تعیین عمق بهینه ی اقتصادی چاههای آب کشاورزی:مطالعه ی موردی دشت بجنورد

عصمت مجرد* [۱] و محمود صبوحی [۲]

تاریخ دریافت:۱۳۸۸/۱۰/۱ تاریخ پذیرش:۸۸/۱۲/۱۵

چکیده

در این مطالعه، برای تعیین عمق بهینه ی چاههای آب کشاورزی دشت بجنورد با هدف کاهش هزینه ی حفاری و پمپاژ آب و تامین آب مورد نیاز کشاورزی از مدل برنامه ریزی ریاضی غیر خطی استفاده شد. برای تعیین عمق بهینه ی حفر چاهها فرض شد که کشاورزان برای دستیابی به دبی اولیه، در شرایطی که بیلان آبی آبخوان، اجازه ی حفاری دوباره ی چاه و برداشت آب از آن را بدهد، به حفاری دوباره ی (کف شکنی) چاههای موجود می‌پردازند. بدین منظور از ۳۸۰ حلقه چاه کشاورزی دشت بجنورد در سال ۱۳۸۵ استفاده شد. نتایج نشان داد که برداشت آب از چاه با کف شکنی چاههای موجود تا ارتفاع ۲۰۵ متری مقرون به صرفه خواهد بود. با حفاری چاه تا عمق ۲۰۵ متری دبی چاه و ارتفاع پمپ به ترتیب ۲۹ لیتر برثانیه و ۲۲۸ متر تعیین شد. افزون بر آن، سطح زیرکشت بهینه برای هر محصول با هدف تامین آب مورد نیاز کشاورزی به وسیله ی حفر چا ههای موجود تعیین شد. بنا بر یافته های مطالعه، تعیین ارتفاع بهینه ی حفر چاههای کشاورزی و نظارت مستمر بر میزان برداشت آب از چاهها جهت حفظ منابع آب زیرزمینی برای کاربردهای کشاورزی توصیه شده است.

واژه های کلیدی: برنامه ریزی غیرخطی، عمق بهینه، چاههای آب، دشت بجنورد.

[1] - دانشجوی دکتری اقتصادکشاورزی دانشگاه زابل.

[2] - استادیار اقتصادکشاورزی دانشگاه زابل.

*- نویسنده ی مسئول مقاله: sm_mojarad@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

پیشگفتار

بهره برداری از منابع آب زیر زمینی بویژه از راه چاه، در حال افـزایش اسـت. هـم اکنـون تعـداد زیادی از دشت های ایران و استان خراسان شمالی با کسری مخزن و بحـران آب رو بـه رو هـستند. دشت بجنورد در استان خراسان شمالی ناحیه‌ی کشاورزی است و بـیش تـر کـشاورزان آن منطقـه برای آبیاری از منابع آب زیرزمینی استفاده می کنند. با کاهش بارندگی در سال های اخیـر در ایـن ناحیه، رقابت بین مصرف کنندگان شهری، کشاورزی و صنعتی بـرای استحـصال آب افـزایش یافتـه است. پمپاژ بیش از حد آب در این ناحیه، منجر به کاهش سطح سفره های آب زیرزمینی، افـزایش هزینه های پمپاژ و نشست زمـین شـده اسـت. از ۷۰/۱ میلیـون مترمکعـب مـصرف سـالانه ی آب زیرزمینی در دشت بجنورد، ۵/۷۴ میلیون مترمکعب به بخش شرب، ۶۴ میلیون مترمکعب به بخش کشاورزی و ۰/۳۲ میلیون مترمکعب به بخش صنعت اختصاص می یابد که تقریبـاً ۹۱ درصـد از آب مصرفی در این ناحیه، به بخش کـشاورزی اختـصاص مـی یابـد (جهادکـشاورزی اسـتان خراسـان شمالی، ۱۳۸۵).

اقدام های انجام شده در راستای حفاظت و کنترل بهره برداری از منابع آب زیر زمینی، در عمل بی نتیجه بوده و اجرای آیین نامه ی مصرف بهینه ی آب کشاورزی که یکـی از راهکارهـای اصـولی در راستای حفاظت از منابع آب می باشد، بدلیل مسایل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی مربوط به آن تا کنون روندی بسیار کند داشته و تا عملیاتی شدن مفاد آیین نامه راه بسیار زیادی در پیش اسـت و بنظر می رسد، عملیاتی شدن آیین نامه با انهدام کامل منابع آب و تخلیه ی سفره هـای آب زیـر زمینی هم زمان شود (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۴).

با توجه به ضرورت حفظ منابع آب زیـر زمینـی، در صـورت امکـان پـذیر نبـودن اداره ی بهـره برداری، دست کم بایستی عمق حفاری را در سفره های آبدار دشت اداره نموده و حـدودی را بـرای بهره برداری از سفره های آب زیرزمینی تعریف کـرد. تعیـین عمـق بهینـه ی حفـاری در راسـتای حفظ منابع عمقی سفره های آب زیرزمینی برای استفاده ی نسل های آتی ضـروری اسـت. میـزان بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در دشت بجنورد حدود ۷۵ میلیون مترمکعب در سال است کـه از این مقدار، تخلیه ی سالانه ی آب از چاه در بخش کشاورزی ۳۵ ، قنات ۵ و چـشمه ۳۵ میلیـون مترمکعب است. تعداد حلقه چاه، قنات و چشمه در ایـن ناحیـه بـه ترتیـب برابـر ۳۸۰، ۱۹ و ۱۱۵ می باشد (جهادکشاورزی استان خراسان شمالی، ۱۳۸۵).

با توجه به کاهش سطح آب زیرزمینی بر اثر برداشت های غیـر مجـاز در بـیش تـر دشـت هـای ایران، دبی چاهها پس از مدت زمان کوتاهی (چند سال) به میزان زیادی کـاهش مـی یابـد و بـرای دست یابی به دبی اولیه ی چاه، یا بایستی چاههای جدید حفر شود و یا بـا حفـاری و کـف شـکنی

Archive of SID

www.SID.ir

چاههای موجود بار دیگر به همان دبی دست یافت (صفری و همکاران، ۱۳۸۳). در این مطالعه با این فرض که با حفاری دوباره ی چاههای موجود، آب مورد نیاز کشاورزی تامین می شود، عمق بهینه ی چاههای کشاورزی، با استفاده از مدل برنامه ریزی غیر خطی مورد بررسی قرار گرفت به گونه ای که ضمن تامین آب مورد نیاز کشاورزان، هزینه ای کم تر صرف پمپاژ و حفاری چاه شود. با تعیین عمق بهینه ی حفر چاههای کشاورزی می‌توان از یک سو از کاهش سطح آب زیرزمینی جلوگیری و از سوی دیگر، باعث کاهش هزینه ی پمپاژ آب شد به گونه ای که میزان آب مورد نیاز کشاورزان منطقه تامین شود.

برخی از تلاش هایی که تا کنون در زمینه ی مدیریت سیستم های انتقال آب زیرزمینی و هزینه ی پمپاژ صورت گرفته می توان در مطالعه ی ژائو و همکاران (۲۰۰۳) و سرینی وازا و الانگو (۱۹۹۲) یافت که به بهینه سازی خطوط انتقال و شبکه های توزیع آب با بهره گیری از برنامه ریزی غیر خطی پرداختند. استفلد و سالممونز (۲۰۰۴) در مطالعه ی خود، از روش ژنتیک الگوریتم به بهینه سازی عملکرد سیستم توزیع آب در شرایط بی ثباتی کیفیت آب پرداختند. هدف مطالعه کمینه کردن هزینه ی کل پمپاژ و تامین آب مورد نیاز مصرف کنندگان در دوره ی زمانی مورد نظر بود. متغیر های تصمیم مسئله شامل زمانبندی واحد های پمپاژ آب، تنظیم دریچه های کنترل، نسبت برداشت آب و محدودیت های مسئله شامل بیشینه کردن مقدار مجاز بهره برداری از منبع، برگشت حجم کل آب تعیین شده به مخزن در انتهای دوره و تامین آب مورد نیاز مصرف کنندگان می باشد. جیم (۲۰۰۶) در مطالعه ی خود هزینه های مربوط به سیستم های توزیع آب را با استفاده از الگوریتم بهینه سازی جستجوی تطبیقی[1] کمینه کرد. هلگر و همکاران (۲۰۰۱) به مطالعه ی الگوی بهینه ی استخراج آب زیرزمینی در بخش کشاورزی پرداختند و نشان دادند که قیمت جاری آب زیر زمینی ناکارآمد است و انگیزه ی کافی برای استفاده از فناوری های نوین آبیاری وجود ندارد.

هدف اصلی این مطالعه، تعیین عمق بهینه ی حفاری چاههای کشاورزی در دشت بجنورد به منظور حفظ منابع لایه های پایینی سفره های آبرفتی برای کاربردهای کشاورزی می باشد.

مواد و روش ها

بمنظور مدل سازی عمق بهینه ی حفاری چاهها با هدف کاهش هزینه های حفاری و پمپاژ آب و تامین آب مورد نیاز کشاورزی، از ۳۸۰ حلقه چاه موجود در دشت بجنورد استفاده شد. برای کاهش پیچیدگی مدل فرض شد که تمامی چاهها تقریباً دارای ویژگی هایی یکسان(از قبیل دبی و

[1]- Harmony search

Archive of SID

www.SID.ir

ارتفاع) هستند. در ابتدا، برای تعیین عمق بهینه ی حفاری چاه، هزینه های پمپاژ و حفاری هر حلقه چاه به تفکیک تعیین و سپس در قالب برنامه ریزی غیر خطی نوشته شد.

هزینه های پمپاژ و حفاری یک حلقه چاه شامل هزینه ی انرژی، تعمیر و نگهداری پمپ، حفاری و هزینه ی لوله گذاری می باشد.

هزینه ی انرژی تابعی از دبی و ارتفاع پمپاژ است، بنابراین هزینه ی مصرف انرژی پمپ را می توان به صورت رابطه ی ۱ بیان نمود (الیز، ۱۹۹۸):

$$C_{energy} = F(Q, H_P, a, T, \eta)$$
$$C_{energy} = \frac{R\,\gamma aTQH_P}{\eta * 1000} \qquad (۱)$$

که، Q دبی پمپ بر حسب مترمکعب در ثانیه، H_P ارتفاع پمپاژ بر حسب متر، a هزینه ی هر کیلووات ساعت برق مصرفی، T ساعات کارکرد پمپ، η بازده ی پمپ، γ وزن مخصوص آب و R ضریب تبدیل هزینه ی سرمایه ای به جاری می باشد.

هزینه ی سالیانه ی تعمیر و نگهداری پمپ ۰/۰۸ هزینه ی انرژی سالیانه در نظر گرفته شد (صفری، ۱۳۸۳).

$$C_{repair} = s * (\frac{R\gamma aTQH_P}{\eta * 1000}) \qquad (۲)$$
$$s = 0.08$$

هزینه حفاری مطابق رابطه زیر محاسبه شد (دفتر امور فنی و تدوین معیار ها، ۱۳۸۵):

$$C_{dig} = (h_n - h_r) * k \qquad (۳)$$

در رابطه ی ۳، h_n عمق نهایی چاه، h_r عمق فعلی چاه و k هزینه ی حفاری واحد طول در عمق مورد نظر است.

هزینه ی کل لوله گذاری در چاه را می توان به صورت زیر برآورد نمود (دفتر امور فنی و تدوین معیار ها، ۱۳۸۵):

$$C_{pipe} = (h_n - h_r) * l \qquad (۴)$$

که، C_{pipe} هزینه ی کل لوله گذاری و l هزینه ی لوله گذاری واحد طول در چاه در عمق مورد نظر است.

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت های مدل

محدودیت میزان نیاز آبی

با توجه به میزان نیاز آبی در سال مورد نظر (۱۳۸۵) این محدودیت را می توان بـه صـورت زیـر نوشت:

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i \geq \frac{24}{20} D/t \qquad (۵)$$

در رابطه ی ۵، Q_i دبی چاه i ام بر حـسب مترمکعـب در ثانیـه، n تعـداد چاههـای موجـود در دشت، t دوره ی زمانی یک ساله بر حسب ثانیه و D میزان نیاز آبی در سال مـورد نظـر بـر حـسب میلیون متر مکعب است. ضریب ۲۴/۲۰ به این دلیل آمده است که بمنظور کاهش هزینه ی انـرژی، پمپ چاهها در ساعات اوج مصرف برق (به مدت ۴ ساعت) خاموش است که این ضریب بیـانگر ایـن است که از ۲۴ ساعت شبانه روز، حدود ۲۰ ساعت پمپ چاهها روشن است (سازمان آب منطقـه ای استان خراسان شمالی، ۱۳۸۵).

محدودیت عمق چاه: با توجه به عمق سنگ کف هر چاه، این محدودیت را مـی تـوان بـه صـورت زیر بیان نمود (یافته‌های پژوهش):

$$h_r \leq h \leq h_r + p \qquad (۶)$$

در رابطه ی ۶، h_r عمق کنونی چاه و p فاصله ی کف چاه موجود تا سنگ کف می باشد.

محدودیت هزینه ی پمپاژ و حفاری: کم ترین هزینه ی پمپاژ و حفـاری یـک حلقـه چـاه بـه صورت زیر نوشته شد (یافته‌های پژوهش):

$$(1+s)\left(\frac{R\gamma aTQH_P}{1000*\eta}\right) + (h_n - h_r)*k + (h_n - h_r)*l \geq C_{\min} \qquad (۷)$$

محدودیت زمین: محدودیت سطح زیرکشت محصولاتی که در منطقه می تواند کشت شود:

$$\sum_{j=1}^{n} x_j \leq A, \qquad (۸)$$

کمینه و بیشینه ی سطح زیر کشت برای هر محصول: این مقادیر با اسـتفاده از داده هـای سال های گذشته ی منطقه بدست می آید.

$$x_{\min} \leq x_j \leq x_{\max} \qquad (۹)$$

محدودیت آب مورد نیاز هر محصول: مقدار آب در دسترس برای محصولات در الگوی کشت نباید بیش تر از مقدار استحصال مجاز سالانه ی آب چاهها باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

$$\sum_{j=1}^{n} w_j x_j \le Qg, \qquad (۱۰)$$

در رابطه ی ۱۰، w_j نیاز ناخالص آبی (با راندمان ۳۰ درصد) برای محصول j در منطقه و Q_g مقدار برداشت مجاز سالانه ی آب چاهها می باشد.

محدودیت کمینه ی درآمد: در این مورد، هنگام کمینه کردن هزینه ی پمپاژ، درآمد ناخالص کشاورزان نبایستی از سطح کم ترین درآمدی که مقدار آن از حل برنامه ریزی خطی تعیین شد؛ کم تر باشد.

$$\sum_{j=1}^{n} GM_j x_j \ge I_{\min}, \qquad (۱۱)$$

در رابطه ی ۱۱، GM_j بازده ی ناخالص محصول j ام، $I_{\min}$ کمینه ی درآمد ناخالص کشاورزان است.

با توجه به هزینه ها و محدودیت های بالا، جهت تعیین عمق بهینه ی حفاری چاهها با هدف کاهش هزینه های حفاری و پمپاژ آب و تامین آب مورد نیاز کشاورزی، مسئله ی برنامه ریزی غیر خطی به صورت زیر نوشته شد:

$$Minimize \quad C_{total} = \sum_{j=1}^{m} \left(\sum_{i=1}^{n} (1+s)\left(\frac{R\gamma aTQ_i H_{Pi}}{1000*\eta}\right) + \sum_{i=1}^{n} (h_{ni} - h_{ri}) k_i + \sum_{i=1}^{n} (h_{ni} - h_{ri}) l_i \Big/ A \right) x_j$$

$$subject \ \ to:$$

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i \ge \frac{24}{20} D/t$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_j \le A$$

$$\sum_{j=1}^{m} w_j x_j \le Q_g$$

$$\sum_{j=1}^{n} GM_j x_j \ge I_{\min}$$

$$(1+s)\left(\frac{R\gamma aTQH_P}{1000*\eta}\right) + (h_n - h_r)*k + (h_n - h_r)*l >= C_{\min}$$

$$x_{\min} \le x_j \le x_{\max}$$

$$h_r \le h_i \le h_r + p \qquad (۱۲)$$

Archive of SID

www.SID.ir

در مدل بالا C_{total} هزینه ی کل پمپاژ و حفاری تعداد چاههای موجود در هر هکتار است که به صورت یک معادله ی غیر خطی است و بایستی مسئله را برای متغیرهای ارتفاع بهینه ی حفر چاه h_{ni}، دبی چاه Q_i، ارتفاع پمپ H_{Pi}، و سطح زیرکشت بهینه ی هر محصول x_j حل کرد. در مدل j تعداد محصولات، i تعداد حلقه ی چاههای موجود، k هزینه ی حفاری واحد طول، A سطح زیرکشت کل منطقه و s ضریب هزینه ی سالیانه ی تعمیر و نگهداری پمپ می باشد.

نتایج و بحث

برای تعیین تابع هدف هر یک از هزینه های پمپاژ و حفاری چاه به تفکیک محاسبه شد.

هزینه ی انرژی: هزینه ی انرژی با فرض ۲۰ ساعت کارکرد روزانه ی پمپ های چاهها و هزینه ی هر کیلو وات ساعت انرژی در ساعات عادی در منطقه، ۲۸۵/۱۲ ریال به صورت زیر محاسبه شد:

$$C_{energy} = \frac{R\gamma aTQH_P}{\eta * 1000} = 7087.26\sum_{i=1}^{380} Q_i H_{Pi} \qquad (۱۳)$$

در رابطه ی بالا γ وزن مخصوص آب و R ضریب تبدیل هزینه ی سرمایه ای به جاری می باشد و به صورت زیر بدست می آید (اسکویی نژاد، ۱۳۶۸):

$$R = \frac{((1+r)^n - 1)}{r(1+r)^n} \qquad (۱۴)$$

در این رابطه، r نرخ بهره ی سالانه (۱۴ درصد) و n تعداد سال می باشد که در این مطالعه ، n برابر ۱ سال و η بازده ی پمپ نیز ۰/۷۰ درنظرگرفته شد (سازمان آب منطقه ای استان خراسان شمالی).

با توجه به این که هزینه ی سالیانه ی تعمیر و نگهداری پمپ ۰/۰۸ هزینه ی انرژی سالیانه در نظر گرفته شده، می توان هزینه ی تعمیر و نگهداری را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$C_{repair} = 0.08(\frac{R\gamma aTQH_P}{\eta * 1000}) = 566.98\sum_{i=1}^{380} Q_i H_{Pi} \qquad (۱۵)$$

هزینه ی حفاری: در شرایط کنونی عمق چاههای موجود در دشت بجنورد برابر ۲۰۰ متر است. در عمق بیش تر از ۲۰۰ متر، هزینه ی حفاری به ازای هر متر، ۴۲۸۰۰۰ ریال می باشد (دفتر امور فنی و تدوین معیار ها، ۱۳۸۵)، بنابراین هزینه ی حفاری به صورت زیر محاسبه شد:

Archive of SID

www.SID.ir

$$C_{dig} = \sum_{i=1}^{380} (h_{ni} - 200) * 428000 \qquad (۱۶)$$

هزینه ی لوله گذاری در چاه: هزینه ی تهیه و اجرای لوله ی داخل چاه با عمق بیش از ۲۰۰ متر، به ازای هر متر، ۳۹۸۰۰۰ ریال است (دفتر امور فنی و تدوین معیار ها، ۱۳۸۵)، بنابراین هزینه ی لوله گذاری به صورت زیر بدست آمد:

$$C_{pipe} = \sum_{i=1}^{380} (h_{ni} - 200) * 398000 \qquad (۱۷)$$

محدودیت های مدل

محدودیت دبی چاهها: میزان نیاز آب کشاورزی در این ناحیه برابر ۳۵ میلیون مترمکعب است، بنابراین دبی چاهها به صورت زیر محاسبه شد:

$$Q_i \geq \frac{24}{20} * (35 * 10^6) / 380 * 31536000 = 3.5(lit/s) \qquad (۱۸)$$

محدودیت عمق چاه: با توجه به عمق سنگ کف هر چاه (فاصله ی سنگ کف تا عمق فعلی چاه ۶۸ متر است)، محدودیت عمق چاه به صورت زیر در نظر گرفته شد:

$$200 \leq h_{ni} \leq 200 + 68 \qquad (۱۹)$$

محدودیت هزینه ی پمپاژ و حفاری: کم ترین هزینه ی پمپاژ و حفاری یک حلقه چاه بنا بر داده های گرد آوری شده از کارشناسان سازمان آب منطقه ای استان ۵ میلیون ریال در نظرگرفته شد:

$$(1.08)(\frac{R\gamma aTQH_P}{1000 * \eta}) + (h_n - 200) * 428000 + (h_n - 200) * 398000 \geq 5000000 \qquad (۲۰)$$

محدودیت زمین: مقدار سطح زیرکشت این ناحیه که به وسیله ی چاه آبیاری می شود، برابر ۱۲۰۰۰ هکتار و عمده محصولاتی که کشت می شود، گندم (x_1)، جو (x_2)، حبوبات (x_3)، آفتابگردان (x_4)، یونجه (x_5)، پنبه (x_6) می باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان شمالی).

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 12000 \ , \qquad (۲۱)$$

محدودیت آب مورد نیاز هر محصول: نیاز ناخالص آبی محصولات برای الگوی کشت نباید بیش تر از مقدار استحصال مجاز سالانه ی آب چاهها باشد.

$$13733x_1 + 11766.67x_2 + 21100x_3 + 23633x_4 + 33733x_5 + 30300x_6 \leq 35 * 10^6, \qquad (۲۲)$$

Archive of SID
www.SID.ir

محدودیت کمینه ی درآمد: سطح کمینه ی درآمد (بر حسب ریال)، کشاورزان از حل مسئله برنامه ریزی خطی بدست آمد و درآمد ناخالص کشاورزان دست کم بایستی برابر با این مقدار باشد:

$$1061430x_1 + 803833.7x_2 + 1154492x_3 + 743108x_4 + 1348463x_5 + 341186x_6 \geq 2393 * 10^6 \quad (۲۳)$$

نتایج حل برنامه ریزی غیرخطی برای تعیین عمق بهینه ی حفر چاه در جدول ۱ آمده است. با توجه به داده های جدول ۱ مشاهده شد که ارتفاع بهینه ی حفر چاه برابر ۲۰۵/۹۹ متر است. با توجه به این که برداشت غیر مجاز آب از چاهها و کاهش نسبتاً شدید سطح آب در دشت، بمنظور تامین آب، نیاز به حفاری و کف شکنی چاههای موجود دارد، در این شرایط، برداشت آب از چاه تا ارتفاع ۲۰۵ متر مقرون به صرفه خواهد بود. با حفاری چاه تا عمق ۲۰۵ متری دبی چاه و ارتفاع پمپ به ترتیب ۲۹ لیتر بر ثانیه و ۲۲۸/۳۲ متر تعیین می شود. افزون بر این، ارتفاع بهینه ی حفر چاه به حدی است که بتواند آب مورد نیاز کشاورزی را تامین کند. در این حالت سطح زیرکشت بهینه برای گندم ۳۱۵۶، جو ۱۰۰۰، حبوبات ۳۰۰، آفتابگردان ۲۰۰، یونجه ۹۰ و پنبه ۳ هکتار می شود. گفتنی است که هزینه ی حفاری و پمپاژ آب چاههای موجود در منطقه پس از بهینه سازی مقدار ۳۷۷ میلیون ریال تعیین شد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

در این مطالعه با استفاده از برنامه ریزی غیر خطی، ارتفاع بهینه ی حفر چاههای کشاورزی در دشت بجنورد با هدف تامین آب مورد نیاز کشاورزی و صرف کم ترین هزینه جهت حفاری و پمپاژ آب تعیین شد. پمپاژ بیش از حد منابع آب زیرزمینی در این ناحیه، بمنظور دستیابی کشاورزان به سود های کوتاه‌مدت اقتصادی، اثرات زیانباری را به سفره های آب زیر زمینی وارد نموده است. نتایج مطالعه نشان داد که برداشت آب از چاه با حفر چاههای موجود تا ارتفاع ۲۰۵ متری مقرون به صرفه خواهد بود. با حفاری چاه تا عمق ۲۰۵ متری، دبی چاه و ارتفاع پمپ به ترتیب ۲۹ لیتر بر ثانیه و ۲۲۸ متر تعیین شد. افزون بر این، سطح زیرکشت بهینه برای محصولات عمده ی منطقه با هدف تامین آب مورد نیاز به وسیله ی حفر چا ههای موجود تعیین شد. با تعیین عمق بهینه ی حفر چاههای کشاورزی می‌توان از یک سو از کاهش سطح آب زیرزمینی جلوگیری و از سوی دیگر، باعث کاهش هزینه ی پمپاژ آب شد؛ به گونه ای که میزان آب مورد نیاز کشاورزان منطقه تامین شود.

گفتنی است که حفر چاههای عمیق مشکلاتی همچون خشک شدن چاههای آب، کاهش دبی، تنزل کیفیت آب، افزایش هزینه ی پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را در پی دارد، بنابراین

Archive of SID

www.SID.ir

پیشگیری از پمپاژ بی رویه ی آب و در صورت امکان استفاده از آب های سطحی به جای آب زیرزمینی می تواند در کاهش این مشکلات مفید باشد.

با توجه به یافته های مطالعه، تعیین ارتفاع بهینه ی حفر چاههای کشاورزی و نظارت مستمر بر میزان برداشت آب از چاهها جهت حفظ منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی توصیه می شود. در پایان مطالعه، بیش تر در این زمینه بمنظور ارایه ی سیاست های مناسب در راستای بهینه سازی مصرف منابع آب زیرزمینی توصیه می شود.

منابع

۱- اسکویی نژاد م. ۱۳۶۸. اقتصاد مهندسی (ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی). انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

۲- جهاد کشاورزی استان خراسان شمالی. ۱۳۸۵.

۳- دفتر امور فنی و تدوین معیار ها. ۱۳۸۵. فهرست بهای واحد رشته چاه ها و قنات ها. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مرکز مدارک علمی و انتشارات.

۴- سازمان آب منطقه ای خراسان شمالی. ۱۳۸۵.

۵- صفری ح.، نوایی نیا ب. و شریفی م. ۱۳۸۳. تعیین عمق بهینه چاه ها جهت کف شکنی با استفاده از برنامه ریزی غیر خطی. مجله آب و فاضلاب، ۱۵: ۴۱-۳۵.

۶- فرج زاده م.، ولایتی س. و حسینی آ. ۱۳۸۴. تحلیل بحران آب در دشت نیشابور با رویکرد برنامه ریزی محیطی. پروژه پژوهشاتی شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان.

7- Ellis E.M. 1998. Agricultural groundwater conservation program in the phoenix active management area. M.S. Thesis, University of Arizona, Tucson, AZ.

8- Geem Z. W. 2006. Optimal cost design of water distribution networks using harmony search. Engineering Optimization, 38(3): 259-277.

9- Ostfeld A. and Salomons E. 2004 .Optimal operation of multi-quality water distribution system: unsteady conditions. Engineering Optimization, 36(3): 337-359.

10- Srinivasa R. L. and Elango K. 1992. Optimal design of water distribution networks with head dependent outflows using augmented lagrangian. Journal of the Institute of Engineering., 73(2): 27-33.

11- Zhao Y., Shigang Z. and Xun L. 2003. Cost-effective optimal design of groundwater source heat pumps. Applied Thermal Engineering, 23(13): 1595-1603.

12- Hellegers P., Zilberman D. and Ierland E. 2001. Dynamics of agricultural groundwater extraction. Ecological Economics, 37(2):303-311.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست

جدول ۱- ارتفاع بهینه ی حفر چاه و سطح زیر کشت بهینه در بهره برداری از چاهها

ویژگی چاه	مقدار بهینه
ارتفاع بهینه ی حفر چاه (متر)	۲۰۵,۹۹
دبی چاه (لیتر بر ثانیه)	۲۹
ارتفاع پمپ (متر)	۲۲۸,۳۲
	سطح زیر کشت بهینه ی محصولات (هکتار)
گندم	۳۱۵۶,۶۶
جو	۱۰۰۰
حبوبات	۳۰۰
آفتابگردان	۲۰۰
یونجه	۹۰
پنبه	۳

منبع: نتایج پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir