

## تعیین عمق اقتصادی چاه کشاورزی در اراضی تحت آبیاری بارانی در دشت قزوین

زینب غلامی<sup>۱</sup>، حامد ابراهیمیان<sup>۲\*</sup>، حمیده نوری<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۲. استادیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۳. استادیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱ - بازنگری: ۱۳۹۵/۶/۲۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۷/۳)

### چکیده

وجود افت سطح آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌های ایران بیانگر افزایش مصرف انرژی برای پمپاژ آب آبیاری است. بنابراین تعیین عمق اقتصادی چاه با توجه به هزینه‌های پمپاژ، ارزش محصول و کلیه هزینه‌های کشاورزی ضروری است. مطالعه حاضر با هدف تعیین عمق اقتصادی چاه در آبیاری بارانی با توجه به هزینه‌های یارانه‌ای و غیریارانه‌ای انرژی، هزینه حفاری، کلیه هزینه زراعی و نسبت درآمد به هزینه کشاورز انجام شد. در این راستا از اطلاعات و داده‌های تفصیلی سیستم‌های آبیاری و عملکرد محصولات زیر کشت آنها در سال ۱۳۹۰ در دشت قزوین استفاده شد. در حالت غیریارانه‌ای، هزینه انرژی برق به مراتب بیشتر از هزینه گازوئیل شد. در حالت یارانه‌ای، متوسط نسبت درآمد به هزینه کشاورز در حالت استفاده از برق بیش از استفاده از گازوئیل بدست آمد درحالی‌که در شرایط غیریارانه‌ای نتایج عکسی حاصل شد. افزایش عمق چاه باعث کاهش جزئی نسبت درآمد به هزینه شد. نتایج نشان داد که هیچ محدودیتی برای حفاری به‌منظور افزایش عمق چاه با توجه به هزینه کم انرژی وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آب زیرزمینی، هزینه انرژی، حفر چاه

### مقدمه

در سراسر کشور بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در حال افزایش است. با توجه به ضرورت حفظ منابع آب زیرزمینی، در صورت امکان پذیر نبودن اداره و مدیریت بهره‌برداری دست‌کم می‌توان حفاری را در سفره‌های آبدار اداره نمود و حدودی برای بهره‌برداری از سفره آب زیرزمینی تعیین کرد. با توجه به کاهش سطح آب زیرزمینی بر اثر برداشت‌های بیش‌ازحد، دبی چاه‌ها پس از مدتی کاهش می‌یابد و برای رسیدن به دبی اولیه، یا بایستی پس از مدتی چاه‌های جدید حفر شود یا با حفاری و کفشکنی به دبی اولیه رسید. افزایش برداشت بیش‌ازحد آب زیرزمینی باعث افزایش هزینه‌ها پمپاژ و حفاری می‌شود. به همین دلیل برای کاهش هزینه‌ها، عمق بهینه اقتصادی چاه را باید به‌گونه‌ای تأمین کرد که هزینه‌های مربوطه کمینه گردد. در مطالعه‌ای توصیفی از تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت بهار همدان، مشاهده شد که سطح آب از سال ۱۳۷۰ الی ۱۳۸۵ در حدود ۱۱ متر افت داشته است (Ghasemi et al., 2007). برداشت از آب زیرزمینی در دشت قزوین بسیار بیشتر از پتانسیل آن بوده و موجب افت سطح آب زیرزمینی و ایجاد

کسری مخزن شده است (Ministry of Agriculture Jihad, 2012). در دشت رفسنجان در استان کرمان بر اثر پمپاژ عمق چاه‌های آب از ۵۰ متر به ۳۰۰ متر کاهش یافته و در دشت‌های اطراف اصفهان به بیش از ۱۰۰ متر رسیده است (Khajeddin, 2007).

نتایج ارزیابی انرژی پمپاژ در ایالات کلرادو، نبراسکا و کانزاس از سال ۱۹۸۳ تا سال ۲۰۰۰ نشان داد کشاورزان به دلیل قیمت بالای برق از سوخت دیزلی استفاده می‌کردند ولی وقتی قیمت سوخت دیزلی با سرعت افزایش یافت به استفاده از برق روی آوردند (Martin et al., 2011). در بررسی رابطه انرژی و آبیاری و اثر آن بر بازار آب زیرزمینی در شرق هند گزارش شد که در این منطقه به علت نرخ بالای هزینه برق و سرعت پایین برق‌رسانی در بسیاری از روستاها، بیشتر کشاورزان برای پمپاژ آب زیرزمینی مجبور به استفاده از سوخت دیزلی هستند (Mukherji, 2007). در مطالعه‌ای در جنوب شیلی هزینه دو نوع سوخت برقی و دیزلی برای پمپاژ آب آبیاری بررسی و مقایسه شد که نتایج آن نشان داد هزینه سوخت دیزلی پایین‌تر از سوخت برقی بود (Nissen and Mancilla, 2009). در بسیاری از مناطق، پمپاژ آب زیرزمینی نقش اساسی در آبیاری اراضی دارد. در نتیجه در این نوع مناطق بخش‌های انرژی و آبیاری ارتباط

عمده محصولات زراعی در این منطقه شامل گندم، جو، ذرت دانه‌ای و یونجه است. با توجه به اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی در خصوص محصولات کشاورزی، استان قزوین به پنج شهرستان قزوین، تاکستان، آبیک، بویین‌زهرا و البرز تقسیم می‌شود و بر این اساس ۲۲ مزرعه انتخابی از پنج شهرستان انتخاب شد (جدول ۱). مزارع بر اساس محصولات عمده زراعی، شهرهای استان قزوین و سیستم آبیاری بارانی انتخاب شدند. اطلاعات موردنیاز در این مطالعه مانند نوع سیستم آبیاری بارانی، دبی و فشار سیستم آبیاری، عمق آب زیرزمینی، منبع آب، نوع محصول، قیمت فروش محصول و هزینه‌های انرژی، حفاری و زراعی از طریق مراجعه حضوری به مزارع انتخابی و تکمیل پرسشنامه، دفترچه‌های طراحی سامانه‌های آبیاری تحت بهره‌برداری در مزارع مورد مطالعه و سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین جمع‌آوری گردید. بر اساس اطلاعات استخراج شده از تحقیق میدانی و پرسشنامه‌ای و مستندات موجود در دفترچه‌های طراحی و سازمان جهاد کشاورزی، به تعیین عمق اقتصادی چاه با توجه به هزینه‌های انرژی، هزینه حفاری و هزینه کلی در مزرعه در آبیاری بارانی در دو حالت یارانه‌ای و غیریارانه‌ای در دشت قزوین پرداخته شد. جدول (۲) مشخصات سامانه‌های آبیاری بارانی مورداستفاده در مزارع مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

اطلاعات مربوط به قیمت برق مصرفی از ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰ به دست آمد. با توجه به ترازنامه انرژی قیمت برق با احتساب یارانه ۱۲۵/۷ ریال به ازای هر کیلووات ساعت و بدون در نظر گرفتن یارانه ۱۲۴۰/۱ ریال به ازای هر کیلووات ساعت بود. اطلاعات مربوط به قیمت گازوئیل نیز از وزارت نیرو دریافت شد. قیمت گازوئیل با در نظر گرفتن یارانه ۱۵۰۰ ریال بر لیتر و بدون در نظر گرفتن یارانه ۳۰۰۰ ریال بر لیتر است (Ministry of Energy, 2011).

در این تحقیق برای تعیین عمق اقتصادی چاه از نسبت درآمد به هزینه (رابطه ۱) برای دوره ده‌ساله استفاده شد:

$$\frac{B}{C} = \frac{A}{F+E+D} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه بالا، B درآمد حاصل از فروش محصولات در مزرعه، C کل هزینه مزرعه، A درآمد حاصل از فروش محصول، F هزینه حفاری، E هزینه‌های زراعی و D هزینه مصرف انرژی است. کل هزینه مزرعه شامل هزینه حفاری، کلیه هزینه‌های زراعی در مزرعه و هزینه‌های انرژی است. در این تحقیق دوره ۱۰ ساله برای محاسبه نسبت درآمد به هزینه و عمق اقتصادی چاه در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که کشاورز هزینه حفاری را برای چند سال پرداخت می‌کند و اطلاعاتی از میزان عملکرد و هزینه زراعی در سال‌های بعد وجود ندارد، ضریبی برای افزایش

تنگانگی با هم دارند (Shah et al., 2004). افزایش هزینه انرژی جهت تأمین آب این اراضی متناسب با عمق دسترسی به آب می‌تواند توجیه اقتصادی تولید محصولات کشاورزی را به صورت کلی تحت تأثیر قرار دهد؛ به صورتی که حتی ممکن است ارزش افزوده نهاده‌های تولید زراعی را منفی نموده و سرمایه‌گذاری در این زمینه را غیراقتصادی نشان دهد (Dinar, 1994; Martin et al., 2011). مطالعه‌ای که در کالیفرنیا انجام شد به این نتیجه رسید که ممکن است کشاورزی در اراضی وابسته به آب زیرزمینی، به دلیل اقتصادی نبودن پمپاژ آب متوقف گردد (Dinar, 1994).

هم‌اکنون تعداد زیادی از دشت‌های ایران با کسری مخزن و بحران آب روبه‌رو هستند (Mojarrad and Sabouhi, 2009). به همین دلیل کشاورزان هر چند سال یکبار مجبور به کف کنی چاه می‌شوند تا بتوانند آبدهی چاه را بیشتر کنند. به دلیل کاهش رقوم سطح آب زیرزمینی، مصرف انرژی برای پمپاژ آب از چاه‌ها سالانه رو به افزایش است. با افزایش تعرفه‌های انرژی، موضوع هزینه‌های مصرف انرژی در آبیاری اراضی کشاورزی ابعاد تازه‌ای به خود گرفته است و در توجیه اقتصادی این طرح‌ها نقش مهمی بر عهده دارد. تأثیر این ویژگی در تعیین الگوی کشت و نوع سیستم آبیاری با توجه به هزینه‌های پمپاژ آب آبیاری از چاه‌ها بارزتر بوده و در نتیجه توجه بیشتری را طلب می‌کند. دشت قزوین یکی از دشت‌های مهم کشاورزی است و بسیاری از کشاورزان آن منطقه برای آبیاری از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند. کاهش بارندگی در سال‌های اخیر، گسترش سطح کشت و پمپاژ بیش‌ازحد آب، منجر به کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی، افزایش هزینه‌های پمپاژ و نشست زمین شده است. بنابراین هدف این مطالعه تعیین عمق اقتصادی چاه برای سامانه‌های آبیاری بارانی موجود با توجه به شاخص درآمد به هزینه کشاورز است. هزینه انرژی (برق و گازوئیل) در دو حالت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای در نظر گرفته شده است و هزینه حفاری و کلیه هزینه‌های زراعی در مزرعه نیز لحاظ شده‌اند. تحلیل اقتصادی با فرض حفظ سیستم آبیاری موجود و کف شکنی چاه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در دشت قزوین که یکی از قطب‌های مهم کشاورزی در ایران است انجام شد. در برخی از مناطق دشت قزوین از آب زیرزمینی به‌عنوان تنها منبع آب آبیاری استفاده می‌کنند و بخش دیگری از آن تحت پوشش شبکه آبیاری است. همچنین در برخی مناطق دشت قزوین با بهره‌برداری تلفیقی از آب کانال (شبکه) و چاه، آبیاری اراضی کشاورزی انجام می‌شود. کشت

طبق جدول (۳) محاسبه گردید (بر اساس اطلاعات شرکت‌های حفاری چاه در منطقه مورد مطالعه). برای محاسبه انرژی مصرفی، ابتدا قدرت پمپ (P) از رابطه ۲ محاسبه گردید سپس انرژی مصرفی از رابطه ۳ به دست آمد:

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

که در این رابطه، H ارتفاع پمپاژ (فشار سیستم آبیاری به علاوه عمق آب زیرزمینی بر حسب متر)، Q دبی سیستم آبیاری (مترمکعب بر ثانیه)،  $\gamma$  وزن مخصوص آب (۹۸۱۰ نیوتون بر مترمکعب)، و  $\mu$  بازده پمپ (درصد) است. دبی سیستم بر اساس جدول (۲) برای هر مزرعه در محاسبات در نظر گرفته شد. مقدار راندمان پمپ از دفترچه‌های طراحی سامانه‌های آبیاری برای هر مزرعه به دست آمده است. ساعات کارکرد سیستم آبیاری با توجه به دفترچه طراحی برای محصولات مختلف زراعی به دست آمد. انرژی موردنیاز در طول فصل رشد برای هر محصول نیز از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$E = T * P \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در این رابطه E انرژی بر حسب کیلووات-ساعت و T ساعات کارکرد سالانه می‌باشد.

قیمت عملکرد محصولات و هزینه زراعی مزرعه در نظر گرفته شد. در رابطه ۱، کلیه هزینه‌های سالانه به غیر از هزینه حفاری در عدد ۱۰ ضرب شد. از آنجا که هزینه حفاری مختص به یک سال نیست و کشاورز هزینه حفاری را برای چند سال پرداخت می‌کند بنابراین، هزینه حفاری ثابت در نظر گرفته شد. نسبت درآمد به هزینه تا ده سال بعد از سال ۱۳۹۰ محاسبه شد. بدین گونه با محاسبه درآمد به هزینه، عمق اقتصادی برای مزارع مختلف تعیین شد. عمق اقتصادی چاه برابر حداکثر عمق چاه است که در آن نسبت درآمد به هزینه (B/C) بیش از یک است. با توجه به اطلاعات به دست آمده از وزارت جهاد کشاورزی، کلیه هزینه‌های زراعی در یک هکتار در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت برای ذرت دانه‌ای ۱۹۱۱۸۸۴۰ ریال، یونجه ۳۹۸۰۷۰۰ ریال در استان قزوین به دست آمد (Ministry of Agriculture, Jihad, 2014). هزینه‌های حفاری شامل اعزام و برگشت دستگاه روتاری در جاده آسفالت به انضمام سوزن‌ها و متعلقات، اجرای لوله‌گذاری به قطر ۸ و ۱۰ اینچ تا عمق ۲۰۰ متر، اجرای عملیات لوله‌گذاری به قطر ۱۲ و ۱۴ اینچ از عمق ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر و تجهیز کارگاه برای حفاری با دستگاه روتاری می‌باشد که

جدول ۱. مشخصات مزارع مورد مطالعه دشت قزوین

کد مزرعه	نام روستا	منطقه	مساحت (هکتار)			مساحت کل (هکتار)
			جو	گندم	یونجه	
A1	ماجین بخش بشاریات	آبیک	۳	۳	-	۶
A2	خاک علی	آبیک	-	-	۷۰	۷۵
A3	خاک علی	آبیک	-	-	۳۰	۳۰
A4	خاک علی	آبیک	-	-	۱۵۰	۵۰۰
A5	خاک علی	آبیک	-	-	۵۷	-
A6	خاک علی	آبیک	-	۲۲	-	۲۲
A7	خاک علی	آبیک	-	-	۲۲	۲۲
AL1	کلج	البرز	۱	۱	۱	۱
AL2	بیدستان	البرز	-	۱۳	-	۱۴
B1	نجف آباد	بویین زهرا	۷/۶	۷/۶	۷/۵	۷/۵
B2	روستای خادیک	بویین زهرا	۱۲	۱۲	-	۲۴
B3	حسن آباد	بویین زهرا	۵/۵	۵/۵	۵/۳	۵/۵
B4	قمیک	بویین زهرا	۱/۵	۱/۵	-	-
G1	مهدی آباد	قزوین	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
G2	جهان آباد	قزوین	۰/۸	۰/۸	-	۰/۸
G3	میانچال	قزوین	-	-	۱	-
G4	جنت آباد اقبال	قزوین	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵
G5	اقبالیه	قزوین	۳/۵	۳/۵	۲	۲
T1	اسفروین	تاکستان	۱	۱	۰/۵	۰/۵
T2	طرویزک	تاکستان	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
T3	اسفراین	تاکستان	۱	۱	۰/۵	۰/۵
T4	قمیک	تاکستان	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵

جدول ۲. مشخصات سامانه‌های آبیاری بارانی مورداستفاده در مزارع مورد مطالعه

عمق سطح ایستابی (متر)	دبی سیستم (لیتر بر ثانیه)	فشار سیستم (متر)	منبع آب	سیستم آبیاری	کد مزرعه
۲۵	۲۹	۵۲	چاه	کلاسیک ثابت	A1
۵۸	۲۷	۲۵	۶۰ درصد کانال و ۴۰ درصد چاه	لینیر	A2
۵۸	۵۵	۲۰	۶۰ درصد کانال و ۴۰ درصد چاه	سنترپیوت	A3
۵۸	۵۵	۵۰	۶۰ درصد کانال و ۴۰ درصد چاه	کلاسیک ثابت	A4
۸۶	۵۵	۲۵	۶۵ درصد کانال و ۳۵ درصد چاه	سنترپیوت	A5
۸۶	۴۶/۷	۲۵	۶۵ درصد کانال و ۳۵ درصد چاه	سنترپیوت	A6
۸۶	۴۳	۲۵	۶۵ درصد کانال و ۳۵ درصد چاه	سنترپیوت	A7
۲۰/۳	۱۱	۵۳	چاه	کلاسیک ثابت	AL1
۲۳	۵۰	۴۵	چاه	کلاسیک ثابت	AL2
۲۳/۲	۸۳	۵۹	چاه	کلاسیک ثابت	B1
۸۰	۲۰	۴۳	چاه	لینیر	B2
۲۹/۶	۶۰	۵۲	چاه	کلاسیک ثابت	B3
۳۵	۱۳/۵	۵۵	چاه	کلاسیک ثابت	B4
-	۵/۵	۵۳	کانال	کلاسیک ثابت	G1
-	۹	۴۸	کانال	کلاسیک نیمه متحرک	G2
۴۵	۹/۹۹	۲۰	چاه	کلاسیک ثابت	G3
۳۷/۹	۱۳	۵۴	چاه	کلاسیک ثابت	G4
۴۰	۲۱	۵۹	چاه	کلاسیک ثابت	G5
۹۰	۵/۳	۵۷	چاه	کلاسیک ثابت	T1
۹۰	۴/۵	۴۹	چاه	کلاسیک ثابت	T2
۸۰	۵/۳	۵۳	چاه	کلاسیک ثابت	T3
۴۰	۲۰	۵۸	چاه	کلاسیک ثابت	T4

جدول ۳. تعرفه عملیات حفاری روتاری (دورانی) چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به فهرست بهای سال ۱۳۹۳

تعرفه عملیات حفاری روتاری (دورانی) چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به فهرست بهای سال ۱۳۹۳		
معاونت محترم برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست محترم جمهوری		
۱	اعزام و برگشت دستگاه روتاری در جاده آسفالت به انضمام سوزنها و متعلقات	مقطوع ۱۳/۰۰۰/۰۰۰ ریال
۲	تجهیز کارگاه برای حفاری با دستگاه روتاری	مقطوع ۱۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال
۳	نصب و جمع‌آوری دستگاه حفاری روتاری	مقطوع ۷/۰۰۰/۰۰۰ ریال
۴	اجرای عملیات حفاری دورانی در زمین‌های آبرفتی با حداکثر قطر ۱۷ اینچ تا عمق ۱۵۰ متر	هر متر ۱/۲۰۰/۰۰۰ ریال
۵	اجرای عملیات حفاری دورانی در زمین‌های آبرفتی با حداکثر قطر ۲۲ اینچ	هر متر ۱/۵۰۰/۰۰۰ ریال
۶	اجرای لوله‌گذاری به قطر ۸ و ۱۰ اینچ تا عمق ۲۰۰ متر	هر متر ۰۰۰/۱۸۰ ریال
۷	نصب لوله اجرای عملیات لوله‌گذاری به قطر ۱۲ و ۱۴ اینچ از عمق ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر	هر متر ۰۰۰/۲۰۰ ریال
۸	اجرای عملیات لوله‌گذاری به قطر ۱۶ و ۱۸ اینچ تا عمق ۱۵۰ متر	هر متر ۰۰۰/۲۵۰ ریال
۹	مهارد لوله با تیر آهن و نصب درپوش	مقطوع ۰۰۰/۰۰۰/۴ ریال
نرخ عملیات حفاری مازاد بر ۲۵۰ متر به تناسب ردیف‌های بالا توافق می‌گردد و اجرای عملیات حفاری در قله و دانه در شیب ۳۰ درصد به مبلغ حفاری اضافه می‌شود.		
۱۰	برقر زنی از ۲۲ اینچ به بالا تا عمق ۱۵۰ متر در قبال هر ۲ اینچ	هر ۱۲ اینچ ۱۳۰۰۰۰ ریال
۱۱	شستشوی چاه با پمپ دستگاه حفاری دورانی با هر قطر	مقطوع ۲۰۰۰۰۰۰ ریال

چاه‌های کشاورزی از ضروری‌ترین اقداماتی بود که مدنظر قرار گرفت. چرا که با برقی کردن چاه‌های کشاورزی امکان کنترل میزان برداشت از چاه‌های مجاز و شناسایی چاه‌های غیرمجاز در کشور نیز میسر می‌شود. به همین دلیل در دشت قزوین بسیاری از کشاورزان از سوخت برقی استفاده می‌کنند. در مطالعه‌ای در کشور شیلی (Ortega, 2000) میزان هزینه سوخت دیزلی گران‌تر از سوخت برقی بدست آمد، این در حالی است که در کشور شیلی (Nissen and Mancilla, 2009) و در کشور شرق هند (Mukherji, 2007)، میزان هزینه سوخت دیزلی کمتر از سوخت الکتریکی بدست آمد که دلیل آن تعرفه‌های بالای برق در این کشورها می‌باشد.

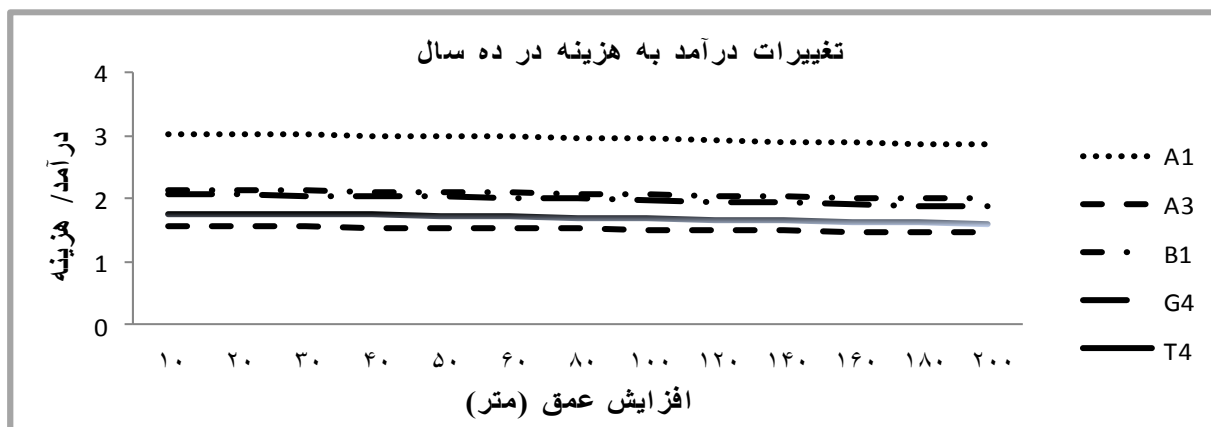
همان‌طور که انتظار می‌رفت با افزایش عمق چاه نسبت درآمد به هزینه کمتر شد (شکل ۱). اما کاهش نسبت درآمد به هزینه نسبت به افزایش عمق چاه قابل توجه نبود که دلیل آن نسبت هزینه حفاری به هزینه کلی است که کمتر از ۸ درصد بود (جدول ۴). مزارع  $B_1$  و  $G_4$  دارای بالاترین میزان درآمد و به همان نسبت دارای بالاترین میزان هزینه در مزرعه بودند به همین دلیل میزان درآمد به هزینه نسبت به مزرعه  $A_1$  کمتر بود. مزرعه  $A_1$  دارای بالاترین نسبت درآمد به هزینه است، به دلیل اینکه در این مزرعه سه محصول گندم، جو و ذرت کشت می‌شود (جدول ۱) و هزینه کلی برای گندم و جو نسبت به ذرت و یونجه کمتر است. همچنین به دلیل کشت پاییزه گندم و جو، ساعات آبیاری کمتری نیازمند است در نتیجه میزان افزایش انرژی کمتر می‌شود و هزینه کمتری را در بر می‌گیرد. همان‌طور که در جدول (۲) مشخص است دبی سیستم آبیاری در مزارع مختلف متفاوت بود که این تفاوت دبی باعث اختلاف مقدار افزایش انرژی مصرفی در اثر افزایش عمق چاه شد. اگر افزایش دبی چاه متناسب با افزایش سطح مزرعه باشد، ایجاد عمق بیشتر مقرون به‌صرفه‌تر خواهد بود؛ در غیر این صورت وقتی دبی بیشتر شود هزینه‌های مصرف انرژی بیشتر می‌شود بنابراین نسبت درآمد به هزینه کمتر خواهد شد و در نتیجه تأثیر عکسی بر عمق اقتصادی چاه دارد. مزرعه  $A_3$  دارای کمترین میزان درآمد به هزینه می‌باشد چون در این مزرعه افزایش میزان مصرف انرژی نسبت به درآمد آن زیاد بوده همچنین میزان درآمد در این مزرعه نسبت به بقیه مزارع کمتر بود.

در این تحقیق فرض شده است اگر کشاورزی در اثر پایین رفتن سطح آب زیرزمینی اقدام به کف شکنی چاه کند هزینه انرژی به ازای هر ۱۰ متر افزایش عمق چاه چقدر افزایش پیدا خواهد کرد و کشاورز تا چه عمقی می‌تواند اقدام به کف شکنی کند. همچنین فرض شده است هیچ محدودیت آب زیرزمینی برای کشاورز به‌منظور کف شکنی چاه وجود ندارد. برای محاسبه میزان مصرف انرژی در حالت سوخت گازوئیلی به دلیل این‌که در استان قزوین بنا به تعرفه‌های قرارگرفته برای سوخت برق، خیلی کم از سوخت گازوئیلی استفاده می‌شود از تبدیل واحد کیلووات ساعت برق به لیتر گازوئیل استفاده شد. یک کیلووات ساعت برق معادل ۱۰/۶۱۱ لیتر گازوئیل در نظر گرفته شد (Kitani et al, 1999).

به دلیل زیاد بودن مزارع مورد مطالعه و به تبع زیاد شدن نتایج، تعدادی از مزارع به‌طور تصادفی از تمامی مناطق مورد مطالعه انتخاب شد (مزارع  $A_1$ ،  $A_3$ ،  $B_1$ ،  $G_4$  و  $T_4$ ). عمق اقتصادی چاه‌ها در تمامی مزارع برای حالت‌های یارانه‌ای و غیریارانه‌ای با انرژی برق و گازوئیل محاسبه شد. درآمد برابر با فروش محصولات و هزینه‌ها نیز شامل هزینه حفاری، هزینه کلی (کاشت، داشت و برداشت) و هزینه انرژی (برق و گازوئیل در حالت یارانه‌ای و غیریارانه‌ای) در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

هزینه‌های انرژی برق در حالت غیریارانه‌ای تقریباً ده برابر حالت یارانه‌ای شد که نشان‌دهنده حمایت دولت از کشاورزان است. در حالت غیریارانه‌ای، هزینه‌ها دو برابر هزینه گازوئیل در حالت یارانه‌ای است. در سال‌های اخیر به دلیل هزینه بالای مصرف گازوئیل و حمایت دولت از انرژی برق و یارانه‌هایی که به برق تعلق گرفته است، اکثر کشاورزان به‌جای سوخت دیزلی از سوخت برقی استفاده می‌نمایند. با مقایسه هزینه‌های انرژی در سوخت‌های برقی و گازوئیلی، میزان هزینه در حالت گازوئیلی تقریباً ۱/۱۲ برابر حالت برقی بدست آمد. همچنین استفاده از سوخت برقی باعث کاهش استفاده از سوخت فسیلی، کاهش آلودگی و بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌شود. برداشت بیش از ظرفیت آب از سفره‌های زیرزمینی منجر به افت سطح آب زیرزمینی در دشت‌های کشور، بروز خطر فرونشست و بیابان‌زایی و خشک شدن باغات و مراتع می‌شود، بنابراین برق‌دار کردن



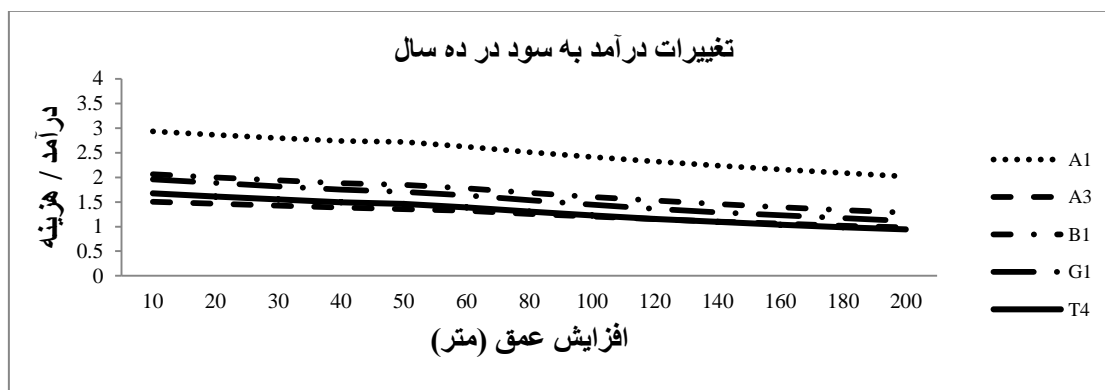
شکل ۱. تغییرات نسبت درآمد به هزینه به ازای افزایش عمق چاه در سال‌های مختلف در حالت استفاده از برق یارانه‌ای

جدول ۴. میزان درآمد و افزایش انرژی به ازای ده متر افزایش عمق چاه در حالت استفاده از سوخت (برق و گازوئیل) یارانه‌ای و غیریارانه‌ای

سوخت	مزرعه	محصولات	درآمد سالانه در یک هکتار (میلیون ریال)	افزایش هزینه مصرف انرژی به ازای ده متر افزایش عمق چاه (ریال)		درصد هزینه حفاری به کل هزینه‌ها	
				یارانه‌ای	غیر یارانه‌ای	یارانه‌ای	غیر یارانه‌ای
برق	A1	ذرت، گندم، جو	۸۲	۴۵۲۷۱	۴۳۲۹۷۲	۵/۲۹	۵/۲۱
	A3	یونجه، ذرت	۵۶	۸۹۷۳۳	۸۵۸۲۱۰	۳/۲۴	۳/۱۷
	B1	ذرت، گندم، جو، یونجه	۹۳	۱۳۱۱۰۵	۱۲۵۳۸۹۲	۲/۶۷	۲/۶
	G4	ذرت، گندم، جو، یونجه	۹۱	۱۳۴۲۴۸	۱۲۸۳۹۵۴	۷/۶۴	۷/۴۵
	T4	ذرت، گندم، جو، یونجه	۷۷	۱۵۳۰۸۸	۱۴۶۴۱۴۲	۵/۹۸	۵/۸
گازوئیل	A1	ذرت، گندم، جو	۸۲	۵۰۹۱۲	۱۰۱۸۲۳	۵/۲۹	۵/۲۸
	A3	یونجه، ذرت	۵۶	۱۰۰۹۱۴	۲۰۱۸۲۸	۳/۲۴	۳/۲۳
	B1	ذرت، گندم، جو، یونجه	۹۳	۱۴۷۴۴۱	۲۹۴۸۸۲	۲/۶۷	۲/۶۶
	G4	ذرت، گندم، جو، یونجه	۹۱	۱۵۰۹۷۶	۳۰۱۹۵۲	۷/۶۴	۷/۶۱
	T4	ذرت، گندم، جو، یونجه	۷۷	۱۷۲۱۶۴	۳۴۴۳۲۷	۵/۹۸	۵/۹۵

حالت یارانه‌ای بیشتر است ولی تفاوت چندانی با حالت یارانه‌ای نداشت که می‌توان گفت انرژی نیز سهم چشمگیری در نسبت درآمد به هزینه نداشته و بیشترین تغییرات مربوط به هزینه کلی مزرعه می‌باشد. نسبت درآمد به هزینه در حالت یارانه‌ای بیشتر از حالت غیریارانه‌ای بدست آمد.

نسبت درآمد به هزینه در حالت برق غیریارانه‌ای به ازای افزایش عمق چاه در شکل (۲) آمده است. در حالت غیریارانه‌ای نیز هزینه حفاری به هزینه کل کمتر از ۱۰ درصد بدست آمد (جدول ۴) که این نسبت در حالت غیریارانه‌ای نسبت به یارانه‌ای کمتر است. چون سهم انرژی در این حالت نسبت به



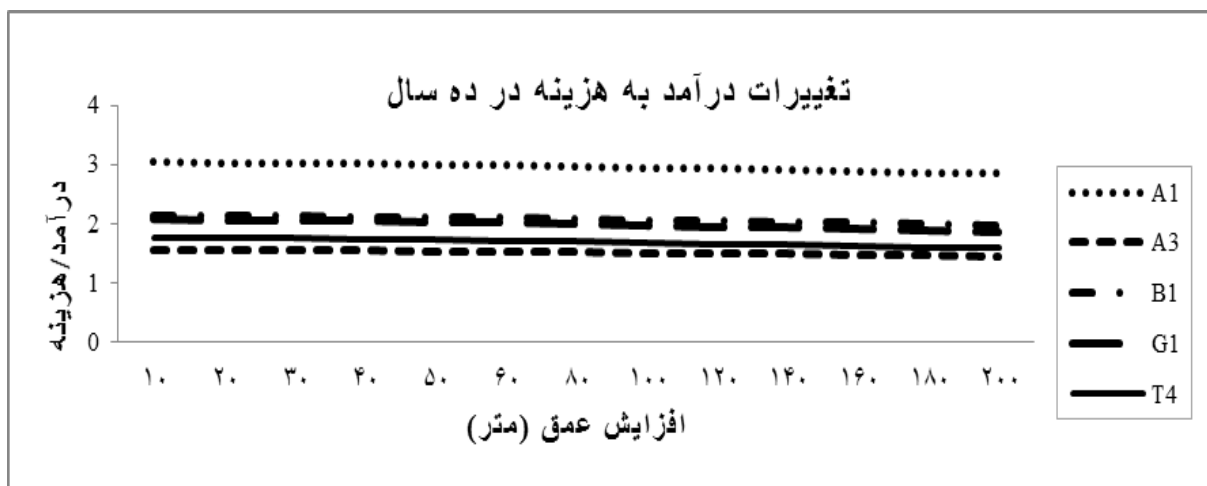
شکل ۲- تغییرات درآمد به هزینه به ازای افزایش عمق چاه در ده سال بعد در حالت استفاده از برق غیریارانه‌ای

افزایش عمق، هزینه حفاری و انرژی به میزان ثابتی افزایش می-یابد در نتیجه شیب نمودار تقریباً به صورت ثابت است. به عبارت دیگر، نسبت درآمد به هزینه با افزایش عمق چاه با شیب ثابتی کاهش یافته است. نتایج مطالعه‌ای که در بجنورد به منظور تعیین عمق بهینه اقتصادی چاه‌های آب کشاورزی (مطالعه موردی دشت بجنورد) انجام شد (Mojarrad and Sabouhi, 2009) نشان داد که برداشت آب از چاه با کف‌شکنی‌هایی موجود تا ارتفاع ۲۰۵ متری مقرون به صرفه خواهد بود. نتایج این تحقیق نشان داد که محدودیتی از نظر اقتصادی برای کشاورز برای حفاری و کف‌شکنی چاه با توجه به هزینه کم انرژی در هر دو سوخت برق و گازوئیل و در دو حالت یارانه‌ای و غیریارانه‌ای وجود ندارد.

ولی واقعیت این است که راندمان سامانه‌های پمپاژ بسیار کمتر از دفترچه‌های طراحی است.

در این تحقیق، بازده پمپ‌ها از روی دفترچه‌های طراحی انتخاب شدند، ولی واقعیت این است که بازده سامانه‌های پمپاژ کمتر از مقادیر ارائه شده در دفترچه‌های طراحی است. از این رو، برای اطمینان در نتایج بدست آمده، بازده پمپ در مزارع مورد مطالعه در ضریب ۰/۷ ضرب شد و نتایج مجدداً بازبینی شد که در این حالت نیز نسبت حفاری به هزینه کل در چهار حالت (سوخت‌های برق و گازوئیل در دو حالت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای) کمتر از ده درصد به دست آمد. در این حالت نیز نتایج نشان داد که با توجه به شاخص نسبت درآمد به هزینه، کشاورز محدودیتی برای کف‌شکنی چاه در شرایط حاضر ندارد.

نسبت هزینه حفاری به هزینه کل کمتر از ۱۰ درصد در حالت استفاده از گازوئیل یارانه‌ای بدست آمد (جدول ۵). به همین دلیل در این حالت نیز با افزایش عمق چاه نسبت درآمد به هزینه تغییر زیادی نکرد. در این حالت نیز مزرعه A<sub>1</sub> دارای بالاترین میزان درآمد به هزینه است (شکل ۵). نسبت درآمد به هزینه در حالت انرژی برقی بیشتر از سوخت گازوئیل بدست آمد. چون در شرایط یارانه‌ای، هزینه پرداختی برای گازوئیل در مقابل برق بیشتر بود. در حالت غیریارانه‌ای گازوئیل نیز نسبت هزینه حفاری به کل هزینه‌ها کمتر از ۱۰ درصد بود (جدول ۴). نسبت درآمد به هزینه در این حالت در مقایسه با حالت یارانه‌ای کمتر است ولی این تفاوت چندان زیاد نیست (شکل ۴). چون هزینه انرژی همانند هزینه حفاری سهم چشمگیری در هزینه کلی ندارد و هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت بیشترین سهم در هزینه کلی را دارد. در شرایط قیمت یارانه‌ای، افزایش هزینه مصرف انرژی به ازای افزایش ده متری عمق چاه در حالت استفاده از برق کمتر از گازوئیل بدست آمد. در حالی که در شرایط قیمت غیریارانه‌ای، هزینه انرژی برق به مراتب بیشتر از هزینه سوخت گازوئیل شد (جدول ۴). در حالت غیریارانه‌ای، نسبت درآمد به هزینه به ازای افزایش عمق چاه برای انرژی برق بیشتر از سوخت گازوئیل کاهش پیدا کرد. دلیل این مسئله این است که قیمت برق غیریارانه‌ای ده برابر قیمت یارانه‌ای آن است در حالی که قیمت غیریارانه‌ای گازوئیل دو برابر قیمت یارانه‌ای آن می‌باشد. با توجه شکل‌های ۱ تا ۴، بین نسبت درآمد به هزینه و افزایش عمق چاه رابطه خطی وجود دارد. به دلیل اینکه به ازای



شکل ۳. تغییرات درآمد به هزینه به ازای افزایش عمق چاه در ده سال بعد در حالت استفاده از گازوئیل یارانه‌ای



شکل ۴. تغییرات درآمد به هزینه به ازای افزایش عمق چاه در ده سال بعد در حالت استفاده از گازوئیل غیریارانه‌ای

عکس در حالت یارانه‌ای حاصل شد. انرژی سهم چشمگیری در نسبت درآمد به هزینه نداشت چون هزینه انرژی درصد کمی از کل هزینه‌های زراعی را در بر می‌گیرد. با توجه به قیمت فعلی سوخت‌های برق و گازوئیل، افزایش عمق چاه (کف شکنی چاه) باعث افزایش جزئی نسبت درآمد به هزینه می‌شود. نتایج نشان داد که کشاورز محدودیتی از نظر زیاد شدن هزینه برای افزایش عمق چاه ندارد. بنابراین، کشاورز با توجه به هزینه کم، اقدام به کف شکنی بیشتر خواهد کرد. این نتیجه نشان‌دهنده اهمیت نظارت سازمان‌های متولی آب در حفاری و بهره‌برداری از چاه‌های کشاورزی می‌باشد.

### سپاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور که از این طرح پژوهشی به شماره ۹۲۰۱۴۱۳۶ حمایت مالی کرده‌اند سپاسگزاری می‌شود.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق، عمق اقتصادی چاه کشاورزی برای دو سوخت برقی و گازوئیلی در دو حالت یارانه‌ای و غیریارانه‌ای در تعدادی از مزارع مجهز به سیستم آبیاری بارانی در دشت قزوین مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه هزینه برق در دو حالت غیریارانه‌ای و یارانه‌ای، در حالت غیریارانه‌ای هزینه‌ها تقریباً ده برابر حالت با احتساب یارانه‌ها می‌باشد که نشان‌دهنده حمایت دولت از کشاورزان می‌باشد. در حالت غیر یارانه‌ای هزینه‌ها دو برابر هزینه گازوئیل در حالت یارانه‌ای است. در شرایط قیمت یارانه‌ای، هزینه مصرف انرژی برق کمتر از گازوئیل بدست آمد. درحالی‌که در شرایط قیمت غیریارانه‌ای، هزینه انرژی برق به مراتب بیشتر از هزینه گازوئیل شد. در حالت غیریارانه‌ای، نسبت درآمد به هزینه به ازای افزایش عمق چاه برای انرژی برق نسبت به سوخت گازوئیل بیشتر کاهش یافت درحالی‌که نتیجه

### REFERENCES

- Dinar A. (1994). Impact of energy cost and water resource availability on agriculture and ground water quality in California. *Resource and Energy Economics*, 16(1), 47-66.
- Ghasemi, A., Zaree – Abyaneh, H., Maroufi, S., Sepehri, N., Hassan Nejad, M.S. (2007). Status of Hamedan-Bahar Plain Groundwater between 2005 and 2006. *The Second Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering*, Tehran. (In Farsi).
- Khajeddin, S. J. (2007). Trend of desertification in Iran. *Journal of Forest, Range and Watershed*, 74: 42-45. (In Farsi)
- Kitani, O., Jungbluth, T., Peart, R., Ramdani, A. (1999). *CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume V Energy and Biomass Engineering*, Published by the American Society of Agricultural Engineers. 326 page.
- Martin, D. L., Dorn, T. W., Melvin, S. R., Corr, A. J., Kranz, W. L. (2011). Evaluating energy use for pumping irrigation water. *Proceedings of the 23rd Annual Central Plains Irrigation Conference*, Burlington, CO., February 22-23, Available from CPIA, 760 N. Thompson, Colby, Kansas.
- Ministry of Agriculture Jihad. (2012). Studies of updating Project and Implementing of the national document model for efficient water use in agriculture in the two pilot plain of Qazvin and Foumanat. Department of Water, Soil and Industries, Karaj, Iran. (In Farsi)
- Ministry of Agriculture Jihad. (2014). *Agricultural statistics, Volume I, Agricultural and horticultural crops*. Center of Statistics and Information Technology, <http://dbagri.maj.ir>. (In Farsi)
- Ministry of Energy. (2011). *Energy balance sheet*. Department of Electricity and Energy, Tehran, Iran, Page 570. (In Farsi)
- Mojarrad, A., Sabouhi, M. (2009). Determining the economic optimum depth of irrigation water wells, Case Study of Bojnourd plain. *Journal of Agricultural Economics Research*, 2(1): 93-103. (In Farsi)
- Mukherji, A. (2007). The energy-irrigation nexus and its impact on groundwater markets in eastern



- Indo-Gangetic basin: *Evidence from West Bengal, India*. *Energy Policy*, 35(12), 6413-6430.
- Nissen, J., Mancilla, M. (2009). Actibilidad técnica y económica de riego por aspersión en praderas artificiales destinadas a leche del sur de Chile. *Agro sur*, 37(2), 110-125.
- Ortega, L. (2000). Informe Final Estudio "Rentabilidad de Rubros Agropecuarios con Riego en la Xa. Región" (CORFO/INIA). CRI Remehue-INIA. Osorno, Chile.
- Shah T., Scott C., Kishore A., Sharma A. (2004). Energy-irrigation nexus in South Asia: Improving groundwater conservation and power sector viability. Second (Revised) Edition. Research Report 70. Colombo, Sri Lanka: *International Water Management Institute*.