نقش سرمایه گذاری و لایروبی درکاهش تلفات آبدهی و حفاظت قناتهای استان فارس

سیدکاظم صدر و حبیب اله سلامی

بترتیب دانشیاردانشکده علوم اقتصادی و سیاسی، دانشگاه شهیدبهشتی و کارشناس موسسه تحقیقات کشاورزی، وزارت کشاورزی

تاریخ وصول بیست و چهارم مردادماه ۱۳۶۸

چکیده

به‌منظوربررسی افزایش‌کارائی‌آبدهی قناتهای استان فارس ۱۰۰رشته‌ازکاریزهای بیضا، قصرالدشت، سروستان و ابرقو مورد مطالعه قرارگرفته و اثرعوامل مختلف ازجمله کول کاری و لایروبی برآبدهی آنهااندازه گیری شده‌است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که نه فقط دو عامل یادشده اثرمثبت و معنی داری برآبدهی قنات دارد، بلکه، یك تومان سرمایه گذاری درکول کاری حداقل ۱۲ برابربازدهی دارد، درحالیکه بازدهی همین مبلغ در لایروبی درشرایط مساوی کمترازیك است. معذالك نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که قناتهای فارس کمتراز حد تعادل کول کاری شده‌اند. اختصاص منابع مالی به کشاورزان برای کول کاری، که هم باعث کاهش تلفات آبدهی قناتهای فارس شده وهم موجب حفاظت آنها وکاسته شدن هزینه لایروبی می‌گردد، توصیه اصلی این تحقیق است.

مقدمه

اقتصاد قنات علیرغم گذشت هزاران سال ازابداع و استفاده ازآن (۸ و۱۴) و حفرقریب ۴۰۰۰۰ رشته‌ازآن در سرتاسرایران (۱، ص ۱۱) هنوز کاملا" شناخته نشده است. گرچه مطالعات زیادی پیرامون ارزش وآثار فرهنگی قنات انجام شده (۱۴) وبررسیهای چندی درباره ویژگیهای فنی آن ارائه شده‌است (۱۶)، ازبعداقتصادی این روش آبرسانی به مراتب کمترمورد تحلیل وبررسی قرارگرفته است (۲، ۶ و۹). درحالیکه قناتها در بخش کشاورزی ایران یکی از ذخایرسرمایه گذاریهای زیربنائی را تشکیل داده که از نسلهای قبل به نسل فعلی به ارث رسیده‌است، و حتی درحال حاضر دومین شیوه بهره برداری از سفره های آب زیرزمینی می‌باشند هنوز تحلیهای جامعی از این دیدگاه برای ارزیابی منافع و هزینه های این سرمایه گذاریها صورت نگرفته است (۱۰ و۱۳). همچنین پیرامون افزایش کارائی آبدهی کاریزها، تغذیه مصنوعی آنها، و ذخیره کردن جریان اضافی آنها درفصول غیرزراعی، تحقیقاتی ازبعد اقتصادی انتشارنیافته است. آنچه گزارش می‌شود تجربیاتی‌است که‌بطورسنتی‌ازنسلهای پیش باقی مانده‌اند یاپیشنهادهائی است که از جنبه های نظری موجه به نظرمی‌رسند (۱۲ و۱۳)، اما طرحها ورهنمودهای جدیدهیچیك آزمون تجربی نشده ونتایج آنهاانتشار نیافته‌است.

اقتصاد قنات از جنبه های مختلف قابل مطالعه و بررسی می‌باشد. نخست کیفیت ابداع و تحول این فن

درطی زمان و بررسی نقش عواملی می‌باشد که برتکامل آن از تاریخ پیدایش تاکنون موثربوده‌اند۰ این مطالعه به پیش بینی جهت پیشرفت فن قنات درآینده باافزایش نرخ دستمزدها ، کارمایه و سوخت و به کارگیری ابتکاراتی که درزمینه حفاری و خاکبرداری صورت گرفته است کمك می‌کند و قابلیت رقابت فن قنات را با چاه دربلند مدت روشن می‌سازد۰ جنبه دیگربه اقتصاد قنات سازی مربوط می‌شود۰ احداث قنات همانند هرطرح سرمایه گذاری زیربنائی دراین بعد مورد بررسی واقع می‌گردد ، و منافع و هزینه های مستقیم و غیرمستقیم قنات با همان معیارهائی که طرحهای سرمایه گذاری ارزیابی می‌شود مورد تجزیه و تحلیل قرارمی‌گیرد۰ از این بعد ، احداث قنات با حفرچاه ، که شیوه رقیب برای بهره برداری از آبهای زیرزمینی است مقایسه گشته ، مزایا واشکالات آن بررسی شده ، ومزیت نسبی هریك ازدوفن تعیین می‌گردد۰ ازاین نظر، می‌توان راجع به شیوه مناسب بهره‌برداری ازآبهای زیرزمینی دردشتها و کوهپایه ها به یك توصیه موجه‌اقتصادی رسید و آنرا سیاست اجرائی درتوسعه بهره برداری از منابع زیرزمینی آب کشورقرارداد۰ همچنین عملیاتی مانند تغذیه مصنوعی ، احیاء قناتهای بایر ، ادامه پیشکار ، تعمیق چاهها واحداث کوره جدید و سرمایه گذاریهائی که دربلند مدت صورت می‌گیرد ازهمین جنبه بررسی می‌شود۰

جنبه سوم را می‌توان اقتصاد قنات داری نامید۰ ازاین لحاظ کیفیت افزایش آبدهی قناتهای موجود و کاهش هزینه حفاظت از آنها و جلوگیری از بایرگشتن آنها مطرح است۰ برخلاف جنبه قبل که ساختن قنات دربلندمدت مورد توجه واقع می‌شود ، دراین دید افزایش بهره برداری از قناتهای موجود درکوتاه مدت مد نظر قرارمی‌گیرد۰ مثلا" شرط لازم تداوم آبدهی قناتها ، لایروبی کردن پیوسته آنهاست۰ باافزایش نرخ دستمزدها هزینه انجام این خدمت بالا می‌رود و رفته رفته ممکن است از توان صاحبان قنات خارج شود۰ این پدیده اگرچاره جوئی نشود ممکن است به خشك شدن کاریزها منتهی شود۰ درمقابل، دائما" فنون و ابتکاراتی از طرف مقنیان عرضه‌می‌شود که هزینه لایروبی و مرمت قنات را تقلیل داده و بنابراین ادامه بهره برداری از قنات را توام با صرفه می‌نماید۰ از جمله این فنون ابداع کولهای سیمانی است که درآنها مفتولهای فلزی یامیله گرد بکار رفته است۰ نصب این کولهادر کوره و میله های قنات، وجانشین کردن سنگچین و کولهای سفالی که قبلا" متداول بود باآن، موجب استحکام ساختمان قنات و عدم ریزش جداره‌کوره ومیله‌ها می‌شود۰ این تحول درجانشینی سرمایه بجای نیروی کارموجب افزایش کارایی آبدهی قنات می‌شود زیرا هزینه نهائی ومتوسط استحصال آب ازآن راکاهش می‌دهد۰

آنچه دراین مقاله مورد طرح و بررسی قرارمی‌گیرد همین جنبه اخیراست۰ نقش کول کاری و لایروبی در حفاظت و کاهش تلفات آبدهی قناتهای استان فارس مورد کاوش قرارمی‌گیرد۰ به بیان دقیقترهدف از این تحقیق، بالا بردن کارائی قناتهای مزبوراست ازطریق افزایش سرمایه گذاری درکول کاری یا زیاد کردن خدمت‌لایروبی به‌نحوی‌که یا بده قنات افزایش یافته یا هزینه آب برداشت شده کاهش یابد۰

درتحقیقی که بوسیله صدر و سجادی اخیرا" منتشر شده (۹) الگوئی اقتصادی برای بهره برداری از آبهای زیرزمینی بااستفاده از فن قنات ارائه گردیده است۰ دراین الگو ، استخراج آبهای زیرزمینی با استفاده از

نیروی کار واحداث میله ها وکوره قنات یك تابع تولید تلقی شده و آبدهی قنات تابعی از عوامل طبیعی، انباره سرمایه، نیروی کار، ونوع مالکیت قنات تعریف گردیده است۰ درآن بررسی، نتایج برآورد تابع آبدهی قنات بااستفاده از آمارمربوط به قناتهای دشت یزد و اردکان، نیز ارائه شده است۰ درمقاله حاضرسعی می‌شود که الگوی مزبوراز جنبه نظری و تحلیل اقتصادی تقویت شده و سپس با استفاده ازآماری که‌از قناتهای استان فارس تهیه شده است برآورد گردد۰ چون آمار اخیربوسیله نگارندگان باکاربرد روشی که شرح داده خواهد شد تهیه گردیده است، حاوی اطلاعات بیشتری از قناتهامی‌باشد و الگوی تدوین شده راازجنبه نظری بیشترتوجیه می‌نماید۰ علاوه برجنبه علمی، نقش عوامل مختلف از جمله لایروبی که بااستخدام نیروی کارانجام می‌گیرد و سرمایه گذاری درقنات که سابقا" به صورت سنگچین کردن میله ها و کوره قنات صورت می‌گرفت، واخیرا" با ساختن و جاگذاری کولهای سیمانی انجام می‌شود، درمطالعه حاضرمورد بررسی قرار می‌گیرد و بازدهی سرمایه گذاری درقناتهای استان فارس، و اثرآن درصرفه جوئی هزینه لایروبی، تخمین زده خواهد شد۰

مواد وروشها

۱ـ الگوی قنات :

درمقاله صدر و سجادی(۹) استخراج آبهای زیرزمینی بوسیله قنات یك تابع بهره برداری از یك منبع طبیعی مشترك[1] وتجدیدپذیر[2] تلقی شده که بااستفاده‌ازانباره سرمایه، جریان نیروی کار، ومتناسب باابعادوخصوصیات حوضه زیرزمینی، آب این سفره به مظهرقنات جریان می‌یابد۰ این تابع بصورت تابع شماره ۱ معرفی شده است۰

$$Q = F(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5) \qquad (1)$$

که درآن Z_1 برداری است از شاخصهای عوامل طبیعی مانند بارندگی، نوع زمین و خصوصیات ژئوفیزیکی آن، عمق و وسعت سفره آب زیرزمینی و سایرعوامل طبیعی و جوی، Z_2 برداری است از ارزش انباره سرمایه هائی که برای حفر مادر چاه، کوره، کول کاری و سنگچین قنات صرف شده‌است، Z_3 برداری است از جریان خدمات لایروبی، مرمت و کارهای مشابهی که هرسال برای قنات صورت می‌گیرد، Z_4 عبارتست از برداری از شاخصهای عوامل حقوقی، اعم از نوع مالکیت قنات و ضوابطی که برای حفظ حریم و بهره برداری ازآن موجود است، و با لاخره، Z_5 عبارتست از برداری از شاخصها و سنجشهائی از وامها، کمکهای بلاعوض و اعتبارات تحقیقاتی که از طرف دولت هرساله برای توسعه قنات اختصاص می‌یابد، و Q عبارتست از حداکثر جریان بالقوه آب درهرسال۰ بعبارت دیگرتابع (۱) رابطه بین مقادیرمختلف متغیرهای Z_1، Z_2، Z_3، Z_4 و Z_5 را با حداکثرجریان Q نشان می‌دهد۰

چنانچه بهره برداری از سفره های آب زیرزمینی برابربا حداکثربرداشت مجاز[3] باشد، می‌تواند به علت تجدیدپذیربودن آن دربلند مدت ادامه یابد۰ برخلاف منابع انباره[4]، برداشت از لایه های آبدارزیرزمینی در هرسال باعث کاهش ذخیره آب درسال بعد نمی‌شود۰ بنابراین، بهره برداری از لایه های مزبوربوسیله قنات می‌تواندهرسال تکرارشود۰ یعنی فعالیت آبرسانی قنات

1- Common Properly Resource
2-Renewable
3- Maximum SustainablesYield
4-Stock Resources

همانندکلیه فعالیتهای تولیدی می‌باشدبه طوری که اگر درابتدای هردوره انباره و روانه نهاده‌ها برابرباشد، جریان تولید نیزدرهردوره برابرخواهدبود۰ این جریان تولید یاآبدهی قنات توسط تابع شماره (۱) نشان داده شده‌است۰ دراین تابع همه عواملی که برآبدهی قنوات بالقوه موثرهستند درنظرگرفته شده‌اند۰ مجموعه این عوامل را عبدالکریم بهنیاپس از بررسی تحقیقات گوناگون بشرح زیرذکرمی‌کند(۱، ص ۱۴۸)۰

۱ـ وسعت وظرفیت لایه‌آبداردرتره کاروموقعیت لایه غیرقابل نفوذ (سنگ کف)

۲ـ وضع پستی، بلندی وشیب منطقه وموقعیت دشت

۳ـ تراکم منابع برداشت آب درمنطقه

۴ـ وضع حوضه آبریز ونوع ومیزان نزولات جوی

۵ـ ابعادهندسی قنات که خود مشتمل است برطول کوره درتره کاروخشکه کار، سطح مقطع کوره وبالاخره شیب طولی کوره درقسمتهای گوناگون

۶ـ میزان تبخیراز آب قنات

عوامل ۱، ۲، ۳ و۴ از مجموعه فوق درتابع (۱) دربردار z_1 منظورشده‌اند۰ عامل ۵ که به کیفیت احداث قنات و سرمایه گذاری اولیه آن بستگی دارد دربردار z_2 ضمیمه شده‌است۰ چون تبخیرآب درداخل کوره ناچیزاست عامل ۶ درنظرگرفته نشده‌است۰ اما پیدا است که تداوم آبدهی قنات بستگی به لایروبی مستمر و شکل حقوقی بهره برداری ازآن دارد۰ همچنین به حمایتهای بخش عمومی ازاین فن یاتکنولوژی چاه وابسته‌است۰ به‌این دلیل عوامل اخیرنیز درتابع (۱) وارد شده‌اند۰

رابطه فنی یاهیدرولیك میان عوامل پنجگانه فوق وآبدهی قنات بوسیله پژوهشگرانی همچون بای بوردی (۱۶) و دیگران (۱، ص ۱۵۹ـ ۱۵۰) بااستفاده از قانون دارسی تدوین شده‌است۰ بدیهی است وقتی آبدهی قنات مطابق پیش بینی های رابطه های یادشده آبده می‌باشد که سایرعوامل مذکوردرتابع (۱) نیزدرحد مطلوب خود باشند۰ واضح است اگرقناتی لایروبی نشود، یاکول کاری و سنگچین نگردد، به تدریج دراثرریزش جداره‌ها آب بند شده و بالاخره خشك می‌گردد۰ پس رابطه هیدرولیك فقط آبدهی بالقوه قنات را پیش بینی می‌کند و بدون صرف نیروی کارو سرمایه نمی‌توان این رابطه را فعلیت بخشید۰ از اینجا درستی تدوین الگوی آبدهی قنات درچارچوب یك تابع تولید روشن می‌شود و تابعیت آبدهی قنات، هم از عوامل طبیعی، وهم از عوامل انسانی که درتابع (۱) خلاصه شده‌است توجیه می‌گردد۰

حال می‌توان بااستفاده از شرایط تعادل، حد مطلوب انباره سرمایه و نیروی کار لازم را برای لایروبی تعیین کرد و نشان داد که آیا درفارس مقدارکول گذاری و سنگچین قناتها و نیروئی که صرف لایروبی می‌شود برابربا حد متعادل آن هست؟ همچنین نقش آنها را در افزایش آبدهی قنات می‌توان تعیین کرد و دریافت که اختصاص هرتومان به لایروبی قنات یا کول کاری آن چقدر آبدهی را تغییرمی‌دهد۰ چنانکه قبلا" اشاره شد با توجه به افزایش دستمزد و ابداع کولهای سیمانی، انتظار می‌رود که صاحبان قنات از هزینه لایروبی کاسته و بر میزان کول کاری افزوده باشند۰ دراین صورت، حد مطلوب صرفه جوئی در لایروبی وافزایش سرمایه گذاری به شکل کول کاری چقدراست؟ این سوالی است که برای یافتن پاسخ آن تحقیق حاضرانجام شده‌است۰

۲ـ مناطق مورد مطالعه و روش تحقیق

پیش از توصیف مناطق انتخاب شده و روش تحقیق تذکرمطلبی پیرامون حجم اطلاعات مورد نیاز و دشواری جمع آوری آنها لازم بنظرمی‌رسد۰ اطلاعات مورد نیاز

براساس تابع (۱) درحال حاضردرهیچیك ازمراجع ومنابع اطلاعاتی به طور کامل موجود نیست. برخی از آمار مربوط به ویژگیهای هیدرولیك و زمین شناسی قنات در اداره آبهای زیرزمینی، وابسته به وزارت نیرو یافت می‌شود. امااین مجموعه فاقد اطلاعات مربوط به لایروبی وسرمایه گذاریهای گوناگون قنوات می‌باشد. جمع آوری اطلاعات اخیرباید بابازدیدمحلی، یعنی حضوردردشتها وکوهپایه ها و مصاحبه بامقنیان یا صاحبان قنوات صورت گیرد. تهیه همه این اطلاعات مستلزم مراجعه به اداره آبهای زیرزمینی وانتخاب نمونه‌ای از قناتهای سرشماری شده دروهله اول می‌باشد. دروهله‌دوم بایدبابررسیهای میدانی ومصاحبه‌هایامشاهدات مستقیم مانده اطلاعات مورد نیاز را گردآوری کرد. این فرآیند جز درزمان طولانی و با هیأتی ازآمارگران مجرب، و با صرف اعتباری متنابه تحقق پذیر نیست. علیهذا باتوجه به محدودیتهای منابع انسانی و مالی باید به جمع آوری حداکثر اطلاعات قابل تهیه پرداخت. درمطالعه صدر و سجادی (۹)، منبع اصلی اطلاعات را آمارتهیه شده بوسیله جهاد سازندگی تشکیل می داد. درمطالعه حاضر، اطلاعات به کوشش خود پژوهشگران و با مراجعه ومصاحبه مستقیم گردآوری شده‌است.

مناطق انتخاب شده دراین تحقیق، بیضا، قصرالدشت شیراز، سروستان و ابرقو دراستان فارس می‌باشند. نبود رودخانه دائم درمناطق یادشده، تفاوت اقلیم، میزان بارندگی وحوزه های آبریز و بالاخره اهمیت آبهای زیرزمینی درتامین آب کشاورزی دراین مناطق و نقش زیاد قنات درامرآبرسانی علل اصلی انتخاب مناطق مزبورمی‌باشد.

دشت بیضا درحوضه آبریز رودهای کر و سیوند قرارداشته و میانگین بارندگی سالانه آن ۸۸۷ میلی متر می‌باشد. دربیضا قنات منبع اصلی آبرسانی است، و فقط دربرخی از روستاها چاه نیمه عمیق وجود دارد. دشتهای شیراز و سروستان درحوضه آبریز دریاچه مهارلو واقع‌بوده و میانگین بارندگی سالانه بترتیب ۴۳۵ و ۳۹۴ میلیمتر می‌باشد. دشت ابرقو درحوضه آبریز ابرقو- سیرجان قرارداشته و بارندگی متوسط سالانه درآنجا ۱۱۲ میلیمترمی‌باشد (۷). از میان مناطق انتخاب شده، قصرالدشت به شیراز نزدیکتر و انتقال فن چاه به منطقه آسانتربوده، و علاوه بر آن، آب استحصالی بیشتردرباغها به مصرف می‌رسد. فاصله ابرقوبیشترازسایرمناطق تا شیراز می‌باشد و به همین جهت دسترسی به مرکز برای اهالی آن دشوارتر وتهیه وسایل چاه نیز مشکلترمی‌باشد. تعداد کل قناتهای دایروخشك مناطق چهارگانه‌نامبرده ۲۳۰ رشته بوده که ۱۰۰ رشته آنها بطورتصادفی ومتناسب با قناتهای هر منطقه انتخاب شدند، منتهی درصد گزینش درمناطق چهارگانه یکسان نبود. از دومنطقه پرقنات بیضا و ابرقو درصد کمتری و از سروستان و قصرالدشت درصد بیشتری از قناتهاانتخاب شدند تا تعداد کافی مشاهده تصادفی درنمونه های برگزیده از هرمنطقه وجود داشته باشد. تعداد کل و شمار قناتهای انتخاب شده برحسب مناطق چهارگانه فارس درجدول ۱ ارائه شده است. گرچه این نمونه گیری درسال ۱۳۵۸ انجام گرفت، ولی تحلیل و بررسی نتایج بدست آمده تاسال ۱۳۶۷ به طول انجامید.

نتایج و بحث

۱- شرح آمارتوصیفی قناتهای مناطق انتخاب شده

جدول ۲ اطلاعاتی را پیرامون قناتهای انتخاب شده مناطق چهارگانه استان فارس ارائه می‌دهد. دربیضا

جدول ۱ـ تعداد کل و تعداد قناتهای انتخاب شده برحسب منطقه

نام منطقه	تعدادکل قناتها	تعدادانتخاب شده قناتها	درصد
بیضا	۱۱۳	۴۲	۳۷
ابرقو	۶۶	۲۵	۳۸
سروستان	۳۰	۲۰	۶۷
قصرالدشت	۲۱	۳۱	۶۲
کل	۲۳۰	۱۰۰	

که میانگین بارندگی سالیانه آن ازمناطق دیگربیشتر است، میانگین آبدهی قناتهای آنجا نیزبیشتر بوده، و برعکس میانگینهای طول قناتها و عمق مادرچاهها کمترمی‌باشد۰ عکس این وضعیت درابرقو مشاهده می‌شود: میانگین بارندگی سالانه‌آنجا کمتراز مناطق دیگربوده، و میانگین آبدهی کاریزها نیزنسبت به بیضا وقصرالدشت پائین و کمی بیشتراز قناتهای سروستان می‌باشد۰ امامیانگین های طول قناتها و عمق مادرچاهها بیشتراز سایرمناطق است۰ قناتهای مناطق قصرالدشت و سروستان دارای حالت میانی هستند، به‌طوری که بنظرمی‌رسدآبدهی مناطق یادشده رابطه مستقیم با بارندگی سالانه داشته و همچنین قناتهای کوهپایه کوتاهترو مادرچاه آنها کم عمیقتراز قناتهائی است که دردشتها احداث شده‌اند۰

قناتهای ابرقوبیشتراز سایرقناتها لایروبی می‌شوند، بطوریکه‌میانگین مسافت لایروبی‌سالانه‌دراین منطقه بیشتراز سایرمناطق است۰ هزینه‌هرمترلایروبی نیزدر ابرقوحداقل است۰ درمقابل این قناتهابه‌انباره سرمایه کمتری مجهزهستندزیرا میانگین طول کول کاری و سنگچین کمتراز سایرمناطق می‌باشد۰ هزینه متوسط لایروبی دربیضاحداکثربوده‌ومیانگین طول کول کاری نیز به‌استثنای سروستان حداکثراست۰ درسروستان‌که طول قناتهاوعمق مادرچاهها درمقایسه‌با سایرمناطق دردرجه دوم قراردارد، معدل کول کاری دررتبه‌اول ومیانگین مسافت‌لایروبی دررتبه دوم قراردارد۰ ملاحظه‌می‌شود که درچهارمنطقه‌استان فارس طول کول کاری، که بصورت فنی جدیدابداع وارائه شده‌است بامسافت لایروبی رابطه‌ای معکوس دارد۰ درواقع، این رابطه‌ازجانشین‌شدن انبار، درکول کاری بجای جریان‌لایروبی دراثربالارفتن دستمزدها خبرمی‌دهد۰

هزینه لایروبی درمناطق مزبوررقمی میان ۱۵ تا ۵۲ هزارتومان راتشکیل می‌دهد۰ باتوجه‌به‌طول متوسط قناتها درچهارمنطقه‌که‌برابر ۴۶۹۲مترمی‌باشدونیزمسافت لایروبی درهمین مناطق که۲۷۸۶مترمحاسبه شده‌است، ملاحظه‌می‌شودکه‌سالانه‌تنها ۵۹ درصدطول قنوات لایروبی می‌شود۰ به‌همین ترتیب طول متوسط کول کاری درچهار منطقه۳۲۶ متربوده. ونشان می‌دهدکه‌تنها ۷ درصد طول قناتهاکول کاری شده‌است۰ عدم تکمیل‌لایروبی و درصد پائین کول کاری ازکمبوداعتبارات لازم برای این امور در نزد کشاورزان حکایت می‌کند۰ مقایسه متوسط طول

جدول ۲ـ آمارتوصیفی قناتهای مورد مطالعه سال ۱۳۵۸

مشخصات قنات	بیضا			قصرالدشت			سروستان			ابرقو		
	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل
آبدهی (لیتردرثانیه)	۲۰۷	۱۰۳	۲۹	۲۰۳	۵۲	۲۲	۴۸	۱۵	۳	۴۶	۱۸	۵
طول قنات (متر)	۲۳۲۰۰	۲۴۹۴	۱۰۰	۲۰۵۰۰	۳۲۶۴	۲۰۰	۱۱۰۰۰	۳۳۸۰	۲۰۰	۳۰۰۰۰	۱۰۲۴۲	۶۰۰
عمق مادرچاه(متر)	۳۰	۱۳	۳	۶۵	۲۷	۳	۸۰	۳۱	۱۰	۸۰	۳۳	۱۰
هزینه سالانه لایروبی هرمتر (تومان)	۴۰۰	۲۸	۰/۲	۵۰	۲۱	۳	۲۳	۶	۰/۷	۱۳	۶	۰/۶
مسافت سالانه لایروبی شده (متر)	۲۳۲۰۰	۱۸۴۸	۱۰۰	۴۰۰۰	۱۵۹۴	۱۲۰	۱۱۰۰۰	۲۶۴۹	۸۰	۱۳۰۰۰	۵۰۴۰	۳۵۰
طول کول کاری شده کوره(متر)	۳۲۰۰	۳۴۵	۰	۲۶۶۶	۳۲۵	۰	۸۰۰۰	۴۹۲	۰	۲۰۰۰	۱۱۸	۰
طول سنگچین شده کوره (متر)	۱۶۰	۱۱	۰	۶۰۰	۸۳	۰	۱۰۰۰	۶۸	۰	۲۰۰	۹	۰
میزان بارندگی سالانه سالهای ۵۸ تا ۱۳۵۵ . (میلیمتر)	۶۴۲	۵۸۷	۵۲۵	۵۰۶	۴۳۵	۳۲۱	۴۵۰	۳۹۴	۱۸۵	۱۳۲	۱۱۲	۱۰۱

سنگچین کوره قنات که ۳۵ مترمی‌باشد، با متوسط طول کول کاری شده، که ۳۲۶ متراست، نشان می‌دهد که با رواج مصرف سیمان وابداع کول سیمانی، فن جدید جانشین فن قدیم سنگچین کردن شده است۰

۲ـ بحث و بررسی نتایج برآورد تابع آبدهی

تابع شماره ۱ به دوصورت زیربرآورد شده ونتایج آن درجدول ۳ ارائه شده است۰

$$Q= A+\Sigma_i b_i \ln x_i+\Sigma_k b_k x_k+blz+\Sigma_j b_j M_j+ \quad (۲)$$
$$czx_k + dz \ln x_i$$

$$Q= A+\Sigma_i b_i \ln x_i+\Sigma_k b_k x_k+b_0 z+\Sigma_j b_j M_j+ \quad (۳)$$
$$czx_k + dz \ln x_i +\Sigma_l e_l R_l$$

درتوابع (۲) و(۳) x_i متغیری حقیقی و Z ، M_j و R_l متغیرهای مجازی می‌باشند۰ x_1 تا x_n همانطورکه درجدول۳ معرفی شده‌اند، عبارتنداز طول قنات، عمق مادرچاه، هزینه لایروبی هرمترقنات، طول کول کاری، طول سنگچین، تعدادچاههای سنگچین شده‌ومیانگین بارندگی سالانه۰ متغیرهای مجازی عبارتنداز Z برای سستی زمین و M_1 تا M_3 برای تعیین نوع مالکیت زمین وبالاخره R_1 تا R_3 برای نشان دادن سه‌منطقه‌سروستان، قصرالدشت وابرقو۰

علت تخمین دو تابع ۲ و ۳ اینست که میزان بارندگی درداخل هرمنطقه به خاطروجود یك ایستگاه هواشناسی برای تمام قناتهای واقع‌درآن منطقه یکسان گرفته شده است۰ به این دلیل درتابع شماره ۳ متغیر بارندگی حذف و متغیر مجازی منطقه وارد شده است۰ البته انتظارمی‌رود که متغیرمنطقه علاوه بربارندگی، تاثیراقلیم، حوضه آبریز، وسعت سفره آب زیرزمینی و ضخامت لایه آبدار را برآبدهی قناتهای هرمنطقه نشان دهد۰ قطع‌نظرازاین تفاوت، سایر متغیرها دردو تابع ۲ و ۳ مشترك هستند۰ مجموعه متغیرهای معنی‌دار درهر دو تابع برابربوده و حتی ضرایب آنها بسیار نزدیك به هم می‌باشند۰

پیش از ورود به بحث وبژگیهای این دو تابع، تذکرداده می‌شود که شکلهای دیگری برای تابع آبدهی از قبیل کاب داگلاس، نمائی و نیمه لگاریتمی تخمین زده شد۰ توابع ۲ و۳ از لحاظ تعدادمتغیرهای معنی دار، علامت ضرایب، آماره F ، ضریب R^2 وسایرامتیازات آماری براشکال دیگرترجیح داشتند۰ توابع ۲ و۳ نیز جداگانه برای هرمنطقه برآورد شد۰ نتایج این برآورد نسبت به نتایج سایرتوابع‌ذکرشده باز مرجح بود۰

اینك بشرح وبحث عوامل موثربرآبدهی قنات می‌پردازیم۰

الف ـ عوامل طبیعی

اثراین عوامل توسط متغیربارندگی درتابع ۲ و متغیرهای مجازی برای تاثیر مناطق سروستان، قصرالدشت و ابرقو درمقایسه با بیضا درتابع شماره ۳ و همچنین متغیر مجازی سستی زمین درهر دو تابع نشان داده شده است۰ این عوامل اثرمعنی داری برآبدهی قنات دارند وبراساس آزمون t، ضریب متغیرهای مزبوردرسطح اطمینان ۹۵ درصد، یا بالاترمعنی دار می‌باشد۰ متغیربارندگی درتابع ۲ نشان می‌دهد که افزایش یك میلیمتربارندگی درسال آبدهی قناتهای فارس را ۰/۲ لیتردرثانیه بالا می‌برد۰ متغیرهای مجازی R_1 ، R_2 و R_3 درتابع ۳ نشان می‌دهد که آبدهی قناتهای مناطق سروستان، قصرالدشت وابرقو بترتیب معادل ۸۲، ۵۲ و ۱۰۰ لیتردرثانیه ازآبدهی قناتهای بیضا کمتراست۰ این کاهش نشان دهنده اختلاف بارندگی دامنه سفره زیرزمینی، ضخامت و تشکیلات لایه آبدار، وسایرخصوصیات ژئوهیدرولوژی است۰ متغیر z اثرنوع زمین برآبدهی را نشان می‌دهد۰ آبدهی زمینهای سست و کم مقاومت طبق تابع ۳، ۱۰۲ لیتردرثانیه‌از زمینهای مقاوم کمتراست۰

جدول ۳- نتایج برآورد توابع ۲و۳

تابع ۳	تابع ۲	شکل متغیردرتابع	شـــرح
-۸۲/۲۱ (-۵/۳۹)*		R_1	سروستان
-۵۲/۲۷ (-۳/۱۱)		R_2	قصرالدشت
-۹۹/۹۳ (-۵/۱۶)		R_3	ابرقو
	۰/۲ (۴/۸)	X_7	بارندگی سالانه به میلیمتر
-۱۰۲/۱۸ (-۲/۵)	-۹۲/۸۸ (-۲/۱۷)	Z	سستی زمین
۱۴/۳۲ (۳/۱۴)	۱۵/۱۸ (۳/۱۸)	$\ln X_1$	طول قنات به متر
-۳۳/۰۲ (-۳/۱۷)	-۳۷/۰۵ (-۳/۴۱)	$\ln X_2$	عمق مادرچاه به متر
۳/۹۵ (۱/۴۸)	۶/۸۷ (۲/۶۶)	$\ln X_3$	هزینه لایروبی هرمترقنات به تومان
۰/۰۴۹ (۹/۳۴)	۰/۰۵ (۹/۰۹)	X_4	طول کول کاری به متر
-۱۲/۱۴ (-۲/۵)	-۸/۹ (-۱/۸)	$\ln X_5$	نسبت طول سنکچین به طول کوره
۰/۸۸ (۲/۷۹)	۰/۰۶۵ (۲/۰۶)	X_6	تعدادچاههای سنکچین شده
-۰/۰۴۷ (-۷/۵۳)	-۰/۰۴۹ (-۷/۴۹)	ZX_4	حاصلضرب سستی زمین ومتراژ کول کاری
(۳۳/۴۳)	۳۰/۱۱ (۲/۲۹)	$Z \ln X_2$	حاصلضرب سستی زمین و عمق مادرچاه
۰/۶۷ (۰/۰۴۹)	۵/۸۴ (۰/۳۸)	M_1	مالکیت مشترک مالک وکشاورزان
-۵۴/۸۳ (-۱/۱۹)	-۴۹/۷۹ (-۱/۰۴)	M_2	قناتهای موقوفه
۰/۰۰۴ (۰/۰۰۰۲)	۱۲/۶۹ (۰/۶۶)	M_3	مالکیت مشترک کشاورزان
۹۰/۶	-۵۰/۷۸	A	عرض از مبداء (Intercept)
۱۰۰	۱۰۰	N	تعداد مشاهدات
۱۶/۳۲۶	۱۶/۲۹۹	F	آمار F
۰/۷۴	۰/۷۱	R^2	ضریب R^2

* : اعداد داخل پرانتز مقدار آماره t را نشان می‌دهند.

بطورکلی عوامل فوق اثرات طبیعت رابرآبدهی قناتها نمایان می‌سازند۰ این عوامل تاثیرروابط آب و خاك و اقلیم را نشان می‌دهند۰ قانون دارسی وعبورآب از سطحهای شیب دار (۱۶) بخشی از این رابطه را تشکیل می‌دهد۰ باتوجه به این روابط صاحبان قنوات می‌توانند حداکثرآبدهی رااز کاریزها بدست آورند مشروط برآن که از عواملی که تحت اختیارایشان است، و در زیربحث خواهد شدبه طورکارآمدی استفاده کنند۰

ب ـ انباره سرمایه

انباره سرمایه قناتها شامل سرمایه‌ای است که صرف احداث کوره، مادرچاه و میله های قنات شده‌است وهمچنین سرمایه‌ای که به‌شکل سنگچین درگذشته وبه‌صورت کول سیمانی اخیرا" برای استحکام کوره‌ومیله های قنات نصب شده‌است۰ گرچه با سرمایه گذاری می‌توان این انباره راافزایش داد، ولی وقفه یا تاخیرزمانی برای ازدیاد طول کوره قنات از طریق ادامه پیشکارآن یا سوکندن، یا تعمیق چاهها واحداث کوره جدید برای استفاده از عمق بیشتری از لایه آبدار به مراتب بیشتر از سنگچین یا کول کردن کوره و چاهها می‌باشد۰ پس اقدام صاحبان قنوات برای کول کردن، درمقایسه با اجرای تصمیم ایشان برای گسترش کوره یا میله های قنات درمدت زمانی کوتاهترجامه عمل می‌پوشد۰ یعنی ضریب شتاب سرمایه گذاری برای کول کردن بیشتراز گسترش پیشکاراست۰

دواقدام فوق البته با دو هدف متفاوت صورت می‌گیرد۰ سنگچین یا کول کاری باعث ازدیاد ظرفیت آبدهی قنات نمی‌شود۰ این نوع سرمایه گذاری بمنظور استحکام کوره و میله ها و برای جلوگیری از ریزش آنها و بسته شدن مجرای آب درکوره و یا نفوذآب در قسمت خشکه کارقنات صورت می‌گیرد۰ درواقع، سنگچین یا کول جانشین عمل لایروبی شده و باعث صرفه جوئی درجریان آن می‌شود، ولی گسترش کوره یا میله هابه علت افزایش دامنه سفره یا عمق آن، ظرفیت آبدهی قنات را بالا می‌برد۰

اثرتطبیق انباره سرمایه قنات را باانباره‌بهینه آن دربلندمدت باآمار زمانی می‌توان بررسی کرد۰ لیکن مطالعه حاضر مقطعی است و برای منظورفوق مناسب نیست۰ معذالك اثرانباره موجود سرمایه را برآبدهی قنات درهردوره می‌توان مشاهده کرد۰ درتوابع ۲ و ۳ متغیرطول قنات درسطح اطمینان ۹۹ درصدمعنی داراست و ضریب آن نشان می‌دهد که طول قنات اثرمثبتی بر آبدهی آن دارد۰ درتابع ۲ افزایش یك درصد برطول قنات باعث افزایش ۱۵ لیترآبدهی درثانیه می‌شود۰ این افزایش در واقع بازدهی سرمایه گذاری برای پیشبرد طول قنات را نشان می‌دهد و معادل است با افزایش ۴۶۶۵۶۰ مترمکعب آبدهی درسال۰ درمطالعه‌ای که قبلا" درمنطقه یزد واردکان صورت گرفته (۹) نشان داده شده است که افزایش یك درصد درطول قنات باعث افزایش ۰/۳۹ درصد درآبدهی آن می‌شود۰ باتوجه به‌اینکه متوسط آبدهی قناتهای نامبرده ۷۶۶۴۰ متر مکعب درسال است، ۰/۳۹ درصد افزایش درآن معادل ۲۹۸۹/۱۲ مترمکعب آبدهی درسال می‌شود۰ این مقایسه نشان می‌دهد که به علت مساعدت عوامل طبیعی و جوی افزایش یك درصد برطول قناتهای فارس بیشتراز یزد موجب افزایش آبدهی می‌شود۰

به همین طریق می‌توان اثرافزایش یك مترطول قنات را برآبدهی آن بدست آورد۰ درفارس طول متوسط قناتها ۴۶۹۲ مترمی‌باشد۰ افزایش یك متر بر طول آنها معادل ۰/۰۲۱۳ درصد است که برطبق تابع ۲ آبدهی قنات را ۰/۰۲۱۳ × ۱۵ = ۰/۳۲ لیتردرثانیه

یا ۹۹۵۳ مترمکعب درسال بالا می‌برد۰ درحالیکه افزایش یك متربرطول قناتهای دشت یزد واردکان با طول متوسط ۴۹۵۳ مترمعادل ۰/۰۲۰۲ درصد بوده و آبدهی قناتهای آنجا رابه‌اندازه ۶۰۲۷ مترمکعب در سال بالا می‌برد۰

عمق مادرچاه درهردو تابع ۲ و ۳ درسطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دارمی‌باشد، لیکن علامت آن منفی است۰ چون انتظارمی‌رود بازیاد شدن عمق مادرچاه ضخامت لایه آبدار زیادشود، علامت ضریب این متغیرخلاف انتظار است۰ دردشت یزد واردکان عمق مادرچاه اثرمثبتی بر آبدهی دارد (۹)۰ این پدیده ممکن است به دوعلت رخ داده باشد۰ یکی حفرچاه درحریم یا نزدیکی قنات و پائین بردن سطح آب زیرزمینی است که اثرعمق مادر چاه را خنثی میکند۰ علت دوم ممکن است تاثیر بالا رفتن دستمزدها وکاهش عملیات لایروبی و مرمت قنات باشد۰ هرچه چاه عمیقترباشد مرمت و لایروبی آن پرخرجترمی‌شود۰ محدودیت امکانات مالی کشاورزان و صاحبان قنات سبب صرفه جوئی دراین هزینه و کاهش مرمت چاهها به‌اندازه کافی می‌شود۰ بنابراین، افزایش عمق مادرچاه که باعث بالا رفتن هزینه تعمیرونگهداری می‌شود باتوجه به محدودیت بودجه صاحبان قنات، اثر منفی برآبدهی پیدا می‌کند۰

این احتمال رااثرمثبت کول کاری و تعدادچاههای سنگچین شده‌برآبدهی‌قنات‌که‌باعث‌کاهش‌لایروبی شده‌ودر زیربحث خواهد شد، تقویت می‌کند۰ همچنین ضریب همبستگی عمق مادرچاه بامسافت لایروبی شده متغیری که درتوابع فوق وارد نشده است، منفی و برابر ۰/۰۱۴- است۰ خوداین رابطه اثرعمق چاهها رابرکاهش عملیات لایروبی نشان می‌دهد۰ اما ضریب مثبت متغیرعمق مادرچاه درزمینهای سست که بوسیله $Z \ln X_2$ نشان داده شده است این احتمال راتضعیف می‌کند۰ ممکن است درمناطق اخیرقنات نه تنها منبع آب کشاورزی بلکه آب آشامیدنی نیزباشد۰ دراین صورت صاحبان قنات انگیزه‌ای دیگربرای حفظ منبع آشامیدنی خود پیدا می‌کنند و ضریب متغیرفوق مثبت می‌شود۰

نظردیگری که می‌توان ارائه داد این است که عمق مادرچاه ضرورتا" با ضخامت لایه آبدارهمبستگی ندارد۰ این موضوع بخصوص درکوهپایه ها و به اصطلاح چشمه قناتها صادق است۰ دراین صورت زیاد شدن عمق، بالا رفتن هزینه نگهداری قنات را موجب می‌شود واثرمنفی آن برآبدهی قنات قابل انتظارمی‌گردد۰

سنگچین کردن کوره و میله های قنات، چنانکه پیشترگفته شد، نوعی سرمایه گذاری بوده که به قصد حفاظت مجاری یادشده انجام گرفته‌است۰ ضریب مثبت متغیرتعدادمیله های سنگچین شده که درهردو تابع معنی دارمی‌باشد، نشاندهنده اثراین سرمایه گذاری در حفاظت قنات و جلوگیری از ریزش دیواره آن است که خود باعث افزایش آبدهی قنات می‌گردد۰

اما سنگچین کردن قنات فعالیتی است بسیار کاربر، زیرا سنگهای مورد نیازبایستی با زحمت ومخارج بسیارفراهم گشته، سپس باید تراشیده شده وآنگاه نصب گردد۰ بامتداول شدن کول سیمانی و ماهرگشتن مقنیان درساختن آنها بااستفاده از میله گرد که بر استحکام آنها می‌افزاید، عملیات حفاظت قنات با کاربرد کول سیمانی توسعه پیداکرده و طبعا" عملیات سنگچین کردن کاهش پیداکرده است۰ به همین جهت بخشی از قنات که قبلا" سنگچین شده پس از استهلاك و نیاز به بازسازی مجددا" سنگچین نمی‌شود۰ علت همان بالا رفتن دستمزد وگران شدن این سرمایه گذاری جایگزین است۰ دراین اوقات صاحبان قنات بودجه محدود

خود را به کول کاری بجای سنگچین کردن اختصاص می‌دهند۰ به همین دلیل، ضریب متغیرنسبت طول سنگچین شده به طول قنات درتوابع فوق منفی است۰ جانشین شدن کول کاری به جای سنگچین درجدول شماره۲ نیز مشهود است۰ چه، طول کول کاری شده برای چهار منطقه استان فارس بطورمتوسط ۳۲۶ متراست درحالیکه همین مسافت برای سنگچین ۳۸/۵ مترمی‌باشد۰

کول کاری، چنانکه گفته شد، تحولی است که در سرمایه گذاری برای حفاظت قنوات وکاهش هزینه لایروبی، نگهداری و مرمت قنات پیداشده‌است۰ در گذشته کول سفالی مرسوم بوده‌است۰ امابازیاد شدن عرضه سیمان ومیله گرد واستفاده ازآن درشالوده و پایه های ساختمان ها، کول سفالی به سیمانی تبدیل واستفاده واستقبال صاحبان قنوات ازآن آغاز گردید۰ متغیرکول کاری درهردو تابع ۲ و ۳ درسطح اطمینان ۹۹ درصد معنی داربوده وضریب آن مثبت می‌باشد۰ افزایش یك مترکول کاری باعث افزایش ۰/۰۵ لیتردر ثانیه درآبدهی قناتهای مناطق منتخب فارس می‌شود۰ گرچه قناتهای واقع درزمینهای سست احتیاج به حفاظت وکول کاری بیشتری دارد، یعنی بازدهی کول دراین زمینها کمتراست، همانطورکه ضریب منفی متغیر کول درزمینهای سست یعنی ZX_4 نشان می‌دهد؛ ولی بازکول کردن قناتها درزمینهای سست هم باعث افزایش آبدهی می‌شود چون :

$$\frac{dQ}{dx_4} = b_4 + dz = \quad ۰/۰۵ - ۰/۰۴۹ = ۰/۰۰۱$$

نظربه ابداع و استقبال صاحبان قنوات از کول سیمانی و درون زا شدن این فن و همچنین‌به‌خاطر نقشی که این سرمایه گذاری می‌تواند درحفظ و نگهداری انبار سرمایه‌ای که ازقرنها قبل به ما به‌ارث رسیده ایفا کند، شایسته است به محاسبه بازدهی این سرمایه‌گذاری پرداخته و نسبت منافع سالانه آن را به هزینه های سالانه‌آن بسنجیم۰ این محاسبه، هم برای صاحبان کاریزها سودمند است، زیرا ازبازدهی عملیات خود و صرفه اختصاص سرمایه به‌این فعالیت خبردارمی‌شوند و هم برای بخش عمومی که می‌تواند از شیوه‌ای موثر برای حفاظت قناتها درسیاستگذاریهای حفظ و بهره برداری از منابع آب زیرزمینی استفاده کند۰

براساس اطلاعات جمع آوری شده، هزینه یك متر کول کاری قنات (درسال ۱۳۵۸) برابربا ۱۵۰ تومان است۰ چنانچه عمرمفید کول را بنابر اظهارات مقنیان ۱۵ سال درنظرگرفته و نرخ تنزیل را ۱۰ یا ۸ یا ۶ درصد حساب کنیم، ضریب برگشت سرمایه به ترتیب برابر ۰/۱۳۱۵، ۰/۱۱۶۸ و ۰/۱۰۳۰ خواهد بود۰ حال با توجه به هزینه یك مترکول کاری که ۱۵۰ تومان است، هزینه کاربردسرمایه‌رادرسال یعنی هزینه استهلاك وهزینه‌فرصت سرمایه را با نرخهای ۱۰، ۸ و۶ درصد بدست می‌آوریم که به ترتیب برابرند با ۱۹/۷، ۱۷/۵و ۱۵/۴۴ تومان درسال ۰

اگرمحاسبات رابراساس نرخ تنزیل۰ ۱درصد انجام دهیم، ملاحظه‌می‌کنیم که‌هزینه‌افزایش ۱ مترکول کاری ۱۵۰ تومان ومعادل هزینه‌سالانه۱۹/۷تومان است۰افزایش همین یك مترکول کاری باعث افزایش آبدهی قنات ۰/۰۵ لیتردرثانیه یا ۱۵۷۶/۸ مترمکعب درسال می‌شود۰ اگرآب اضافه برداشت شده فقط برای کشت گندم مورداستفاده قرارگیرد ونه برای تولید میوه جات و سبزیجات، عملکرد هرهکتارزراعت آبی دراستان فارس ۱۵۰۰ کیلوگرم بیشتراز زراعت دیم است(۷، ص ۷۲) ۰ قیمت تضمین شده گندم کیلوئی ۲۰ ریال (درسال ۱۳۵۸) می‌باشد۰ لذا ارزش اضافه تولید در هکتار ۳۰۰۰۰= ۲۰ × ۱۵۰۰ ریال می‌شود۰ باتوجه به‌اینکه آب

مصرفی برای زراعت هرهکتارگندم درفارس بین ۴۲۰۰ تا ۶۰۰۰ مترمکعب درسال می‌باشد (۷، ص ۷۲) چنانچه متوسط آب مصرف شده ۵۰۰۰ مترمکعب درهکتاردرنظر گرفته شود، ارزش هرمترمکعب آب برابربا ۶= $\frac{۳۰۰۰۰}{۵۰۰۰}$ ریال می‌شود۰ چون درزراعت آبی، نهاده های کود، سم و بذر اصلاح شده نیز به مصرف می‌رسد، تمام افزایش عملکرد آن را نمی‌توان به آب اختصاص داد۰ لذا ارزش هرمترمکعب آب از ۶ ریال کمتراست۰ براساس گزارش‌های غیرمدون موجود درسازمان آب منطقه‌ای فارس، قیمت فروش هرمترمکعب آب (درسال ۱۳۵۸) ۱/۵ ریال می‌باشد۰ اگرهمین نرخ را ملاك محاسبه قراردهیم ارزش افزایش تخلیه سالانه قنات برابربا ۱۵۷۶/۸×۱/۵ =۲۳۶۵ ریال می‌شود۰ باتوجه به معادل هزینه سالانه هرمترکول کاری که ۱۹/۷ تومان یا ۱۹۷ ریال درسال است، بازدهی متوسط سرمایه گذاری در کول کاری برابربا ۱۲= $\frac{۲۳۶۵}{۱۹۷}$ می‌شود۰

چنانچه نرخ تنزیل ۸ یا ۶ درصد محسوب شود بازدهی کول کاری ۱۳/۵ یا ۱۵/۳ می‌گردد۰ ملاحظه می‌شود که این نسبت با لای بازدهی با فرض ۱/۵ ریال ارزش هرمترمکعب آب است، درحالیکه اگرآب فقط برای تولیدگندم‌به‌کاررود هرمترمکعب آن می‌تواند تا ۶ ریال ارزش پیداکند۰ اگربرای تولید سبزیجات و میوه جات مصرف شود، ارزش تولید آن چند برابر می‌شود۰

ج - لایروبی

یکی از فعالیتهائی که از قرنها پیش برای حفظ و تداوم آبدهی کاریزهااعمال می‌شده‌است لایروبی آنها می‌باشد۰ ضریب‌این متغیردرهردوتابع برآوردشده مثبت بوده و درتابع ۲ درسطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد۰ بازدهی نهائی لایروبی دراین تابع‌برابر با $\frac{dQ}{d\ln x_۳} = \frac{۶/۸۷}{x_۳} = \frac{۶/۸۷}{۱۶}$ =۰/۴۳ می‌باشد، زیرا هزینه لایروبی هرمترقنات‌به‌طورمتوسط براساس جدول ۱ برابر ۱۶ تومان = ($\frac{۶+۶+۲۱+۲۸}{۴}$) می‌باشد۰ براین اساس افزایش آبدهی قنات به ازاء هریك تومان که صرف لایروبی هرمتر شود، ۰/۴۳ لیتردرثانیه یا ۱۳۵۲۸/۹ مترمکعب درسال می‌شود۰ ارزش این افزایش آبدهی از قرارمتر مکعبی ۱/۵ ریال برابر ۱۳۵۲۸/۹ ×۱/۵ =۲۰۳۰۰ ریال می‌گردد۰

ازطرفی‌چون متوسط مسافت لایروبی‌شده‌قنوات برای مناطق چهارگانه در جدول ۱ برابر ۲۷۸۶/۵ متر ($\frac{۱۸۴۸ +۱۵۹۴+ ۲۶۴۹+۵۰۴۰}{۴}$) می‌باشد، برای افزایش ۰/۴۳ لیتربرثانیه‌برآبدهی یك قنات باطول متوسط ۴۶۹۲ مترمبلغ ۱×۲۷۸۶/۵= ۲۷۸۶/۵ تومان‌لازم‌است۰ بنابراین بازدهی متوسط لایروبی برابر است با ۰/۷۳= $\frac{۲۰۳۰۰}{۲۷۸۶۵}$ این نسبت کمتراز یك است۰ پس اگرارزش آب ۱/۵ریال درمترمکعب محاسبه شود لایروبی مقرون به صرفه نخواهد بود۰ ولی چنانچه ارزش آب را کمی بیشتراز ثلث ۶ ریال حساب کنیم، نرخی که قبلا" برای ارزش‌آب بدست‌آوردیم، یعنی‌آنرا ۲/۵ ریال بگیریم، نسبت‌درآمد سالانه‌حاصل‌ازلایروبی سالانه‌برابر ۱/۲۱ خواهدشد که در این صورت عملیات لایروبی مقرون به صرفه‌خواهد بود۰ ولی بهرحال اثرافزایش دستمزدوازدیادهزینه لایروبی در محاسبات فوق مشهود است۰ اگرارزش آب را همان ۱/۵ ریال بگیریم هریك تومان هزینه کردن برای لایروبی ۰/۷۳ تومان درآمد ایجاد می‌کند۰ درحالیکه همین یك تومان اگر برای کول کاری هزینه شود حداقل ۱۲ تومان درآمد ایجاد خواهد کرد۰ به همین جهت است‌که صاحبان قنوات برای صرفه جوئی درهزینه لایروبی روی به کول کاری آورده‌اند۰

حال مناسب است محاسبه شود که آیا صاحبان

قنوات به‌اندازه کافی اقدام به کول کاری کرده وانباره آن را به حد تعادل رسانده‌اند؟ اگرنرخ نهائی جانشینی میان لایروبی وکول کاری برابربانسبت قیمت آنها باشد، انباره کول وجریان لایروبی درحدمطلوب بکار رفته‌اند۰ چنانچه این نسبتْ برابرنباشد، باتوجه به بازدهی زیاد کول، احتمال می‌رود که بخاطروقفه زمانی دررسیدن به حد مطلوب ویا محدودیت منابع مالی صاحبان قنوات، کول کاری به حد تعادل نرسیده باشد۰

شرط تعادل فوق عبارتست از:

$$\frac{dQ/dX_4}{dQ/dX_3} = \frac{Px_4}{Px_3}$$

$$\frac{۰/۰۵}{۰/۴۲۹} \overset{?}{=} \frac{۱۹/۷}{۲۷۸۶/۵}$$

دونسبت فوق برابرنیستند۰ نرخ نهائی جانشینی کول برای لایروبی مساوی ۰/۱۱۶ است، درحالیکه نسبت هزینه کاربرد سرمایه برای یك متر کول به هزینه افزایش یك تومان در لایروبی هرمتراز قنات برابر با ۰/۰۰۷ می‌باشد۰ این نامساوی نشان می‌دهد که نسبت بازدهی کول کاری به لایروبی که ۰/۱۱۶ است،به‌مراتب بزرگتراز ۰/۰۰۷، یعنی نسبت مخارجی است که برای هرواحد ازآنهااختصاص داده می‌شود۰ به عبارت دیگر صرف یك تومان برای کول کاری، آبدهی قنات را $\frac{۰/۰۵}{۱۹/۷}$ = ۰/۰۰۲۵ لیتربرثانیه بالا می‌برد، درحالی که صرف هرتومان برای لایروبی آبدهی قنات را $\frac{۰/۴۳}{۲۷۸۶/۵}$ = ۰/۰۰۰۱۵ لیتربرثانیه افزایش می‌دهد۰ این نامساوی نشان می‌دهد که برای کاهش هزینه لایروبی قنوات می‌بایست کول کاری گسترش یافته و تاآن حد جایگزین خدمات لایروبی شود که تساوی فوق برقرار گردد۰

ارقام فوق ومحاسبه شرط تعادل برای کول کاری و لایروبی، نشان می‌دهند که بازدهی متوسط یك تومان ازطریق کول کاری بیش از ۱۶ برابرهمین بازدهی ازروش لایروبی است۰ این موضوع، یعنی مزیت کول کاری بر لایروبی، برای کشاورزان ومالکان قنات درزمان جمع‌آوری اطلاعات به‌خوبی روشن بود وازطرف آنها گوشزد می‌شد۰ به همین دلیل مالکان قنات مصرانه دنبال اخذ وام از بانك کشاورزی برای کول کاری بودند۰

د ـ مالکیت قنات

مالکیت قناتهای مطالعه شده چهارگونه است۰ نخست مالکیت خصوصی یك یا دویا سه مالك بزرگ۰ دوم اشتراك مالکیت میان مالك وکشاورزان، سوم مشترك بودن مالکیت فقط میان کشاورزان و چهارم موقوفه بودن مالکیت قنات۰ انتظارمی‌رود که وضع قناتهای نخست ازنظرآبدهی بهترازبقیه باشد زیرا منافع و هزینه های سرمایه گذاری مستقیما" به خود مالك برگشته وهزینه تصمیم گیری[1] به‌علت تعداد کم آنان ناچیز باشد (۱۵)۰ اما پس از پیروزی انقلاب اسلامی، خلاف برداشت فوق درگزارشهای مختلف ذکر شده‌است (۴، ۵، ۶ و ۹)۰ بسیاری از مالکان بزرگ زمینهای خود را پس از انقلاب ترك کردند۰ به علت غیبت مالکان ونامعلوم ماندن وضع مالکیت زمین، به قناتهای مشمول رسیدگی کافی نمی‌شد وآبدهی آنها افت پیداکرد۰ این پدیده درفارس نیزبراساس نتایج توابع بدست آمده به چشم می‌خورد۰ گرچه متغیرهای مجازی مالکیت هیچکدام معنی دارنیستند، ولی علامت ضرایب آنها مطابق انتظاراست۰ طبق این ضرائب، آبدهی قناتهائی که در مالکیت مشترك کشاورزان است خواه بااشتراك مالك خواه بدون او درمقایسه باقناتهای نوع نخست، که به عنوان شاهد گرفته شده‌است، بیشترمی‌باشد۰ فقط آبدهی قناتهای موقوفه ازآن کمتراست۰ درمورد اخیر

1- Decision Making Cost

بعلت نرسیدن متولیان ازیك سو ومتعلق به خود نداستن کشاورزان از دیگرسو باعث کمبود صرف هزینه جهت لایروبی و کول کاری از هردو جانب گشته و در نتیجه آبدهی آنهاازانواع دیگرقناتهاکمترمی‌باشد.

جمع‌بندی ونتیجه گیری

بااستفاده ازنظریه تولید، الگوی آبدهی قنات در این تحقیق تعریف و تدوین شده‌است. رابطه میان متغیرهاو تابع‌به‌استثنای کول کاری خطی نبوده بلکه ازیك رابطه لگاریتمی درمنطقه یزد واردکان (۹) و یك رابطه نیمه لگاریتمی درفارس پیروی می‌کند. مفهوم این رابطه این است که درصدتغییردرمتغیرها باعث تغییردرتابع می‌شود. بنابراین نسبت افزایش در لایروبی یاطول قنات باعث تغییردرمقدارآبدهی درفارس ودر نسبت آبدهی دریزد واردکان می‌شود.

متغیرهائی که ازجنبه نظری، خواه هیدرولژی و زمین شناسی و خواه اقتصادی، برآبدهی کاریزهااثر می‌گذارند دراین تحقیق ذکرشده واطلاعات وآماری که می‌توانست حاکی ازاثرگذاری آنهاباشد ودردسترس بودند، درچهارمنطقه ازاستان فارس ـ بیضا، قصرالدشت سروستان وابرقو گردآوری شده وبا کاربردآنهاالگوی مدون قنات برآورد گردید. تمام متغیرهای موردانتظار بارندگی، نوع منطقه، نوع زمین، طول قنات و عمق مادرچاه، کول کاری‌و چاههای سنگچین شده و خدمات لایروبی درتوابع‌برآورد شده معنی داربودند. تنها متغیرمالکیت قنات چنین نبود. درعوض علامت ضریب آن مطابق انتظاربود. علاوه براین. توابع‌برآورد شده دارای ویژگیهای مطلوب آماری بوده والگوی آبدهی قنات راازاین‌حیث کاملا" تائید می‌کنند.

نقش هریك ازعوامل موثربرآبدهی کاریزها به‌طور جداگانه تحلیل وبررسی شد. درمیان آنها برنقش کول کاری که باابداع وابتکارخودمقنیان پدید آمده و هم اکنون برای پوشش وحفاظت کوره ومیله های قنات مورداستفاده قرارمی‌گیرد، تاکید فراوان شد. با محاسبه بازدهی کول کاری معلوم شد که هریك تومان سرمایه گذاری درکول کاری ۱۲ تومان درآمد ایجاد می‌کند. اگرقیمت آن را بیشتراز ۱/۵ ریال گرفته و نرخ تنزیل را کمتر از ۱۰ درصد به حساب آوریم، نسبت مزبوربه مراتب بیشترمی‌شود. این نسبت حکایت از بازدهی فوق العاده کول کاری درحفاظت آبدهی قناتها می‌کند. همچنین بعلت میزان کم کول کاری‌که هم آمار توصیفی منطقه‌نشان می‌دهدوهم خودصاحبان قنوات هنگام جمع‌آوری‌آماراظهارداشتند، بازدهی‌این سرمایه‌گذاری چشمگیراست. این پدیده خودکمبود سرمایه گذاری را دربخش کشاورزی، که توسط سایر محققان نیز گوشزد شده‌است (۱۱) تائید می‌کند. درمقابل، خدمت لایروبی به‌علت‌بالا رفتن دستمزدها وافزایش هزینه آن گرچه موجب افزایش آبدهی قنات می‌شود، ولی طبق محاسبات انجام شده ومقایسه هزینه این خدمت با افزایش ارزش آبدهی قنات باهمان نرخ ۱/۵ ریال برای هرمترمکعب آب، مقرون به صرفه نیست. البته اگرارزش آب را ۲/۵ ریال برای هرمترمکعب فرض کنیم لایروبی مقرون به صرفه می‌شود. ولی بهرحال حساسیت آن به قیمت آب، برخلاف کول مشهود است.

بامحاسبه شرط تعادل میان کاربرد کول و لایروبی، بااستفاده ازنظریه تولید، روشن شد که دراستان فارس قناتها تاحد مطلوب کول کاری نشده‌اند. درعین حال رسیدن به حد تعادل کول کاری و لایروبی امکان پذیر است. چون نرخ نهائی جانشینی فنی میان دونهاده مذکورکاهش یابنده است. منتهی این نرخ بیشتراز نسبت قیمتهای این دونهاده می‌باشد. یعنی اختصاص

هریك تومان به کول کاری درمقایسه با لایروبی بیشتر باعث افزایش آبدهی قنات می‌شود. این وضعیت ضرورت توسعه کول کاری واهمیت آن را چه برای صاحبان قنوات و چه برای مجریان وسیاستگذاران دربخش منابع آب روشن می‌گرداند. بدین ترتیب اختصاص اعتبارات و کمکهای مالی به صاحبان قنوات برای کول کاری ازنظر اقتصادی کاملا" موجه است. همانطورکه ذکرشد بندرت می‌توان سرمایه گذاری جانشینی دربخش کشاورزی ویا حتی دربخش صنعت، سراغ کرد که بازدهی آن با سرمایه گذاری بدین شکل درقنوات برابری کند.

اثرعوامل طبیعی و بارندگی نیزبرافزایش آبدهی قناتهای فارس دراین تحقیق اندازه گیری شد. این افزایش متقابلا" اثرتغذیه مصنوعی قناتها را نمایان می‌سازد. فواید این تغذیه درفارس ازتابع ارائه شده قابل محاسبه است. هزینه های آن مستقیما" می‌تواند برآورد شده و با منافع مزبور مقایسه شود.

نقش انباره سرمایه‌ای که ازگذشتگان باقیمانده است و طول قناتهای موجود که شاخصی از آنهاست، بر آبدهی قنات بدست آمد. حفظ این سرمایه موجب تداوم آبدهی قنات وبهره برداری ازآبهای زیرزمینی می‌شود. طول قناتهای موجود را می‌توان از طریق گسترش پیشکارافزایش داد. فایده‌این اقدام بصورت افزایش آبدهی به کمك توابع ارائه شده قابل اندازه‌گیری است و ازاین طریق صاحبان قنوات فارس درمورد مزبور می‌توانندبامقایسه فوائد پیش بینی شده بوسیله توابع با هزینه های مرتبط به آن تصمیم مقتضی را اتخاذ کنند. ازنظرسیاست حفظ قنوات، این اطلاعات نیز ارزشمنداست زیرانشان می‌دهد که قناتهای موجود منشاء خدمات و بهره برداری برای نسل حاضرمی‌باشد. در حالیکه‌این نسل دراحداث آنهاهیچگونه‌مشارکتی نداشته است. بنابراین بایستی برای حفظ آنها ازطریق حفاظت حریم آنهاوجلوگیری ازحفرچاه درآن حریم تلاش کرد.

با لاخره اثرنوع مالکیت قنات برآبدهی آن نیز مورد بررسی قرارگرفت. گرچه بعلت معنی دارنبودن متغیرهای مزبورنمی‌توان نظرقطعی اظهارکرد ولی علامت ضرایب آن متغیرها نشان می‌دهد که وضعیت آبدهی قنواتی که درمالکیت یك یا دو مالك بزرگ بودند، احتمالا" بعلت غیبت یا ترك فعالیت کشاورزی، نسبت به مالکیت قناتهائی که میان خودکشاورزان مشترك است، بدترمی‌باشد. متاسفانه وضع آبدهی قناتهای موقوفه از قناتهای مالکان بزرگ نیز بدتراست. این امرهشداری است برای متولیان قناتهای مزبور ونیز کشاورزانی که‌ازآنها بهره مند می‌شوند.

سپاسگزاری

ازآقایان دکترابولقاسم هاشمی و دکترسعید نوری نائینی که درتهیه این مقاله ما را یاری داده‌اند تشکر می‌کنیم. همچنین از آقای دکترآهنگ کوثرکه با دقت وصرف وقت زیاد تقریبا" سطربه سطرمقاله رااصلاح کرده‌اند، از آقای دکترعبدالکریم بهنیابرای ویراستاری مقاله و از آقای دکترمحمد بابیوردی برای اظهارنظر صمیمانه سپاسگزاری می‌نمائیم.

مراجع مورد استفاده : REFERENCES:

۱ ـ بهنیا، ع . ۱۳۶۷. قنات سازی و قنات داری. مرکزنشردانشگاهی ، تهران . ۲۳۶ ص.

۲ ـ پازوش، ه . ۱۳۵۹. "نگاهی به برنامه های بهره برداری ازمنابع آب ایران درگذشته" . نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، شماره (۴۱): ۴۹ـ۴۱.

۳ ـ ـــــــ . ۱۳۶۱. " نقش قنات درآبادانی کویرها " . نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، شماره (۴۴): ۱۰ـ۱.

۴ ـ سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۶۰. " گزارشی درمورد قنوات استان سمنان" ، سمینار بازسازی و احیاء قنوات ، مشهد.

۵ ـ ـــــــ ، ۱۳۶۰. " گزارشی کوتاه درباره قنات دراستان کرمان" ، سمیناربازسازی واحیاء قنوات، مشهد.

۶ ـ ـــــــ ، ۱۳۶۰. " گزارشی از یزد" ، سمیناربازسازی واحیاء قنوات، مشهد.

۷ ـ سلامی، ح . ۱۳۶۷. نقش سرمایه گذاری و لایروبی درحفاظت وافزایش آبدهی قناتهای استان فارس . پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز، شیراز.

۸ ـ صدر، ك. ۱۳۵۸. " اهمیت کنونی قنات" . اولین سمپوزیم کشاورزی ایران، دانشگاه شیراز، شیراز.

۹ ـ صدر، ك . و م. سجادی نائینی، ۱۳۶۶. " برآورد تابع آبدهی قناتهای یزد" . مجله علوم کشاورزی ایران . جلد ۱۸، شماره های (۱ و۲): ۴۹ـ۳۷.

۱۰ـ صدر، ك . و م . ج . شمسائی، ۱۳۶۶. " روش مطلوب بهره‌برداری از مخازن زیرزمینی آب" . اولین سمینار رهائی از وابستگی به درآمد تك محصولی نفت" ، بخش دوم . دانشگاه تهران، دانشکده اقتصاد، تهران .

۱۱ـ لطیف، ب . ۱۳۶۷. " نقش و جایگاه سرمایه درتوسعه کشاورزی ایران " . کنگره بررسی مسائل توسعه کشاورزی ایران . سازمان تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی، وزارت کشاورزی، تهران .

۱۲ـ مهجور، الف . ۱۳۶۰. " تکنولوژی حفر قنات" . سمیناربازسازی و احیاء قنات، مشهد.

۱۳ـ نیکخواه، الف . ۶۸ـ ۱۳۶۷. " آب مایه حیات" . زیتون . شماره های (۸۲ تا ۸۸) .

۱۴ـ هنری ، م. ۵۷ـ۱۳۵۶. " کاریز، مطالعه‌ای درگسترش کاریز ازایران به دیگر نقاط جهان" . هنرو مردم . شماره های (۱۸۰ تا۱۹۰) .

15- Buchanon, J. & G.Tullock. 1971. The Calcalus of consent. The university of Michigan Press, Ann. Arbor.

16- Bybordi, M. 1974. "Ghanats of Iran: Drainage of sloping aquifer". J. of irrigation & drainage division, Vol. 100, No. IR3, Sep.

The Role of Investment and Dredging In Reducing Water Waste and Maintenance Cost of Ghanats in Fars Province of Iran.

S.K. SADR and H. SALAMI
Associate Professor, College of Economics, University of Shahid Beheshty and Assistant, Agriculture Researeh Institute Ministry of Agriculture.
Received for Publication, August 15, 1989.

ABSTRACT

To study the effect of different physical and economic factors including capital investment in the form of concrete lining and the labor cost for dredging services, upon the outflow of water from the Ghanats of Fars Province, one hundred Ghanats have been selected from four different counties of Fars province, through a stratified random sampling. The results obtained show that both concrete lining and dredging effort have a significant effect upon the water flow from the Ghanats and that a one Rial investment in concrete lining yields on the average 12 Rials; While the average rate of return from the latter is less than one. The results indicate,however, that capital stock enboddied in the Ghanats in the form of concrete lining is less than the optimum level. Therefore, the main recommendation of this study is further allocation of financial resources by public authorities for the investment in lining activities.