

برآورد تابع آبدهی قناتهای یزد

دکتر کاظم صدر و مجید سجادی نائینی

بترتیب دانشیار دانشکده اقتصاد دانشکده شهید بهشتی و

عضو مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، وزارت بازرگانی

تاریخ وصول هفدهم دی ماه ۱۳۶۵

چکیده

عوامل موثر بر آبدهی قنات در این مقاله بررسی شده و با استفاده از آمار مربوط به عوامل یادشده و آبدهی ۲۸۷ رشته قنات در منطقه یزد و اردکان از استان یزد چند تابع آبدهی برای قناتهای مزبور برآورد شده و تأثیر نسبی عوامل سابق الذکر بر آبدهی قنات تعیین و اندازه گیری شده است.

مقدمه

یکی از فنون باستانی بهره برداری از آبهای زیرزمینی قنات می باشد. در مناطق شرقی و مرکزی ایران که میزان بارندگی کم، جریان رودخانه های دائمی نادر و وضعیت زمین در دامنه سلسله جبال زاگرس، البرز و کوه های دیگر برای تغذیه و ذخیره بارش های آسمانی مناسب و تنها منبع آب تقریباً "آبخوانهای زیرزمینی می باشد، استفاده از قنات برای بهره برداری از ذخایر یادشده بسیار متداول می باشد. این ویژگی طبیعی در فلات ایران، به برکت تلاش مقنییان ورزیده و کارآمد و عنایت برخی از دولتهای سابق به توسعه کشاورزی و تحقیقات شماری از دانشمندان، در مجموع باعث ابداع، تکامل و پیشبرد فن قنات در طول تاریخ کشورمان شده است (۸ و ۱).

مطالعات بسیاری اخیراً در کشورمان صورت گرفته که در آنها روش آبرسانی قنات از جنبه های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. بخش عمده این

مطالعات به تاریخ پیدایش و گسترش کاریز در ایران و سایر کشورهای جهان پرداخته و از جنبه های مختلف فرهنگی و تاریخی آن را مورد کاوش قرار داده است (۱۶ و ۱۷). بخش دیگر، ویژگیهای فنی قنات را مورد پژوهش قرار داده و از نظر هیدرولژی و مهندسی به بررسی آن پرداخته است (۱۴ و ۱۸). دسته سوم تحقیقات است که تکنولژی قنات را از دیدگاه اقتصادی مورد تحلیل قرار داده و منافع و هزینه های اجتماعی استفاده از روش مزبور را در مقایسه با چاه به عنوان روش جدید بهره برداری از آبهای زیرزمینی کندوکاو کرده است (۸، ۱۳ و ۱۵). هدف مطالعات اخیر در واقع تعیین مزیت نسبی شیوه های سنتی و جدید استفاده از آبخوانهای زیرزمینی در هر یک از مناطق ایران بوده است.

مطالعه حاضر نیز از همین دسته است و برای کمک به تحلیل اقتصادی فن آبرسانی قنات در منطقه یزد و اردکان از استان یزد صورت می گیرد. در این مقاله نخست الگوی آبرسانی قنات تشریح شده و تابع آبدهی قنات

تعریف و مشخص می‌کردد. پس از این شکل تابع آبدهی قنات و رابطه فنی و ریاضی که میان متغیرها و تابع برقرار است تشریح می‌شود. سپس، عوامل مختلفی که بر آبدهی قنات مؤثر بوده معرفی می‌شود. بالاخره، قسمت‌های دیگر مقاله شامل شرح مختصری از استان یزد و منطقه مورد مطالعه و روش برآورد تابع آبدهی قنات و سرانجام بحث و بررسی نتایج بدست آمده می‌باشد.

مواد و روشها

رابطه (۱) رادرنظر بگیرید که در آن برداری است از شاخصهای عوامل طبیعی مانند میزان بارندگی، نوع زمین و خصوصیات ژئوفیزیکی آن، عمق و وسعت سفره آب زیرزمینی و سایر عوامل طبیعی و جوی Z_4 برداری است از ارزش انبار سرمایه هائی که برای حفر مادر چاه، کوره، کول کاری و سنگچین قنات صرف شده است؛ Z_3 برداری است از جریان خدمات لایروبی، مرمت و کارهای مشابهی که هر سال برای قنات صورت می‌گیرد؛ Z_2 عبارتست از برداری از شاخصهای عوامل حقوقی اعم از نوع مالکیت قنات و ضوابطی که برای حفظ حریم و بهره برداری از آن موجود است؛ و بالاخره Z_1 عبارتست از برداری از شاخصها و سنجشهایی از اعتبارات، وامها و کمکهای بلاعوض و بودجه‌های تحقیقاتی که از طرف دولت هر ساله برای توسعه قنات اختصاص می‌یابد؛ و Q عبارتست از دبی یا جریان آبدهی قنات بر حسب متر مکعب در سال. رابطه ای که میان مجموعه Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 و حداکثر جریان بالقوه Q در هر سال وجود دارد تابع آبدهی قنات خوانده می‌شود.

از نظر فنی یا هیدرولژی تابع فوق را می‌توان جریان آبدهی يك کانال افقی زیرزمینی شیب دار تلقی کرد (۱۸) و رابطه میان Q و Z_1 را بر اساس قانون دارسی مشخص کرد، مشروط بر آنکه مقادیر سایر متغیرها ثابت باشد. بر همین اساس، بایبوردی تابع آبدهی قنات را به صورت زیر برای هر واحد از طول تره‌کار قنات استخراج کرده است (۱۸).

$$(۲) \quad Q = 2 D h K \sin \theta$$

در این تابع $2 D$ عرض منطقه تغذیه کننده قنات، h فاصله لایه غیر قابل نفوذ تا سطح آب، K ضریب آبدگزی لایه آبدار و θ شیب لایه آبدار می‌باشند. ملاحظه می‌شود که Q به حاصلضرب عوامل یساده بستگی دارد و بنابراین يك رابطه لگاریتمی میان Q و متغیرهای مزبور می‌توان تصور کرد.

در چارچوب الگوهای اقتصادی، تابع فوق را می‌توان همچون يك تابع بهره برداری از يك منبع طبیعی مشترك و تجدید پذیر تلقی کرد که با استفاده از انبار سرمایه موجود و جریان نیروی انسانی، و متناسب با ابعاد و خصوصیات حوزه زیرزمینی، آب این سفره به مظهر قنات آورده می‌شود. برای تشخیص نوع این رابطه به سهولت می‌توان وجود يك رابطه خطی را منتفی دانست چون بازدهی نهائی سرمایه گذاری در بلند مدت ثابت نیست. همین رابطه خطی را میان جریان لایروبی و آبدهی قنات نیز به دلیل عدم ثبات بازدهی نهائی کار می‌توان منتفی دانست. از میان روابط غیر خطی قابل تصور می‌توان مقداریا درصد تغییر در میزان سرمایه گذاری یا خدمت لایروبی را مؤثر بر درصد تغییر جریان آبدهی تلقی کرد و شکل کلی تابع آبدهی را به صورت کاب داگلاس یا تابع نمادار منتهی بابرخی متغیرهای

کیفی که تأثیر عوامل حقوقی و سیاستهای متخذه را نشان می‌دهد به صورت زیر نوشت :

$$Q=A Z_1^\alpha Z_2^\beta Z_3^\gamma Z_4^\delta Z_5^\lambda \quad (\text{الف-۳})$$

$$Q=A Z_1^\alpha Z_2^\beta Z_3^\gamma e^{\delta Z_4 + \lambda Z_5} \quad (\text{ب-۳})$$

شکل تابع فعلی آبدهی قنات از شکل تابع (۲) نیست. تبعیت می‌کند و رابطه سابق رامیان Q و ویژگیهای طبیعی منطقه‌ای که قنات در آن واقع است حفظ می‌کند. اضافه بر این تابع (الف - ۳) آبدهی قنات رابه صورت يك تابع همگن خطی معرفی می‌کند که با تخمین درجه همگنی تابع، نحوه بازدهی به مقیاس بهره برداری و اثر افزایش نسبی همه عوامل مؤثر بر تغییر نسبی آبدهی قنات تعیین می‌شود. بدیهی است که تابع یاد شده اثر تغییر هر يك از عوامل ذکر شده رابه تنهایی، نیز، بر بر میزان آبدهی نشان می‌دهد و از این طریق درجه کارایی

عوامل متغیر را معلوم می‌سازد.

شرح منطقه

ناحیه مورد مطالعه دشت یزد- اردکان است که منطقه اصلی استان یزد را از لحاظ جمعیت و فعالیتهای کشاورزی و صنعتی و غیره تشکیل می‌دهد. مساحت استان یزد و جمعیت آن در جدول ۱ به تفکیک شهرستانها داده شده است. به علت مجاورت با کویر لسوت آب و هوای استان یزد خشک و متوسط بارندگی سالانه آن قریب ۵۵ میلی متر می‌باشد (۶). توزیع بارندگی در استان به این صورت می‌باشد که میزان آن در شمال و نقاط کویری استان کم و متوسط آن به ۴۰ میلیمتر در سال می‌رسد در حالی که در نقاط جنوبی و جنوب غربی میزان بارندگی افزایش یافته و در ارتفاعات حتی به بیش از ۲۵۰ میلیمتر می‌رسد (۱۱، ص ۱۹).

جدول ۱- مساحت و جمعیت استان یزد به تفکیک شهرستانها

شهرستان	مساحت کیلومتر مربع	جمعیت	تراکم جمعیت نفر در کیلومتر مربع
یزد	۱۰۲۰۰	۲۱۵۲۰۸	۲۱/۱
اردکان	۲۲۲۰۰	۶۵۱۲۰	۲/۹
بافق	۱۷۵۰۰	۲۴۹۷۶	۱/۴
تفت	۶۹۰۰	۵۰۹۱۴	۷/۴
کل استان	۵۶۸۰۰	۳۵۶۲۱۸	۶/۳

ماخذ : فرامرز رفیع پور، جامعه روستائی و نیازهای آن، ص ۸۷

در منطقه یزد و اردکان هیچگونه رودخانه دائمی وجود ندارد (۱۰) و تنها در چند مسیل جریانی به مدت چند ساعت تا یکماه که از ارتفاعات جنوب غربی یزد سرچشمه می‌گیرد وجود دارد (۱، ص ۴). در مقابل، این دشت دارای يك سفره بزرگ آب زیرزمینی و چند

سفره سطحی و کم ضخامت است که از تمام آنها بسه وسیله قنات در گذشته بهره برداری می‌شده است (۱۰). "چون قنات تا حد معینی از ضخامت سفره را مسورد بهره برداری قرار می‌دهد و براحتی نمی‌توان آبدهی آن را افزایش داد سفره ها در حال تعادل بودند و فقط

خشکسالیهای متوالی مهمترین خطر محسوب می‌شدند. ولی در ۳۶ سال اخیر که حفر چاه عمیق در سفره اصلی قرار داشته‌است به علت افت سطح آب زیرزمینی، دچار کم‌آبی شده و بعضی خشک شده‌اند. ولی به هر صورت سفره آب زیرزمینی دشت یزد واردکان با وسعت و ضخامت کافی و دانه بندی مناسب آبرفت، علیرغم تغذیه ناکافی، یکی از سفره های خوب و پرذخیره می‌باشد" (۱، ص ۴).

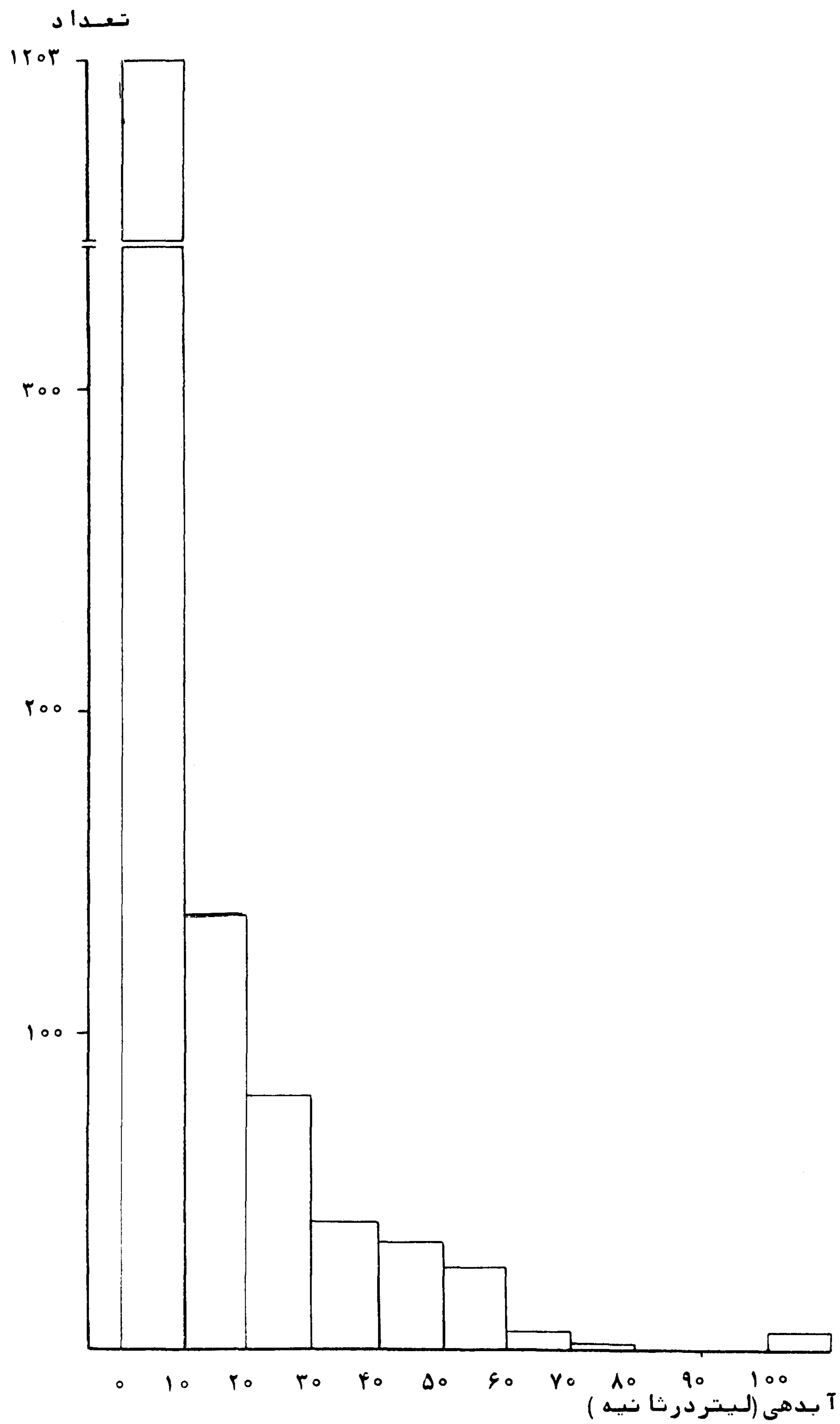
بر اساس محاسبات انجام شده توسط اکیپ مطالعات آبهای زیرزمینی یزد از هرده متر مکعب آبی که از سفره برداشت می‌شود حدود سه متر مکعب آن از ذخیره می‌باشد و سالانه حدود ۱۷۵ میلیون متر مکعب اضافه برداشت می‌شود که موجب افت حدود ۵۵ سانتی متر سطح آب به طور متوسط در کل دشت شده است. در این وضعیت میزان برداشت سالیانه از طریق قنات، چاهها و چشمه ها به ترتیب ۲۶۲/۷، ۳۶۰ و ۸/۸ میلیون متر مکعب بوده است (۱).

زمینه های اشتغال در استان یزد عبارتست از کشاورزی، بافندگی و تجارت. موقعیت ممتاز شهر یزد از نظر جغرافیائی موجب شده‌است که فعالیتهای تجاری در این شهر گسترش یافته و صنایع و کارگاهها پیرامون آن متمرکز شوند. زمینه اخیر خود موجب افزایش جمعیت و درآمد و مالا " سبب بالا رفتن تقاضا برای آب و محصولات کشاورزی شده است. در نتیجه زمینهای جدیدی در اطراف شهر یزد زیرکشت رفته و آب مورد نیاز از طریق چاه تأمین شده است. " در تعداد نسبتاً زیادی از روستاها نیز چاه جانشین قنات گردیده و با توجه به آب بالنسبه زیاد چاه وسهولت استحصال آن کشت صیفی رونق یافته به نحوی که یزد

کم آب علاوه بر انار مادرکننده کدو، کلم، خیار سبز و کاهو به سایر شهرها گردیده است" (۱، ص ۹). پدیده فوق موجب شده که تعداد چاههای عمیق و نیمه عمیق از ۱۸۹ حلقه در سال ۱۳۵۱ به ۷۴۳ حلقه تا سال ۱۳۶۰ و میزان تخلیه آنها در همین مدت از ۱۳۳ به ۳۴۸ میلیون مترمکعب افزایش یافته به نحوی که تعداد چاهها در عرض ده سال ۲۹۳ درصد و تخلیه آنها ۱۶۲ درصد ازدیاد یافته است (همان ماخذ، ۳۸). در همین حال تعداد کاریزهای دشت یزد و اردکان و دشتهای نیمه کوهستانی مهریز و تفت ۳۶۷ رشته با تخلیه سالیانه ۲۱۰ میلیون و قنات کوهستانی ۳۷۰ رشته با تخلیه سالانه ۶۰ میلیون مترمکعب می‌باشد (۱، ص ۳۱). بر طبق گزارش دیگری قنات دایر استان ۴۷۰۰ رشته می‌باشد که حدود ۳۲۰۰ رشته آن هوا بین یا کوهستانی می‌باشد (۶).

بر اساس گزارش طرح توسعه اقتصادی اجتماعی استان یزد که در دست تهیه است، به استثنای چشمه قناتها از ۱۵۹۱ رشته قنات در استان یزد تاکنون آمار برداری شده است با حداکثر طول ۳۹ کیلومتر در دشت یزد و اردکان و حداقل ۵ کیلومتر در نیروده شیر (۱۶). از نظر آبدهی، قنات هرات با ۳۰۰ لیتر در ثانیه و در مروست، یزد و اردکان به ترتیب با ۱۶۰ و ۱۳۰ لیتر در ثانیه پرآبترین قناتهای استان می‌باشند. حداقل آبدهی تا ۵٪ لیتر در ثانیه در بسیاری از دشتهای اندازه گیری شده است. میانگین آبدهی قناتهای مذکور، ۶/۸ لیتر در ثانیه است. توزیع آبدهی آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. حدود ۷۸ درصد از ۱۵۹۱ رشته کمتر از ۱۰ لیتر در ثانیه آبدهی دارند و درپاره‌ای از نواحی حتی کمتر از یک لیتر در ثانیه آب می‌دهند. تخلیه سالانه تمامی قنات استان برابر با ۳۳۹/۵، میلیون

مدرّسجادی نائینی : برآورد تابع آبدھی قناتهای یزد



شکل ۱- دسته بندی آبدھی قنوات استان یزد

مأخذ : طرح مطالعه جامع توسعه اقتصادی اجتماعی استان یزد

مترمکعب در سال یا ۱۰/۸ مترمکعب در ثانیه است.

برآورد تابع آبدهی

آمار مربوط به آبدهی، طول قنات، طول تره کار و عمق مادر چاه و نوع مالکیت قناتهای یزد توسط اکیپ مطالعات آبهای زیرزمینی یزد طی سالهای ۱۳۵۹ الی ۱۳۶۱ جمع آوری شده است و از همین آمار در این مطالعه نیز استفاده شده است. اطلاعات مزبور فقط برای ۲۸۷ رشته قنات کامل بود و در سایر موارد، حداقل یکسی از آمار مورد نیاز یافت نمی شد. بنابراین مجموعه انتخابی در این مطالعه شامل ۲۸۷ رشته قنات می شود. اطلاعات و ارقام مربوط به مرمت و لایروبی قناتهای مزبور از واحد جهاد سازندگی استان یزد با تلاش زیاد تهیه شد، چون اطلاعات موجود در جهاد سازندگی اولاً کلی بود و شامل وجوهی می شد که صرف لایروبی یا مرمت همه قناتها شده بود و ثانیاً اطلاعات منتشر نشده مربوط به هر یک از قنات به ترتیب آمار اکیپ مطالعات آبهای زیرزمینی تهیه نشده بود. بدینجهت، فقط برای ۱۲۰ رشته از مجموع قناتها پس از شناسائی و تطبیق دقیق آنها ارقام مربوط به هزینه لایروبی بدست آمد. این هزینه مربوط به پیش از تاریخ بازدید قنات و اندازه گیری آبدهی آن می باشد. آمار مربوط به بارندگی از ایستگاهها هواشناسی واقع در منطقه ای که قنات در آن جریان داشت برای دو سال ۵۹-۶۰ و ۶۰-۶۱ اخذ گردید. از مجموع ده ایستگاه هواشناسی واقع در استان یزد شش مرکز آن در دشت اردکان یزد قرار دارند.

جز آنچه بدان اشاره شد، آمار دیگری متأسفانه بدست نیامد. اطلاعات مربوط به میزان کول کاری، یسا سرمایه گذاریهای انجام شده برای قنات موجود نبود. همچنین اطلاعات مربوط به نوع زمین، ضخامت لایسه

آبده و وسعت حوزه یافت نشد.

به همین جهت از اطلاعات موجود درباره عمیق مادر چاه، طول تره کار و طول قنات به عنوان شاخصها از ویژگیهای سفره آب زیرزمینی استفاده شد. اگر سفره مزبور پیوسته در حال تعادل باشد، سطح ایستابی آب تغییر نکرده و بنابراین عمق مادر چاه شاخصی از اختلاف سطح ایستابی با محور کوره ممکن است تلقی گردد. نسبت طول تره کار به طول قنات، همسبب شیب سطح زمین را برآورد می کند و هم شاخصی از عرض منطقه تغذیه کننده قنات ممکن است محسوب شود. ضریب آبگذری لایه آبدار در همه مناطق استان یزد کم گزارش شده است (۱۲) و در اینجا نیز برای کلیه قنات یکسان فرض می شود، با لایه نفوذ آب در قسمت خشکه کار قنات در اثر اقداماتی که توسط مقنن برای جلوگیری از این پدیده به عمل می آید ناچیز تلقی می شود. اطلاعات مربوط به درجه حرارت و تبخیر نیز چندان مؤثر در آبدهی در مظهر قنات تشخیص داده نشد. نظر به اینکه مطالعه حاضر برای مقطع ۵۹-۶۱ انجام می شود، نشان دادن تاثیر سیاستهای دولت بر آبدهی قناتها در این مدت مقدور نبود. لیکن اهتمام و حمایت جهاد سازندگی رابه مرمت و لایروبی قنات از تاثیر متغیر لایروبی بر آبدهی قنات می توان دریافت.

شرح آمار توصیفی قناتهای منطقه

آمار توصیفی قناتهای منطقه یزد و اردکان و مشخصات آنها در جدول ۲ ارائه شده است. قناتهای مورد مطالعه برخی واقع در کوهپایه ها هستند که چشمه قنات یا هوا بین خوانده می شوند. عمق مادر چاه برخی از این قناتها ۱/۲ متر و طول آنها ۱۰۰ متر می باشد. در مقابل، قناتهای واقع در دشت دارای حداکثر عمق ۹۸ متر

مترمکعب در سال می باشد. برای هر یک از قناتهای یسار شده به طور متوسط حدود ۳۰ هزار تومان صرف لایروبی شده است. در این میان برای برخی از قناتهای هج و جهی به لایروبی آنها اختصاص داده نشده و برای برخی از آنها تا حد اکثر حدود ۴۰۰ هزار تومان هزینه شده است. معدل بارندگی دو سال ۵۹-۶۱ از ۳۹ تا ۱۸۰ میلی متر در نوسان بوده و میانگین آن ۱۳۵ میلی متر بوده است.

و طول ۳۷۴۰ متر می باشند. لیکن میانگین قناتهای منطقه دارای مادر چاهی به عمق ۳۴ متر و طول تقریباً ۵ کیلومتر می باشد. نسبت بخش تره کار به طول قنات نیز برای چشمه قناتها و کاربزه های دشتی از ۸۳/۰ تا ۰/۰۲۵ متفاوت بوده ولی معدل آن حدود ۱۸ درصد است. آبدی قناتهای مزبور نیز از حدود ۱۶ هزار متر مکعب تا حدود ۶/۷ میلیون متر مکعب در سال تغییر می کند و به طور متوسط ۷۶۶ هزار

جدول ۲ - آمار توصیفی قناتهای یزد و اردکان

میزان بارندگی (میلی متر)	هزینه لایروبی (ریال)	نسبت تره کار به طول قنات	طول قنات (متر)	عمق مادر چاه (متر)	تخلیه سالیانه قنات (هزار) مترمکعب
۳۹/۷۵	صفر	۰/۰۰۲۵	۱۰۰	۱/۲	حداقل ۱۵/۷۳
۱۸۰/۲۵	۴۰۱۷۴۵۵	۰/۸۳	۳۷۴۰۰	۹۸/۰۰	حداکثر ۶۶۶۹/۶۰
۱۳۵	۲۹۳۳۸۴	۰/۷۷	۴۹۵۳/۲۸	۳۳/۶۴	میانگین ۷۶۶/۴۴

نتایج و بحث

نتایج برآورد تابع آبدی قنات در صفحه ۴۵، توسط توابع (۴)، (۵)، (۶) و (۷) ارائه شده است. در این توابع Q آبدی قنات است بر حسب هزار متر مکعب در سال X_1 عمق مادر چاه به متر، X_2 طول قنات به متر و X_3 نسبت طول تره کار قنات به طول کل کوره قنات می باشد. دو متغیر دیگر، X_4 هزینه لایروبی قنات به ریال و X_5 معدل بارندگی دو سال ۵۹-۶۰ و ۶۰-۶۱ به میلی متر می باشند. آماره t که آزمون معنی دار بودن هر یک از متغیرهاست در داخل پرانتز، زیر ضریب هر یک از آنها نوشته شده است. اضافه بر این، آماره F که معنی دار بودن تاثیر مجموع متغیرهای موجود در تابع را نشان می دهد و نیز R^2 که درصد تغییرات Q را که توسط متغیرهای وارد

شده در تابع توضیح داده می شود و با لاخره تعداد یا شماره قناتهایی که هر تابع برای آنها تخمین زده شده است همگی ارائه شده اند. چنان که معلوم است تابع (۴) برای ۱۲۰ رشته قنات که اطلاعات مربوط به همه متغیرها موجود بوده تخمین زده شده است. تابع (۶) برای تمام ۲۸۷ رشته قنات منتهی با سه متغیر تخمین زده شده است و تابع (۵) به قصد مقایسه و یافتن اثر حذف دو متغیر از تابع (۴) برای ۱۲۰ رشته قنات برآورد شده است.

لازم به یادآوری است که اشکال خطی و غیر خطی دیگری نیز برآورد شده اند که چون نتایج قابل قبولی از نظر آماری از تخمین آنها به دست نیامده ارائه نشده اند.

تابع (۴) هم نقش هر یک از عوامل موثر بر آبدهی قنات رادر منطقه یزد و اردستان نشان می‌دهد و هم شکل تابع آبدهی و نوع رابطه موجود میان عوامل موثر و مقدار آبدهی را. چنان که پیداست، عمق مادر چاه X_1 ، طول قنات X_2 ، و نسبت طول تره کار به طول قنات X_3 هر سه نقش مثبت و موثری بر آبدهی داشته و تاثیر آنها از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. بر طبق آزمون t ضرایب متغیرهای یاد شده همه با سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد. افزایش یک درصد بر عمق مادر چاه، آبدهی قنات را به اندازه ۰/۳۹ درصد افزایش می‌دهد. اثر این تغییر بر قنات متوسط منطقه که بر طبق جدول ۲ دارای مادر چاه ۳۳/۶۴ متر و آبدهی ۷۶۶/۴۴ متر مکعب در سال است بدین گونه است که افزایش یک متر بر عمق مزبور آبدهی قنات را به مقدار ۸۸۸۵/۶ متر مکعب در سال افزایش می‌دهد:

$$0.39 = \frac{\partial Q}{\partial X_1} \frac{X_1}{Q} \quad \text{و} \quad 0.39 = \frac{\partial Q}{\partial X_2} \frac{X_2}{Q}$$

ضریب X_3 نیز نشان می‌دهد که اگر امکان افزایش طول قنات باشد، مانند جلوگیری از پیشکار قنات، به ازای یک درصد افزایش طول، آبدهی به اندازه ۰/۳۹ درصد افزایش می‌یابد. متقابلاً، اگر پیشکار قنات با طول متوسط به اندازه یک متر پیش برده شود، بر آب قنات به اندازه ۶۰/۲۷ متر مکعب در سال اضافه می‌شود. ضریب X_3 نیز نشان می‌دهد اگر طول تره کار قنات نسبت به طول تمام قنات یک درصد افزایش یابد، از طریق اقداماتی مانند ایجاد آب بند، یا کرت بندی اطراف میله‌های قنات که نفوذ آب را به سفره تشدید می‌کند، آبدهی قنات به اندازه ۰/۱۵ درصد ازدیاد می‌یابد. سسه متغیر مذکور همگی تاثیر ویژگیهای حوزه آبریز قنات

را بر آبدهی آن نشان می‌دهند. این تاثیرات چنان که ذکر شد هم مثبت است و هم معنی‌دار. متغیر X_4 نقش لایروبی قنات را نشان می‌دهد. ضریب این متغیر چنان که مورد انتظار است مثبت بوده و نشان می‌دهد اگر یک درصد بیشتر صرف لایروبی قنات شود، آبدهی آن به اندازه $\frac{53}{9}$ درصد زیاد می‌شود. با توجه به ارزش آب در منطقه یزد و اردکان سودمندی عمل لایروبی مشهود است.

بر خلاف انتظار، ضریب متغیر لایروبی معنی‌دار نیست، گرچه علامت آن مثبت است. علت امر شاید این باشد که هزینه لایروبی گزارش شده هزینه‌های مرمت و احیانا " هزینه‌های از قبیل کول‌کساری و ادامه پیشکار را در بر داشته باشد. در صورت محبت این احتمال، تاثیر هزینه‌های صرف شده توسط متغیرهای X_4 و X_5 منعکس می‌شود و از تاثیر توضیح دهندگی متغیر لایروبی کاسته می‌شود. علاوه بر این، از ۱۲۰ قنات مورد مطالعه برای ۵۹ رشته از آنها هیچ هزینه‌ای جهت لایروبی گزارش نشده بود و لذا برای این دسته هزینه لایروبی معادل صفر ریال در تابع منظور شده است. گرچه هنگام جمع‌آوری اطلاعات و آماربرداری، قناتهای مزبور لایروبی نشده بودند، ولی نمی‌توان این احتمال را کاملاً منتفی دانست که پیش از این لایروبی شده باشند و در هنگام جمع‌آوری اطلاعات مبلغی برای لایروبی گزارش نشده باشد. این پدیده در صورت وقوع به نوبه خود اثر توضیح دهندگی متغیر لایروبی را می‌کاهد. برای تشخیص بهتر اثر لایروبی بر آبدهی قنات، تابع (۷) برای ۶۱ قناتی که لایروبی شده بودند و رقم هزینه لایروبی آنها مثبت بود تخمین زده شد و نتایج آن گزارش شده است. چنان که پیداست ضریب

لیکن تاثیر این متغیر معنی دار نیست. علت امر شاید عدم تغییرات مقدار بارندگی برای قناتهای مختلف بوده است. چون تعداد ایستگاههای بارندگی در استان یزد جمعا " ده می باشد، و در منطقه یزد واردگان فقط شش ایستگاه موجود است، و به ضرورت میزان بارندگی در حوزه هر قنات متساوی با میزان باران سالیانه ثبت شده در نزدیکترین ایستگاه بدان قنات فرض شده است، این امر باعث عدم تغییر کافی در مقادیر X_5 شده است. لذا معنی دار نشدن تاثیر این متغیر ممکن است به علت ذکر شده باشد.

علت دیگر معنی دار نبودن تاثیر بارندگی ممکن است به این خاطر باشد که منابع زیرزمینی منطقه یزد واردگان از کوهها و سازندهای آهکی کرتاسه تغذیه می کنند. قدرت جذب و تغذیه این سازندها بسیار زیاد است و میزان بارندگی در هر سال بر قدرت تغذیه آنها در همان سال موثر نیست. بنابراین نتیجه به دست آمده برای منطقه یزد واردگان قابل توجیه است.

احتمالا " به همین سبب، متغیر بارندگی در سایر اشکال خطی و لگاریتمی که تخمین زده شده است و نتایج آنها به خاطر رعایت اختصار در عرضه مطالب اراءه نشده است، نه فقط معنی دار نبوده، بلکه علامت ضریب آن نیز منفی بوده است.

تنها متغیر باقیمانده مالکیت قنات می باشد که به صورت یک متغیر کیفی وارد تابع شد. این متغیر در تابع (۳) و نه در هیچکدام از اشکال تخمین زده شده معنی دار نبود. علاوه بر آن علامت آن نیز منفی بود، به این معنی که آبدهی قناتهایی که در مالکیت یک یا دو نفر هستند کمتر از قناتهایی است که مالکیت مشاع دارند و چندین نفر سهامدار دارند. نتیجه اخیر چندان

لایروبی مثبت و در سطح اطمینان ۷۵٪ معنی دار می باشد. ضریب سایر متغیرها تقریبا " همان مقدار مشابه در تابع (۴) است.

تاثیر بارندگی بر آبدهی قنات توسط متغیر X_5 بیان شده است. این متغیر، چنان که پیش از این گفته شد، برابر است با معدل بارندگی دو سال زراعی ۶۰-۵۹ و ۶۱-۶۰ بر اساس آمار نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به قنات مورد نظر. ضریب این متغیر مثبت بوده و اثر مورد انتظار بارندگی را افزایش آبدهسی نشان می دهد.

$$(4) \ln Q = \frac{1}{98} + \frac{0.39}{(3/77)} \ln X_1 + \frac{0.39}{(4/29)} \ln X_2 + \frac{0.15}{(1/56)} \ln X_3 + \frac{0.53}{1.0} X_4 + \frac{0.15}{1.5} X_5$$

$N=120 \quad R^2 = 0.37 \quad F=13/53$

$$(5) \ln Q = \frac{1}{95} + \frac{0.38}{(3/87)} \ln X_1 + \frac{0.39}{(2/94)} \ln X_2 + \frac{0.14}{(1/58)} \ln X_3$$

$N=120 \quad R^2 = 0.37 \quad F=22/89$

$$(6) \ln Q = \frac{1}{68} + \frac{0.52}{(4/88)} \ln X_1 + \frac{0.39}{(4/98)} \ln X_2 + \frac{0.26}{(3/99)} \ln X_3$$

$N=287 \quad R^2 = 0.37 \quad F=55/59$

$$(7) \ln Q = \frac{0.98}{(0.64)} + \frac{0.34}{(2/0.7)} \ln X_1 + \frac{0.39}{(2/94)} \ln X_2 + \frac{0.18}{(1/43)} \ln X_3 + \frac{0.96}{(0.67)} \ln X_4$$

$N=61 \quad R^2 = 0.39 \quad F=9/10$

بعید نیست، زیرا ممکن است مالکان مزبور از ده مهاجرت کرده یا دست از کشاورزی کشیده یا به هر علت دیگر به نگهداری قنات بی توجه باشند. همین مسأله به کرات در سمینار ۱۳۶۰ مشهد گزارش شده است (۴ و ۵). معذالك چون ضریب این متغیر معنی داریست به طور قطع نمی توان نتیجه ای از آن استنباط کرد.

تابع (۲) نتایج برآورد تابع آبدهی را برای ۲۰ رشته قنات بدون متغیرهای X_4 و X_5 که معنی دار نبودند نشان می دهد. طبق انتظار، ضرایب X_1 ، X_2 و X_3 و مقدار آماره t هر یک از ضرایب آنها تقریباً ثابت باقی مانده است. این امر حاکی از عدم وجود هم خطسی میان متغیرهای حذف شده و موجود می باشد. مقدار R^2 نیز ثابت باقی می ماند. ولی مقدار آماره F زیاد می شود. تابع (۵) نتیجه برآورد فوق را نشان می دهد برای تمامی ۲۸۷ رشته قنات. آماره t و F با بیش از دو برابر شدن تعداد قناتها به طور چشمگیری افزایش می یابند. در تابع اخیر ضریب X_4 یعنی نقش طول قنات در افزایش آبدهی آن تغییری نمی کند، ولی نقش مادر چسب اهمیت بیشتری نسبت به سابق پیدا می کند. اثر ضریب X_3 نیز در مجموعه اخیر زیادتر می شود. نکته دیگری که از بررسی ضرایب توابع برآورد شده به دست می آید اینست که ضرایب متغیرهای معنی دار هر یک به تنهایی مثبت و کمتر از یک بوده و حاصل جمع آنها حدود یک می باشد. ضرایب یاد شده سهم هر یک از متغیرهای معنی دار را در افزایش آبدهی قنات نشان می دهند و حاکی از این حقیقت هستند که از هر یک از عوامل مزبور به طور موثر و کارآمدی برای افزایش آبدهی قنات استفاده شده است. حاصل جمع ضرایب مزبور که به طور معنی داری از یک متفاوت نیست قنات را یک تکنیک با بازدهی ثابت

به مقیاس آبدهی معرفی می کند به این معنی که اگر متغیرهای موجود در تابع آبدهی به نسبت معینی افزایش داده شوند، آبدهی قنات نیز به همان نسبت افزایش می یابد. این ویژگی حاکی از اینست که هزینه افزایش آبدهی قنات چه به ازاء هر متر مکعب و چه به طور متوسط ثابت است و بستگی به کم و زیاد بودن آبدهی قنات ندارد.

نتیجه کلی که از مقایسه نتایج برآورد توابع ارائه شده حاصل می شود نقش بسیار موثر و چشمگیر متغیرهای X_1 ، X_2 و X_3 بر آبدهی قنات می باشد. این متغیرها نشان دهنده تأثیر سرمایه گذاری است که در گذشته برای ایجاد قناتهای یاد شده صرف شده و اخیراً جهت حفظ و حراست آنها به صورتهای مختلف کردن پیشکار، ته کنی، سوکندن و غیره صورت گرفته است. سرمایه هایی که برای احداث چشمه قناتها در کوهپایه ها و برای کاریزها در دشتهای منطقه اردکان و یزد توسط گذشتگان اختصاص داده شده است. نه فقط در گذشته بلکه در زمان حاضر نیز به شهادت نتایج بدست آمده و نقش بسیار مؤثر عوامل یاد شده بر آبدهی قنات ارزش فوق العاده ای برای سیراب کردن اهالی و مزارع منطقه یزد و اردکان دارد. لذا هر چه بیشتر در حفظ حراست آنها باید کوشید و از بروز هر عاملی که باعث زیان زدن و خسارت وارد کردن به آنها می شود بایست جلوگیری کرد. بنابراین، به شدت از چاه زدن در منطقه یاد شده به ویژه در حریم قناتهای موجود که باعث خشکاندن کاریزها و تباه کردن انباره سرمایه ای کسه از گذشته به شکل کوره و مادر چاه قنات باقی مانده بایست جلوگیری به عمل آورد. نتیجه کلی اخیر، چنان کسه مشهود است توصیه ارائه شده در سمینار بازسازی واحیاء

و نتایج مقدماتی آن حاکی از مؤثر بودن و معنی دار بودن متغیر لایروبی می باشد (۱۰).
 بالاخره ، با توجه به تراحمی که استفاده از قنات و چاه در منطقه یزد واردکنان دارد ، شایسته است که وزارت کشاورزی ، نیرو ، جهاد سازندگی ، برنامه ریزی و بودجه و کشور با ارتباط و همکاری بیشتری سیاست کلی توسعه منطقه و در چارچوب آن بهره برداری از منابع آب منطقه را تنظیم و در حفظ واحیاء قناتها همکاری نموده و همچنین روستائیان و سهامداران هم در بهبود وضعیت قنات یکدیگر را یاری نمایند .

اختیار مقرر دادند و نیز از کلیه همکاران و استادان دکتر مشایخی ، دکتر سلطانی ، دکتر میر محمد صادقی ، دکتر میراب زاده ، دکتر حسینی نسب و دکتر بایبوردی که ما را در اصلاح کارمان هدایت کردند بسیار تشکر و سپاسگزاری می کنیم . البته مسئولیت خطاهای باقیمانده با خود ماست .

REFERENCES

- ۱- اکیپ مطالعات آبهای زیرزمینی یزد ، ۱۳۶۱ . گزارش تکمیل و ادامه مطالعات زیرزمینی دشت یزد و آرکسان سازمان آب منطقه ای اصفهان ، وزارت نیرو .
- ۲- بهنیا ، ع . ۱۳۶۲ . کتابنامه و مقاله نامه قنات . نشر دانش . سال چهارم . شماره اول و دوم .
- ۳- رفیع پور ، ف . ۱۳۶۴ . جامعه روستائی و نیازهای آن . شرکت سهامی انتشار ، تهران .
- ۴- سازمان برنامه و بودجه ، تیر ۱۳۶۰ . " گزارشی در مورد قنات استان سمنان " سمینار بازسازی واحیاء قنات ، مشهد .
- ۵- سازمان برنامه و بودجه ، تیر ۱۳۶۰ . " گزارشی کوتاه در باره قنات در استان کرمان " ، سمینار بازسازی واحیاء قنات ، مشهد .
- ۶- سازمان برنامه و بودجه ، تیر ۱۳۶۰ . " گزارشی از استان یزد " سمینار بازسازی واحیاء قنات ، مشهد .

قنات را (مشهد ۱۳۶۰) مبنی بر حفظ و استفاده از آنها در مناطق خشک و کویری همچون منطقه یزد واردکنان تأیید می کند .
 در این مطالعه ، درباره نقش برخی از عواملی که بالقوه بر آبدهی قنات مؤثر هستند ، از جمله اثر لایروبی و نوع مالکیت قنات بر آبدهی آن نتیجه قاطعی به علت محدودیت آمار و اطلاعات بدست نیامد . لیکن اثر مثبت لایروبی را به هر حال مطالعه حاضر نشان می دهد . به جاست با انجام مطالعات مشابه مقدار این اثر را به دست آورد .
 چنین مطالعه ای برای استان فارس در دست انجام است

سپاسگزاری

از اساتید گرامی دکتر کوثر ، دکتر خلیلی و دکتر نسوری نائینی که وقت زیادی را صرف اصلاح نسخه مقدماتی این مقاله کردند و نیز مهندس قدرت نما که طرح مطالعه جامع توسعه اقتصادی - اجتماعی استان یزد را برای استفاده در

مراجع مورد استفاده

- ۷- سلامی، ح . ، نقش سرمایه گذاری و لایروبی ذرآبدهی قناتهای استان فارس . تز فوق لیسانس (در دست تهیه) ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه شیراز .
- ۸- صدر ، ک . ۱۳۵۸ . " اهمیت کنونی قنات " اولین سمپوزیم کشاورزی ایران ، دانشگاه شیراز ، شیراز .
- ۹- صفی نژاد ، ج . ۱۳۵۶ . جغرافیای انسانی ایران . دانشگاه تهران ، تهران .
- ۱۰- طالع ، ه . ۱۳۵۶ . پژوهشی پیرامون مسائل کویرهای ایران . سازمان برنامه و بودجه ، تهران .
- ۱۱- قبادیان ، ع . ۱۳۶۱ . سیمای طبیعی استان یزد در ارتباط با مسائل کویری ، دانشگاه شهید چمران ، اهواز .
- ۱۲- قدرت نما ، ق . طرح مطالعه جامع توسعه اقتصادی اجتماعی استان یزد ، گزارش منتشر نشده .
- ۱۳- مهاجرانی ، م . ۱۳۴۴ . چاه عمیق یا قنات . سازمان برنامه و بودجه ، تهران .
- ۱۴- مهجور ، الف . ۱۳۶۰ . تکنولوژی حفر قنات " سمینار بازسازی و احیاء قنات ، مشهد .
- ۱۵- وحیدی ، م . ۱۳۴۲ . مطالعه‌ای درباره قنات کشور سازمان برنامه و بودجه ، تهران .
- ۱۶- اج . ای . وولف ، ۱۳۶۰ . قناتهای ایران . ترجمه حسین نیر . مرکز تحقیقات و اقتصاد کشاورزی ، تهران .
- ۱۷- هنری ، م . ۵۷ - ۱۳۵۶ . " کاریز ، مطالعه‌ای در گسترش کاریز از ایران به دیگر نقاط جهان " . هنر و مردم ، شماره های ۱۸۰ - ۱۹۰ .

Estimated Discharge Function In Yazd — Ghanats

K. Sadr and M. Sadjadi Naeini

Associate Professor, College of Economics, University of Shahid
Beheshti and Trade Investigations Institute Ministry of Trade

Received for Publication, January 7, 1987.

ABSTRACT

A yield function has been conceptualized and estimated for water discharge from underground reservoirs through Ghanat. The physical and economical factors which affect water yielding capacity of 287 Ghanats in Yazd province of Iran have been identified and their relative share have been estimated.