نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۵۵۵-۵۴۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 545-555

باز طراحی شبکه آبیاری تحت‌فشار دشت فتحعلی مغان به روش گروه‌بندی ارتفاعی اراضی

عاطفه صفایی[۱]، حمید زارع ابیانه[۲*]، سیدحسین فرشی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۶

چکیده

مصرف انرژی و هزینه‌های مرتبط با انجام محاسبات هیدرولیکی شبکه آبیاری تحت‌فشار دشت فتحعلی مغان در برنامه WaterGems برای سه راه‌کار متفاوت به‌روش گروه‌بندی ارتفاعی اراضی و با فرض عدم تغییر سامانه‌های آبیاری جانمایی شده، محاسبه و با راه‌کار موجود مقایسه گردید. دامنه ارتفاعی ۲۲۰-۲۱۰ متر به‌عنوان ناحیه بهینه ارتفاعی پیشنهاد گردید که ارتفاع حدود ۷۷ درصد از اراضی از دامنه ارتفاعی فوق کم‌تر است. نتایج نشان داد در صورت اضافه نمودن ایستگاه پمپاژ PS2 در دامنه ارتفاعی فوق می‌توان فشار لازم برای آبیاری ۵۰۶ هکتار از اختلاف ارتفاع اراضی تامین نمود. هزینه‌های سالیانه انرژی در راه‌کار موجود با تعرفه ۹۰ ریال ۰/۸۷، با تعرفه ۱۰۰۰ ریال ۹/۶۵ میلیون ریال در هکتار و هزینه کل آن به‌ترتیب ۳۵۰/۹۳ و ۱۲۶۱/۱۲ میلیارد ریال است. در حالی‌که هزینه‌های سالیانه انرژی با گروه‌بندی ارتفاعی در راه‌کار سوم با تعرفه ۹۰ ریال ۰/۵۵ و با تعرفه ۱۰۰۰ ریال ۶/۱۴ میلیون ریال در هکتار و هزینه کل آن ۳۲۴/۲۱ و ۸۹۵/۷ میلیارد ریال بود. با جانمایی ایستگاه پمپاژ PS2، مصرف انرژی تا ۳۷/۲ درصد و تعداد شیرهای فشارشکن ۴۴ درصد نسبت به راه‌کار موجود کاهش یافت. به‌کارگیری روش گروه‌بندی ارتفاعی در طراحی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار موجب کاهش هزینه‌های انرژی و لوازم آبیاری و اقتصادی‌تر شدن تولیدات کشاورزی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، توان مصرفی، ناحیه بهینه ارتفاعی، هزینه انرژی مصرفی

مقدمه

بررسی مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ، به‌دلیل وابستگی عملیات آبیاری به‌ویژه روش‌های آبیاری تحت‌فشار به تامین و مصرف انرژی، ضرورت دارد. مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ، زیاد بوده و بهینه‌سازی آن از اهداف طراحی سامانه‌های آبیاری است (ویسی و شمشادی، ۱۳۸۷ و نظری و همکاران، ۱۳۹۵). سازمان خواربار جهانی کشاورزی (FAO) با ارایه روش‌شناسی برآورد هزینه‌های فصلی انرژی با ابعاد لوله‌ها و اندازه پمپ‌ها بر لزوم تعیین نیاز انرژی در سامانه‌های آبیاری تاکید دارد (FAO, 2002 and FAO, 1992). دلفان آذری و پرورش‌ریزی (۱۳۹۵) نشان دادند تلفات انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ مجهز به پمپ‌های با دور متغیر کم‌تر از ایستگاه‌های پمپاژ دارای پمپ دور ثابت است. در نتایج تحقیق آنان برای یک سامانه آبیاری قطره‌ای کاهش تلفات انرژی به‌میزان ۴۴ تا ۵۴ درصد برای پمپ‌های با دور متغیر گزارش شد. نظری و همکاران (۱۳۹۵)، هزینه انرژی و میزان انرژی برای تأمین و پمپاژ هر مترمکعب آب در سامانه‌های آبیاری بارانی با آبپاش متحرک، مکانیزه (سنترپیوت، لینیر) و موضعی را در شبکه آبیاری دشت قزوین به‌ترتیب ۲۹۰، ۲۰۵، ۲۰۴ ریال و ۰/۲۹، ۰/۲۰۵، ۰/۲۰۲ کیلووات ساعت محاسبه نمودند. رودریگوز و همکاران، انرژی مورد نیاز برای آبیاری هر هکتار زمین مجهز به سامانه آبیاری تحت‌فشار در تعدادی پروژه از مرکز بین‌المللی تکنولوژی و تحقیقات آبیاری و زهکشی اسپانیا را ۱/۵۶ کیلووات ساعت به‌دست آوردند. در عین حال کشاورزان برای کاهش هزینه‌های انرژی سعی در کاهش انرژی مصرفی از طریق کاهش ساعات کار ایستگاه پمپاژ دارند. این امر سبب عدم تامین کامل آب مورد نیاز گیاه و تنش اجباری و ناخواسته آبی در گیاهان می‌شود که نشان دهنده لزوم توجه و تحلیل همزمان آب و انرژی مورد نیاز در سطح مزارع است (Rodríguez et al. 2011). رودریگوز و همکاران با گروه‌بندی ارتفاعی[۴] اراضی شبکه آبیاری فونته پالمرا[۵] در جنوب اسپانیا و تنظیم ارتفاع دینامیک ایستگاه پمپاژ با فشار مورد نیاز هر بخش به‌صورت فشار ثابت و فشار متغیر در محیط نرم‌افزار EPANET موفق به صرفه‌جویی ۲۷ درصدی نیاز انرژی در حالت فشار متغیر شدند (Rodríguez et al., 2009).

۱ - فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳- کارشناس ارشد شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه
(* - نویسنده مسئول: (Email: zareabyaneh@gmail.com

4- Grouping intakes
5- Fuente Palmera area

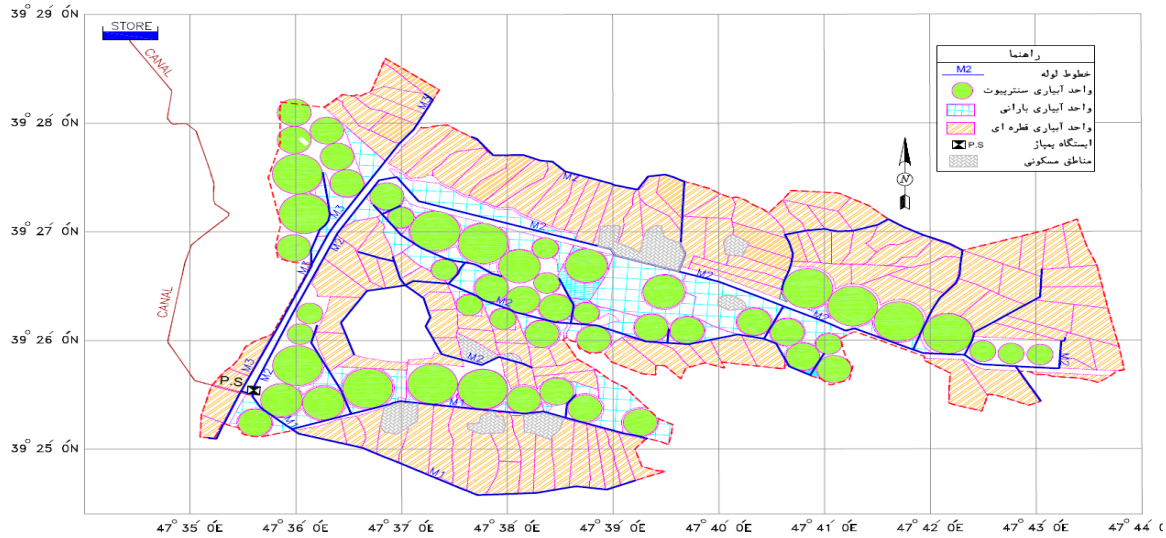
تحقیقات گونزالس پریا و همکاران،۰در جنوب اسپانیا نشان داد روش‌های نوین آبیاری در مقایسه با روش‌های سنتی، ضمن کاهش ۴۰ درصد از آب مصرفی موجب افزایش انرژی مصرفی شده‌اند (González et al., 2015). در تحقیقی دیگر آبادیا و همکاران، نشان دادند با اجرای روش‌های آبیاری تحت فشار تلفات آب کاهش و مصرف انرژی افزایش می‌یابد. آنان برای جبران هزینه‌های انرژی در ناحیه آبیاری جنوب اسپانیا راندمان انرژی را با گروه‌بندی ارتفاعی اراضی از ۲۲ درصد به ۳۲/۷ درصد ارتقا و مصرف انرژی ۳۴/۳ درصد کاهش دادند (Abadía et al., 2012). جیمنزبلو و همکاران، برای شبکه آبیاری به‌وسعت ۱۱۶ هکتار در والنسیای اسپانیا اقدام به تامین فشار هیدرانت‌ها به‌روش واحدبندی اراضی براساس الگوریتم ژنتیک برای ۵ واحد آبیاری نمودند. نتایج بیان‌گر صرفه‌جویی ۳۶ درصد انرژی در واحدهای آبیاری دارای دامنه ارتفاعی نزدیک به‌هم بود. (Jiménez-Bello et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر جیمنزبلو و همکاران، ناحیه آبیاری قطره‌ای برای باغات مرکبات به مساحت ۱۸۰ هکتار در اسپانیا را در قالب ترکیبی از دو ناحیه آبیاری ثقلی و قطره‌ای باز طراحی نمودند. نتایج نشان داد میزان انرژی و هزینه‌های انرژی نسبت به حالت آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب ۳۶/۴ و ۳۱/۵ درصد کاهش دارد (Jiménez-Bello et al., 2015). ایگناسیو کارکولس و همکاران، زمان روشن شدن پمپ‌ها در شبکه آبیاری منطقه تارانوزا[1] در اسپانیا را براساس نیازمندی هیدرانت‌ها به فشار در محیط Matlab تنظیم نمودند. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی، یعنی استفاده از فشار متغیر به‌جای فشار ثابت، منجر به صرفه‌جویی ۸-۴ درصد در مقدار انرژی روزانه و ۳۶-۱۳ درصد در هزینه‌های مرتبط با انرژی می‌شود (Ignacio Córcoles et al., 2015). سلامی و فارسی (۱۳۹۴) مصرف انرژی در ۱۲ الکتروپمپ مشابه فرضی از مجموعه مشترکین آب شرب را براساس تعرفه زمانی شرکت توزیع برق محاسبه نمودند. روش کار آنان استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ابتکاری دینامیکی در کاهش هزینه‌های انرژی الکتروپمپ‌ها براساس مشخصه‌ی هیدرولیکی پمپ‌ها و دبی آب خروجی بود که در برنامه زمان‌بندی ۲۴ ساعته موفق به کاهش هزینه‌های انرژی شدند. رضوانی و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی انرژی مصرفی برخی ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی در منطقه همدان، افزایش راندمان ایستگاه پمپاژ و راندمان آبیاری را دو راه‌کار مهم در کاهش انرژی مصرفی گزارش نمودند. پلانلز و همکاران، با تنظیم دبی ایستگاه پمپاژ مطابق نیاز شبکه، موفق به ایجاد تعادل بین هزینه‌های انرژی و هزینه‌های بهره‌برداری و نگه‌داری ایستگاه پمپاژ با راندمان شبکه آبیاری شدند (Planells et al., 2005). لوک و همکاران ، افزایش هم‌زمان یا مجزای هر یک از راندمان‌های پمپ، انتقال و موتور را موجب افزایش راندمان مصرف انرژی و به‌تبع کاهش هزینه‌های انرژی می‌دانند (Luc et al., 2006).

بررسی منابع نشان داد مصرف انرژی در سیستم‌های نوین آبیاری بیش از روش‌های سنتی است که در فرآیند طراحی و تحلیل اقتصادی سامانه‌های آبیاری ایران کم‌تر مورد توجه است. روند توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار به‌دلیل محدودیت منابع آب از دیدگاه مصرف کم‌تر و ضرورت توجه به مباحث بهینه‌سازی انرژی مصرفی از دیدگاه اقتصادی، نیازمند بازطراحی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در عرصه‌های بزرگ می‌باشد. با اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ و با عنایت به آزمایشی بودن طرح آبیاری دشت فتحعلی، ارزیابی تمامی پارامترهای موثر بر کاهش هزینه‌های اقتصادی و فنی طرح جهت اجرا در شبکه آبیاری ۸۵۰۰۰ هکتاری خدا آفرین در دستور کار وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی به‌عنوان کارفرمایان شبکه و طرح آبیاری قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

طرح مورد مطالعه، شبکه آبیاری اراضی مرتعی عشایری دشت فتحعلی به‌وسعت ناخالص ۵۱۸۲ هکتار در تراز ۱۴۵ تا ۲۴۵ متر از سطح دریا می‌باشد. این طرح به‌عنوان بخش آزمایشی طرح بزرگ آبیاری شبکه خدا آفرین به‌وسعت ۸۵۰۰۰ هکتار از اراضی جلگه مغان در استان اردبیل است. دشت فتحعلی در قالب ۱۶ قشلاق در مختصات جغرافیایی '۳۴ °۴۷ تا '۴۴ °۴۷ طول شرقی و عرض شمالی '۲۴ °۳۹ تا '۲۹ °۳۹ و در ۳۵ کیلومتری پارس‌آباد مغان قرار دارد. قشلاق‌ها به‌واسطه عدم تداخل مرزها و به‌تبع عدم اشتراک سیستم‌های آبیاری پیشنهادی از نظر اجتماعی و مالکیتی به‌عنوان یک عامل محدود کننده، نقش مهم و تعیین کننده‌ای در تقسیم‌بندی واحدهای آبیاری دارند. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۸۴/۶ میلی‌متر است که نشان‌دهنده کمبود بارندگی‌ها و نیازمندی به عملیات آبیاری برای توسعه کشاورزی است (حسینی و حسینی، ۱۳۹۵). آب مورد نیاز با انشعاب از سد میل مغان به حوضچه ذخیره ۲۲ هزار مترمکعبی در ارتفاع ۱۹۵ متری به مختصات جغرافیایی "۳۰ '۳۴ °۴۷ طول شرقی و "۴۹ '۲۸ °۳۹ عرض شمالی پمپاژ می‌گردد. سپس سه مترمکعب در ثانیه آب توسط کانال روباز بتنی به‌طول ۷/۴ کیلومتر از حوضچه ذخیره به ایستگاه پمپاژ شبکه آبیاری PS1، در ارتفاع ۱۸۷/۵ متر از سطح دریا به مختصات جغرافیایی "۳۸ '۳۵ °۴۷ طول شرقی و "۳۰ '۲۵ °۳۹ عرض شمالی پمپاژ جابجا می‌شود (شکل ۱). سه خط لوله M1، M2 و M3 وظیفه انتقال آب به سیستم‌های آبیاری در بخش‌های مختلف دشت از محل ایستگاه پمپاژ PS1 را دارند که مشخصات کلی هر یک از سه خط انتقال شامل تعداد الکتروپمپ‌ها، فشار، دبی و سطح تحت پوشش سیستم‌های آبیاری در جدول ۱ آمده است.

1- Tarazona



شکل ۱- پلان جانمایی سیستم‌های آبیاری و خطوط لوله در شبکه آبیاری فتحعلی

جدول ۱- سطح سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار هر یک از خطوط رانش در ایستگاه پمپاژ PS1 در راه‌کار موجود

خط	تعداد الکتروپمپ‌ها (-)		فشار (متر)	دبی (لیتر بر ثانیه)	سطح سیستم آبیاری (هکتار)		
	اصلی	ذخیره			سنترپی‌وت	کلاسیک ثابت آبپاش متحرک	قطره‌ای
M1	۳	۱	۱۰۴	۶۰۹	۳۱۱/۹۷	۱۸۰/۲۲	۴۰۸/۹
M2	۸	۲	۱۱۴	۱۸۶۱	۶۲۴/۵	۳۹۰/۱۳	۱۷۹۳/۱۵
M3	۳	۱	۵۱	۳۰۲	۱۷۲/۲	۴۶/۶	۱۸۰/۲

در شکل ۱ شامل جانمایی ۵۳ دستگاه آبیاری بارانی از نوع سنترپی‌وت[1]، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در اراضی بین سنترپی‌وت‌ها و اراضی دارای محدودیت توپوگرافی است. هم‌چنین ۱۲۳ واحد آبیاری قطره‌ای به مساحت ۷/۲ تا ۳۷/۲ هکتار نیز برای آبیاری باغات طراحی شده است. در مجموع سطح شبکه آبیاری بارانی ۱۶۵۳/۶۲ هکتار شامل ۵۴۴/۹۵ هکتار سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، ۱۱۰۸/۶۷ هکتار سیستم سنترپی‌وت و ۲۳۸۲/۲۵ هکتار آبیاری قطره‌ای است. تمامی الکتروپمپ‌ها در ایستگاه پمپاژ PS1 از نوع فشار قوی می‌باشند که به‌صورت موازی نصب هستند و آب را به‌روش پمپاژ مستقیم به بخش‌های مختلف اراضی پمپاژ می‌نمایند (شکل ۱).

ارتفاع پمپاژ در خط M1 معادل ۱۰۴ متر است که برای کاهش فشار در اراضی پایین‌تر از تراز ایستگاه پمپاژ تعدادی شیر فشارشکن پیش‌بینی شده است. در خط M2 نیز فشار لازم برای آبیاری ۱۱۴ متر است که در این خط نیز با تحمیل هزینه از شیرهای فشارشکن برای کنترل فشار استفاده شده است. در خط M3 به‌دلیل کم بودن دامنه تغییرات اراضی نیازی به استفاده از شیر فشارشکن برای کنترل فشار نمی‌باشد در طراحی انجام شده در مجموع برای راه‌کار موجود ۳۲۴۶۲ متر لوله پلیمری فایبرگلاس[2] (GRP) در اقطار ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر با فشار تحمل ۶ تا ۱۶ اتمسفر، ۵۱۴۲۰ متر لوله پلی‌اتیلن در اقطار ۶۳ تا ۵۰۰ میلی‌متر با فشار تحمل ۸ آتمسفر و ۶۸ شیر فشارشکن در دفترچه طراحی پیشنهاد شده است.

ارتفاع پمپاژ در راه‌کار موجود و در بازطراحی مجدد از مجموع ارتفاع استاتیک ایستگاه پمپاژ و محاسبه هم‌زمان افت فشار در مسیرهای مستقیم و افت‌های موضعی در برنامه WATERGEMS محاسبه شد. در این برنامه فشار در تمامی نقاط شبکه به لحاظ شرایط توپوگرافی مزرعه، طول و قطر لوله‌های پیشنهادی، به‌دست آمد. برای این منظور ابتدا مشخصات ایستگاه پمپاژ و رقوم ارتفاعی کلیه نقاط شبکه در قالب یک فایل توپوگرافی با پسوند dxf در محیط Autocad ایجاد شد. سپس دبی هر یک از نقاط مصرف، قطر اولیه خطوط لوله و شیرآلات مورد نیاز در مکان‌های مورد نظر بر روی آن مشخص گردید. با فراخوانی فایل dxf در محیط برنامه WATERGEMS مقادیر افت به‌روش هیزن- ویلیامز محاسبه و نقشه طراحی جهت ویرایش نهایی مجددا به محیط Autocad ارسال

1- Center Pivot

2- Glass fiber reinforced Polyester

گردید. تمامی افت‌ها به لحاظ ضریب هیـزن ویلیـامز ۱۳۰ در برنامـه WATERGEMS از رابطه ۱، به‌دست آمد.

$$Hf = 1.212\times10^{10}\times L\times\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}\times D^{-4.871} \quad (۱)$$

که در آن Hf افت فشار (متر)، Q دبی (لیتـر بـر ثانیـه)، D قطـر داخلی لوله (میلی‌متر)، L طول لوله (متر) و C ضـریب هیـزن ویلیـامز می‌باشد.

انرژی مورد نیاز، نیرو محرکه، برای پمپاژ آب به تفکیک هر یـک از خطوط انتقال از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$P = \frac{\gamma QH}{1000\mu} \quad (۲)$$

که γ وزن مخصوص آب برابر ۹۸۱۰ (نیـوتن بـر مترمکعـب)، Q دبی پمپ (مترمکعب بر ثانیه)، H ارتفاع پمپاژ (متر) و μ راندمان پمپاژ یا راندمان پمپ و موتور (درصد) است. دبـی طراحـی در خطـوط لولـه اصلی و نیمه اصلی براساس هیدرومدول ۰/۷۸ لیتر بر ثانیه بر هکتار و راندمان ۷۰ درصد آبیاری بارانی و هیدرومدول ۰/۵۲ لیتر بر ثانیـه بـر هکتار و راندمان ۸۵ درصد برای آبیاری قطره‌ای به‌دست آمد (عباسـی و همکاران، ۱۳۹۴).

ارزش فعلی هزینه انرژی مصرفی با ۲۱ ساعت کار شبانه‌روزی در ۱۰۰ روز کاری برای ۲۰ سال با قیمت هر کیلووات برق ۹۰ ریال قبل از اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها (وزارت نیـرو، ۱۳۹۰) و ۱۰۰۰ ریـال بعد از طرح هدفمندی (تشکینی، ۱۳۹۳) از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$C = \frac{F_1}{1+g}\left[\frac{(1+j)^n-1}{j(1+j)^n}\right] \quad \& \quad F_1 = a.P.T \quad \& \quad j = \frac{1+i}{1+g}-1 \quad (۳)$$

که C ارزش فعلی مصرف انرژی (ریال)، F_1 هزینه مصرف انرژی در سال اول (ریال)، g نرخ افزایش قیمت انـرژی (درصـد)، j ضـریب تبدیل هزینه سرمایه‌ای به جاری، a تعرفه ریالی مصرف هر کیلـووات ساعت انرژی، P مصرف انرژی (کیلووات)، T ساعات کارکرد ایسـتگاه پمپاژ، i نرخ بهره (درصد) و n مدت بهره‌برداری (سال) است.

هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از هر ایستگاه پمپاژ برای یـک سـال براسـاس هزینـه و دسـتمزد کـارگری سـاتل ۱۳۹۳ معـادل ۲۲۸۰۰۰۰۰۰ ریال بود. هزینه‌های فوق شامل ۸۰۰۰۰۰۰ ریال حقوق ماهانه متصدی، ۱۱۰۰۰۰۰۰ ریال حقوق ماهانه دو نفر نگهبان است.

بازطراحی سیستم‌های آبیاری براساس واحدبندی ارتفاعی اراضـی و قرار دادن اراضـی دارای ارتفاعـات نزدیـک بـه هـم در یـک واحـد ارتفاعی مشترک با فرض عدم تغییر موقعیت سیستم‌های آبیاری فعلی بود. به‌عبارتی برای برهم نخوردن موقعیت مکانی سیستم‌های آبیـاری و اضافه نشدن هزینه‌های جدید سعی شـد تـا کـم‌تـرین تغییـرات در موقعیت لوله‌های انتقال بوجود آید. بنابراین در بخـش ایسـتگاه پمپـاژ تغییراتی ایجاد شد و آب‌رسانی به بخشی از اراضی نیز بـه‌روش ثقلـی تغییر یافت که در راستای کاهش هزینه‌ها بـود. واحدبنـدی اراضـی و جانمایی مسیرهای انتقال آب برای هر یـک واحـدها از ادغـام نقشـه ارتفاع – سطح و نقشه شیب اراضی بر روی نقشـه توپـوگرافی دارای خطوط تراز در محیط Autocad با لحاظ نمودن مرز نهایی قشلاق‌هـا حاصل شد. برای تعیین محل بهینه ارتفاعی ایستگاه پمپاژ نقشه ارتفاع – سطح در یازده دامنه ارتفاعی ۱۰ متری بین حداقل و حداکثر ارتفاع اراضی در دامنه‌های ۱۴۰ تا ۲۵۰ متر از سطح دریا ایجاد شـد (جـدول ۲).

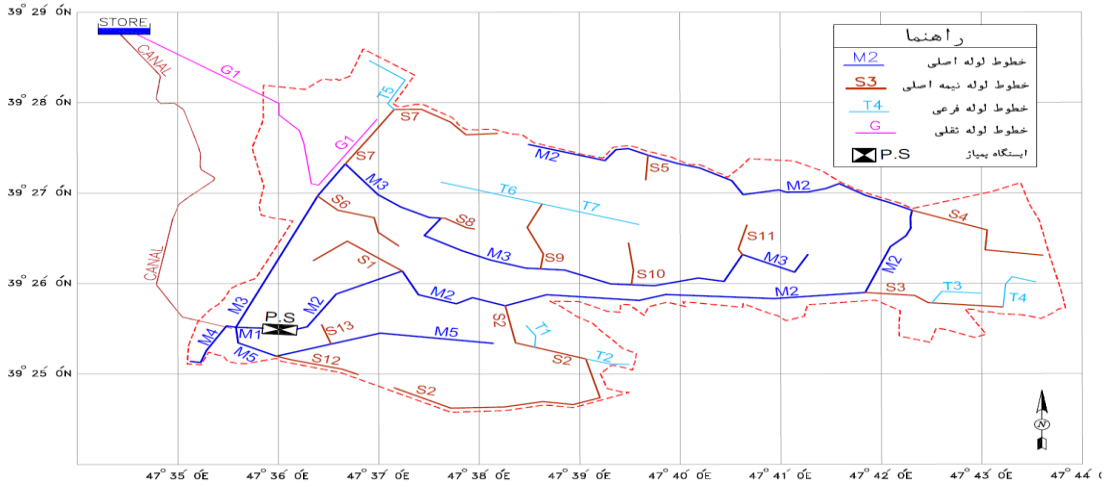
جدول ۲- مشخصات ارتفاع-سطح در اراضی شبکه آبیاری فتحعلی

محدوده ارتفاعی از سطح دریا (متر)		۱۵۰- ۱۴۰	۱۶۰- ۱۵۰	۱۷۰- ۱۶۰	۱۸۰- ۱۷۰	۱۹۰- ۱۸۰	۲۰۰- ۱۹۰	۲۱۰- ۲۰۰	۲۲۰- ۲۱۰	۲۳۰- ۲۲۰	۲۴۰- ۲۳۰	۲۵۰- ۲۴۰
مساحت (هکتار)	غیرتجمعی	۴۸/۸	۱۹۴/۹	۳۷۵/۵	۵۹۲/۴	۸۵۱/۹	۸۱۴/۳	۷۱۳/۵	۴۸۳/۷	۳۲۲/۴	۲۵۵/۶	۲۱/۸
	تجمعی	۴۸/۸	۲۴۳/۷	۶۱۹/۲	۱۲۱۱/۷	۲۰۶۳/۶	۲۸۷۷/۹	۳۵۹۱/۴	۴۰۷۵/۱	۴۳۹۷/۵	۴۶۵۳/۲	۴۶۷۵
مساحت (درصد)	غیرتجمعی	۱/۰۴	۴/۱۷	۸/۰۳	۱۲/۶۷	۱۸/۲۲	۱۷/۴۲	۱۵/۲۶	۱۰/۳۵	۶/۹	۵/۴۷	۰/۴۷
	تجمعی	۱/۰۴	۵/۲۱	۱۳/۲۵	۲۵/۹۲	۴۴/۱۴	۶۱/۵۶	۷۶/۸۲	۸۷/۱۷	۹۴/۰۶	۹۹/۵۳	۱۰۰

در واحدبندی ارتفاعی، فشار آب در مسیرهای اصلی و نیمه اصلی اراضی به‌دلیل کم‌تر بودن هزینه لوله‌های با فشار تحمل ۶ آتمسـفر و وفور آن‌ها در بازار به کم‌تر از ۶۰ متر آب تقلیل یافت. از طرفی ایجـاد شرایط فـوق سـبب مصـرف انـرژی کـم‌تـر، بـه‌کـارگیری شـیرهای فشارشکن کم‌تر و به‌تبع هزینه‌های ثابت و جاری کم‌تر می‌شود.

میزان انرژی مصرفی و هزینه‌های مرتبط با آن برای آبیاری دشت فتحعلی در قالب سه راه‌کار بررسی و با راه‌کار اولیه (موجـود) مقایسـه گردید. در راه‌کار پیشنهادی اول مطابق شکل ۲ ضمن حفـظ ایسـتگاه پمپاژ PS1، از پتانسیل اختلاف ارتفـاع اسـتخر ۲۲۰۰۰ مترمکعبـی در ارتفاع ۱۹۵ متر برای تـامین فشـار ۲۴۴/۹ هکتـار از اراضـی واقـع در

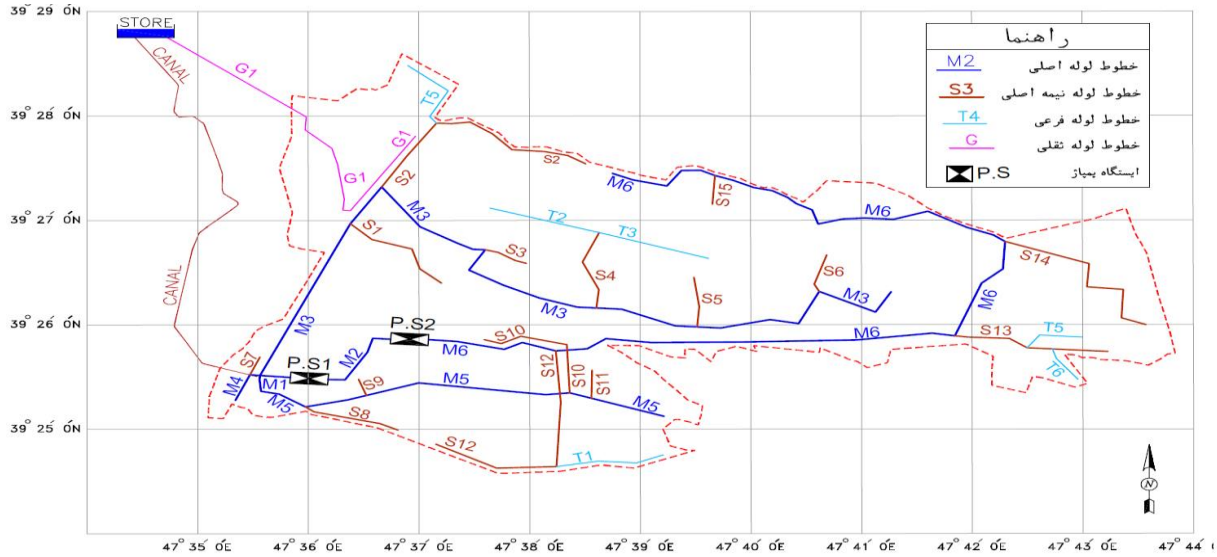
دامنه ارتفاعی کم‌تر از ۱۶۰-۱۵۰ متر از سطح دریا در ناحیه شمال‌غرب دشت استفاده شد.



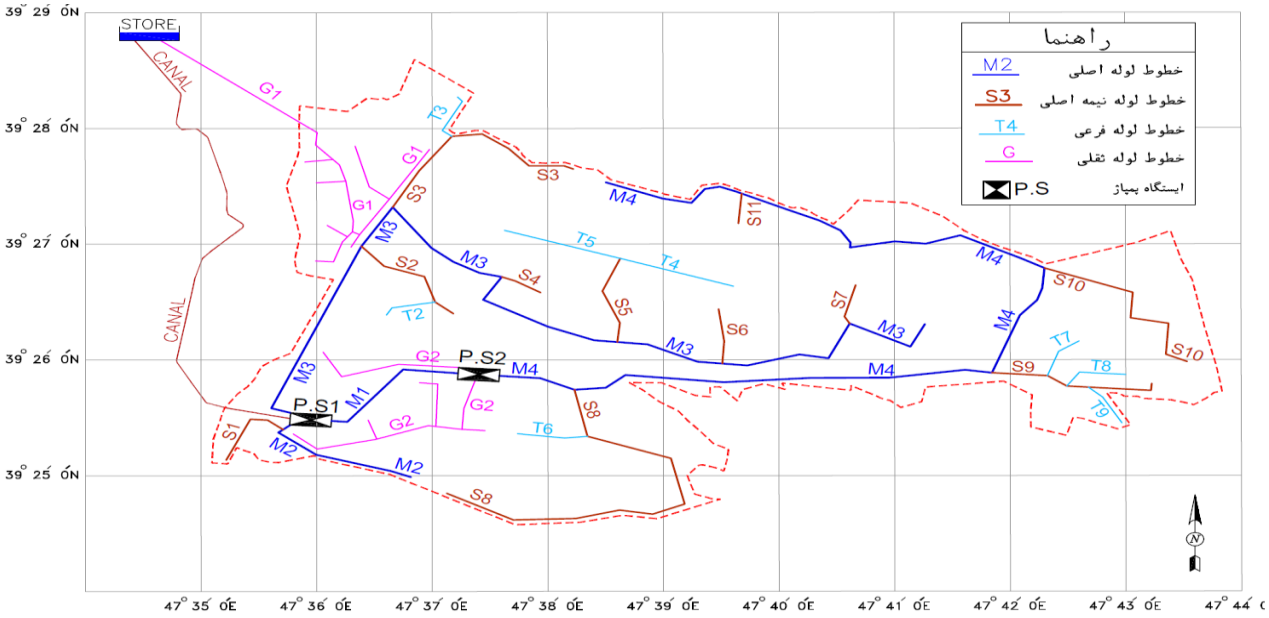
شکل ۲- جانمایی خطوط انتقال آب برای آبیاری دشت فتحعلی در راه‌کار پیشنهادی اول

سطح آبیاری مدنظر در ناحیه شمال‌غرب دشت مطابق جدول ۱ معادل ۵/۲۱ درصد از اراضی می‌باشد که در مختصات جغرافیایی '۳۵ °۴۷ تا '۳۶ °۴۷ طول شرقی و '۲۷ °۳۹ تا "۱۶ '۲۸ °۳۹ قرار دارند. طراحی هیدرولیکی نشان داد جانمایی یک خط لوله پلی‌اتیلن G1، به‌قطر ۶۰۰ میلی‌متر با دبی ۲۲۲ لیتر بر ثانیه، برای تامین فشار این بخش از اراضی مناسب است (شکل ۲). آبیاری مابقی اراضی به‌کمک دو خط لوله M1 و M2 از محل ایستگاه پمپاژ PS1 می‌باشد (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده خط M1 وظیفه آب-رسانی به خطوط M3، M4 و M5 را برای آبیاری بخش میانی، جنوب‌غربی و حاشیه جنوبی دشت به‌عهده دارد. تعداد شیرهای فشارشکن پیشنهادی در این راه‌کار ۶۲ عدد می‌باشد که نسبت به راه‌کار موجود ۶ عدد کم‌تر است. در راه‌کار پیشنهادی دوم ایستگاه پمپاژ PS1 در محل فعلی حفظ و ایستگاه پمپاژ PS2، در تراز ارتفاعی ۲۳۷/۵ متر از سطح دریا و در مختصات "۲۰ '۳۷ °۴۷ و "۵۵ '۲۵ °۳۹ جانمایی شد. طبق دامنه‌بندی‌های جدول ۱، ارتفاع حدود ۹۵ درصد اراضی از ارتفاع ایستگاه پمپاژ PS2، کم‌تر است. سطح مورد آبیاری در این راه‌کار در پنج واحد مستقل گروه‌بندی شد. واحد نخست، به مساحت ۲۴۴/۹ هکتار در شمال‌غرب دشت در مختصات جغرافیایی '۳۵ °۴۷E تا '۳۶ °۴۷E و '۲۷ °۳۹N تا "۱۶ '۲۸ °۳۹ قرار دارد که فشار لازم برای آبیاری آن از استخر ۲۲ هزار مترمکعبی با خط لوله G1 صورت می‌گیرد. آبیاری اراضی تحت پوشش خطوط M3 (واحد دوم)، M4 (واحد سوم)، و M6 (واحد چهارم) نیز از ایستگاه پمپاژ PS1، می‌باشد. خط M1 به‌عنوان خط انتقال برای آبیاری ۲۰۲۱ هکتار از اراضی تحت پوشش خطوط M3، M4 و M5 است. واحد پنجم شامل اراضی مرتفع در مختصات '۳۷E °۴۷ تا "۴۲ '۳۷ °۴۷ و "۵۵N °۲۵ '۳۹ تا "۲۸ '۲۷ °۳۹ می‌باشند. این بخش از اراضی به مساحت ۱۷۷۰ هکتار به‌صورت دو مرحله‌ای یعنی پمپاژ آب از ایستگاه PS1 به ایستگاه PS2 به‌کمک خط M2 و از آنجا با جانمایی خط انتقال M6 آبیاری می‌شوند. با توجه به اصلاح مسیرهای انتقال آب از طریق جانمایی ایستگاه پمپاژ PS2 تعداد شیرهای فشارشکن از ۶۸ عدد در راه‌کار موجود به ۵۶ عدد در این راه‌کار کاهش یافت. شماتیک راه‌کار دوم در شکل ۳ آمده است.

در راه‌کار سوم ایستگاه پمپاژ PS2 در کد ارتفاعی ۲۲۰ متر از سطح دریا و در مختصات جغرافیایی "۱۱E '۳۷ °۴۷ و "۵۲N '۲۵ °۳۹ جانمایی گردید. مطابق اطلاعات جدول ۱، در این راه‌کار حدود ۸۷ درصد اراضی دارای ارتفاعی کم‌تر از ۲۲۰ متر می‌باشند. فشار لازم برای آبیاری اراضی واقع در شمال‌غرب دشت به مساحت ۵۰۶ هکتار از طریق خط انتقال G1، منشعب از استخر ۲۲۰۰۰ مترمکعبی و اراضی تحت پوشش خط انتقال G2 از ایستگاه پمپاژ PS2، تامین می‌شود. فشار لازم برای آبیاری بخش دیگری از اراضی از طریق ایستگاه پمپاژ PS1 با خطوط آبرسانی M2، به مساحت ۱۵۰/۲ هکتار M3 به مساحت ۱۱۹۶/۵۶ هکتار و آبیاری ۲۱۸۳/۱۴ هکتار از اراضی به کمک ایستگاه پمپاژ PS2 با خط آبرسانی M4 می‌باشد. در راه‌کار سوم نیز شرایط به‌گونه‌ای لحاظ شد که تعداد شیرهای فشارشکن به ۳۷ عدد محدود گشت. جانمایی خطوط انتقال آب به‌همراه موقعیت ایستگاه پمپاژ پیشنهادی PS2 در راه‌کار سوم در شکل ۴ آمده است.



شکل ۳- جانمایی ایستگاه PS2 و خطوط انتقال آب برای آبیاری اراضی در راه‌کار دوم



شکل ٤- جانمایی ایستگاه پمپاژ PS2 و خطوط انتقال آب در راه‌کار سوم برای آبیاری دشت فتحعلی

در نهایت هزینه هر سه راه‌کار پیشنهادی شامل هزینه لوله‌ها، فشارشکن‌ها و سایر لوازم آبیاری براساس فهرست بهای سال ۱۳۹۳ به‌همراه هزینه‌های انرژی محاسبه و جهت مقایسه و تحلیل نسبت به راه‌کار اولیه (راه‌کار موجود) آورده شد. نتایج حاصل از این مطالعه در اختیار کارفرمایان طرح یعنی وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفت.

نتایج و بحث

همان‌گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد بیش‌ترین سطح اراضی معادل ۸۵۲ هکتار در دامنه ارتفاعی ۱۹۰-۱۸۰ متر از سطح دریا قرار دارد که شامل ۱۸/۲ درصد اراضی است. در مقابل کم‌ترین سطح اراضی برابر ۲۲ هکتار شامل ۰/۵ درصد از ارضی در بالاترین دامنه ارتفاعی (۲۵۰-۲۴۰ متر) قرار دارند. در ناحیه بهینه ارتفاعی با توجه به صرف انرژی کم‌تر برای تامین فشار و در راستای مطالعات جیمنزبلو و همکاران (۲۰۱۲)، دو بازه ارتفاعی ۲۲۰-۲۱۰ متر و ۲۴۰-۲۳۰ متر انتخاب شد. مطابق نتایج جدول ۲ و بازدیدهای میدانی، حدود ۸۷ درصد از اراضی با سطحی معادل ۴۰۷۵ هکتار دارای ارتفاعی کم‌تر از ۲۲۰ متر و حدود ۹۹/۵ درصد از اراضی دارای ارتفاعی کم‌تر از ۲۴۰

متر هستند. فشار لازم برای آبیاری بخشی از اراضی با جانمایی ایستگاه پمپاژ PS2 در یکی از دو بازه ارتفاعی فوق به‌صورت ترکیبی از فشار پمپ و اختلاف ارتفاع زمین قابل تامین است. بدین ترتیب با تغییر در مشخصات پمپ‌های انتخابی، بخشی از هزینه‌های انرژی و ملزومات آبیاری کاهش می‌یابد. در جدول ۳ هزینه‌های ۲۰ ساله انرژی و هزینه‌های سالیانه هر هکتار از اراضی برای سه راه‌کار پیشنهادی در مقایسه با هزینه‌های راه‌کار موجود (فعلی) براساس توان مصرفی پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ با دو تعرفه ۹۰ و ۱۰۰۰ ریال به‌ازای هر کیلووات ساعت محاسبه شد.

از جدول ۳ ملاحظه می‌گردد بیش‌ترین مقدار توان مصرفی به‌میزان ۳۸۰۵ کیلووات به راه‌کار موجود و کم‌ترین مقدار آن معادل ۲۳۷۵ کیلووات به راه‌کار اول تعلق دارد. توان مصرفی در راه‌کار دوم و سوم نیز به‌ترتیب ۲۴۸۶ و ۲۳۸۸/۶ کیلووات است. بررسی‌ها نشان داد هزینه‌های انرژی در راه‌کار موجود براساس تعرفه ۹۰ ریال ۹۰/۱ میلیارد ریال و با تعرفه ۱۰۰۰ ریال ۱۰۰۰/۲۹ میلیارد ریال طی ۲۰ سال است. به‌عبارتی دیگر هزینه سالیانه انرژی برای هر هکتار از اراضی دشت فتحعلی با دو تعرفه ۹۰ و ۱۰۰۰ ریال در راه‌کار موجود به‌ترتیب ۰/۸۷ و ۹/۶۵ میلیون ریال، در راه‌کار اول و دوم ۰/۵۷ و ۶/۳۳ و در راه‌کار سوم ۰/۵۵۳ و ۶/۱۴ میلیون ریال است. محاسبات مربوط به انرژی نشان داد توان مصرفی در راه‌کار اول ۳۷/۶ درصد و هزینه‌های سالیانه انرژی در واحد سطح با تعرفه ۹۰ و ۱۰۰۰ ریال ۳۴/۵ درصد کم‌تر از راه‌کار موجود است. در راه‌کار دوم نیز توان مصرفی نسبت به راه‌کار موجود ۳۴/۷ درصد کاهش و هزینه‌های سالیانه انرژی در واحد سطح با تعرفه ۹۰ و ۱۰۰۰ ریال ۳۴/۵ درصد کاهش دارد. به‌همین ترتیب در راه‌کار سوم توان مصرفی نسبت به‌راه‌کار موجود ۳۷/۲ درصد و هزینه‌های سالیانه انرژی در واحد سطح با دو تعرفه ۹۰ و ۱۰۰۰ ریال ۳۶/۴ درصد کاهش نشان داد. این امر با توجه به مصرف بخش اعظمی از انرژی در بخش کشاورزی و توسط پمپ‌ها می‌تواند گام موثری در بهینه‌سازی مصرف انرژی در ادامه این پروژه بزرگ باشد. این بخش از کار در راستای تاکید کارفرمایان مبنی بر کاهش مصرف انرژی است.

مطابق نتایج جدول ۳ کم‌ترین مقدار توان مصرفی به‌راه‌کار اول تعلق دارد و با مصرف انرژی در دیگر راه‌کارهای پیشنهادی تفاوت محسوسی ندارد.

جدول ۳- مقایسه توان مصرفی و هزینه‌های انرژی در راه‌کارهای متفاوت

راه‌کار	نام ایستگاه پمپاژ	گروه پمپ	دبی	ارتفاع پمپاژ	توان مصرفی	هزینه انرژی (میلیارد ریال)		هزینه انرژی (میلیون ریال بر هکتار در سال)	
			(ls^{-1})	(m)	(Kw)	تعرفه ۹۰ ریال	تعرفه ۱۰۰۰ ریال	تعرفه ۹۰ ریال	تعرفه ۱۰۰۰ ریال
موجود	PS1	M1	۶۰۹	۱۰۴	۸۲۸/۵	۱۹/۶	۲۱۷/۸	۰/۱۹	۲/۱۰
		M2	۱۸۶۱	۱۱۴	۲۷۷۵	۶۵/۷	۷۲۹/۵۲	۰/۶۳	۶/۹۹
		M3	۳۰۲	۵۱	۲۰۱/۵	۴/۸	۵۲/۹۷	۰/۰۵	۰/۵۶
مجموع					۳۸۰۵	۹۰/۱	۱۰۰۰/۲۹	۰/۸۷	۹/۶۵
اول	PS1	M1	۱۳۵۰	۵۴	۸۸۴	۲۲/۶	۲۵۰/۷	۰/۲۲	۲/۴۴
		M2	۱۲۰۰	۹۷	۱۴۹۱	۳۶/۰۲	۴۰۰/۳	۰/۳۵	۳/۸۹
مجموع					۲۳۷۵	۵۸/۶۲	۶۵۱/۰	۰/۵۷	۶/۳۳
دوم	PS1	M1	۲۵۵۰	۵۸	۱۹۳۵	۴۵/۸	۵۰۸/۶	۰/۴۴	۴/۸۹
	PS2	M6	۱۰۲۸	۴۱	۵۵۱	۱۳/۰۴	۱۴۴/۹	۰/۱۳	۱/۴۴
مجموع					۲۴۸۶	۵۸/۸۴	۶۵۳/۵	۰/۵۷	۶/۳۳
سوم	PS1	M1 (خط انتقال)	۱۴۹۰	۳۷	۷۲۱/۱	۱۷/۱	۱۸۹/۶	۰/۱۷	۱/۸۹
		M2 (پمپاژ مستقیم)	۹۱	۵۰	۵۹/۵	۱/۴۱	۱۵/۷	۰/۰۱۳	۰/۱۴
		M3 (پمپاژ مستقیم)	۹۶۹	۵۲	۶۵۹	۱۵/۶۰	۱۷۳/۳	۰/۱۵	۱/۶۷
	PS2	M4 (پمپاژ مستقیم)	۱۲۵۱	۵۸	۹۴۹	۲۲/۵	۲۴۹/۵	۰/۲۲	۲/۴۴
مجموع					۲۳۸۸/۶	۵۶/۶۱	۶۲۸/۱	۰/۵۵۳	۶/۱۴

مقایسه بین هزینه‌های انرژی در جدول ۳ نشان داد هزینه انرژی در راه‌کار سوم در حدود ۲ درصد نسبت به دو راه‌کار اول و دوم کم‌تر است. این امر می‌تواند ناشی از انتخاب تعداد و موقعیت مناسب ایستگاه‌های پمپاژ، واحدبندی اراضی براساس شرایط توپوگرافی، جانمایی مناسب ایستگاه پمپاژ PS2 و خطوط لوله باشد. به‌عبارت دیگر به‌کارگیری تدابیر فنی می‌تواند ضمن مدیریت انرژی در

صرفه‌جویی و کاهش هزینه طرح‌های آبیاری تحت‌فشار اثرگذار باشد. لزوم کاهش انرژی مصرفی و هزینه‌های مربوط به آن در کشاورزی برای سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در راستای نتایج نظری و همکاران (۱۳۹۱)، رضوانی و همکاران (۱۳۸۹) است. نتایج گروه‌بندی ارتفاعی اراضی و بهره‌گیری از توپوگرافی اراضی در پژوهش حاضر موید نتایج آبادیا و همکاران (۲۰۱۲) و جیمنزبلو و همکاران (۲۰۱۵) می‌باشداز نتایج جدول ۳ ملاحظه می‌گردد (Abadia et al., 2012; Jimenez-belo et al., 2015).

که در تمامی راه‌کارهای پیشنهادی، استفاده مناسب از اختلاف ارتفاع اراضی موجب کاهش هزینه‌های انرژی و کاهش ملزومات آبیاری شده است که با توجه به زیادی هزینه‌های انرژی در طرح‌های کشاورزی و در سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار به‌دلیل وابستگی آن‌ها به انرژی در طول زمان بهره‌برداری رقم قابل‌توجهی است (دلفان آذری و پرورش‌ریزی، ۱۳۹۵). شکل‌های ۲، ۳ و ۴ و مقادیر انرژی مصرفی در جدول ۳ نیز به‌کارگیری اختلاف ارتفاع زمین را برای آبیاری بخشی از اراضی در قالب ناحیه بهینه ارتفاعی و تامین فشار آبیاری به‌روش ثقلی نشان می‌دهد.

در جدول ۴ هزینه‌های کلی شبکه آبیاری و ایستگاه‌های پمپاژ برای هر سه راه‌کارهای پیشنهادی به‌همراه هزینه‌های مربوط به راه‌کار موجود جهت مقایسه بهتر ارایه گردیده است.

جدول ٤- کل هزینه‌ها در طرح اجرا شده و گزینه‌های پیشنهادی براساس فهرست بهای قیمت ملزومات آبیاری سال ۱۳۹۳.

شرح	هزینه (میلیارد ریال)							
	راه‌کار موجود با تعرفه		راه‌کار اول با تعرفه		راه‌کار دوم با تعرفه		راه‌کار سوم با تعرفه	
	۹۰ ریال	۱۰۰۰ ریال	۹۰ ریال	۱۰۰۰ ریال	۹۰ ریال	۱۰۰۰ ریال	۹۰ ریال	۱۰۰۰ ریال
هزینه خرید و نصب لوله‌های پلی‌اتیلن و GRP	۱۹۳/۰۷	--	۲۱۶/۴	--	۲۱۴/۳	--	۲۰۱/۱	--
هزینه خرید و نصب شیر فشارشکن و احداث حوضچه مربوطه*	۲۱/۱۶	--	۶/۳	--	۵/۲	--	۳/۶	--
هزینه احداث آبگیر، مخزن و ایستگاه‌های پمپاژ	۱۸/۰	--	۱۷/۹	--	۱۶/۲۱	--	۱۶/۳	--
هزینه انرژی مصرفی در طول ۲۰ سال	۹۰/۱	۱۰۰۰/۲۹	۵۸/۶	۶۵۱	۵۸/۶	۶۵۳/۵	۵۶/۶۱	۶۲۸/۱
هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از مخزن و ایستگاه پمپاژ در طول ۲۰ سال	۲۸/۶	--	۲۸/۶	--	۴۶/۶	--	۴۶/۶	--
جمع کل (ریال)	۳۵۰/۹۳	۱۲۶۱/۱۲	۳۲۷/۸۶	۹۲۰/۲	۳۴۰/۹۱	۹۳۵/۸۱	۳۲۴/۲۱	۸۹۵/۷

*- تعداد شیرهای فشارشکن در راه‌کار موجود، اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۶۸، ۶۲، ۵۶ و ۳۷ عدد

با ارزیابی کل هزینه‌های ریالی در جدول ۴ مشخص گردید جانمایی ایستگاه پمپاژ PS2 در منطقه بهینه ارتفاعی ۲۲۰ متر در راه‌کار سوم دارای کم‌ترین مقدار هزینه کل می‌باشد. به‌عبارتی در جدول ۴ علاوه بر هزینه‌های انرژی، سایر هزینه‌های تغییر یافته در هر یک از راه‌کارها نیز آمده است. این جدول نشان می‌دهد برای انتخاب راه‌کار مناسب به غیر مولفه مقدار انرژی و هزینه‌های اجرایی، شرایط فنی راه‌کارهای پیشنهادی نیز باید مدنظر قرار گیرد. به بیانی دیگر از لحاظ فنی راه‌کاری می‌تواند مناسب باشد که در آن تعداد شیرهای فشارشکن کم‌تر باشد. اگرچه هزینه شیرهای فشارشکن نسبت به سایر هزینه‌ها کم‌تر است اما کاهش آن‌ها موجب می‌شود تا یکنواختی مناسب‌تری برای انتقال آب در ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط لوله شبکه آبیاری برقرار باشد. افزایش تعداد شیرهای فشارشکن در یک سیستم آبیاری بیان‌گر زیادی فشار و مشکلات اجرایی و بهره‌برداری ناشی از آن است که بایستی با اتلاف انرژی، فشار مناسب برای سیستم آبیاری ایجاد گردد. افزایش تعداد شیرهای فشارشکن در هر یک از راه‌کارها نشان‌دهنده پتانسیل بروز مشکلات فنی، اجرایی، بهره‌برداری به واسطه کارکرد نامناسب شیرها و در نهایت اتلاف انرژی و هزینه است. کم بودن تعداد شیرهای فشارشکن در یک سیستم آبیاری ضمن نشان دادن هم‌خوانی فشار ایستگاه پمپاژ با فشار مورد نیاز سیستم‌های آبیاری در سطح شبکه بیان‌گر به‌کارگیری شرایط توپوگرافی زمین در توزیع مناسب فشار در سطح شبکه است. مطابق نتایج جدول ۳ تغییرات فشار در راه‌کار سوم در دامنه ۳۷ تا ۵۸ متر می‌باشد که برای آبیاری تحت‌فشار مناسب است. هم‌چنین میانگین فشار در راه‌کار سوم ۴۴/۳ متر است که از میانگین فشار دیگر راه‌کارها کم‌تر است. به‌همین دلیل، راه‌کار سوم با ۳۸ شیر فشارشکن و کاهش ۳۷/۲ درصدی انرژی مصرفی نسبت به راه‌کار موجود مناسب‌تر است. در راه‌کار دوم هرچند تعداد شیرهای فشارشکن، معادل تعداد شیرهای فشارشکن راه‌کار سوم است لیکن میزان مصرف انرژی در آن ۲۴۸۶ کیلووات است که نسبت به راه‌کار سوم با ۲۳۸۸/۶ کیلووات از کاهش انرژی کم‌تری در مقایسه با راه‌کار موجود برخوردار است. از طرفی هزینه‌های سالیانه انرژی در راه‌کار سوم با تعرفه ۹۰ ریال ۰/۵۵۳ و با تعرفه ۱۰۰۰ ریال ۶/۱۴ میلیون ریال در واحد سطح

است که سه درصد از راه‌کار دوم کم‌تر است. در راه‌کار اول نیز مطابق جدول ۴ کل هزینه آن با دو تعرفه ۹۰ و ۱۰۰۰ ریال به‌ترتیب معادل ۳۲۷/۸۶ و ۹۲۰/۲ میلیارد ریال است که از کل هزینه‌های راه‌کار موجود و راه‌کار دوم کم‌تر است. اما هزینه‌های سالیانه انرژی آن طبق ارقام مندرج در جدول ۳ با هر دو تعرفه ۹۰ و ۱۰۰۰ به‌ترتیب ۰/۵۷ و ۶/۳۳ میلیون ریال در واحد سطح است که ضمن برابری با راه‌کار دوم نسبت به دیگر راه‌کارها بیش‌تر است. نکته قابل‌توجه وجود ۶۲ شیر فشارشکن برای راه‌کار اول و ۵۶ شیر فشارشکن برای راه‌کار دوم در شبکه آبیاری است که ضمن ایجاد تفاوت در هزینه‌های کل این دو راه‌کار می‌تواند از نظر فنی به‌عنوان پتانسیل ایجاد مشکلات بهره‌برداری به‌واسطه خرابی آن‌ها در طول زمان و تلف نمودن انرژی به‌واسطه کاهش و تنظیم فشار سیستم باشد. بنابراین راه‌کار سوم یعنی جانمایی ایستگاه پمپاژ ثانویه در منطقه بهینه ارتفاعی با کاهش مصرف انرژی نسبت به طرح اجرا شده فتحعلی به مقدار ۳۷/۲ درصد و با توجه به کم‌تر بودن هزینه کل آن در مقایسه با دیگر راه‌کارها به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌گردد. نتایج مطالعات محققین در دیگر کشورها موید این نکته است که استفاده از توپوگرافی و رعایت مبانی طراحی نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی دارد که ذکر آن‌ها در بررسی منابع آمد.

نتیجه‌گیری

در راه‌کار سوم علاوه بر کاهش انرژی مصرفی، هزینه‌های خرید و نصب شیرهای فشارشکن و در مجموع هزینه‌های کل مطابق جدول ۴ نسبت به دیگر راه‌هارها کاهش یافت. هرچند هزینه‌های مربوط به خرید لوله‌های انتقال آب و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از ایستگاه پمپاژ نسبت به راه‌کار موجود افزایش یافت. به‌کارگیری روش گروه‌بندی ارتفاعی موجب شد که ارتفاع پمپاژ از حداکثر ۱۱۴ متر در راه‌کار موجود به حداکثر ۵۸ متر در راه‌کار سوم کاهش یابد. راه‌کار سوم شامل دو ایستگاه پمپاژ PS1 برای تامین فشار لازم برای آبیاری بخشی از اراضی و آب‌رسانی به ایستگاه PS2 و ایستگاه PS2 برای تامین فشار بخش دیگری از اراضی بود. فشار لازم برای آبیاری دو قسمت از دشت در ناحیه شمال‌شرق دشت که پایین‌دست استخر ذخیره ۲۲۰۰۰ لیتری است و پایین‌دست ایستگاه PS2 با اختلاف ارتفاع قابل تامین است. فشار قابل تحمل لوله‌ها از ۶ تا ۱۲ بار در راه‌کار موجود به ۴ تا ۶ بار و تعداد شیرهای فشارشکن از ۶۸ عدد در راه‌کار موجود به ۳۷ عدد در راه‌کار سوم کاهش یافت. کاهش تعداد شیرهای فشارشکن به مفهوم اتلاف کم‌تر انرژی و هزینه‌های مرتبط با آن است. شیر فشارشکن یکی از تجهیزات سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار است که برای مهار کردن جریان و فشار آب جهت کنترل و ایمن نگه داشتن سیستم آبیاری تحت‌فشار کاربرد دارند. شیر فشارشکن بایستی مقاومت لازم در برابر فشار هیدرواستاتیکی آب را داشته باشد و فاقد هرگونه آسیب دیدگی، تغییر شکل و نشتی در بدنه و محل اتصالات شیر باشد. استمرار چنین شرایطی در طول مدت بهره‌برداری یکی از دغدغه‌های جدی بهره‌بردار برای حفظ ایمنی سیستم و اطمینان از کارکرد صحیح آن می‌باشد.

کاهش ۳۷/۳ درصدی انرژی مصرفی در راه‌کار سوم نسبت به راه‌کار موجود نشان دهنده انتخاب موقعیت مناسب ایستگاه‌های پمپاژ، به‌روش گروه‌بندی اراضی براساس شرایط توپوگرافی و جانمایی مناسب خطوط لوله امکان کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های کل طرح است.

در انتها پیشنهاد می‌شود علاوه بر روش گروه‌بندی ارتفاعی اراضی که نقش قابل‌توجهی در کاهش انرژی مصرفی دارد استفاده از پمپ‌های با دور متغیر با راندمان بالاتر نیز در ترکیب با روش گروه‌بندی ارتفاعی اراضی ارزیابی شود.

منابع

تشکینی،ا. ۱۳۹۳. بررسی آثار هدفمندی یارانه‌ها بر بخش کشاورزی ایران. نشریه مدل‌سازی اقتصادی. ۸ .۲۵: ۵۲-۳۵.

حسینی،ی و حسینی،ع.ر. ۱۳۹۵. ارزیابی روش‌های زمین‌آماری با متغیر کمکی بافت خاک و توابع انتقالی برای برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع خاک. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۹ .۳: ۱۶۱-۱۴۷.

دلفان آذری،م و پرورش‌ریزی،ع. ۱۳۹۵. بررسی نقش روش‌های بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی در مصرف انرژی. نشریه آب و خاک. ۳۰. ۵: ۱۳۵۷ – ۱۳۴۷.

رضوانی،س.م.، جعفری،ع.م و ایمن،س. ۱۳۸۹. بررسی بازده و مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی برخی مزارع استان همدان. نشریه تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۱۱. ۴: ۳۴-۱۹.

سلامی،ا و فارسی،م.م. ۱۳۹۴. مدیریت مصرف انرژی در الکتروپمپ‌ها مبتنی بر بهینه‌سازی ابتکاری. نشریه سد و نیروگاه برق آبی. ۲ .۴: ۴۶-۵۳.

عباسی،ف.، ناصری،ا.، سهراب،ف.، باغانی،ج.، عباسی،ن و اکبری،م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۶۸ صفحه.

نظری،ب.، لیاقت،ع.م.، پارسی‌نژاد،م.، بهمن‌پوری،ص و علیزاده،ح.ع. ۱۳۹۵. بررسی و تبیین مبانی نظری عوامل موثر بر میزان مصرف انرژی در سامانه‌های آبیاری تحت فشار در استان قزوین. نشریه

پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰ .۲: ۲۷۱-۲۶۱.

وزارت نیـرو. ۱۳۹۳. تعرفـه‌هـای بـرق و شـرایط عمـومی آن‌هـا. تصویب‌نامه هیات وزیران. شـماره ۱۸۱۵۵۶/ت ۵۰۱۵۰ ه. مـورخ ۱۳۹۲/۱۲/۶.

ویسی،ف و شمشادی،م. ۱۳۸۷. مدیریت مصرف انـرژی در ایسـتگاه-های پمپـاژ بـا اسـتفاده از مـدل‌سـازی دینـامیکی. نشـریه آب و فاضلاب. ۱۹ .۳: ۶۵-۵۸.

Abadía,R., Rocamora,C and Vera,J. 2012. Energy efficiency in irrigation distribution networks II: Applications. Biosystems Engineering. 111.4: 398–411.

FAO. 1992. Small-scale pumped irrigation - energy and cost. Water Resources. Development and Management Service.

FAO. 2002. Andreas,P. Savva and Karen Frenken, Irrigation Manual Module 11. Financial and Economic Appraisal of Irrigation Projects.

González Perea,R., Camacho,E., Montesinos,P., Fernández García,I and Rodríguez Díaz,J.A. 2015. Reducing the energy demand in irrigation water supply systems. Experierinces from southern erope. 26th Euro-mediterranean Regional Conference and Workshops «Innovate to improve Irrigation performances». International Commission on Irrigation and Drainage. 12-15 October. Montpellier, France.

Ignacio Córcoles.,J., María Tarjuelo,J., Antonio Carrión,P and Ángel Moreno,M. 2015. Methodology to Minimize Energy Costs in an On-Demand Irrigation Network Based on Arranged Opening of Hydrants. Water Resources Management. 29.10: 3697–3710.

Jiménez-Bello,M.A., Martı´nez Alzamora,F., Bou Soler,V and Bartolı´ Ayala,H.J. 2010. Methodology for grouping intakes of pressurised irrigation networks into sectors to minimise energy consumption. Biosystems Engineering. 105.4: 429 – 438.

Jiménez-Bello,M.A., Royuela,A., Manzano,J., García Prats,A and Martínez-Alzamora,F. 2015. Methodology to improve water and energy use by proper irrigation scheduling in pressurised networks. Agricultural Water Management. 149: 91–101.

Luc,J.P., Tarhouni,J., Calvez,R., Messaoud,L., Sablayrolles,C. 2006. Performance indicators of irrigation pumping stations: application to drill holes of minor irrigated areas in the Kairouan plains (Tunisia) and impact of malfunction on the price of water. Irrigation and Drainage. 55.1: 85–98.

Planells,P., Carrión,P.A., Ortega,J.F., Moreno,M.A., Tarjuelo,J.M. 2005. Pumping selection and regulation for water distribution networks. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 131.3: 273–281.

Rodríguez Díaz,J.A., Camacho-Poyato,E and Blanco-Perez,M. 2011. Evaluation of water and energy use in pressurized irrigation networks in Southern Spain. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 137 .10: 644-650.

Rodríguez Díaz,J.A., Lo´pez Luque,R., Carrillo Cobo,M.T., Montesinos,P and Camacho-Poyato, E. 2009. Exploring energy saving scenarios for on-demand pressurized irrigation networks. Biosystems Engineering. 104.4: 552 – 561.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 545-555

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۵۵۵-۵۴۵

Redesign of Pressurized Irrigation Network of Fath Ali Moghan Plain Using the Grouping Intakes

A.Safaei[1], H. Zare Abyaneh[2*], H. Farshi[3]
Recived: Oct.27, 2017 Accepted: Nov.27, 2017

Abstract

Consuming energy and its costs in the irrigation network of Moghan plain analysis in WaterGems Softwar was estimated for three different methods using the grouping intakes method of lands and assumed that no changing of irrigation systems and compared with the existing strategy. The height range of 210-220 meter from sea as optimize height recommended wich 77 % of area was less than that. The result showed that the application of PS2 station could be provided pressure required for irrigation form 506 ha of lands. The annually energy costs were this existing strategy with 90 Rials rate 0.87, with 1000 Rials rate 9.65 million Rials per hectare. Althogh total costs irrigation work was 350.93 and 1261.12 billion Rials. While the annually energy costs in the grouping intakes method with 90 Rials rate 0.55 and with 1000 Rials rate was equal 6.14 million Rials per hectare and its total costs were 324.21 and 895.7 billion rials. Provide PS2 station was casued to decrease at consuming energy and number of pressur relif valves respectively about 37.2% and 44% compared to the existing strategy. Applying the grouping intakes method in the design of irrigation under pressure systems will reduce the costs of energy and irrigation supplies and become more economical of agricultural products.

Keywords: Consuming energy, Consuming power, Optimize height area, Pressurized irrigation.

1- Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran
2- Saman-Abrah consulting Engineering Company.
(* - Corresponding Author; Email: zareabyaneh@gmail.com)