X}(c) - \sum_{c}\sum_{m}\{\text{WREQ}(c,m)\text{X}(c) * c_W\} - C_p \sum_{c}\sum_{m} p(c,m) \qquad (۱)$$

$$\text{b)} \quad \text{MinVC} = \sum_{c}\sum_{m}(\text{X}(c)\text{WREQ}(c,m)C_W) + \sum_{c}\text{X}(c)V_{cost(c)}$$

$$\text{c)} \quad \text{MinTP} = \sum_{c}\sum_{m} \text{P}(c,m)$$

در این رابطه، X(c) سطح زیر کشت هر محصول برحسب هکتار، GM سود ناخالص برای هر محصول برحسب ده ریال/هکتار (به غیر از هزینه‌های آب)، WREQ(c,m) نیاز آبی هر محصول در هر ماه برحسب متر مکعب/ هکتار با راندمان آبیاری ۴۰٪، Cw قیمت آب در متر مکعب، Cp هزینه‌ی پمپاژ یک متر مکعب آب زیرزمینی و انتقال آن، Vcost هزینه‌ی متغیر (کود، ضدآفت‌ها و....) برای هر هکتار به غیر از هزینه‌های پمپاژ و P(c,m) حجم آب زیرزمینی پمپاژ شده در منطقه‌ی آبیاری برای هر محصول و در هر ماه برحسب متر مکعب است.

محدودیت‌های فیزیکی و محیطی تحمیل و تعیین شده در مدل به صورت زیر است:

۱. کل آب مورد استفاده: آبی که به وسیله‌ی محصولات در منطقه در هر ماه مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید از کل آب تخصیصی مجاز در یک ماه معین تجاوز کند.

$$\sum_{c}(x_c \text{WREQ}(c,m)) \le \text{Allocation}(m) \qquad m = 1,2,3,...12 \qquad (۲)$$

۲. مجموع سطح زیر کشت محصولات منطقه‌ی کوچک‌تر مساوی کل سطح قابل کشت آبی منطقه باشد.

$$\sum_{c=1}^{5} \text{X}(c) \le \text{T} \qquad (۳)$$

T کل سطح زیر کشت قابل آبیاری بر حسب هکتار است.

۳. نیاز زیست‌محیطی: جریان محیطی در هر ماه بایستی برابر یا بیش‌تر از جریان هدف (مقداری که برای نیاز زیست‌محیطی لازم است) باشد.

$$\text{Env_f}(m) \ge \text{Environmentalflow}(m) \qquad ,m = 1,2,3.....,12 \qquad (۴)$$

Env-f(m) جریان محیطی ماهانه و Environmental flow جریان محیطی هدف (target) ماهانه است.

www.SID.ir

Archive of SID

۴. پمپاژ مورد نیاز: کل پمپاژ از منطقه‌ی آبیاری در هر ماه بایستی کم‌تر مساوی با پمپاژ قابل دست‌رس (مجاز) باشد (اکسوی و خان[1]).

$$\sum_{c=1}^{5} p(c,m) \le pump(m) \qquad ,m = 1,2,....,6 \qquad (۵)$$

Pump(m): پمپاژ مجاز در منطقه‌ی آبیاری برای هر ماه است. گفتنی است که در منطقه، ۶ ماه از سال اجازه‌ی پمپاژ داده شده است.

۵. از دو معادله‌ی کمکی برای محدود کردن سطح زیر کشت محصولات با یک ارزش معین استفاده و از متغیر پایه‌ای سطح زیر کشت برای حل آن استفاده شد.

$$-X(c) + m_{Area} \le T_{Area} Y(c) \qquad \text{and} \qquad X(c) \le T_{Area}(1 - Y(c)) \qquad (۶)$$

m_{Area} کم‌ترین سطح زیر کشت محصول (هکتار)، T_{Area} بیش‌ترین سطح زیر کشت محصول (هکتار) و Y(c) یک متغییر دوتایی برای هر محصول است.

با توجه به این که مدیریت منابع آب در این منطقه در راستای اهداف بهینه‌سازی ترکیب محصولات، بهینه‌سازی مقدار پمپاژ آب زیرزمینی و تخصیص مناسب آب بین مصارف آبیاری و محیط زیستی تلاش می‌کند؛ در مدل ساخته شده اهداف بالا و کمینه جریان آب رودخانه مورد نیاز محیط زیست، تخصیص آب به کشاورزی و میزان پمپاژ مورد نیاز ماهانه مورد توجه قرار گرفت.

برنامه‌ریزی آرمانی یک مساله‌ی چندهدفه را به وسیله‌ی معرفی اهداف در مساله و هم‌چنین محدودیت‌ها برای رسیدن به آن‌ها حل می‌کند. مدل برنامه‌ریزی هدف وزنی[2](WGP) در این مطالعه برای کمینه کردن انحراف نامطلوب از اهداف استفاده شد. انحراف‌ها برای محاسبه به دلیل اختلاف‌ها در واحدها نرمال شد. اهداف در مساله به صورت مجموع متغیرهای انحرافی مثبت d_i و منفی d_i بیان شد که این متغیرها بیانگر مقادیری هستند که برای نزدیک شدن به هدف باید به آن اضافه یا کم شوند. با توجه به آن چه گفته شد ساختار کلی مدل مورد استفاده در پیوست الف ارایه شده است.

1- Xevi and Khan
2- Weighted goal Programming model

www.SID.ir

Archive of SID

از آن جا که مطالعه‌ی مدیریت منابع آب برای سه سال متوسط، مرطوب و خشک انجام شد؛ برای تعیین سال خشک، نرمال و مرطوب از داده‌های بارندگی ۲۵ سال گذشته ایستگاه هواشناسی منطقه و شاخص بارندگی استاندارد (SPI)[1]، طبق رابطه‌ی (۷) استفاده شد (نجفی حاجیپور و هم‌کاران، ۱۳۸۵):

$$SPI = \frac{(P_i - P)}{S} \qquad (۷)$$

در این معادله P_i بارندگی سال مورد نظر، P میانگین بارندگی بلندمدت و S انحراف معیار بلندمدت بارندگی است. اگر شاخص یاد شده بیش‌تر از ۱ ترسالی و اگر کم‌تر از ۱- باشد خشک‌سالی وجود دارد. اعداد بین ۱ و ۱- نشان‌دهنده‌ی سالی با بارندگی نرمال است (نجفی حاجیپور و هم‌کاران، ۱۳۸۵).

کل زمین آبیاری مورد بررسی ۸۸۹۰ هکتار است و محصولات شامل گندم آبی، جو آبی، گوجه‌فرنگی آبی، ذرت و یونجه است. به دلیل محدودیت و عرضه‌ی ناکافی آب در این منطقه افزون بر استفاده از آب سطحی از آب زیرزمینی نیز استفاده می‌شود. داده‌های مورد نیاز مطالعه با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای و از طریق تکمیل ۶۰ پرسش‌نامه از کشاورزان منطقه و آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی هشتگرد جمع‌آوری شد.

نتایج و بحث

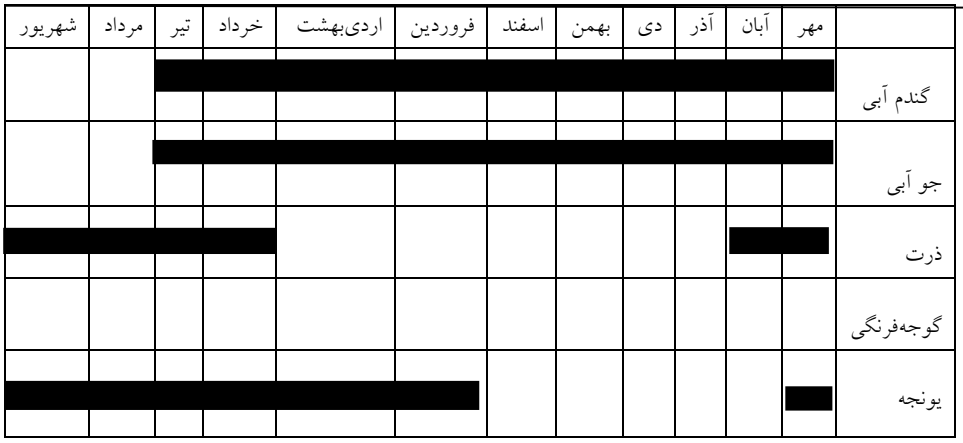
نخست نتایج مربوط به بهینه‌سازی مقدار پمپاژ آب و سپس مقادیر الگوی بهینه‌ی کشت با توجه به اهداف مختلف ارایه شده است.

در نمودار (۱) دوره‌ی زمانی رشد محصولات نمونه نشان داده شده است. باتوجه به شکل، دیده می‌شود که بیش‌تر محصولات منطقه در نیمه‌ی اول سال کشت می‌شود و فقط کشت محصولات گندم و جو آبی در نیمه‌ی دوم سال ادامه دارد.

۱-Standard Perspiration Index (SPI)

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار (۱). دوره‌ی رشد محصولات زراعی در منطقه‌ی ساوجبلاغ

ماخذ: جهاد کشاورزی هشتگرد (۸۴ ۱۳۸۳)

جدول (۱)، اطلاعات مربوط به عمل‌کرد، قیمت و هزینه‌های متغیر محصولات منطقه‌ی هشتگرد را نشان می‌دهد. محصولات گفته شده، بیش از ۸۰ درصد سطح زیر کشت منطقه را به خود اختصاص داده و مهم‌ترین محصولات منطقه هستند.

جدول (۱). اطلاعات اقتصادی محصولات نمونه

محصول	عمل‌کرد (تن بر هکتار)	قیمت (ریال در هر کیلوگرم)	هزینه‌ی متغیر (ریال در هکتار)
گندم	۴/۵	۲۰۵۰	۵۹۱۹۳۷۰
جو	۴	۲۳۰۰	۶۱۲۵۴۵۰
ذرت	۵۵	۱۷۵۰	۶۴۹۲۷۵۰
گوجه‌فرنگی	۳۵	۳۵۰۰	۱۶۵۱۵۰۷۰
یونجه	۱۲	۲۰۰۰	۵۵۶۸۰۰

ماخذ: جهاد کشاورزی شهرستان هشتگرد (۱۳۸۴)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی

جدول (۲) نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خطی ساده را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۲) دیده می شود سطح زیر کشت محصولات زراعی در سال خشک به طور محسوسی نسبت به مرطوب کاهش و بیش‌تر به گندم آبی و جو آبی اختصاص می‌یابد. برای رسیدن به دو هدف اول در سال خشک، سطوح زیر کشت ذرت، گوجه‌فرنگی و یونجه به دلیل آب‌بر بودن و نیاز به آب بیش‌تر؛ کاهش می‌یابد. آب بیش‌تر در نتیجه‌ی پمپاژ بیش‌تر هزینه‌بر است و باعث کم شدن درآمد می‌شود. در هدف کمینه کردن پمپاژ در سال خشک کاهش سطوح زیر کشت این محصولات به دلیل در نظر گرفتن نیاز زیست‌محیطی و آسیب نزدن به سفره‌ی آب‌های زیرزمینی بارزتر است. در سال مرطوب درصد زیادی از سطح زیر کشت به تولید گندم اختصاص می‌یابد و به دلیل بارندگی‌ها و فراوانی آب سطحی، میزان پمپاژ و هزینه‌های پمپاژ برای محصولات آب‌بر کاهش و سطوح بیش‌تری از مزارع زیر کشت گندم آبی و جو آبی می‌رود. سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی، یونجه و ذرت نیز افزایش می‌یابد. افزون بر آن، سطح زیر کشت محصولات زراعی یاد شده در سال متوسط در حد میانه‌ی سال‌های خشک و مرطوب قرار دارد.

جدول (۲). مقادیر بهینه‌ی اهداف و سطح زیر کشت محصولات در شرایط آب‌وهوایی مورد مطالعه

شرح	شرایط آب‌وهوایی								
	سال خشک			سال متوسط			سال مرطوب		
	مقدار اهداف			مقدار اهداف			مقدار اهداف		
	درآمد خالص	هزینه‌ی کل	پمپاژ کل	درآمد خالص	هزینه‌ی کل	پمپاژ کل	درآمد خالص	هزینه‌ی کل	پمپاژ کل
درآمد خالص (میلیون ریال)	۸۳۸۶۷/۲۳	۵۷۸۵۱/۳۱	۴۶۰۵۴/۴۸	۲۱۰۶۸۷/۱۰	۱۵۱۳۱۳/۲۳	۱۴۰۹۸۵/۸۱	۵۴۴۱۰۶/۱۲	۵۱۰۷۱۷/۸۰	۴۹۴۹۹۵/۱۲
هزینه‌ی کل (میلیون ریال)	۳۸۱۸۴/۵۱	۲۳۹۶۶/۶۰	۲۰۰۶۲/۳۰	۵۰۵۱۷/۵۱	۲۹۶۴۳/۲۳	۲۸۳۹۳/۷۹	۶۵۷۲۱/۷۶	۶۰۵۷۷/۶۸	۵۸۵۰۵/۲۳

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه‌ی جدول (۲). مقادیر بهینه‌ی اهداف و سطح زیر کشت محصولات در شرایط آب‌وهوایی مورد مطالعه

شرح	شرایط آب‌وهوایی								
	سال خشک			سال متوسط			سال مرطوب		
	مقدار اهداف			مقدار اهداف			مقدار اهداف		
	درآمد خالص	هزینه‌ی کل	پمپاژ کل	درآمد خالص	هزینه‌ی کل	پمپاژ کل	درآمد خالص	هزینه‌ی کل	پمپاژ کل
پمپاژ کل (میلیون متر مکعب)	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۳۴	۲/۵۱	۲/۵۱	۲/۲۰	۲/۰۵	۲/۴۸
سطح زیرکشت بهینه (هکتار)									
گندم آبی	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۹۸۰	۲۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۳۲۸۴	۲۶۰۰	۲۶۰۰
جو آبی	۱۱۵۰	۷۰۰	۵۵۰	۱۷۰۰	۷۰۰	۶۹۸	۱۸۹۰	۱۸۹۰	۱۸۹۰
گوجه‌فرنگی آبی	۷۵۰	۶۰۰	۴۶۸	۱۰۰۰	۷۹۵	۷۴۵	۱۲۰۰	۱۱۹۰	۱۰۸۰
ذرت	۷۷۵	۴۵۰	۳۷۵	۹۳۹	۵۸۶	۵۳۰	۱۷۹۸	۱۶۷۲	۱۶۷۲
یونجه	۴۲۵	۲۰۰	۱۵۴	۶۱۸	۶۱۰	۶۰۰	۷۱۸	۷۰۰	۶۳۵

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در مدل تک‌هدفه، در هر شرایط آب‌وهوایی میزان سطح زیر کشت محصولات در هدف بیشینه کردن درآمد که برای کشاورز هدف پراهمیتی است، بیش‌تر از دو هدف دیگر می‌باشد. در مجموع سطوح زیر کشت مطلوب به دست آمده برای محصولات کم‌تر از کل سطح زیر کشت در نظر گرفته شده در منطقه است. افزون بر آن، میزان پمپاژ در سال مرطوب نسبت به شرایط آب‌وهوایی دیگر کم‌تر است که علت آن می‌تواند بارندگی مناسب و کافی بودن آب رودخانه برای کشاورزی باشد. با این حال، به دلیل کم‌بود زیاد آب در منطقه، میزان پمپاژ آب در سال‌های نرمال و تر تفاوت محسوسی با هم ندارند.

جدول (۳) وضعیت فعلی پمپاژ در منطقه و میزان پمپاژ بهینه‌ی به دست آمده از مدل برنامه‌ریزی تک‌هدفه را در سال‌های خشک، نرمال و تر نشان می‌دهد. همان طور که دیده می‌شود سطوح پمپاژ در وضعیت فعلی در هر شرایطی بیش‌تر از مقدار بهینه است. علت این امر شاید الگوی کشت نامناسب در منطقه در سال مرطوب، متوسط و بویژه سال خشک باشد. در ضمن در سال خشک انتظار بر این است که کشاورزان به کشت محصولاتی بپردازند که نیاز

www.SID.ir

Archive of SID

آبی کم‌تری دارند. درصد کاهش میزان پمپاژ بهینه نسبت به پمپاژ موجود از ۳/۶ در سال خشک به ۶/۶ در سال مرطوب به دلیل آب سطحی بیش‌تر، افزایش می‌یابد. مقایسه‌ی پمپاژ بهینه با شرایط فعلی نشان می‌دهد که برداشت آب، بیش‌تر از مقدار مورد نیاز کشاورزی در سال مرطوب و بیش‌تر از ظرفیت منابع آب سطحی و سفره‌ی آب‌های زیرزمینی در سال خشک صورت می‌گیرد. پس خطر جدی، سفره‌ی آب‌های زیرزمینی را در استفاده‌ی بیش‌تر از آن تهدید می‌کند.

جدول (۳). مقادیر بهینه و موجود پمپاژ در منطقه در سال‌های مختلف

(میلیون متر مکعب)

سال	میزان پمپاژ بهینه	پمپاژ موجود	درصدکاهش پمپاژ
خشک	۲/۸۲	۲/۹۲	۳/۴
متوسط	۲/۵۱	۲/۶۹	۶/۶۹
مرطوب	۲/۴۸	۲/۶۶	۶/۷۶

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج مدل آرمانی

با در نظر گرفتن هم‌زمان سه تابع هدف و حل آن با استفاده از روش برنامه‌ریزی چندهدفه و در نظر گرفتن وزن ۲ برای هدف اول و وزن ۱ برای دو هدف بعدی طبق فرمول وزن‌دهی مورد استفاده در این مطالعه، میزان سطوح زیر کشت محصولات و مقدار بهینه‌ی پمپاژ و هم‌چنین مقدار تخصیص بهینه‌ی آب به دست آمد. با نظرخواهی از کشاورزان نمونه و متخصصان جهاد کشاورزی منطقه، وزن ۲ برای هدف اول و ۱ برای هدف‌های دیگر تعیین شد. در هر حال در مدل، امکان تغییر وزن‌ها و بررسی نتایج حاصل وجود دارد. با توجه به جدول (۴) دیده می‌شود سطح زیر کشت گندم آبی در سال خشک نسبت به سال مرطوب ۲۱۴۷ هکتار کاهش می‌یابد. هم‌چنین سطح زیر کشت جو آبی از ۷۰۰ هکتار در سال خشک به ۱۸۹۰ هکتار در سال مرطوب افزایش می‌یابد. سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی، ذرت و یونجه نیز از ۶۰۰، ۱۰۵۱ و ۲۰۰ هکتار در سال خشک به ۱۱۹۰، ۱۸۲۲ و ۷۰۰ هکتار در سال

www.SID.ir

Archive of SID

مرطوب افزایش می‌یابد. به طور کلی سطح زیر کشت محصولات زراعی در سال خشک به طور محسوسی نسبت به سال مرطوب کاهش پیدا می‌کند. کاهش سطح زیر کشت به دلیل کم‌بود آب مورد نیاز محصولات زراعی منطقه در سال خشک است. در واقع تامین نیاز زیست‌محیطی و رعایت بیش‌ترین برداشت مجاز از آب‌های زیرزمینی باعث تشدید کاهش سطح زیر کشت درسال‌های خشک می‌شود. هم‌چنین سطح زیر کشت محصولات مورد مطالعه در سال متوسط در حد میانه‌ی سال‌های خشک و مرطوب قرار دارد.

جدول (٤). سطح زیر کشت بهینه‌ی محصولات در برنامه‌ریزی چندهدفه و سطح زیر کشت موجود در منطقه (برحسب هکتار)

محصول	سال			سطح زیرکشت موجود در منطقه
	خشک	متوسط	مرطوب	
گندم	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۳۱۴۷	۳۲۵۵
جو	۷۰۰	۷۰۰	۱۸۹۰	۱۸۸۰
گوجه‌فرنگی	۶۰۰	۷۹۵	۱۱۹۰	۱۱۶۲
ذرت	۱۰۵۱	۱۱۲۷	۱۸۲۲	۱۸۱۳
یونجه	۲۰۰	۶۱۸	۷۰۰	۷۸۰
جمع	۳۵۵۱	۴۲۴۰	۸۷۴۹	۸۸۸۹

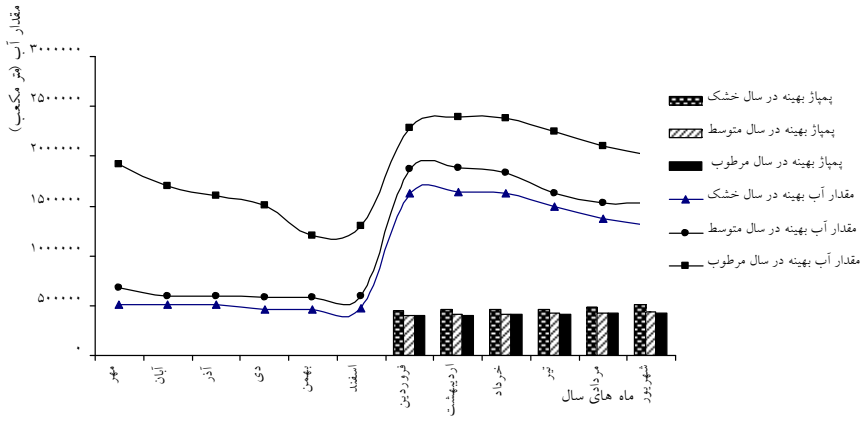
ماخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار (۲) نتایج حاصل از مقادیر کل آب تخصیصی (سطحی و زیرزمینی) و پمپاژ بهینه را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار دیده می‌شود میزان آب پمپاژ شده درسال خشک از سال متوسط و مرطوب بیش‌تر است. افزون بر این، مشاهده می‌شود که پمپاژ آب چاه فقط در ماه‌های گرم سال انجام می‌شود که علت آن کافی نبودن آب رودخانه‌ی کردان برای آبیاری سطح زیر کشت مورد نظر در منطقه است. مقدار کل آب تخصیصی به منطقه نیز در نیمه‌ی اول سال و بویژه فصل بهار نسبت به دیگر مواقع بیش‌تر است که علت آن بیش‌ترین سطح زیر کشت محصولات زراعی در این فصل است. به سخن دیگر نیاز آبی محصولات منطقه به علت سطح زیر کشت بیش‌تر محصولات زراعی در این دو فصل و تبخیر و تعرق بیش‌تر آن‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش می‌یابد. از آن جا که در سال مرطوب مقدار آب تخصیصی منطقه افزایش و در سال خشک کاهش می‌یابد مدیریت و به کارگیری مناسب آب دارای اهمیت فراوانی است. افزون بر آن، در تامین آب کشاورزی منطقه باید نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌ی کردان برای بقای آن را به خصوص در سال خشک در نظر داشت و از آب زیرزمینی استفاده کرد. اما با توجه به مقایسه‌های انجام شده در مورد پمپاژهای موجود در منطقه و پمپاژ بهینه در استفاده از این منبع نیز بایستی جنبه‌ی احتیاط را در نظر گرفت تا بتوان از تخریب منابع آب زیرزمینی در منطقه جلوگیری کرد.



نمودار (۲). مقدار کل آب تخصیصی (از رودخانه و چاه) و میزان پمپاژ بهینه

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در جدول (۵) میزان بهینه‌ی پمپاژ در ماه‌های بهار و تابستان در سال‌های خشک، متوسط و مرطوب ارایه شده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود در مقادیر بهینه‌ی پمپاژ به دلیل لحاظ کردن هم‌زمان سه هدف بیشینه کردن درآمد، کمینه کردن هزینه‌ها و میزان پمپاژ تفاوت محسوسی در شرایط متوسط و مرطوب دیده نمی‌شود. با این حال میزان بهینه‌ی پمپاژ در ماه‌های مختلف سال خشک نسبت به دو سال دیگر افزایش یافته است. در واقع میزان بهینه‌ی

www.SID.ir

Archive of SID

پمپاژ در سال مرطوب نسبت به خشک بین ۱۱تا ۱۵ درصد کاهش نشان می‌دهد که رقم قابل توجهی است.

جدول (۵). میزان بهینه‌ی پمپاژ درسال‌های مختلف

ماه‌های سال	میزان بهینه‌ی پمپاژ (متر مکعب)			درصد کاهش مقدار بهینه‌ی پمپاژ در سال مرطوب نسبت به سال خشک
	خشک	متوسط	مرطوب	
فروردین	۴۵۰۳۰۵	۴۰۰۶۴۰	۳۹۸۵۶۰	۱۱/۵
اردی‌بهشت	۴۵۶۷۲۰	۴۱۰۲۹۰	۴۰۵۷۲۵	۱۱/۱
خرداد	۴۵۸۸۳۵	۴۱۵۷۲۰	۴۰۸۹۳۴	۱۰/۹
تیر	۴۶۵۷۵۵	۴۲۰۳۹۸	۴۱۶۳۴۸	۱۰/۹
مرداد	۴۸۵۹۲۰	۴۳۰۴۱۵	۴۲۷۱۱۵	۱۲/۱
شهریور	۵۰۵۲۱۸	۴۳۵۸۷۰	۴۳۰۷۶۶	۱۴/۷

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

در این مطالعه مدیریت منابع آب در منطقه‌ی ساوجبلاغ، در راستای اهداف بهینه‌سازی ترکیب محصولات، سطح پمپاژ و تخصیص بهینه‌ی آب بین مصارف آبیاری و زیست‌محیطی بررسی و تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان داد که مقدار پمپاژ بهینه‌ی مورد نیاز در ماه‌های گرم سال افزایش می‌یابد و نسبت به پمپاژ فعلی منطقه کم‌تر است. این اختلاف نشان‌دهنده‌ی تلفات بالای آب در منطقه است. به دلیل منابع آبی محدود در منطقه، میزان پمپاژهای بهینه در شرایط آب‌وهوایی نرمال و مرطوب تفاوت محسوسی نشان نداد. سطوح زیر کشت محصولات در برنامه‌ریزی چندهدفه برابر با میانگین سطوح زیر کشت به دست آمده از برنامه‌ریزی تک‌هدفه

www.SID.ir

Archive of SID

در اهداف مختلف بود. افزون بر آن، میزان بهینه‌ی پمپاژ در سال مرطوب نسبت به خشک بین ۱۱تا ۱۵ درصد کاهش نشان داد که رقم قابل توجهی است. با توجه به یافته‌ها به نظر می‌رسد مدیریت منابع آب در منطقه نیاز به تجدید نظر دارد. از طرف دیگر بالا بردن راندمان آب آبیاری در منطقه می‌تواند به حفظ منابع آبی منطقه کمک شایانی کند. به سخن دیگر برای حفظ منابع آبی منطقه، مدیریت عرضه و تقاضا بایستی هم‌زمان مدنظر قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

به این وسیله از آقای دکتر حبیب‌الله مشهدی استادیار گروه زبان دانشکده‌ی ادبیات دانشگاه زابل و آقای غلامحسین مولایی کارشناس واحد طرح و برنامه‌ی سازمان جهادکشاورزی هشتگرد به خاطر کمک‌های ارزنده‌شان در تکمیل این تحقیق قدردانی می‌شود.

منابع

آماده، ح. و صدرالاشرافی، م.(۱۳۸۰). بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی درکشاورزی. مجله‌ی علوم کشاورزی ایران، ۳۲ (۴): ۸۲۳ ۸۱۵.

چیذری، ا. و کرامت‌زاده، ع. (۱۳۸۴). مدیریت منابع آبی از طریق تخصیص بهینه‌ی آب بین اراضی زیرسدها: مطالعه‌ی موردی سد بازوان شیروان. پژوهش وسازندگی; ۱۸(۴): ۵۲ ۴۰.

سازمان جهاد کشاورزی هشتگرد شهرستان ساوجبلاغ ، واحد طرح وبرنامه. (۸۶ ۱۳۸۵).

صبوحی، م.، سلطانی، غ. و زیبایی، م. (۱۳۸۶). ارزیابی راه‌های مدیریت منابع آب زیرزمینی: مطالعه‌ی موردی دشت نریمانی در استان خراسان. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱: ۴۸۵ ۴۷۵.

منابع و ذخایر زیرزمینی. (۱۳۸۷). پایگاه ملی داده‌های علوم زمین. (www.ngdir.ir).

www.SID.ir

Archive of SID

نجفی حاجیپور، م.، کوهپیما، ا. و طهماسبی، ا. (۱۳۸۵). بررسی شاخص‌های تعیین خشک‌سالی در استان چهارمحال‌وبختیاری. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری ازمنابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد.

هندرسن ، ج. م. و کوانت، ر. ا. (۱۳۸۱). تئوری اقتصاد خرد (تقرب ریاضی). ترجمه‌ی مرتضی قره‌باغیان و جمشید پژوهان. تهران، خدمات فرهنگی رسا.

Hadjibiros, K., Katsiri, A., and Andreadakis, A. (2005). Multi-criteria reservoir water management . Global NEST Journal, 7(3): 386-394.

Heaven, S., Koloskov, G. B., Lock, A. C., and Tanton, T. W. (2002). Water resource management in the Aral basin: a river basin management model for Syr Darya. Natural Resources and Infrastructure Division, United Nation, Santiago, Chile. [online] :http://www.eclac.cl/publications.

Nakamura, T. (2003). Ecosystem-based river basin management: its approach and policy level application. Hydrological Processes, 17: 2711-2725. Irrigation and Drainage, 51: 109-118.

Xevi, E. and Khan, S. (2005). A multi- objective optimization approach to water management. Journal of Environmental Management, 77: 269-277.

پیوست الف:

ساختار کلی مدل برنامه‌ریزی وزنی چندهدفه:

$$\text{MinZ} = \beta_1 \frac{n_1}{T_rev} + \beta_2 \frac{p_2}{T_cost} + \beta_3 \frac{p_3}{T_pump}$$

$$\text{Subject to:}$$

$$\sum_c X(c)GM(c) - \sum_c \sum_m WREQ(c,m)C_w X(c) - C_p \sum_c \sum_m p(c,m) + n_1 - p_1 = T_rev$$

$$\sum_c \sum_m WREQ(c,m)C_W X(c) + \sum_c (V\,cost(c)X(c)) + n_2 - p_2 = T_cost$$

$$\sum_c \sum_m P(c,m) + n_3 - p_3 = T_pump$$

$$\sum_c (WREQ(c,m)X_c) \le Allocation(m) \qquad ,m = 1,2,.....,12$$

$$\sum_{c=1}^{5} X(c) \le T$$

$$Env_f(m) \ge Environmentalflow(m) \qquad ,m = 1,2,.....,12$$

$$\sum_c P(c,m) \le Pump(m) \qquad ,m = 1,2,.....,6$$

$$-X(c) + m_{Area} \le T_{Area} Y(c) \qquad \text{and} \qquad X(c) \le T_{Area}(1 - Y(c))$$

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه‌ی بالا، $T_{-revenu}$ درآمد هدف، T_{-cost} هزینه‌ی هدف، T_{-pump} پمپاژ هدف است.

وزن β_i در نظر گرفته شده در مدل به صورت زیر تعریف شد:

$$\beta_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{1}^{3} \alpha_i} \quad ,i = 1,...,3$$

α_i وزن نسبی تعیین شده توسط تصمیم‌گیرنده با اهداف شخصی است.

www.SID.ir