وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
AERI

# مروری بر روش‌های افزایش آبدهی و ذخیره سازی آب قنوات

نگارش
جمال احمدآلی و بهزاد حصاری

نشریه فنی، شماره ۳۹، سال ۱۳۹۰

**بسم الله الرحمن الرحیم**

**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

# مروری بر روش‌های افزایش آبدهی و ذخیره‌سازی آب قنوات

**تهیه و تدوین:**

**جمال احمد آلی و بهزاد حصاری**

**سال انتشار:**

**زمستان ۱۳۹۰**

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

| | |
|---|---|
| **عنوان نشریه:** | مروری بر روش‌های افزایش آبدهی و ذخیره‌سازی آب قنوات |
| **نگارش:** | جمال احمد آلی و بهزاد حصاری |
| **ناشر:** | مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی |
| **سال انتشار:** | ۱۳۹۰ |
| **شمارگان:** | ۵۰۰ |
| **ویراستار:** | فریبرز عباسی |
| **صفحه‌آرایی:** | سمیه وطن‌دوست |

**آدرس: کرج ، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵،**
**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**
**تلفن: ۲۷۰۵۳۲۰، ۲۷۰۵۲۴۲ و ۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶۱)، دورنگار: ۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶۱)**

**پایگاه اطلاعاتی مؤسسه:** www.aeri.ir

***مخاطبان نشریه:***

کارشناسان و مدیران وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو در بخش آب و خاک

***اهداف آموزشی:***

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- تاریخچه قنات
- نگهداری و ترمیم قنوات
- عوامل مؤثر بر کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات
- روش‌های پیشگیری از کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات
- راهکارهای افزایش آبدهی قنوات
- راهکارهای ذخیره‌سازی آب قنوات در فصول غیر زراعی

**آشنا خواهید شد.**

## فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| مقدمه | ۱ |
| تاریخچه قنات | ۲ |
| نگهداری و ترمیم قنوات | ۳ |
| عوامل مؤثر بر کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات | ٤ |
| عوامل فنی | ٤ |
| عوامل اجتماعی | ٥ |
| روش‌های پیشگیری از کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات | ٥ |
| تدابیر فنی | ٦ |
| تدابیر اجتماعی | ٦ |
| راهکارهای افزایش آبدهی قنوات | ۷ |
| کار کردن در پیشکار قنات (افزایش تره‌کار) | ۷ |
| پایین بردن کف قنات (ته‌زنی) | ۷ |
| تغذیه مصنوعی | ۸ |
| الف- روش‌های مستقیم سطحی | ۹ |
| ب- روش‌های مستقیم زیر سطحی | ۱۹ |
| ج- روش‌های تلفیقی | ۲۲ |
| د- روش‌های غیر مستقیم | ۲۳ |
| ه- آبخیزداری و بهبود اراضی | ۲٤ |
| مطالعات کاربردی روش‌های افزایش آبدهی قنوات | ۲٦ |
| راهکارهای ذخیره‌سازی آب قنوات در فصول غیر زراعی | ۲۹ |
| نتیجه‌گیری | ۳۱ |
| منابع مورد استفاده | ۳٤ |

**مقدمه**

قنات با داشتن سیستم سازگار با شرایط آب و هوایی مناطق خشک مثل ایران یکی از راهکارهای اساسی مقابله با خشکسالی، تغییر اقلیم و کم آبی است. با وجود گذشت سالیان دراز، اکنون نیز بیش از ۱۰ درصد آب مورد نیاز کشور (حدود ۸ میلیارد متر مکعب) از قنوات تأمین می‌شود. ۱۴ درصد از تولیدات کشاورزی کشور به آب قنوات وابسته است. نقش حیاتی قنات در بخش کشاورزی و اهمیت فرهنگی و تاریخی آن در بنیان‌گذاری تمدن کاریزی، ضرورت حفظ این میراث فرهنگی را دو چندان کرده است. در حال حاضر حدود ۳۶ هزار رشته قنات دایر در کشور وجود دارد که بیشتر آنها در استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی، یزد، کرمان، فارس و همدان قرار دارند [۲۴].

بهره‌برداری از قنوات و همچنین آبدهی قنوات در سال‌های اخیر به علل مختلف دچار روند نزولی شده و بررسی راهکارهای افزایش آبدهی قنوات ضروری به نظر می‌رسد. جریان آب قنوات معمولاً دائمی بوده و تقریباً غیر قابل کنترل است. در فصل زمستان که احتیاج به آب آبیاری نیست قسمت اعظم آب بدون آنکه استفاده قابل توجهی از آن به عمل آید به طرق مختلف از دسترس خارج می‌شود. مقداری از آن هم بعد از نفوذ در دشت‌ها مجدداً به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد. از آنجایی که بافت رسوبات در مرکز دشت‌ها معمولاً ریزدانه است، لذا حرکت این آب‌ها بسیار کند می‌باشد. در نتیجه مقدار زیادی از نمک‌های موجود در رسوبات در آب نفوذی حل شده و آب را

غیر قابل استفاده می‌نمایند [۱]. در این نشریه راهکارهای افـزایش آبـدهی و ذخیره‌سازی آب قنوات در فصل غیر زراعی ارائه شده است.

## تاریخچه قنات

بر اساس فرضیه گوبلو در حوزه فرهنگی ایران، قنات به‌وسیله معدن‌کاران اورارتو ابداع شد. این معدن‌کـاران بـه‌دنبـال سـنگ معـدنی مـس، زمـین را می‌کاویدند که با برخورد به سفره‌های آب زیرزمینی دچار مشکل شدند. آنها این مشکل را با ایجاد زهکش در کف گالری‌های معدن حـل کـرده و بـه‌طـور تصادفی به تکنیک قنات دست یافتند. بر مبنای اکتشافات فعلی ایجـاد ایـن قنات‌های تصادفی حداکثر به اوایل هزاره اول پیش از میلاد باز مـی‌گـردد. از منظر فنی قنات را می‌توان شاهکار مهندسی دانست که ناگفتـه‌هـای فراوانـی برای علوم جدید دارد. شاهکاری که در خلق آن علوم بسیاری از ریاضیات تـا زمین‌شناسی نقش داشته‌اند [۹]. انگیزه و اعتقاد از مهم‌تـرین پـیش‌نیازهـای فعالیت‌های خلاقانـه محـسوب مـی‌شـوند. در ایـن چـارچوب موفقیـت‌هـای چشم‌گیر گذشتگان در تأمین آب برای صدها سال (مانند قنات قصبه‌ی گناباد با مادرچاهی بـه عمـق حـدود ۲۵۰ متـر!) مـی‌توانـد الهـام‌بخـش مـدیران و مهندسانی باشد که با چالش‌های عظیم قرن بیست و یکم مواجه‌اند [۲]. اگـر طول متوسط هـر قنـات را ۶ کیلـومتر در نظـر بگیـریم، بنـابراین طـول کـل حفاری‌های انجام شده برای قنوات ایران تقریباً برابر با ۸۲ درصد فاصله زمین تا کره ماه و ۷/۷۷ برابر طول خط استوا مـی‌باشـد [۱۸]. در طـول ۳۰ قـرن

گذشته، قنات‌ها با اینکه بخش عمده‌ای از نیاز آبی کشور را تامین می‌کرده‌اند، همواره حافظ تعادل بیلان آبی در سفره‌های آب زیرزمینی بوده و هیچ‌گاه این موازنه را برهم نزده‌اند. در حقیقت نوسانات آبدهی قنات‌ها در دوره‌های ترسالی و خشکسالی عامل اصلی حفظ این توازن بوده است. متاسفانه در نیم قرن اخیر، با ورود تکنولوژی جدید، تعداد فراوانی از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در همه جا حفر و بعضاً تا اعماق سفره‌های آب رخنه کردند. اساس شکل‌گیری و تداوم و بقای آبادی‌های بی‌شماری، قنات‌ها بوده‌اند و قرن‌ها این بنیان، استوار و پا برجا مانده است. ولی در چند دهه اخیر ما شاهد ویرانی این آبادی‌ها و مهاجرت انسان‌ها و متروکه شدن قنات‌ها و روی‌گردانی کشاورزان آبادی‌ها از قنات روستایشان هستیم، وضعیت خطرناکی که سامان اقتصادی و اجتماعی ما را تهدید می‌کند [۱۶].

## نگهداری و ترمیم قنوات

عملیاتی که برای نگهداری، ترمیم و بازسازی قنوات معمولاً صورت می‌گیرد عبارتند از [۷ و ۱۵]:

- ✓ **ادامه پیشکار قنات**
- ✓ **پوشش‌گذاری کوره‌ها و میله‌ها به منظور جلوگیری از ریزش آنها**
- ✓ **بغل‌بری**
- ✓ **بغل‌تراشی**
- ✓ **ته‌زنی**
- ✓ **لایروبی**

- ✓ **حفاظت قنوات از ورود شن‌های روان و سیلاب‌ها**
- ✓ **مراقبت از تعدّی به حریم قنوات از دیدگاه حقوقی و فنی**
- ✓ **کاهش هدر رفتن آب در خشکه‌کار**
- ✓ **آب‌بندی کف کوره در خشکه‌کار**
- ✓ **جلوگیری از نشت و تبخیر آب در هرنج و استخر ذخیره یا تنظیمی قنات**
- ✓ **تغذیه قنات**

## عوامل مؤثر بر کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات

به‌طور کلی، عوامل گوناگون کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود [۱۷]: دسته اول عوامل فنی شامل: افت سطح آب زیرزمینی، مشکلات انتقال آب در قنات و حوادثی که منجر به آسیب قنوات می‌باشند، هستند که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. دسته دوم عوامل اجتماعی هستند که اثرات ناشی از نحوه مدیریت بر قنات، شرایط اجتماعی نیروهای فنی و گرایش‌های جدید جوامع بشری را شامل می‌شوند. عوامل مختلف در هر یک از این دو دسته عبارت‌اند از:

### عوامل فنی

- ✓ **گسترش حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و افت سطح ایستابی آب زیرزمینی به دلیل بهره‌برداری زیاد**
- ✓ **عدم نگهداری و مرمت و بازسازی قنوات**
- ✓ **فقدان نقشه و مشخصات فنی برای بازسازی و مرمت قنوات**
- ✓ **ایجاد رسوب در کوره قنوات**

- ✓ **ریزش قسمتی از کوره‌ها و میله‌های قنوات**
- ✓ **تجاوز به حریم قنوات**
- ✓ **اتلاف آب در بخش خشکه‌کار قنوات**
- ✓ **هدر رفتن آب قنات‌هایی که مصرف کشاورزی دارند، در فصولی که نیاز به آب نیست**
- ✓ **خشکسالی، سیل و زلزله**
- ✓ **از بین رفتن جنگل‌ها و فرسایش خاک**
- ✓ **در سال‌های اخیر بحث تغییر اقلیم نیز قنوات را تحت تأثیر قرار داده و باعث تشدید عوامل فوق‌الذکر شده است.**

**عوامل اجتماعی**

- ✓ **نوسان رونق کار کشاورزی و حمایت‌های ناپیوسته از بهره‌برداران**
- ✓ **کاهش تدریجی نیروی فنّی متخصص در امر قنوات**
- ✓ **ضعف در مدیریت و نگهداری قنوات در اثر تضعیف نظام‌های بهره‌برداری سنتی و عدم جایگزینی سیستم‌های مناسب برای مشارکت بهره‌برداران**
- ✓ **عدم استطاعت مالی کشاورزان برای لایروبی و مرمّت قنوات با تشدید کوچک شدن اراضی**

## روش‌های پیشگیری از کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات

با شناخت اجمالی که از عوامل مؤثر در کاهش آبدهی و خشک شدن قنوات به‌دست آمد، در این قسمت به ارایه راه‌حل‌هایی برای جلوگیری از آنها

پرداخته می‌شود. این راه‌حل‌ها در دو دسته فنی و اجتماعی بررسی خواهد شد [۱۷].

**تدابیر فنی**

- ✓ **ممانعت از بهره‌برداری چاه‌هایی که در حریم قنات حفر شده‌اند و یا بدون پروانه‌اند.**
- ✓ **بهره‌برداری از چاه‌ها متناسب با بیلان آبی منطقه**
- ✓ **استفاده از روش‌های جدید برای جلوگیری از اتلاف آب در خشکه‌کار قنات**
- ✓ **استفاده از تکنولوژی جدید برای حفر و نگهداری قنات**
- ✓ **ذخیره آب قنات در فصولی که مورد استفاده نیست**
- ✓ **جلوگیری از تخریب قنات توسط سیل**
- ✓ **استفاده از روش‌های تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی**
- ✓ **توسعه روش‌های آبخیزداری در حوضه هیدرولوژیک قنات‌ها**

**تدابیر اجتماعی**

- ✓ **ایجاد تشکّل‌های نظام‌مند از بهره‌برداران قنوات در قالب تعاونی‌ها، شرکت‌های سهامی، شوراهای روستاها و ...**
- ✓ **اعطاء وام با شرایط بازپرداخت آسان برای احیاء یا لایروبی قنوات**
- ✓ **در اختیار گرفتن قنوات وقفی و شخصی که به حال خود رها شده‌اند، توسط دولت و یا اوقاف و واگذاری قانونی آن به اشخاص یا گروه بهره‌بردار با اخذ تعهد بهره‌برداری و نگهداری قنات**
- ✓ **تشویق صاحبان قنات‌ها در امر لایروبی‌های دوره‌ای توسط دولت**
- ✓ **تدوین قوانین کارآمد در زمینه قنات**

- ✓ **ایجاد تسهیلات برای کارگران قنات و مقنیان**
- ✓ **تربیت مقنّی آشنا با تجارب گذشتگان و دانش فنی جدید**
- ✓ **بیمه کردن قنوات**

## راهکارهای افزایش آبدهی قنوات

برای جلوگیری از کم شدن آب قنوات، بر اثر پایین رفتن سطح آب زیرزمینی در نتیجه بهره‌برداری بیش از حد و یا خشکسالی و امثال آن راه حل‌های مختلفی به شرح زیر وجود دارد [۳، ۷، ۱۱، ۲۲ و ۲۳]:

### کار کردن در پیشکار قنات (افزایش تره‌کار)

امتداد کوره قنات در قنواتی که از لحاظ فنّی عملی است، از مادر چاه به داخل لایه آبدار در امتداد مسیر موجود قنات یا در مسیرهای دیگر و اضافه کردن یک یا چند حلقه میله در این قسمت از کوره که تازه کنده شده است؛ عملیات مذکور پیشکارکنی یا نوکنی نام دارد. کاربرد این شیوه باعث می‌شود که حوضه‌های آبگیر قنوات به علت اضافه شدن طول تره‌کار گسترش یابد.

### پایین بردن کف قنات (ته‌زنی)

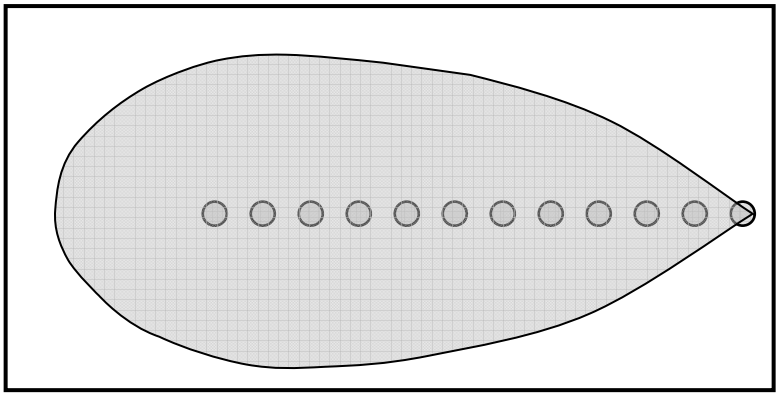
گاهی به علت استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی یک منطقه، سطح ایستابی در آن محل پایین می‌افتد. برای حل این مشکل در صورتی که شرایط اختلاف ارتفاع مظهر قنات و زمین‌های پایین دست اجازه دهد، می‌توان کف قنات را پایین‌تر برد. به این عمل ته‌زنی، کف‌زنی، کف‌برداری،

پی‌کنی و یا کف‌کنی نیز می‌گویند. در هر حال شیب کوره از صفر کمتر نشود و در این صورت تاثیر منفی بر آبدهی قنات خواهد داشت.

**تغذیه مصنوعی**

از راه‌های دیگر برای افزایش آبدهی قنوات یا جلوگیری از کم شدن آب آنها، که امروزه هم بسیار رواج دارد تغذیه مصنوعی سفره آب‌های زیرزمینی است که تره‌کار قنوات در آن حفر شده است. تغذیه مصنوعی روشی بر مبنای وارد کردن آب به داخل یک سازند نفوذپذیر است. تمام روش‌های تغذیه مصنوعی در حوضه هیدرولوژیک قنوات انجام خواهد شد تا آبدهی آن تقویت شود (شکل ۱). به هر حال بعضی مواقع انتقال بین حوضه‌ای در فصولی که آب مازاد در حوضه‌های دیگر وجود داشته باشد، انجام و در مخزن طبیعی آب زیرزمینی ذخیره خواهد شد و در فصول مورد نیاز مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت. بعضی مواقع می‌توان از قنوات متروکه برای تغذیه مصنوعی قنوات پایین دست استفاده کرد که کشور ایران از این بابت دارای پتانسیل بالایی است که به هر حال در مدیریت منابع آب یک منطقه می‌توان از این پتانسیل‌ها استفاده کرد.

در استفاده از روش‌های تغذیه مصنوعی که در بالادست یا در حاشیه قنات اجرا می‌گردد، بایستی پایداری قنات مد نظر قرار گیرد که در غیر این صورت چه بسا موجب تخریب و بر هم زدن پایداری قنات شود.



**شکل ۱- حوضه هیدرولوژیک قنات**

تکنیک‌ها و روش‌های تغذیه مصنوعی به شرح زیر می‌باشد.

**الف- روش‌های مستقیم سطحی**

- **پخش سیلاب**

هر نوع عملیاتی مبنی بر تمرکز و پخش آب‌های غیر متمرکز و فعال موقتی (طغیانی) و یا دائمی به نحوی که بتواند در بهبود وضع آب و خاک، پوشش گیاهی و یا تغذیه سفره‌های زیرزمینی مؤثر واقع شده و مانع از هدر رفتن آب شود، پخش سیلاب نامیده می‌شود. مهار هرز آب‌های سطحی (سیلاب) و پخش آن به وسیله عملیات ساده مکانیکی در سطح زمین تحت تأثیر نیروی ثقل را سیستم پخش سیلاب گویند. پخش آب در واقع روشی است که طی آن سیلاب از طریق یک کانال انحرافی منحرف شده و امکان می‌یابد که بر سطح زمین مورد نظر پخش شود. از جمله مهم‌ترین اهداف

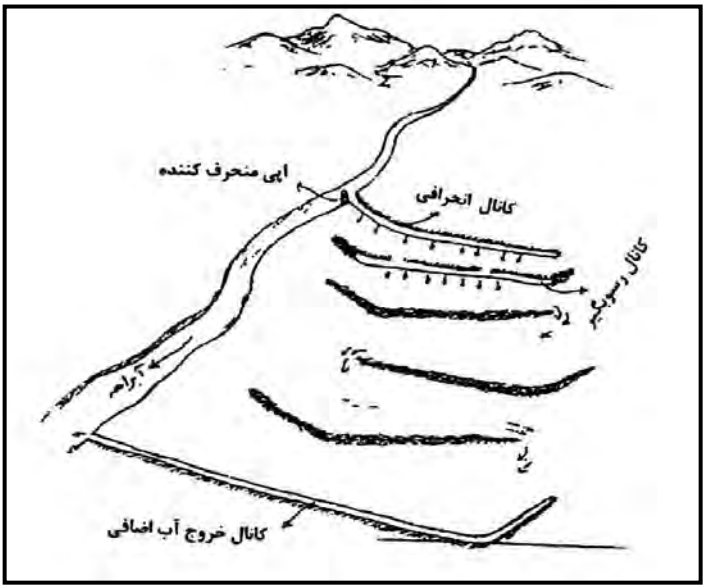
پخش سیلاب، تغذیه و بهبود وضعیّت آب سفره‌های زیرزمینی، ایجاد پوشش گیاهی زراعی و یا اصلاح و احیای مراتع و بهبود وضعیت آب و خاک می‌باشد. عملیات پخش سیلاب با توجه به موقعیت منبع آب نسبت به مسیر کوره قنات و موقعیت حوضه هیدرولوژیک قنات صورت خواهد گرفت و از هر قناتی به قنات دیگر متغیر بوده و مطالعات فاز ۱ و ۲ یا تکمیلی تعیین‌کننده این عوامل خواهد بود. در قنوات مناطق کوهستانی و دامنه‌ای، عمدتاً روش‌های آبخیزداری جهت افزایش آبدهی قنوات مناسب بوده و در قنوات مناطق دشتی روش‌های پخش سیلاب گزینه بهتری خواهد بود. در مناطقی‌که احتمالاً قنات تنها منبع آب می‌باشد، شاید انتقال بین حوضه‌ای برای تقویت مخزن قنات مورد نیاز باشد و بحث اقتصادی هم اهمیت کمتری داشته باشد.

انواع مختلف روش‌های پخش سیلاب که بیشتر رایج می‌باشد، به شرح زیر است.

- **پخش سیلاب گردشی**

در مناطقی که سیلاب‌های موقتی (چند روزه) داشته باشند به نحوی که تعداد آن‌ها در طول سال به حد مطلوب برای امور کشاورزی نرسد، بهتر است برای جلوگیری از تخریب و تزریق آن به داخل زمین به‌صورت گردشی پخش شود. با توجه به اینکه در مناطق خشک ایران اغلب سیلاب‌ها پر حجم و لحظه‌ای هستند، بهتر است در طول مسیر اصلی و به فواصل معین، انشعاباتی از آبراهه اصلی جدا نمود و آب را به صورت گردشی در بین پشته‌های ایجاد شده در سطح زمین چرخانید تا به این ترتیب فرصت کافی برای نفوذ را به

دست آورد (روش غلام در گردش). آب اضافی حاصل توسط پشته‌ی آخر به آبراهه اصلی هدایت می‌شود. این روش پخش آب به‌منظور تغذیه سفره‌های زیرزمینی، مهار سیلاب و جلوگیری از تخریب مناطق مسکونی و زراعی در پایین دست انجام می‌گیرد (شکل ۲).

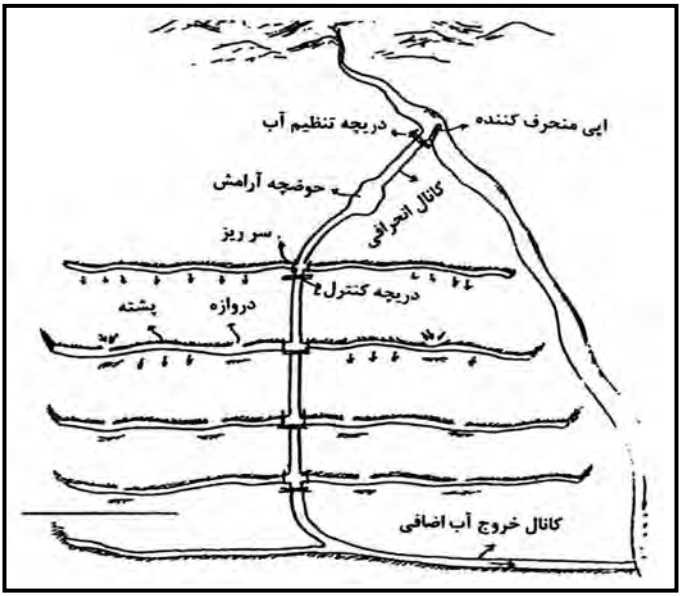



**شکل ۲- پخش سیلاب به روش گردشی**

- **پخش سیلاب با استفاده از سیستم کنترل کننده (آبیاری سیلابی)**

این روش بیشتر شباهت به یک سیستم آب رسانی و آبیاری از نهرها دارد و با یک سری دریچه‌ها، مقدار جریان آب در شبکه کنترل می‌شود. این

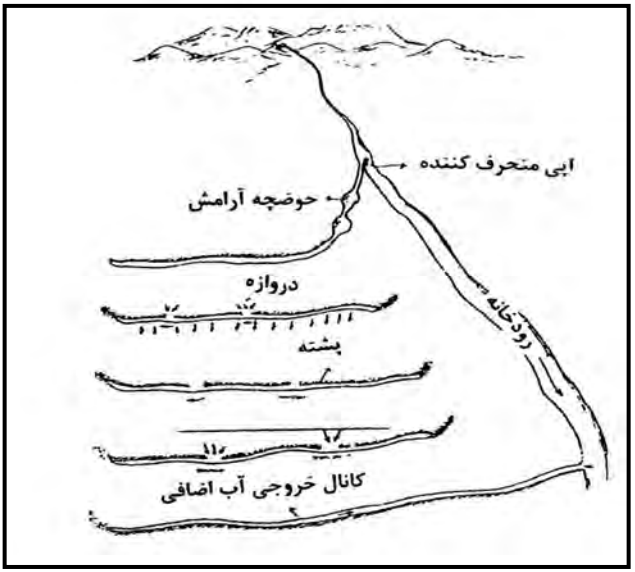
نوع پخش آب بیشتر در طرح‌های چند منظوره و به‌ویژه کاشت گیاهان زراعی در مجاورت رودهای فصلی و یا دائمی مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۳).




**شکل ۳- پخش سیلاب با استفاده از سیستم کنترل کننده**

- **پخش سیلاب بدون استفاده از سیستم کنترل کننده**

این نوع پخش آب، بیشتر در مسیر رودخانه‌های فصلی و یا موقتی با رژیم‌های طغیانی متغیّر استفاده می‌شود. مرغوبیّت اراضی در این حالت از روش آبیاری سیلابی کمتر و شیب زمین بیشتر است. اجرای این روش بیشتر به‌منظور افزایش ذخایر آب زیرزمینی، افزایش پوشش مرتعی و کمک به زراعت دیم انجام می‌گیرد (شکل ۴).

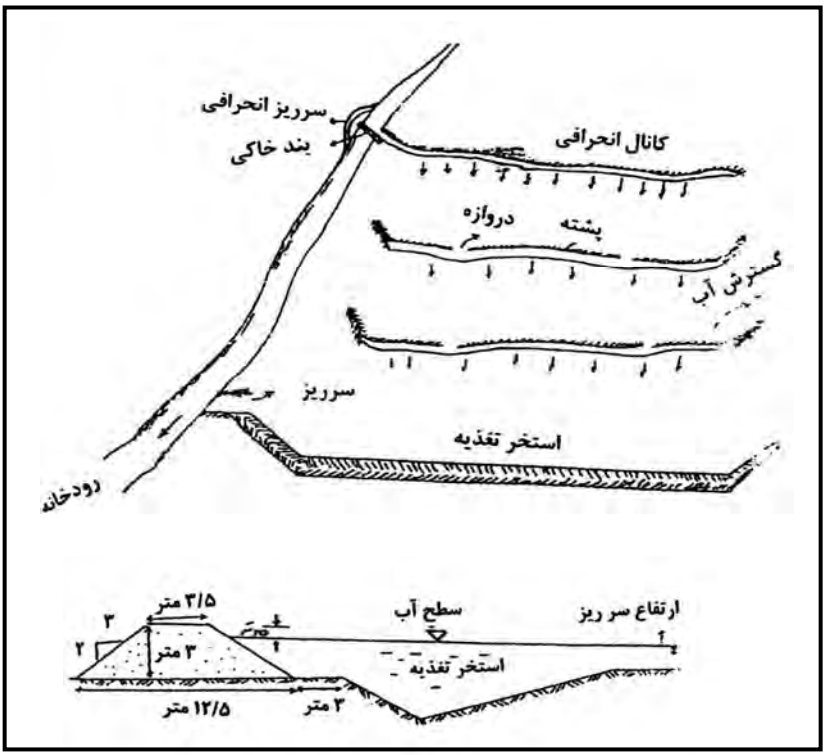



**شکل ٤- پخش سیلاب بدون استفاده از سیستم کنترل کننده**

- **روش پخش آب با استخر تغذیه به منظور افزایش ذخایر آبخوان‌ها**

در نواحی با بارش‌های کوتاه مدت (چند ساعته) که بافت خاک ریز و شیب عمومی زمین کم باشد (کمتر از ۲ درصد)، می‌توان با احداث یک یا چند پشته طویل و به ارتفاع ۲ تا ۳ متر مثل یک بند خاکی آب را در داخل استخر تعبیه شده در جلوی آن ذخیره نمود و برای تغذیه سفره به داخل زمین نفوذ داد. خاک منطقه باید همان شرایط احداث سدهای خاکی را داشته باشد تا با عمل کوبیدن لایه‌های خاک در حین احداث، بند خاکی مقاومت فشار حاصل از تجمع آب را به دست آورد (شکل ۵). مناطقی که در

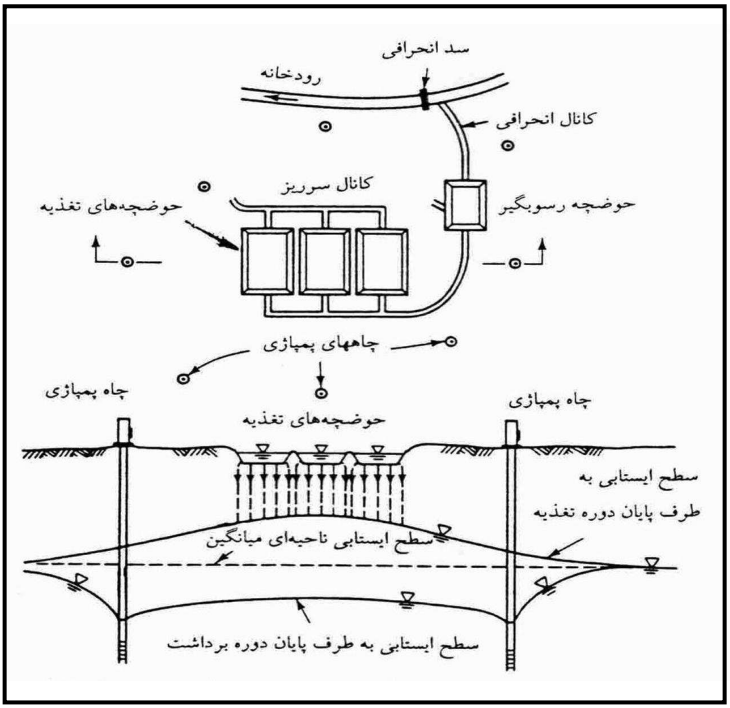
مسیر آبراهه‌ها تحت عنوان معادن شن و ماسه گود برداری شده و به صورت متروکه در آمده‌اند، برای احداث استخر تغذیه مناسب می‌باشند.




**شکل ۵- پخش سیلاب با روش پخش آب با استخر تغذیه**

✓ **استخرها و مخازن ذخیره**

در این روش آب به‌سمت استخرها یا مخازن ساخته شده منحرف می‌شود تا از کف نفوذپذیر آنها به داخل زمین تراوش کند (شکل ۶).




**شکل ٦- طرحی از یک پروژه تغذیه مصنوعی به وسیله حوضچه‌های تغذیه**

- ✓ **ذخیره آب در منطقه بالاتر از مادر چاه قنات**

در منطقه بالاتر از مادر چاه قنات می‌توان ترتیبی اتّخاذ کرد که مقداری از آب جاری روی زمین ذخیره شود. بدین ترتیب که در زمین‌هایی با شیب کم و شرایط توپوگرافی مناسب می‌توان با انحراف آب از مسیر اصلی و پخش آن روی زمین این عمل را انجام داد.

- ✓ **ایجاد آب‌بند و سیل برگردان و احداث سدهای خاکی در مسیل‌های اطراف قنوات**

این اعمال سبب جمع شدن آب مسیل‌های نزدیک قنوات و نفوذ به زمین و تغذیه لایه آبدار می‌شود.

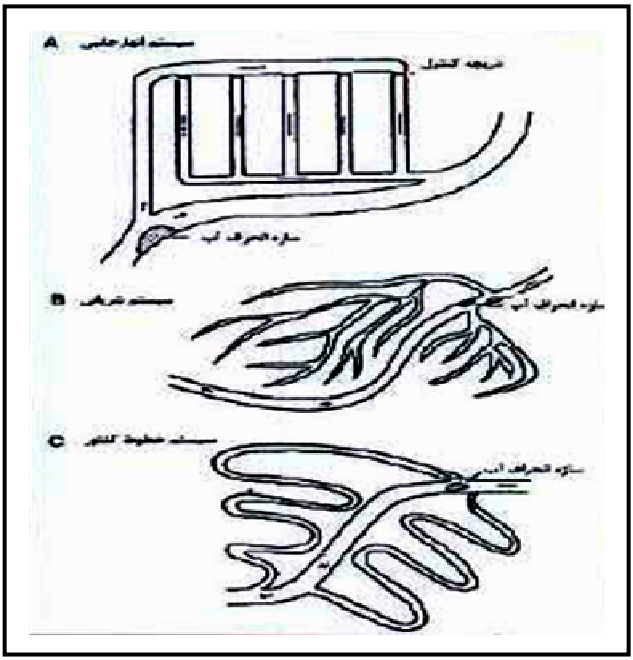
- ✓ **کرت‌بندی زمین در طول تره‌کار قنوات**

کرت‌ها در طول تره‌کار قنوات و در امتداد شیب طبیعی منطقه به گونه‌ای آرایش داده می‌شوند که پس از پر شدن کرت‌های ردیف اول، آب اضافی از طریق سرریزهای این کرت‌ها به کرت‌های ردیف دوم و به همین ترتیب به کرت‌های بعدی می‌ریزد. این روش که به‌اصطلاح به "زله‌بندی" معروف است، علاوه بر ذخیره آب کافی در خاک برای مصرف گیاهان زراعی، باعث تقویت بده قنوات نیز می‌شود. زیرا آب باران، سیلاب و آب‌های سطحی جویبارهای مناطق کوهستانی که در فصل بارندگی جاری می‌شوند تدریجاً سبب افزایش آب لایه‌های آبدار می‌گردند.

- ✓ **سیستم جوی و پشته**

در سیستم جوی و پشته، آب از جوی‌های کوچک وارد سفره آب‌های زیرزمینی می‌شود. با این سیستم حداکثر سطح تماس آب با زمین تولید شده و آب از طریق این کانال‌های کوچک تغذیه می‌شود. سیستم جوی و پشته شامل سه الگو به‌شرح زیر است (شکل ۷):

- **الگوی انهار جانبی**
- **الگوی شریانی**
- **الگوی خطوط کنتور**



**شکل ۷- سیستم‌های تغذیه مصنوعی جوی و پشته: (A) انهار جانبی، (B) شریانی، (C) خطوط کنتور**

✓ **احداث سدهای تغذیه‌ای**

سدهای تغذیه‌ای را می‌توان یک تک حوضچه بزرگ تلقی نمود، به‌طوریکه از مخزن آن برای مهار و ذخیره سیلاب و از محدوده مخزن و پی سد برای نفوذ استفاده نمود. این سدها در محل‌های خاص که آبرفت عمیق وجود دارد، احداث می‌شوند. پی این سدها عموماً فاقد کاتاف و سیستم آب‌بندی است. اجرای طرح‌های آبخیزداری و کنترل رسوب در بالادست

حوضه حائز اهمیّت است. قابل توجه است که این سیستم می‌تواند با سیستم‌های دیگر تغذیه نظیر زهکش معکوس تلفیق شود (شکل ۸).

**شکل ۸- سد تغذیه‌ای**

✓ **آبیاری مازاد**

تلفات آبیاری اضافی شامل نفوذ و تبخیر است. بسته به بافت خاک و کشت و کار، بخش عمده‌ای از آب آبیاری در خاک نفوذ و باعث تغذیه سفره آب زیرزمینی می‌شود. ضمن اینکه از سیستم ایجاد شده می‌توان در فصول غیر زراعی (با آبیاری) باعث نفوذ بیشتر جریان سطحی گردید. هزینه‌های این روش به‌دلیل وجود سیستم آبیاری ناچیز است.

**ب- روش‌های مستقیم زیر سطحی**

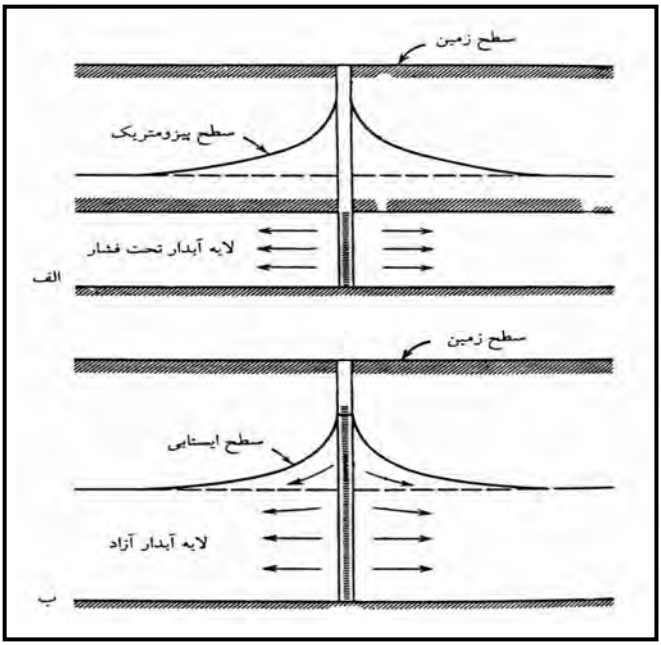
بعضی از مواقع به علل مختلف، تغذیه‌ی لایه‌ی آبدار از طریق سطح امکان‌پذیر نیست. در این صورت از روش‌های تغذیه‌ی زیر سطحی استفاده می‌شود. عللی که تغذیه مصنوعی را به طرق سطحی ناممکن می‌سازد عبارتند از:

- ✓ موجود نبودن زمین مناسب
- ✓ بالا بودن قیمت زمین
- ✓ مسکونی بودن منطقه‌ی مورد نظر برای تغذیه
- ✓ وجود لایه‌های غیر قابل نفوذ یا کم نفوذ واقع در بالای لایه آبدار
- ✓ کم بودن نفوذپذیری لایه‌های سطحی خاک

روش‌های تغذیه مستقیم زیر سطحی عبارتند از:

- ✓ **چاه‌های تغذیه یا چاه‌های تزریق**

چاه‌های تغذیه یا چاه‌های تزریق با هدف عبور از یک لایه‌ی کم تراوا حفاری می‌شوند و بعضاً به صورت ثقلی و حتی به صورت تحت فشار، پمپاژ به اعماق پایین صورت می‌پذیرد (شکل ۹).




**شکل ۹- چاه تغذیه: الف- در لایه آبدار تحت فشار، ب- در لایه آبدار آزاد**

- ✓ **روزنه‌ها و گودال‌های تغذیه**

اگر سطح زمین را لایه نسبتاً سخت و متراکم پوشانده باشد ولی در زیر آن لایه نفوذپذیر وجود داشته باشد، با ایجاد گودال و حفره می‌توان شرایط نفوذ آب را فراهم کرد. این گودال‌ها باید از لایه سطحی عبور کرده و به منطقه‌ای برسد که نفوذپذیری آن زیاد باشد.

- ✓ **چاه‌های تغذیه**
- ✓ **گودال‌های طبیعی و کنده شده‌ی مصنوعی**
- ✓ **گالری‌های زیرسطحی (عکس زهکش)**

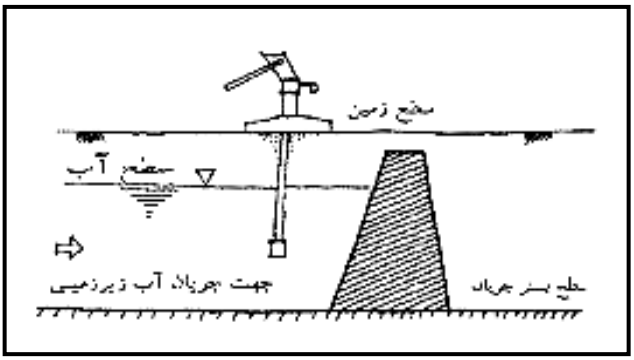
این سیستم نیز با توجه به عدم اشغال اراضی سطحی و همچنین حذف تبخیر حائز اهمیّت است. این فرآیند عکس سیستم زهکشی زیرسطحی عمل می‌کند.

- ✓ **نوارهای سنگریزه‌ای**

نوارهای سنگریزه‌ای برای افزایش قدرت نفوذپذیری و سطح تماس مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت وجود رسوبات کلوئیدی و سیلتی، امکان گرفتگی منافذ و کاهش کارآیی وجود دارد.

- ✓ **سد زیرزمینی**

سد زیرزمینی سیستمی است که مسیر جریان آب زیرزمینی را به وسیله یک دیوار آب‌بند مسدود نموده و باعث ذخیره و یا انحراف آن به مجرای انتقال می‌گردد که یکی از این مجراها می‌تواند کوره قنات باشد. از نظر عملکرد، سد زیرزمینی شبیه سد مخزنی یا سد انحرافی می‌باشد. سد زیرزمینی بر عکس سد رو زمینی که آب‌های سطحی را ذخیره یا منحرف می‌کند، برای ذخیره‌سازی یا انحراف آب‌های زیرزمینی کم عمق به‌کار می‌رود. زیرا برای آب‌های زیرزمینی عمیق نیاز به سازهٔ بزرگ و پر هزینه می‌باشد. سد زیرزمینی آب را در لایه‌های زمین ذخیره و باعث تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی می‌شود. در شرایط ذخیرهٔ آب توسط سد زیرزمینی اگر امکان برداشت ثقلی وجود نداشته باشد، لازم است به‌وسیلهٔ پمپاژ آب ذخیره شده برداشت شود (شکل ۱۰).




**شکل ۱۰- سد زیرزمینی**

**ج- روش‌های تلفیقی**

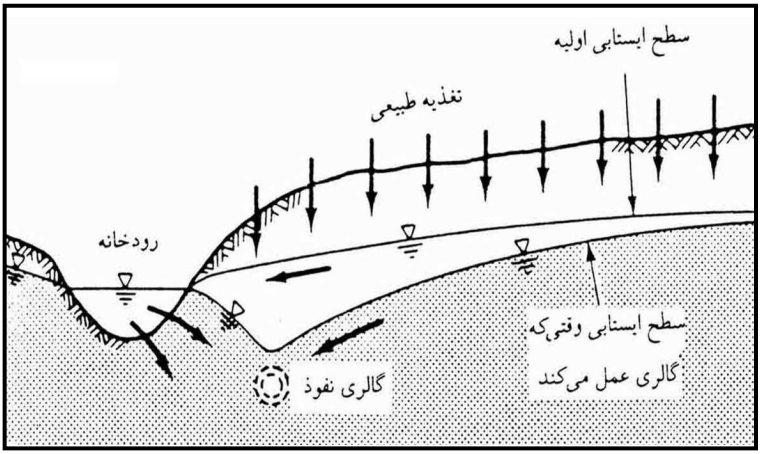
در روش‌های تلفیقی، هر دو سیستم سطحی و زیر سطحی به‌صورت توأمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله محاسن کاربرد سیستم‌های سطحی، سادگی امور تعمیر و نگهداری، دامنه‌ی زیاد نفوذ و قدرت ذخیره آب رامی‌توان نام برد. از محاسن سیستم‌های عمقی، امکان دسترسی به سفره‌های عمیق‌تر و استفاده از حداقل اراضی برای تغذیه را می‌توان اشاره نمود. تلفیق دو سیستم می‌تواند بر کارآیی و قابلیت یک طرح تغذیه مصنوعی بیفزاید. بسته به شرایط منابع آبی، توپوگرافی و قابلیت ذخیره‌ی سفره و هدایت هیدرولیکی آن می‌توان سیستم‌ها را تلفیق و یک طرح موفق ارایه نمود. مانند سیستم تلفیق حوضچه و چاه.

**د- روش‌های غیر مستقیم**

روش غیر مستقیم شامل فعالیت عمده زیر است:

- ✓ **تغذیه واداری**

اگر یک رودخانه یا یک دریاچه‌ی آب شیرین مجاور لایه آبداری باشد و تمام یا قسمتی از کوره یا کوره‌های یک یا چند رشته قنات در مجاورت بستر رودخانه یا در داخل آن حفر شوند یا اینکه از زیر بستر رودخانه مذکور عبور کنند، در این صورت قسمتی از آب منابع ذکر شده به‌ناچار به‌سمت لایه آبدار و در نهایت به قنوات مذکور هدایت می‌شود. زیرا عمل زهکشی توسط قنات سطح ایستابی را پایین می‌آورد و باعث تغذیه اجباری می‌شود. در صورت فقدان قنات یا چاه در مجاورت بستر رودخانه، معمولاً جریان آب، از لایه آبدار به‌سمت منابع مذکور است (شکل ۱۱).




**شکل ۱۱- مقطع نمونه‌ای از تغذیه واداری به‌وسیله گالری نفوذ**

**ه- آبخیزداری و بهبود اراضی**

در این روش با انجام عملیّاتی در بالا دست قنوات که بر روی ناهمواری سطح زمین، شیب، پوشش گیاهی و ... انجام می‌گردد میزان تراوش آب به زمین افزایش داده می‌شود. از جمله اهداف مهم آبخیزداری و بهبود اراضی را می‌توان تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی نام برد. عملیات آبخیزداری و بهبود اراضی بر اساس نوع عوارض و شیب زمین شامل موارد زیر می‌باشد:

- ✓ **جنگل‌کاری**
- ✓ **گسترش پوشش گیاهی**

گسترش پوشش گیاهی از طریق احیای مراتع و بوته‌زارها به‌خصوص در دامنه‌ها، برای ممانعت از تبخیر آب و تشدید نفوذ آب‌های سطحی به منابع زیرزمینی می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

- ✓ **احداث نوارها یا باندهای تراز و تراس در امتداد خطوط تراز مزارع کشاورزی**
- ✓ **نهر یا ترانشه در امتداد خطوط تراز**
- ✓ **تراس‌بندی سکویی**
- ✓ **کشت روی خطوط تراز**
- ✓ **کشت نواری**
- ✓ **پوشش گالی**
- ✓ **حفاظت دیواره رودخانه در مقابل فرسایش**
- ✓ **حوضچه‌های ذخیره آب زراعی**
- ✓ **کنترل و تعدیل چرا**
- ✓ **سدها**

با توجه به وظایف و اهداف آن از نظر کاربرد و نوع استفاده، سدهای مورد استفاده در آبخیزداری و بهبود اراضی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: سدهای اصلاحی، سدهای خاکی و سدهای انحرافی.

- **سدهای اصلاحی**

این سدها از ابزارهای اصلی در فعالیت‌های آبخیزداری و بهبود اراضی به منظور حفظ آب و خاک می‌باشد. انواع سدهای اصلاحی به‌شرح زیر است:

- **سدهای چوبی**
- **سدهای چپری (سر شاخه‌ای)**
- **سدهای سبک فلزی**
- **سدهای اصلاحی وزنی**

نیروهای وارده بر این سدها توسط وزن سد خنثی و از طریق پایداری سد تأمین می‌گردد، انواع سدهای اصلاحی وزنی به‌شرح زیر است:

- **سدها یا بندهای گابیونی یا توری سنگی (شکل ۱۲)**
- **سدهای خشکه چین**
- **سدهای سنگ و ملاتی (شکل ۱۳)**

**شکل ۱۲- سد گابیونی**

**شکل ۱۳- سد سنگی ملاتی**

- سدهای سنگی یا سنگریز
- سدهای L شکل
  - سدهای خاکی
  - سدهای انحرافی

## مطالعات کاربردی روش‌های افزایش آبدهی قنوات

مطالعات کاربردی زیادی در زمینه روش‌های افزایش آبدهی قنوات صورت گرفته که در زیر به بعضی موارد اشاره می‌شود:

(محمدی گلرنگ و همکاران، ۱۳۸۴) در تحقیقی تاثیر طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی در احیاء قنوات را در مناطق سبزوار و کاشمر مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد در صورتی که حجم آبگیری و سطح پخش به مقدار کافی افزایش یابد، می‌توان در دراز مدت از کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در اثر بهره‌برداری از آنها جلوگیری نمود. بصیری و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی تاثیر عملیات آبخیزداری و تغذیه مصنوعی بر احیای قنوات در منطقه دشت کاشمر در استان خراسان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که کنترل سیلاب‌ها و رواناب‌ها و ایجاد فرصت برای نفوذ آن به زمین، چه در سرشاخه‌ها و مسیل‌های داخل حوزه‌های آبخیز و چه در دشت‌های افکنه‌ای پایین دست (آبخوانداری و پخش سیلاب) تاثیرات مهمی در افزایش پتانسیل آب‌های تحت الارضی و منابع آبی وابسته به آن دارد. آنها به بررسی تاثیر عملیات بهره‌برداری از سیلاب در حوزه‌های آبخیز بر آبدهی قنوات کوهستانی با مقایسه دبی‌های اندازه‌گیری شده

قنات‌های احیا شده در دو مقطع قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری پرداختند. (غضنفرپور و دهدشتی‌زاده، ۱۳۸۶) در تحقیقی تأثیر اجرای پروژه‌های آبخیزداری بر وضعیت کمی آب‌های زیرزمینی دشت اردستان واقع در استان اصفهان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که هیدروگراف کل عمق سطح آب پیزومتری دشت در مناطق اجرای طرح‌های آبخیزداری در سال‌های اخیر و آبگیری موثر آنها در اثر افزایش بارندگی، موجب کاهش عمق سطح آب چاه‌ها در سال ۸۴-۸۳ گردید. (جعفری باری ۱۳۸۳) در یک مطالعه موردی واقع در روستای صوفی چای از توابع شهرستان ماکو در استان آذربایجان غربی، نقش سدهای زیرزمینی را بر آبدهی قنوات مورد بررسی قرار داد. نتایج وی نشان داد که اثر احداث سد زیرزمینی بر افزایش آبدهی قنات قابل توجه می‌باشد. (بیات موحد، ۱۳۸۱) در یک بررسی، تاثیر پخش سیلاب را بر تغییرات کمّی بده قنات سهرین- قره چریان زنجان مورد مطالعه قرار داد. نتایج وی نشان داد که از زمان احداث ایستگاه پخش سیلاب، بده خروجی قنات در پنج دوره آبی از ۲ لیتر در ثانیه در آبان سال ۷۶ به‌ترتیب به ۵/۶ و ۴/۸ لیتر در ثانیه در آبان ماه سال ۷۷ و ۷۸ افزایش یافته که با توجه به خشکسالی سال‌های آبی ۷۶ تا ۷۸ درخور اهمیت می‌باشد. این افزایش در مردادماه سال ۷۹، به دلیل آبگیری قابل توجه در فروردین همان سال به ۸ لیتر در ثانیه، در مقایسه با زمان مشابه در سال ۷۸ که ۴/۸ لیتر در ثانیه بود، رسید. رابطه همبستگی بین مقدار سیلاب ورودی به عرصه و بده خروجی قنات نیز نشان داد که این ارتباط در سطح ۵

درصد معنی‌دار بود. (دادرسی، ۱۳۷۹) اثر طرح پخش سیلاب در شهرستان سبزوار را با هدف تغذیه سفره آب زیرزمینی و استفاده بهینه از آب‌های منطقه مورد ارزیابی قرار داد. حجم آب نفوذ یافته در سفره، طی سالیان پس از اجرای طرح، کیفیت آب چاه‌ها و همچنین تغییر آبدهی قنوات منطقه در اثر عملیات انتقال و گسترش سیلاب بر عرصه، با استفاده از بررسی‌های میدانی و تجزیه و تحلیل داده‌های موجود و کسب اطلاعات محلی بررسی و مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت. نتایج این بررسی، تاثیر مثبت عملیات پخش سیلاب بر تغذیه سفره، بهبود کیفیت آب و بالا رفتن آبدهی قنوات را نشان داد. (براهیمی و زمزمیان، ۱۳۷۹) در یک مطالعه اثر تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با هدف افزایش آبدهی قنات در دشت فاریاب کوهیج استان هرمزگان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که با تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی، سطح ایستابی حدود ۳ متر به‌طور متوسط افزایش یافته و میزان آبدهی قنوات منطقه به‌طور متوسط ۶۰ درصد افزایش داشت. (زنجانی جم، ۱۳۸۳) در یک بررسی، با توجه به وجود سطوح آبگیر مناسب با نفوذپذیری بالای حوزه آبخیز شهر هیدج، طرح هدایت دبی مازاد رودخانه به سطح آبگیر حاشیه آن و پخش به صورت حوضچه‌ای را مورد مطالعه قرار داد. در این طرح تعداد ۸ حوضچه احداث شده بود که در هر نوبت آبگیری و پخش آن ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب (و سالانه حدود یک میلیون متر مکعب) آب به سفره‌های زیرزمینی تزریق می‌کرد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که از زمان اجرای این طرح، آبدهی قنوات و چاه‌های موجود

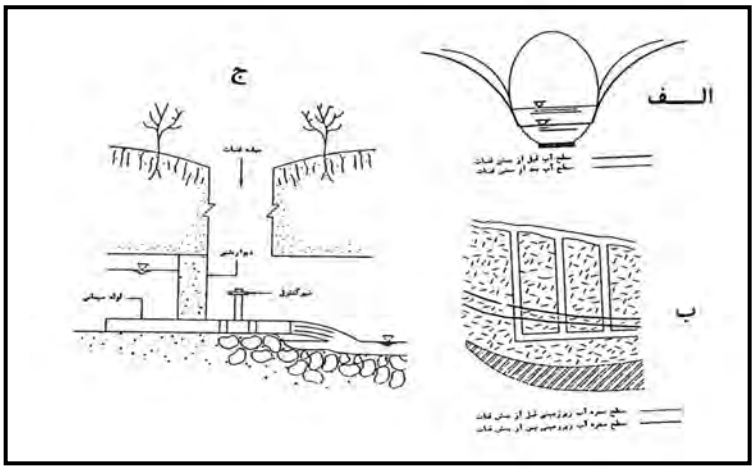
در پایین دست طرح در زمان آبگیری افـزایش یافـت. (دانائیـان و همکـاران، ۱۳۸۴) در یک بررسی، عملکرد سیستم پخش سیلاب بر آبخـوان در منطقـه هــرات کــه بــا هــدف تغذیــه ســفره آب زیرزمینــی و اســتفاده بهینــه از آب‌های منطقه در سطح ۱۲۰۰ هکتار احداث شده بود، را مورد مطالعـه قـرار دادند. در این مطالعه، تغییرات دبی قنوات و سطح آب در چاه‌های پیزومتری موجود در منطقه اندازه‌گیری گردید. نتایج حاصله نشان داد که میزان آبدهی قنوات پس از وقوع سیلاب افزایش و میزان هـدایت الکتریکـی کـاهش قابـل توجهی می‌یابد. میزان آبدهی قنات چاکری پس از وقوع سیلاب از ۵/۶ لیتر بر ثانیه به ۴۸/۶ لیتر بر ثانیه افزایش یافت. بعضی از قنات‌های مورد مطالعـه از جمله قنات کوشک که بـه علـت خشکـسالی در سـال‌هـای قبـل از ایجـاد سیستم پخش سـیلاب خـشک شـده بـود مجـدداً آبـدار شـد و میـزان دبـی اندازه‌گیری شده آن به ۵۴/۵ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۷۷ رسید.

## راهکارهای ذخیره‌سازی آب قنوات در فصل غیر زراعی

با وجود مزیّت‌های فراوانی کـه قنـات‌هـا دارنـد، ایرادهـایی نیـز متوجـه بهره‌برداری بخشی از قنوات است که از جمله می‌توان به آبدهی دایمی آن‌ها در تمام فصل‌های سال بویژه در فصل‌های غیر رویشی پاییز و زمستان اشـاره کرد. راهکارهای ذخیره آب قنوات در فـصل غیـر زراعـی بـر اسـاس شـرایط منطقه‌ای قنوات و نوع و محل مصرف و دبی قنوات بـه شـرح زیـر مـی‌باشـد [۴، ۷ و ۲۰]:

- ✓ **ذخیره‌سازی و نگهداری آب در داخل خود قنات (نصب دریچه، نصب شیر فلکه، احداث دیوار و سد زیرزمینی در یکی از میله‌های قنات)**

نصب دریچه، احداث دیوار و سد زیرزمینی معمولاً در محل مرز تره‌کار و خشکه‌کار قنوات انجام می‌گیرد. این روش فقط در مورد قنوات مناطق کوهستانی و در خصوص برخی قنوات (قنوات غیر ریزشی از نظر بافت خاک و سازه) قابل اجراست. همچنین باید توجه داشت که شیب و عمق کوره و آبدهی قنات باید طوری باشد که آب قنات از میله‌ها بیرون نزند (شکل ۱۴).




**شکل ۱۴- چگونگی ذخیره آب در قنات. الف: نیمرخ عرضی، ب: نیمرخ طولی، ج: نحوه کارگزاری لوله آزبست در دیواره بتنی و نصب شیر کنترل**

- ✓ احداث استخرهای کشاورزی
- ✓ احداث آب‌بندان
- ✓ احداث آب انبارها
- ✓ احداث تالاب (برکه)
- ✓ احداث مخازن بزرگ ذخیره آب
- ✓ احداث سدهای کوتاه (تورکینست‌ها)
- ✓ استفاده از آب قنوات برای تأمین آب مورد نیاز گلخانه‌ها، استخرهای پرورش ماهی و پرورش قارچ
- ✓ آبیاری مازاد
- ✓ آبیاری زمین‌ها به منظور دادن «یخ آب» زمستانه
- ✓ آبیاری باغ‌ها در فصل زمستان
- ✓ ساختن یخچال‌ها و یخ زدن قسمتی از آب قنات
- ✓ کاشت گیاهان مناسب
- ✓ تزریق آب قنات برای تغذیه‌ی مصنوعی قنات‌ها یا دیگر منابع آب‌های زیرزمینی در پایین دست
- ✓ استفاده از آب یک قنات برای تغذیه مصنوعی خود آن قنات و ذخیره کردن آب در زمین‌های اطراف چاه‌ها از طریق نصب موتور پمپ مناسب، روی چاه‌های بالاتر

## نتیجه‌گیری

راهکارهای افزایش آبدهی قنوات شامل: کار کردن در پیشکار قنات (افزایش تره‌کار)، پایین بردن کف قنات (ته‌زنی) و تغذیه مصنوعی می‌باشد. تغذیه مصنوعی خود شامل: الف- روش‌های مستقیم سطحی (پخش سیلاب، استخرها و مخازن ذخیره، کرت‌بندی زمین در طول تره‌کار قنوات، سیستم جوی و پشته، احداث سدهای تغذیه‌ای و آبیاری مازاد)، ب- روش‌های مستقیم زیر سطحی (چاه‌های تغذیه یا چاه‌های تزریق، روزنه‌ها و گودال‌های تغذیه، چاه‌های کنده شده تغذیه، گودال‌های طبیعی و کنده شده مصنوعی، گالری‌های زیرسطحی (عکس زهکش)، نوارهای سنگریزه‌ای و سد زیرزمینی)، ج- روش‌های تلفیقی، د- روش‌های غیر مستقیم شامل: تغذیه واداری و ه- آبخیزداری و بهبود اراضی شامل (جنگل‌کاری، گسترش پوشش گیاهی، احداث نوارها یا باندهای تراز و تراس در امتداد خطوط تراز مزارع کشاورزی، نهر یا ترانشه در امتداد خطوط تراز، تراس‌بندی سکویی، کشت روی خطوط تراز، کشت نواری، پوشش گالی، حفاظت دیواره رودخانه در مقابل فرسایش، حوضچه‌های ذخیره آب زراعی، کنترل و تعدیل چرا، سدها (سدهای اصلاحی، سدهای خاکی و سدهای انحرافی)) می‌باشد. در مورد افزایش آبدهی قنوات با تغذیه مصنوعی، با توجه به هدف تغذیه، اقلیم، ویژگی‌های توپوگرافی، محل‌های انتخاب شده، محدودیت زمین، نفوذپذیری، وضعیت لایه‌بندی بخش غیر اشباع، نوع آبخوان، حجم و توزیع زمانی آب در دسترس، کیفیت (شیمیایی و فیزیکی)، مقدار و دانه‌بندی رسوب و ... گزینه

بهینه با به‌کارگیری یک یا چند روش بایستی انتخاب شود.

در استفاده از روش‌های تغذیه مصنوعی که در بالادست یا در حاشیه قنات اجرا می‌گردد، باید پایداری قنات مد نظر قرار گیرد. در غیر این‌صورت چه بسا موجب تخریب و بر هم زدن پایداری قنات شود.

راهکارهای ذخیره‌سازی آب قنوات در فصل غیر زراعی شامل: ذخیره‌سازی و نگهداری آب در داخل خود قنات (نصب دریچه، احداث دیوار و سد زیرزمینی در یکی از میله‌های قنات)، احداث استخرهای کشاورزی، احداث آب‌بندان، احداث آب انبارها، احداث تالاب (برکه)، احداث مخازن بزرگ ذخیره آب، احداث سدهای کوتاه کشاورزی، استفاده از آب قنوات برای تأمین آب مورد نیاز گلخانه‌ها، استخرهای پرورش ماهی و پرورش قارچ، آبیاری مازاد، آبیاری زمین‌ها به منظور دادن «یخ آب» زمستانه، آبیاری باغ‌ها در فصل زمستان، ساختن یخچال‌ها و یخ زدن قسمتی از آب قنات، کاشت گیاهان مناسب، تزریق آب قنات برای تغذیه مصنوعی قنات‌ها یا دیگر منابع آب زیرزمینی در پایین دست، استفاده از آب یک قنات برای تغذیه‌ی مصنوعی خود آن قنات و ذخیره کردن آب در زمین‌های اطراف چاه‌ها از طریق نصب موتور پمپ مناسب، روی چاه‌های بالاتر می‌باشد.

لازم به توضیح است که به کارگیری هر یک از روش‌های فوق باید با مطالعه و بررسی دقیق طبق استانداردهای موجود انجام گیرد. همچنین شناسنامه‌دار کردن قنوات، داده‌برداری کمیّت و کیفیّت آب قنوات از ملزومات چنین طرح‌هایی می‌باشد.

مطالعات مرمت و بازسازی قنات نیز یک ضرورت می‌باشد. در این قسمت لازم است ابتدا خدمات نقشه‌برداری و سپس مطالعات پایه قنات صورت گرفته و پس از انجام مطالعات اولیه مبادرت به تصمیم‌گیری در خصوص نحوه انجام مرمت و بازسازی قنات و یا انتخاب نوع روش تغذیه و یا افزایش آبدهی قنات شود. همچنین در کلیه روش‌های پیشنهادی می‌بایست تأثیرگذاری روش‌ها بر قنات و جلوگیری از تخریب قنات مد نظر قرار گیرد.

## منابع مورد استفاده


۱- احمدی، ح. و ذوالانوار، ع. ا. ۱۳۶۳. کاربرد مدل ریاضی در ذخیره آب قنوات. کنفرانس صرفه‌جویی در مصارف کشاورزی، شرب و صنعت.

۲- امامی، ک. ۱۳۸۹. میراث تاریخی آب ایران: دانایی گذشتگان برای ارتقاء خلاقیت و تضمین توسعه‌ی پایدار. کارگاه آموزشی مهندسی قنات. تهران. اردیبهشت ماه ۱۳۸۹.

۳- امیدوار، ک. ۱۳۸۶. مقدمه‌ای بر آبخیزداری. انتشارات دانشگاه یزد.

۴- امین، س.، صادقی، ج. م.، و سلیمی منشادی، م. ع. ۱۳۷۹. مهندسی ذخیره آب در قنوات و بررسی اقتصادی آن. همایش بین المللی قنات. یزد.

۵- براهیمی، م. و زمزمیان، م. ر. ۱۳۷۹. تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با هدف افزایش آبدهی قنات در دشت فاریاب کوهیج استان هرمزگان.

همایش بین المللی قنات، یزد.

۶- بصیری، ع.، محمدی، ب.، فلاحتی، ح.، و روحانی، ح. ۱۳۸۴. تاثیر عملیات آبخیزداری و تغذیه مصنوعی بر احیاء قنوات مطالعه موردی: منطقه دشت کاشمر- استان خراسان. کنفرانس بین‌المللی قنات. کرمان.

۷- بهنیا، ع. ۱۳۷۹. قنات‌سازی و قنات‌داری. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۸- بیات موحد، ف. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر پخش سیلاب بر تغییرات کمّی بده قنات سهرین- قره چریان زنجان. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۶، شماره ۲.

۹- بی‌نام. ۱۳۸۹. مروری بر فعالیت‌های مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی (ICQHS) در سال ۱۳۸۸. گزارش دوم.

۱۰- جعفری باری، م. ۱۳۸۳. بررسی نقش سدهای زیرزمینی بر آبدهی قناتها. همایش ملی قنات. گناباد.

۱۱- حصاری، ب. ۱۳۸۸. جزوه تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی. مجتمع آموزشی شهید باکری ارومیه.

۱۲- دادرسی، ا. ۱۳۷۹. ارزیابی روش‌های تغذیه مصنوعی و احیاء قنوات با استفاده از روش پخش سیلاب. همایش بین المللی قنات، یزد.

۱۳- دانائیان، م. ر.، رحیمی زارچی، ع. ر. و دانائی، ر. ۱۳۸۴. تحلیلی بر عملکرد سیستم پخش سیلاب در کمیت و کیفیت آب قنوات هرات. کنفرانس بین‌المللی قنات. کرمان.

۱۴- زنجانی جم، م. ۱۳۸۳. بهره‌برداری از دبی مازاد رودخانه و سطوح آبگیر، راهکاری مناسب برای افزایش بده قنوات و چاه‌ها (مطالعه موردی حوزه آبخیز شمال شهر هیدج). چکیده مقالات همایش ملی قنات، ۱۶و ۱۷ اردیبهشت ۱۳۸۳، گناباد، ص ۶۷.

۱۵- سلیم، ن. و فلاحی، ث. ۱۳۸۸. قنات و راه‌های حفظ و نگهداری آن. نشریه ترویجی شماره ۱۳۶. انتشارات مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان یزد.

۱۶- سمسار یزدی، ع. ا. ۱۳۸۳. تدوین تجربیات خبرگان قنات. انتشارات شرکت مدیریت منابع آب ایران. معاونت پژوهش و مطالعات پایه.

۱۷- سمسار یزدی، ع. ا. و هادیان، م. ر. ۱۳۷۹. بررسی علل تحلیل قنوات دشتی استان یزد و ارائه راه‌حلهای پیشگیری از این موضوع. همایش بین المللی قنات. یزد.

۱۸- صفی‌نژاد، ج. ۱۳۸۹. عجایب قنات. کارگاه آموزشی مهندسی قنات. تهران. اردیبهشت ماه ۱۳۸۹.

۱۹- غضنفرپور، ن.، و دهدشتی‌زاده، م. ۱۳۸۶. تاثیر طرح‌های آبخیزداری بر روند تغییرات سطح آبهای زیرزمینی دشت اردستان. چهارمین همایش

ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. اسفند ۱۳۸۶.

۲۰- کردوانی، پ. ۱۳۸۶. منابع و مسایل آب در ایران. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.

۲۱- محمدی گلرنگ، ب.، دادرسی سبزوار، ا.، بصیری، ع. و فلاحتی، ح. ۱۳۸۴. تاثیر طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی در احیاء قنوات مطالعه موردی: مناطق سبزوار و کاشمر. کنفرانس بین‌المللی قنات. کرمان.

22- Anon. 2000. Guide on Artificial Recharge to Ground Water. Central Ground Water Board, Ministry of Water Resources, New Delhi.

23- Anon. 2004. Water Harvesting and Artificial Recharge. Technical Document. Ministry of Rural Development. Government of India. New Delhi.

24- http://www.newsiran.com/cat4/shownews-485893.aspx