دانشگاه پیام نور
بخش علوم کشاورزی

# عنوان جزوه :کانالهای آبرسانی

**(رشته مدیریت و آبادانی روستاها)**

مولف:دکتراسماعیل یساری- مهندس بابک مومنی

تهیه وتدوین:۱۳۹۱

# فصل اول
# مقدمه

یکی‌از معضلاتی که مکررا در طرح‌های آبیاری دیده می‌شود، روش‌های ناکارآمد کشاورزان در بهره‌برداری و نگه‌داری از شبکه‌ی کانال‌ها است. کارمندان ادارات امور آب و توسعه‌ی روش‌های آبیاری، می‌توانند به کشاورزان در بهتر و پایدارتر شدن نظام بهره‌برداری از کانال‌های آبیاری کمک‌های شایانی نمایند. هدف کتاب حاضر این است که به بهره‌برداران در تلاش‌هایشان برای استفاده‌ی بهینه از شبکه کانال‌های آب کمک کند.

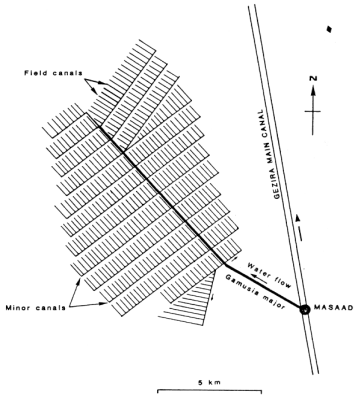
جهت نیل به این هدف، عملکرد یک شبکه‌ی کانال در کنار مفاهیم پایه مرتبط با آن نظیر، دبی، گنجایش، تلفات و شیب تشریح شده است. توجهات به اهمیت نگه داری از کانال ها و چگونگی تحقق روش‌های آن معطوف شده است. این کتاب، نگاهی دارد به پاره‌ای از مشکلاتی که در بسیاری از اوقات در سیستم‌های آبیاری رخ می‌دهد و سعی دارد راه‌کارهای مناسبی برای جلوگیری و یا فائق آمدن بر این مسائل ارائه کند. در بخش نهایی توضیح داده شده است که چطور می‌توان یک پروژه‌ی در حال بهره برداری را تاحدی توسعه داد و یک طرح جدید کوچک را چگونه می‌توان احداث کرد.

این کتاب تنها به شبکه‌ی کانال روباز می‌پردازد، که متداول ترین سیستم مورد استفاده در سراسر دنیا است.

اراضی فاریاب مرتبط با مباحث این کتاب، ممکن است مستقل از طرح‌های بزرگ‌تر و یا بخشی از آن‌ها باشد. این اراضی وسعتی در حدود ۲۰۰ هکتار یا کمتر را در بر گرفته، و تاقبل از مرحله‌ی توسعه یا آغاز اجرای طرح‌های جدید حتی به کمتر از ۵۰ هکتار نیز می‌رسند.

کتاب این به دنبال این نیست که ***به خواننده آموزش دهد چطور محاسبات پیچیده ی هیدرولیکی را انجام دهد، یا طراحی پیچیده‌ی ساختمانی طرح های آبیاری جدید را به او بیاموزد.*** در این کتاب سعی شده، ***کمکی برای نظام‌های بهره‌برداری در تلاش‌های شان در مسیر بهبود روش های استفاده از طرح های آبیاری کوچک یا زیرمجموعه های خرد طرح‌های بزرگ فراهم آید.***

بنابراین، این کتاب متضمن پاسخگویی به‌تمامی مشکلاتی که خواننده به عنوان یک مهندس آبیاری ممکن است با آن برخورد کند، نیست!



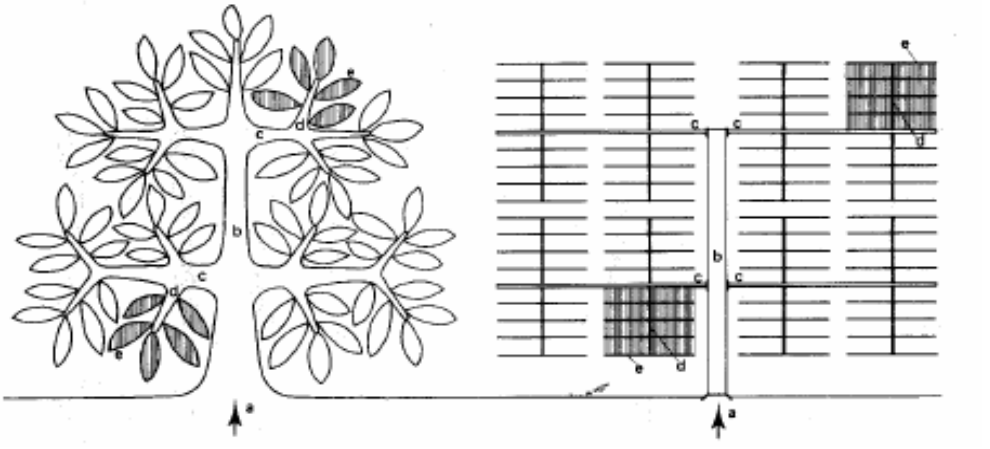

# فصل دوم
# شبکه ی کانال و طرح آبیاری

## ۲. ۱. مقدمه

این فصل کارکردهای یک شبکه‌ی کانال آبیاری و روش بهره‌برداری از یک طرح آبیـاری را مطرح می کند.

## ۲. ۲. وظیفه و عملکرد

یک سیستم کانال‌های آبیاری که «شبکه ی کانال‌ها»[1] نیز نامیـده مـی شـود، آب را از محـل تامین آن به مزارع انتقال می‌دهد و از تعداد زیادی کانال تشکیل شده است. همـان گونـه کـه در شکل یک نشان داده شده است، برای تجسم کارکرد یک شبکه ی کانال آبیاری می‌توان آن را بـا یک درخت مقایسه کرد.



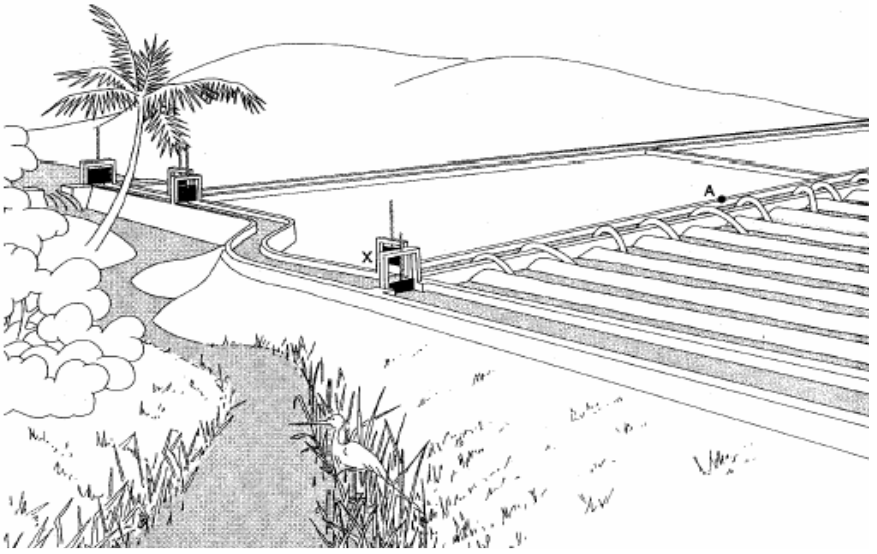

**شکل ۱. شبکه‌ی کانال های آبیاری در مقایسه با درخت**

1 - Canal Network

ساقه‌ی اصلی درخت آب را از خاک می کشد و آن را به شاخه‌ها انتقال می دهد. شاخه‌ها، آب ترکه‌ها را تامین می‌کنند و بالاخره آب وارد برگ ها می شود و در آنجا صرف رشد گیاه یا تبخیر و تعرق می‌شود.

همین مکانیسم را در یک طرح آبیاری می‌توان دید: کانال اصلی یا درجه‌ی یک[1] (ساقه) آب را از محل تامین آن که می‌تواند رودخانه، دریاچه، مخزن یا منبع آب‌زیرزمینی باشد، دریافت نموده، و به‌وسیله کانال‌های کوچک‌تر درجه‌ی دو[2](شاخه‌ها) در بین کانال‌های درجه‌ی سه[3] (ترکه‌ها) که باز هم کوچک‌تر هستند، توزیع می‌کنند. درنهایت، آب از کانال‌های درجه‌ی سه وارد زمین‌های کشاورزی (برگ‌ها) می‌شود و در آن‌جا صرف آبیاری یک محصول و یا تبخیر و نفوذ در زمین می شود.

این کانال‌ها در زمین حفر می‌شوند، بنابراین از شیب طبیعی زمین تبعیت می کنند، و جریان آب بر اثر نیروی ثقل از طریق کانال ها به سمت مزارع سرازیر می شود. شکل دو بخشی از یک سیستم کانال آبیاری کوچک را نشان می دهد.




**شکل۲. قسمتی از یک سیستم کانال آبیاری کوچک**

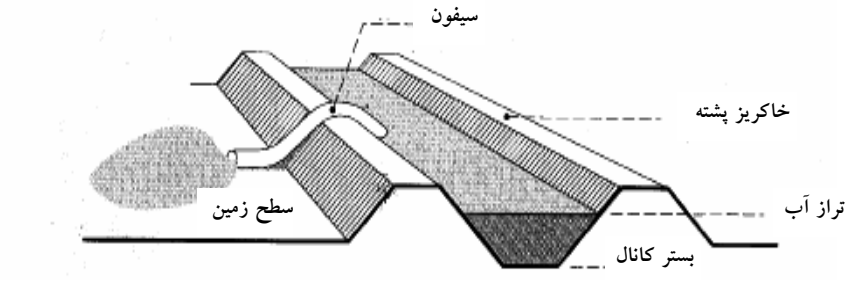
1 - Main or Primary Canal

2 - Secondary Canals

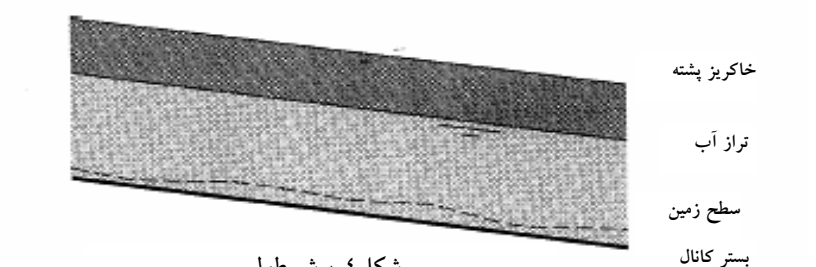
3 - Tertiary Canals

این شکل بند احداث شده روی رودخانه‌ای را نشان می‌دهد که آب از آن جاری شده، و به سمت کانال اصلی حرکت می‌کند. سپس آب از دو کانال کوچک‌تر عبور کرده، و درنهایت از طریق سیفون‌ها وارد مزارع می‌شود.

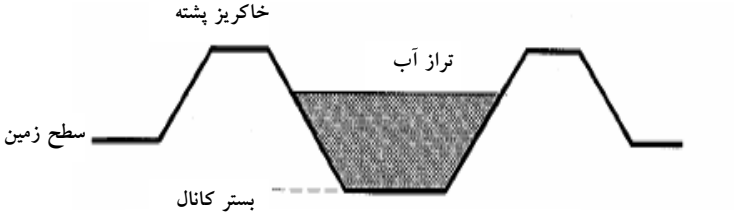
کوچک‌ترین کانال‌های سیستم، نیاز مزارع را برآورده می‌سازد. بنابراین آب در این کانال‌ها باید در تراز بالاتری نسبت مزارع قرار گیرد. این مساله را با مشاهده‌ی شکل‌های بعدی به‌روشنی می‌توان درک کرد. شکل۳ یک کانال درجه‌ی سه را نشان می‌دهد که یک مزرعه را با کمک سیفون آبیاری می‌کند. در شکل٤ برشی طولی از این کانال و شکل۵ مقطع عرضی آن نشان داده شده است.




**شکل۳. یک کانال درجه ی سه در حال بهره برداری توسط یک مزرعه**




**شکل٤. برش طولی**

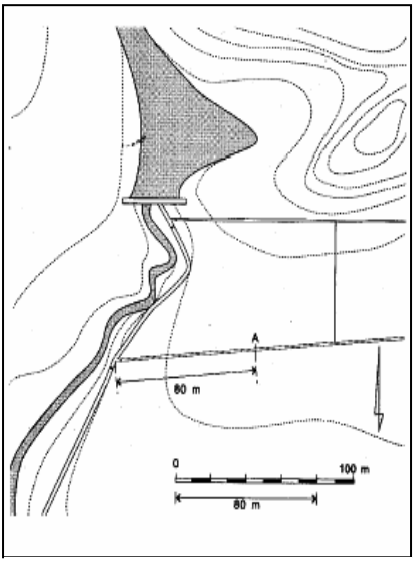



**شکل۵. مقطع عرضی**

همانطوری که در شکل نشان داده شده، بهترین حالت این است که بستر کانال پایین تـر از مزرعه باشد، اما اگر کانالی یک فرورفتگی داخل مزرعه را قطع کند، بستر کانـال نـاگزیر، ممکـن است تا حدی بالاتر از مزرعه بنا شود.

## ۲. ۳. طرح آبیاری

پیش از طراحی هر شبکه‌ی کانال‌های آبیاری، باید نقشه‌برداری توپوگرافی[1] انجـام شـود و نقـشه توپوگرافی منطقه ترسیم می‌شود. روی ایـن نقـشه، طرح سیستم کانال هـای آبیـاری بـه‌گونـه‌ای پیـاده می‌شود که توزیع آب تـا حـد امکـان کـارآ باشـد. شـکل٦ نمونـه ای از چنـین طـرح آبیـاری کـه بـر شبکه‌ی کانـال‌هـای شـکل۲ منطبـق اسـت، نـشان می‌دهد.




**شکل٦. طرح آبیاری**

در شکل٦ نـشان داده شـده، چطـور شـبکه‌ی آبیاری در مزرعه جای می‌گیرد. لذا کانال اصلی و کانال های مزرعه را بـه وضـوح مـی‌تـوان در طرح مشاهده کرد. روش تطابق بین طرح و سیستم کانال ها در تمرین۱ روشن شده است.

**تمرین۱.**

**پرسش:** کدام نقطه روی طرح آبیاری بر نقطه ی A در مزرعه منطبق است؟

**راه حل:**

**گام اول:** روی نقشه نقطه ای را جستجو کنید که نزدیک نقطه یA باشد و بهتر است جانمایی این نقطه را در مزرعه مشخص نمود؛ در این مورد آبگیر کانال مزرعه مدنظر قرار گرفته شده است.

**گام دوم:** فاصله ی بین نقطه ی مرجع و A را روی نقشه اندازه بگیرید.

**گام سوم:** اگر نقشه یک مقیاس خطی دارد، فاصله ی یافت شده در گام اول را در امتداد آن اندازه گیری کنید و فاصله ی واقعی را بخوانید. اگر مقیاس شکلی داده شده است، فاصله ی اندازه گیری شده (بر حسب سانتی متر را در مقیاس ضرب کنید و به متر تبدیل کنید. مثلاً اگـر مقیاس نقشه ۱:۲۰۰۰ است، ۱سانتی متر روی نقشه برابر است با ۲۰۰۰ سانتی متر (۲۰ متر) روی زمین.

**گام چهارم:** به مزرعه بروید و نقطه ی مرجع (Benchmark) استفاده شده را بیابید، آبگیر کانال مزرعه با علامت X در شکل۲ نشان داده شده است. طول پایین دست کرانه ی کانال مزرعه را با توجه به فاصله ی تعیین شده در گام سوم اندازه بگیرید.

نتیجه نشان دهنده ی نقطه یA روی نقشه و در شکل ۲ است.

1 -Topographical Survey

یک شبکه‌ی کانال‌های آبیاری با یک جانمایی شماتیک و نیز یک نقشه‌ی توپوگرافی مناسب قابل ترسیم است. در جانمایی شماتیک طرح آبیاری کانال های آبیاری اصلی و درجه دو، آبگیرها و سطوح تحت پوشش هریک را نشان می‌شود. نمایی شماتیک از پروژه‌ی آبیاری طرح شده در شکل‌های۲ و ٦ در شکل۷ نشان داده شده است. واحدهای آبیاری با استفاده از مربع‌های کوچک نشانه‌گذاری می شود، در این مورد، سطح تحت پوشش هر آبگیر نوشته شده است.

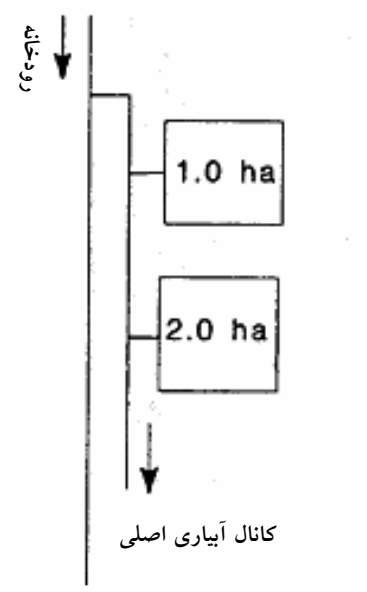
**تمرین۲.**

**پرسش:** کدام آبگیر در طرح شماتیک شکل۷ بر آبگیر درجه‌ی سه‌ای که با علامت X درمزرعه‌ی شکل۲ منطبق است؟

**راه حل:**

**گام اول:** آبگیرX، آبگیر شماره‌ی۲، در امتداد کانال اصلی است.

**گام دوم:** آبگیر شماره‌ی۲ را در امتداد کانال اصلی در شکل۷ بیابید.




**شکل۷. نمایی شماتیک از طرح آبیاری**

# فصل سوم
# مفهوم بده (دبی)

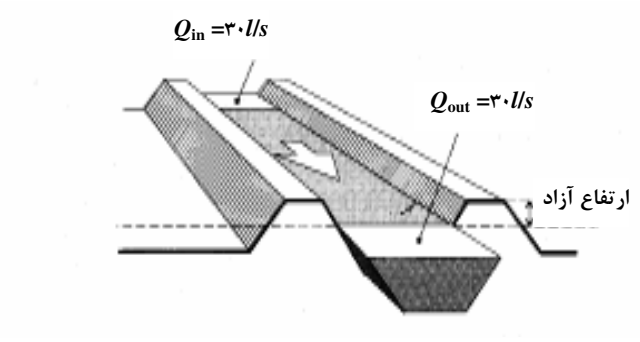
## ۳. ۱. مقدمه

کانال های آبیاری، آب را از منبع تامین آب به مزارع کشاورزان انتقال می‌دهند. برای اینکه اراضی بیشتری از از یک کانال بهره مند شوند، آب بیشتری هم باید منتقل شود. شدت جریان انتقال آب در یک کانال، بده یا *دبی*[1]، و حداکثر دبی که هر کانال می تواند انتقال دهد، *گنجایش کانال*[2]، نامیده می‌شود. در این فصل این مفاهیم تشریح شده، و ابعاد کانال‌ها نیز به‌عنوان تابعی از گنجایش شان تعریف می‌گردد.

### ۳. ۱. ۱. دبی چیست؟

دبی عبارت است از حجم آبی که در هر ثانیه منتقل می‌شود. در این تعریف، حجم بر حسب لیتر $(l)$ یا مترمکعب $(m^3)$ (۱ مترمکعب= ۱۰۰۰ لیتر) بیان می‌شود، و حرف $Q$ معمولاً به عنوان نماد دبی استفاده می‌گردد.

شکل۸ برش طولی کوتاهی از یک کانال آبیاری را نشان می‌دهد که ۳۰ لیتر آب را در هر ثانیه منتقل می‌کند$(l/s)$. از مقطع بالادست این برش، حجم ۳۰ لیتر در هر ثانیه وارد و در همان ثانیه حجم ۳۰ لیتر از مقطع پایین‌دست




**شکل۸. دبی در یک کانال**

1 - Discharge

2 - Canal Capacity

انتهای برش خارج می‌شود. به‌عبارت ساده‌تر، اگر ظرفی با حجم ۳۰ لیتر در انتهای این مقطع کانال قرار داده شود، در هر ثانیه پر خواهد شد. به شکل نمادین مقدار دبی به این صورت نشان داده می‌شود: $Q = ۳۰ l/s$.

### ۳. ۱. ۲. دبی و نیاز آبی[1]

نیاز آب آبیاری در یک طرح در طول فصل کشت ثابت نیست، چون به مقدار بارندگی و نیاز آبی[2] محصولاتی که در طرح رشد می کنند بستگی زیادی دارد. در شروع فصل ممکن است آب زیادی برای آماده سازی زمین نیاز باشد، در ادامه، در دوره‌ی رشد ابتدایی محصول، مقدار نیاز آبی کاهش می‌یابد. همین‌طورکه گیاه بزرگ‌تر می‌شود و به رشد کامل خود می‌رسد، نیاز آبی افزایش می‌یابد. بالاخره وقتی گیاه به رشد کامل رسید و آماده‌ی برداشت گردید، تقاضا برای آب رو به کاهش می‌نهد.

راه‌های متعددی برای مواجهه با تغییر نیاز آب مزارع وجود دارد:

- دبی کانال‌ها با استفاده تغییر در وضعیت سازه‌های کنترل یا قرار دادن دریچه، بر نیاز واقعی آب منطبق گردد.
- در حالی‌که دبی ثابت نگه داشته می‌شود، مدت زمان توزیع آب بین مزارع افزایش یا کاهش داده شود.
- در حالی‌که دبی و مدت زمان توزیع آب ثابت نگه داشته می‌شود، دور آبیاری، فواصل بین زمان‌های توزیع آب، طولانی‌تر یا کوتاه‌تر شود (در مورد ذخیره‌سازی مداوم آب، این رویکرد عملی نیست).
- ترکیبی از تمامی موارد فوق.

### ۳. ۱. ۳. کنترل دبی

هرکدام از گزینه‌های فوق که برای برخورد صحیح با تغییر نیاز آبی یک طرح انتخاب شود، تامین آب طرح و توزیع آن بین مزارع از طریق کانال‌ها نیازمند فرآیند تنظیم و کنترل است. برای تامین نیاز آبی محصولات و پرهیز از تلفات ناشی از ذخیره‌سازی خیلی زیاد، باید مفهوم دبی و روش برآورد میزان دبی در کانال ها را مطابق با آنچه که در بخش۳. ۲. آمده است، شناخت.

---

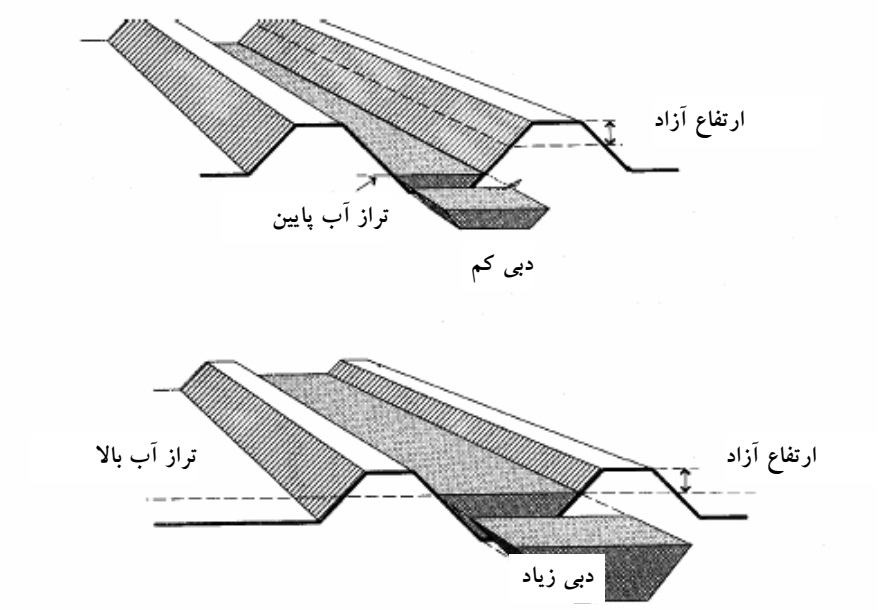
1 - Demand

2 - Water Requirement

به‌طورکلی، همان‌گونه که در شکل۹ نشان داده شده است، می‌توان گفت که در کانال‌های با مقاطع یکسان، برای دبی‌های کم، سطح تراز آب پایین و برای دبی‌های زیاد، بالا است.

با افزایش دبی و به تبع آن بالارفتن سطح تراز آب در کانال، خطر لبریز شدن[1]، خاکریز کانال را تهدید می کند. برای جلوگیری از سرریز شدن آب و حفاظت از خاکریزها در برابر خطر لبریز شدن آب، باید یک حاشیه امنیت مناسب که *حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز*[2] نامیده می‌شود، بین حداکثر تراز آب و پشته‌ی کانال در نظر گرفته شود. در شکل‌های ۹، ۱۱و۱۲ ارتفاع آزاد ($f_b$) نشان داده شده است. مفهوم ارتفاع آزاد در بخش۳. ۲. ۲. تشریح شده است.

وقتی تراز آب به تراز حداکثر می‌رسد، دبی کانال برابر با حداکثر دبی مجاز خواهد بود و *گنجایش کانال* نامیده می‌شود. برای گنجایش کانال معمولاً از نماد$Q_m$ یا$Q_{max}$ استفاده می شود. عوامل موثر بر گنجایش کانال در بخش ۳. ۳. مورد بحث قرار گرفته است.




**شکل۹. نسبت تراز آب و میزان دبی: تراز آب پایین- دبی کم؛ تراز آب بالا- دبی زیاد**

1 - Overtopping

2 - Minimum Required Free Board

## ۳. ۲. برآورد دبی

هدف از مدیریت آبیاری صحیح، توزیع متناسب جریان در شبکه‌ی کانال‌ها و داخل مزارع است. این بدان معناست که دبی کانال‌ها باید بر نیاز آب مزارع منطبق باشد. توزیع آب نامناسب ممکن است حاصل افزایش زیاد دبی در برخی کانال‌ها و کاهش زیاد آن در برخی دیگر باشد، و منجر به مناقشات آب بین کشاورزان شود. برای به دست آوردن کفایت و عدالت در توزیع آب بین مزارع دانستن مقدار دبی کانال ها بسیار مفید است. مقدار دبی در یک کانال را با استفاده یا بدون استفاده از سازه‌های اندازه‌گیری جریان می‌توان اندازه گیری کرد. یک روش رایج که بدون استفاده از سازه‌های اندازه‌گیری انجام می‌شود در ادامه تشریح می‌شود. این روش، در اصطلاح، *روش جسم شناور*[1] نامیده می‌شود که البته، روش چندان دقیقی نیست و خطایی در حد۱۰٪ باید برای آن در نظر گرفته شود.

این روش با برآورد میانگین سرعت جریان($V$)، و اندازه گیری سطح مقطع عرضی، که «مقطع عرضی خیس شده»[2] نامیده می‌شود($A$)، مقدار دبی($Q$) را با استفاده از فرمول زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$Q = A \times V \qquad (۱)$$

که در این رابطه:

$Q$ برابر است با دبی بر حسب $m^3/s$،

$V$ برابر است با سرعت متوسط جریان بر حسب $m/s$، و

$A$ برابر است با سطح مقطع عرضی خیس شده بر حسب $m^2$.

اگر لازم باشد که دبی به جای $m^3/s$ بر حسب $l/s$ بیان شود، فرمول مورد استفاده بدین صورت تغییر خواهد کرد:

$$Q = ۱۰۰۰ \times A \times V \qquad (۲)$$

که در این رابطه:

$Q$ برابر است با دبی بر حسب $l/s$ (عدد ۱۰۰۰ عامل تبدیل $m^3$ به $l$ است $[1\ m^3 = 1000\ l]$)،

$V$ و $A$ پیش تر معرفی شده است.

---

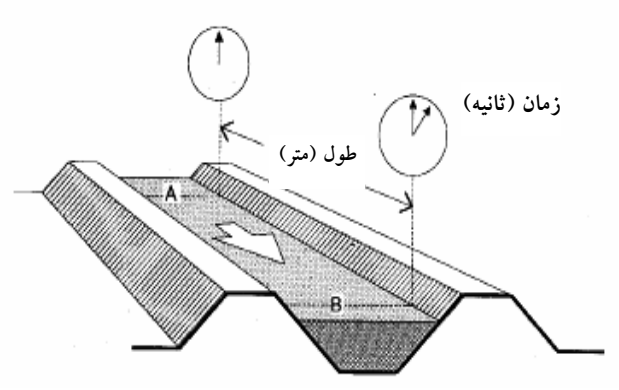
1 - Floating method

2 - Wetted cross-section

بخش ۳. ۲. ۱ روشی برای برآورد سرعت متوسط جریان و بخش ۳. ۲. ۲. یک روش برای تعیین سطح مقطع خیس شده را تشریح می کند.

**۳. ۲. ۱. سرعت متوسط جریان**

برای برآورد سرعت متوسط جریان، ابتدا باید سرعت جریان در سطح آب یا همان سرعت سطحی[1]، $V_s$، تعیین شود. سرعت سطحی با اندازه گیری زمانی که شی شناور نظیر یک گوی چوبی، یک بطری و یا یک نارگیل صرف می‌کند تا یک فاصله‌ی قبلاً اندازه‌گیری شده به طول ۱۰ یا ۲۰ متر در امتداد کانال را طی کند، تعیین می شود. شی شناور باید در مرکز کانال قرار داده شود و اندازه گیری زمان برای پرهیز از خطا به ازای زمان های متعدد تکرار شود. امتدادی از کانال که برای اندازه گیری استفاده می شود، باید مستقیم و منظم باشد (شکل۱۰) تا تغییری در سرعت و سطح مقطع به وجود نیاید، زیرا چنین تغییراتی موجب کاهش دقت سرعت برآورد شده می‌شود.




**شکل۱۰. اندازه گیری سرعت سطحی**

برای محاسبه‌ی سرعت سطحی، $V_s$، طول انتخاب شده، $L$، بر زمان پیمایش، $t$، تقسیم می‌شود:

$$V_s = \frac{L}{t} \qquad (۳)$$

که در این رابطه:

$V_s$ برابر است با سرعت سطحی بر حسب متر بر ثانیه(m/s)،

$L$ برابراست با فاصله‌ی بین نقاط A و B بر حسب متر(m)،

$t$ برابر است با زمان پیمایش بین نقاط A و B بر حسب ثانیه(s).

1 - Surface Velocity

برای به‌دست آوردن سرعت متوسط باید سرعت سطحی را کاهش داد، زیرا جریان آب در سطح سریع‌تر از جریان زیرسطحی است. برای کانال‌های آبیاری این عملگر کاهنده تقریباً برابر است با ۰,۷۵. بنابراین سرعت متوسط را می توان از رابطه‌ی زیر پیدا کرد:

$$V = ۰.۷۵ \times V_s \qquad (٤)$$

که در این رابطه:

$V$ برابر است با سرعت متوسط جریان بر حسب $m/s$ ،

عدد ۰,۷۵ یک ثابت، عملگر کاهنده، است؛ و

$V_s$ برابر است با سرعت سطحی $(m/s)$ که از محاسبات قبلی به دست می آید.

**تمرین۳.**

**پرسش:** سرعت متوسط جریان در یک کانال را بیابید، اگر:

- طول اندازه گرفته شده در یک بخش مستقیم و منظم کانال ۲۰ متر باشد:$[L = 20m]$،
- زمان مورد نیازبرای اینکه یک گوی چوبی فاصله ی اندازه گرفته شده را بپیماید ۵۰ ثانیه باشد: $[t = 50s]$.

**راه حل:**

گام اول: سرعت سطحی،$V_s$، را بیابید: $V_s = \frac{L}{t} = \frac{۲۰}{۵۰} = ۰.۴۰ m/s$

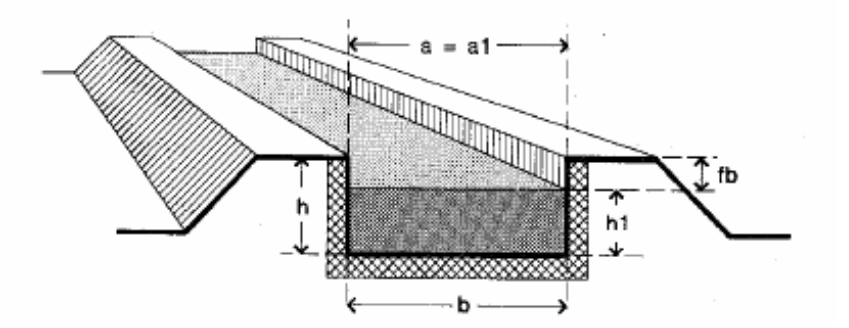
گام دوم: سرعت متوسط،$V$، را به دست آورید: $V = ۰.۷۵ \times V_s = ۰.۷۵ \times ۰.۴۰ = ۰.۳۰ m/s$

### ۳. ۲. ۲. سطح مقطع خیس شده

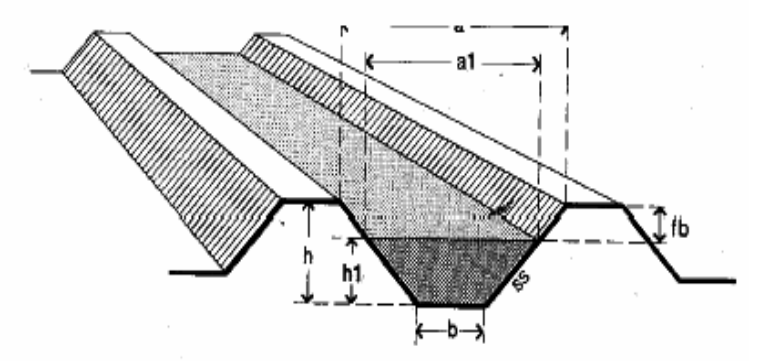
**کلیات**

برای انتقال دبی، از ابعاد و شکل‌های مختلف کانال می‌توان استفاده کرد، اما رایج‌ترین شکل مورد استفاده، مقطع ذوزنقه‌ای است. این شکل مقطع ممکن است برای هر نوع کانالی اعم از کانال‌هایی که سطح آبراهه‌ی آن با مصالح عایق آب پوشیده شده، و کانال‌های پوشش نشده یا کانال‌های خاکی مورد استفاده قرار گیرد. اما شکل‌های دایره‌ای و مستطیلی هم برای کانال‌های

پوشش شده استفاده می‌شوند. در این‌کتاب تنها مقاطع ذوزنقه‌ای و مستطیلی که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده، مورد بررسی قرار گرفته است.




**شکل۱۱. کانال مستطیلی**




**شکل۱۲. کانال ذوزنقه ای**

در هردو شکل ۱۱ و ۱۲، نمادهای زیر استفاده شده‌اند: a نماد عرض فوقانی کانال است، و برای کانال های مستطیلی$a=a_1=b$؛ عرض سطح آب با نماد$a_1$؛ عرض بستر کانال با نمادb؛ ارتفاع خاکریز روی تراز بستر کانال با نمادh ؛ عمق آب با نماد$h_1$ ؛ ارتفاع آزاد با$f_b$ ؛ و شیب جانبی (که برای کانال مستطیلی محاسبه نمی‌شود) با نماد$S_s$ نمایش داده می‌شود.

اصطلاح ارتفاع آزاد ($f_b$) در بخش۳. ۱. ۳ معرفی شده است. به‌منظور پیش‌گیری از مشکل لبریزشدگی خاکریزهای کانال و پس از آن سرریز شدن آب و تخریب احتمالی کناره‌ها در نتیجه فرسایش آبی، به یک فاصله‌ی اطمینان نیاز است تا نوسانات تراز آب را عملا اصلاح کند. این فضای اطمینان اصطلاحاً *ارتفاع آزاد*[1] نامیده می‌شود و طبق تعریف برابر است با اختلاف بین تراز آب و تراز تاج خاکریز. حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز به عمق آب و مصالح استفاده شده برای احداث خاکریز بستگی دارد. خاکریزهای ساخته شده با استفاده از مصالح شنی نسبت به خاکریزهایی که در آنها از مصالح رسی استفاده می‌شود، باید ارتفاع آزاد بیشتری داشته باشد. وقتی از خاکریزها به‌عنوان جاده استفاده شود، برای کمک به جلوگیری از تخریب، باید به ارتفاع آزاد افزوده شود. براساس یک قاعده‌ی سرانگشتی، حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز برای کانال های کوچک و متوسط به این ترتیب است:

- برای عمق آب ۴۰ متر یا کمتر، $f_b$=۲۰m. یعنی حداقل ارتفاع یک خاکریز باید با حداکثر عمق آب + ۲۰m برابر باشد، یا به عبارتی دیگر، $h=h_1+$۲۰m .
- برای عمق آب ۴۰ متر یا بیشتر، $f_b$=۰/۵$h_1$ . یعنی حداقل ارتفاع یک خاکریز باید ۱/۵ برابر عمق آب باشد، یا به عبارتی دیگر، $h$=۱/۵ $h_1$ .

عرض سطح آب،$a_1$، به شیب جانبی[2] کانال،$S_s$، بستگی دارد. هرچه قدر$S_s$ بزرگ تر شود مقدار$a_1$ به اندازه‌ی عرض کف،b، نزدیک‌تر می‌شود. شیب جانبی به مصالحی که برای ساخت کانال استفاده می‌شود بستگی دارد، بنابراین کانال‌هایی که با رس سنگین ساخته می‌شوند، نسبت به آنهایی که با مصالح شنی‌تر احداث می‌شوند، شیب جانبی تندتری دارند. کانال‌های پوشش یافته با آجر یا بتن، حتی می‌توانند شیب جانبی قائم داشته باشند. انواع شیب های جانبی مورد استفاده برای مصالح کانال های مختلف در بخش ٤. ۲. ۳. بررسی شده است.

شیب جانبی به شکل یک نسبت بیان می‌شود، مثلاً۱ در۲، ۱به۲، یا ۱:۲. این بدان معناست که خاکریز به‌ازای یک واحد افزایش ارتفاع دو واحد افزایش طول افقی خواهد داشت و به صورت جانبی حرکت می‌کند. برای مثال، به ازای۱۰cm بالا رفتن، ۲۰cm رو به بیرون حرکت

1 - Free Board

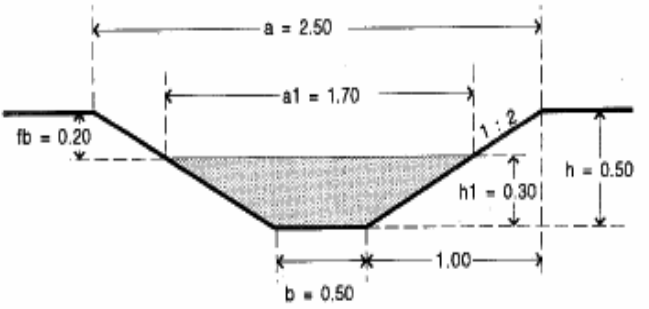
2 - Side Slope

می‌کند، یا به ازای ۱۰۰cm جابجایی افقی،۵۰cm به طور قائم بالا می‌رود. برای درک این مطلب به مثال شکل۱۳ توجه کنید.

شیب جانبی شکل۱۳ را می توان از رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

$$S_s = \frac{\text{ارتفاع خاکریز}}{\text{عرض خاکریز}} \qquad (۵)$$

که در آن عرض خاکریز عبارت است از فاصله‌ی افقی از پای شیب تا لبه‌ی داخلی تاج.




**شکل۱۳. شیب جانبی**

$$S_s = \frac{۰.۵۰}{۱.۰۰} = \frac{۱}{۲} = ۰.۵ = ۱:۲$$

نکته:

$$S_s = \frac{h}{(a-b)/۲} = ۲\times\frac{h}{a-b} = ۲\times\frac{۰.۵۰}{۲.۵۰-۰.۵۰} = ۲\times\frac{۰.۵۰}{۲.۰۰} = ۲\times\frac{۱}{۴} = \frac{۱}{۲}; S_s = ۱:۲ \text{ یا}$$

$$S_s = \frac{h_۱}{(a_۱-b)/۲} = ۲\times\frac{h_۱}{a_۱-b} = ۲\times\frac{۰.۳۰}{۱.۷۰-۰.۵۰} = ۲\times\frac{۰.۳۰}{۱.۲۰} = ۲\times\frac{۱}{۴} = \frac{۱}{۲}; S_s = ۱:۲$$

**محاسبه ی سطح مقطع خیس شده:**

برای اندازه‌گیری جریان با روش جسم شناور، سطح مقطع خیس شده(A) برای یک بخش انتخابی مستقیم و منظم کانال باید تعیین شود. اگر شکل کانال ذوزنقه‌ای باشد، این مساحت پس از اندازه‌گیری عرض بستر(b)، عرض سطح آب ($a_1$)، و عمق آب($h_1$)، مطابق شکل۱٤ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$A = \frac{(b+a_۱)}{۲}\times h_۱ \qquad (۶)$$

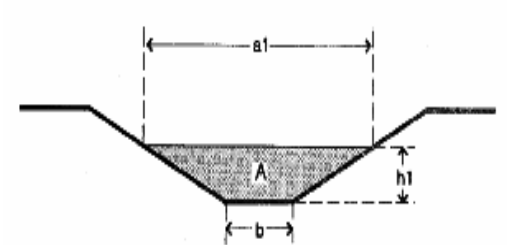
که:

A ، سطح مقطع خیس شده($m^2$)؛

$a_1$ ، عرض سطح آب(m)؛

b ، عرض بستر(m)؛

$h_1$ ، عمق آب(m).




**شکل۱۴. مقطع عرضی کانال ذوزنقه ای**

در کانال‌های مستطیلی مطابق شکل۱۵ رابطه‌ی فوق بدین صورت در می‌آید:

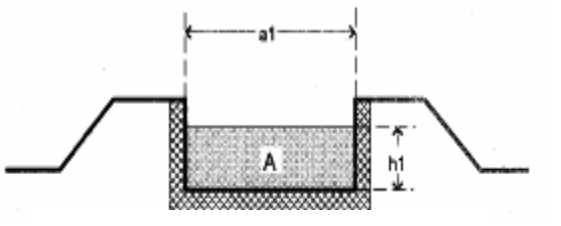
$$A = a_1 \times h_1 \qquad (۷)$$

که:

A ، سطح مقطع خیس شده($m^2$)؛

$a_1$ ، عرض سطح آب(m)؛

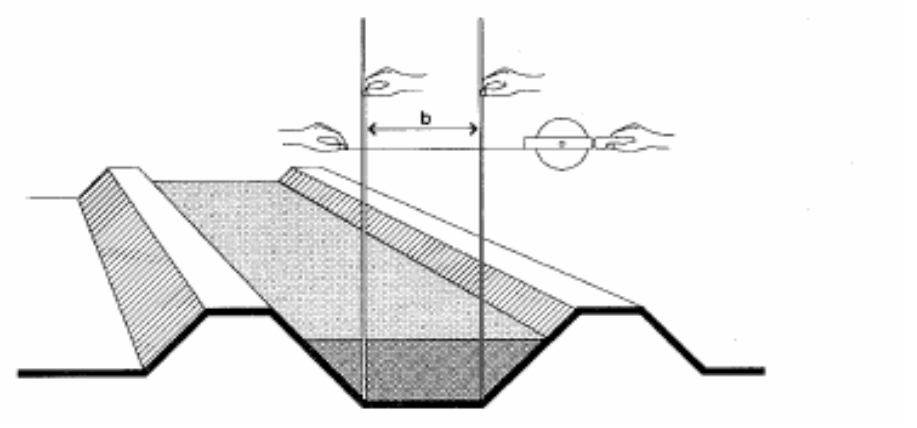
$h_1$ ، عمق آب(m).



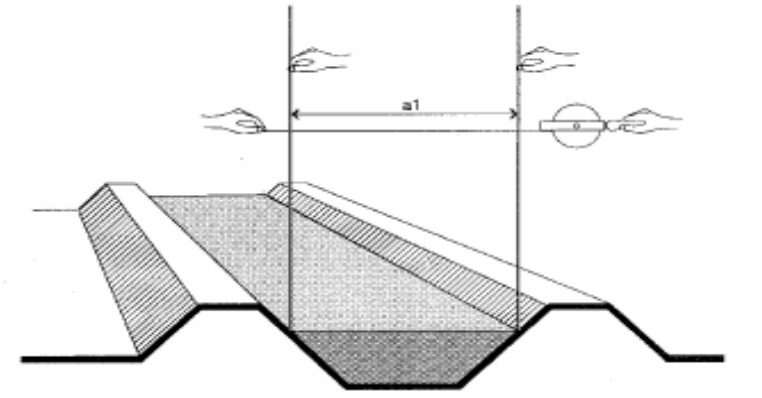

**شکل۱۵. مقطع عرضی کانال مستطیلی**

برای آشنایی با چگونگی اندازه‌گیری هر یک از ابعاد به شکل‌های۱۷،۱۶ و۱۸ مراجعه کنید.

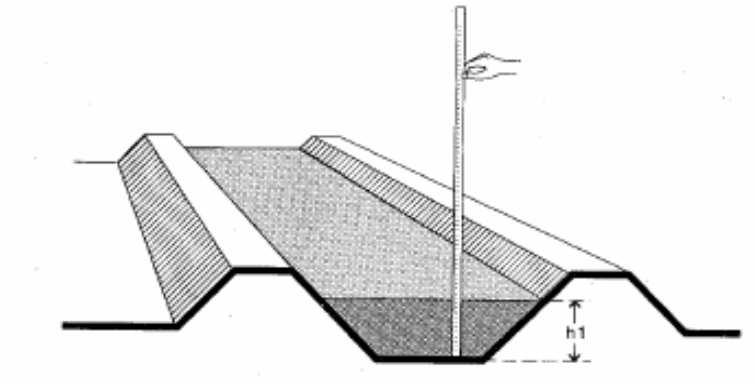
مقاطع کانال های آبیاری پوشش‌نیافته (فرسایشی) به‌ندرت شکل هندسی منظمی دارند. عرض بستر و عمق آب ممکن است حتی در فواصل کوتاهی از امتداد کانال هم متغیر باشد. چنین رویکردی برای کانال‌های پوشش‌شده هم وجود دارد. اما تغییرات عرض بستر و عمق آب در کانال‌های پوشش‌یافته کمتر از کانال‌های فاقد پوشش (فرسایشی) است. به‌دلیل وجود چنین بی‌نظمی‌هایی در کانال‌های بدون‌پوشش (فرسایشی)، برای محاسبه مساحت متوسط، سطح مقطع عرضی به دفعات باید اندازه‌گیری شود. در تمرین ۷ و شکل ۱۶ ابعاد یک شکل با مقطع عرضی نامنظم اندازه‌گیری شده است.




**شکل۱۶. الف. اندازه‌گیری عرض بستر**




**شکل۱۶. ب. اندازه‌گیری عرض سطح آب**




**شکل۱۶. پ. اندازه‌گیری عمق آب**

**تمرین ۴.**

**پرسش:**

در کانالی با مقطع عرضی تا حدودی فرسایش یافته (شکل۱۷) عرض بستر، عرض سطح آب و عمق آب در کانال چقدر است؟

**راه حل:**

گام اول:

مکان تقریبی نقاطی از بستر کانال را که شیب جانبی کانال به سمت کناره‌ها آغاز می‌شود، پیدا کنید. از میله‌های چوبی یا فلزی به‌عنوان نشانه در این نقاط می‌توان استفاده کرد. در شکل ۱۸- الف طریقه‌ی اندازه‌گیری فاصله ی بین این دو نقطه نشان داده شده است.

در این مساله برابر با ۰/۴۴ است.

گام دوم:

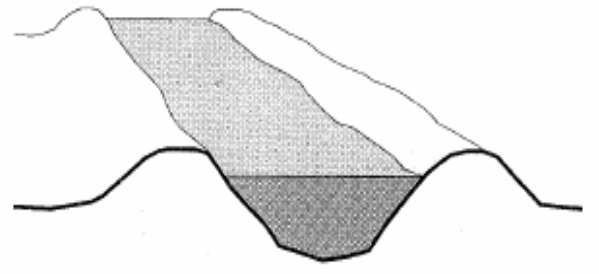
طبق شکل ۱۸- ب عرض سطح آب را اندازه بگیرید.

در این مساله برابر با ۰/۹۶ است.

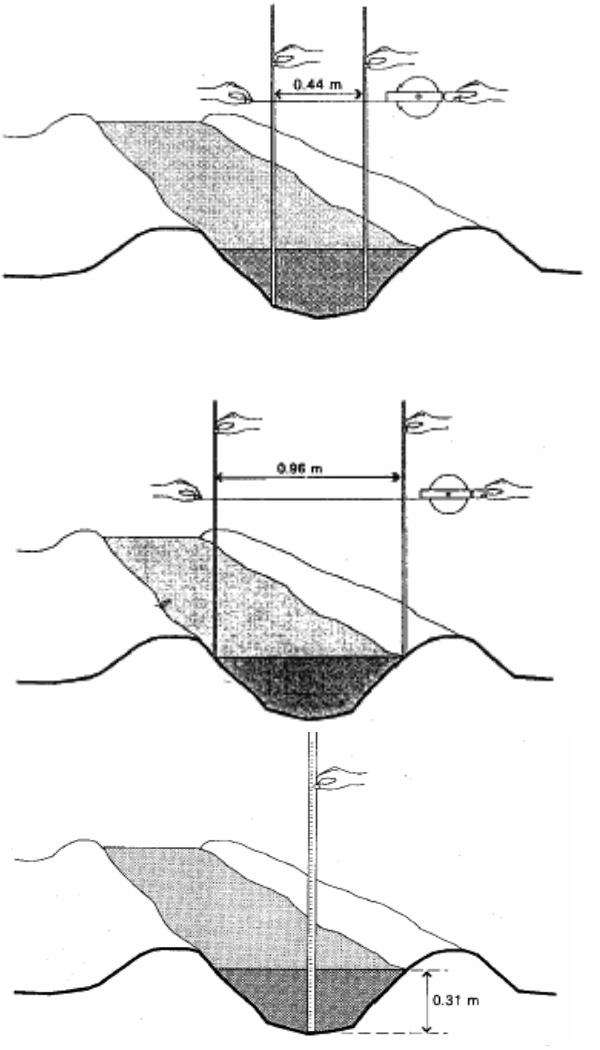
گام سوم:

عمق آب در میان سطح آب را مطابق شکل ۱۸- پ اندازه بگیرید.

در این مساله برابر با ۰/۳۱ است.



**شکل۱۷. مقطع عرضی یک کانال غیر منتظم**




**شکل۱۸. یک کانال غیر منتظم : الف) عرض بستر ب)عرض سطح آب پ) عمق آب**

**۳ ۲. ۳. روش برآورد شدت جریان**

در این بخش طریقه اندازه گیری دبی با استفاده از جسم شناور ارائه شده است.

تجهیزات:

- متر نواری به طول حداقل۵ متر،
- کرنومتر یا ساعت با دقت اندازه گیری در حد ثانیه،
- جسم شناوری نظیر بطری یا نارگیل.

فرآیند:

*گام اول*: یک مسیر مستقیم از کانال به طول حداقل۱۰ متر انتخاب کنید. شکل مقطع کانال در امتداد این مسیر باید تا حد امکان منظم باشد.

*گام دوم*: دو میخ چوبی، در هر کناره‌ی کانال، در بالادست مسیر مورد نظر قرار دهید. آنها باید بر محور کانال عمود باشند. این مشخصات بر نقطه‌یA شکل۱۰ منطبق است.

*گام سوم*: ۱۰ متر یا بیشتر از طول کانال را اندازه بگیرید.

*گام چهارم*: دو میخ چوبی در انتهای پایین‌دست سیر انتخاب شده‌ی کانال قرار دهید، آنها نیز باید بر محور کانال عمود باشند. این مشخصات برنقطه‌یB شکل۱۰ منطبق است.

*گام پنجم*: جسم شناور را روی محور کانال، حداقل۵ متر بالادست نقطه‌ی A قرار دهید و وقتی جسم به نقطه‌یA رسید کرونومتر را به حرکت در آورید.

*گام ششم*: وقتی جسم شناور به نقطه‌ی B رسید، کرونومتر را متوقف کنید و زمان را بر حسب ثانیه ثبت کنید.

*گام هفتم*: گام‌های پنجم و ششم را حداقل ٤ مرتبه تکرار کنید تا متوسط زمان لازم برای آنکه جسم شناور فاصله‌ی بین نقاطA وB را بپیماید، تعیین شود. این جسم در طول آزمایش

نباید با خاکریز کانال برخورد کند، اما اگر این اتفاق افتاد، این فرآیند باید تکرار شود و زمان مربوط به آزمایشات انجام‌شده با شرایط یا نتایج نامناسب از محاسبات زمان متوسط حذف شود.

*گام هشتم*: پارامترهای زیر را در مقطع انتخاب شده اندازه‌گیری کنید:

- عرض بستر کانال، $b$،
- عرض سطح آب، $a_1$،
- عمق آب، $h_1$،

مقطع عرضی کانال در بخش انتخاب شده، معمولاً منظم نیست. بنابراین پارامترهای $b$ ، $a_1$ و $h_1$ باید در مکان های مختلفی اندازه گیری شود تا مقدار متوسط آنها به دست آید.

درصورتی‌که کانال دارای مقطع مستطیلی باشد، عرض سطح آب، $a_1$، با عرض بستر کانال، $b$، برابر خواهد شد.

*گام نهم*: سرعت سطحی، $V_s$، و سپس سرعت متوسط، $V$، را با روابط ارائه شده در بخش ۳. ۲. ۱. محاسبه کنید:

- $V_s = L/t$ ، که در این رابطه $t$ برابر است با زمان پیمایش بر مبنای چهار بار تکرار آزمون جسم شناور،
- $V = 0.75 \times V_s$

*گام دهم*: سطح مقطع خیس شده، $A$، را با استفاده از رابطه ی بخش ۳. ۲. ۲. محاسبه کنید:

(پارامترهای $b$ ، $a_1$ و $h_1$ مقادیر متوسط هستند.)

$$A = \frac{(b + a_1)}{2} \times h_1$$

گام یازدهم: مقدار دبی، $Q$، در کانال با استفاده از رابطه ی بخش ۳. ۲. محاسبه می شود:

$$Q = V \times A\left(m^3/s\right) \quad \text{یا} \quad Q = 1000 \times V \times A(L/s)$$

**تمرین۵.**

مسیری مستقیم با مقطع منظم از یک کانال ذوزنقه‌ای انتخاب شده است. در این مسیر فاصله‌ای به طول ۲۰متر با میخ چوبی علامت‌گذاری شده است (گام‌های اول تا چهارم فرآیند فوق‌الذکر).

برای تعیین سرعت آب نیز از یک نارگیل استفاده شده است (گام‌های ۵ و۶). پس از چهار مرتبه تکرار آزمون نتایج زیر به‌دست آمد (رجوع کنید به تمرین ۳):

$t_1$=۵۰s; $t_2$=۵۲s; $t_3$=۵۳s; $t_4$=۵۳s.

سطح مقطع خیس‌شده هم پس از چهار مرتبه اندازه‌گیری به شرح زیر است (گام هشتم) (طبق تمرین۴):

b = ۰,۴۴; ۰,۴۲; ۰,۴۰; ۰,۴۵ m.

$a_1$ = ۰,۹۶; ۱,۰۲; ۱,۰۳; ۰,۹۴ m.

$h_1$ = ۰,۳۱; ۰,۲۸; ۰,۲۹; ۰,۳۰ m.

**پرسش:** مقدار دبی(Q) چه‌قدر است؟

**راه حل:**

گام اول: محاسبه‌ی زمان پیمایش:

$$t_{avg} = \frac{۵۰+۵۲+۵۳+۵۳}{۴} = \frac{۲۰۸}{۴} = ۵۲s$$

گام دوم: محاسبه‌ی مقدار میانگین پارامترهای$b$، $a_1$ و $h_1$ :

$$b_{۱avg} = \frac{۰.۴۴+۰.۴۲+۰.۴۰+۰.۴۵}{۴} = \frac{۱.۷۱}{۴} = ۰.۴۳m.$$

$$a_{۱avg} = \frac{۰.۹۶+۱.۰۲+۱.۰۳+۰.۹۴}{۴} = \frac{۳.۹۵}{۴} = ۰.۹۹m.$$

$$h_{۱avg} = \frac{۰.۳۱+۰.۲۸+۰.۲۹+۰.۳۰}{۴} = \frac{۱.۱۸}{۴} = ۰.۳۰m.$$

گام سوم: محاسبه‌ی سرعت سطحی($V_s$) و سرعت متوسط جریان(V) :

$$L = ۲۰m\ ,\ t_{avg} = ۵۲, \rightarrow\ V_S = \frac{L}{t} = \frac{۲۰}{۵۲} = ۰.۳۸\,m/s \rightarrow$$

$$V = ۰.۷۵ \times V = ۰.۷۵ \times ۰.۳۸ = ۰.۲۹ m/s$$

گام چهارم: محاسبه‌ی سطح مقطع خیس شده (A) با استفاده از نتایج گام دوم:

b = ۰,۴۳m, $a_1$= ۰,۹۹m, $h_1$= ۰,۳۰m,

$$\rightarrow A = \frac{(b+a_۱)}{۲} \times h_۱ = \frac{(۰.۴۳+۰.۹۹)}{۲} \times ۰.۳۰ = ۰.۲۱۳m^۲$$

گام پنجم: محاسبه‌ی دبی

V = ۰,۲۹ m/s, A = ۰,۲۱۳ $m^2/s$, $\rightarrow$

$$Q = A \times V = ۰.۲۹ \times ۰.۲۱۳ = ۰.۶۲۳\,m^۳/s$$

$$Q = ۱۰۰۰ \times A \times V = ۱۰۰۰ \times ۰.۲۹ \times ۰.۲۱۳ = ۶۲ L/s$$

## ۳. ۳. عوامل تاثیرگذار بر بیشینه‌ی دبی

برای جلوگیری از افزایش بیش از حد تراز آب در یک کانال، فاصله اطمینانی بین تراز آب و پشته خاکریز در نظر گرفته می‌شود که هیچ‌گاه نباید کمتر از حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز کانال باشد. این بدان مفهوم است که، هر کانال تراز آب بیشینه‌ای دارد که باید لحاظ شود، و چون تراز آب و دبی به یکدیگر وابسته‌اند، در نتیجه، هر کانال یک بیشینه‌ی دبی نیز خواهد داشت، که به ازای آن جریان آب تامین شده، منتقل خواهد شد. این بیشینه‌ی دبی، گنجایش کانال نیز نامیده می شود. عواملی که بر بیشینه‌ی دبی یک کانال تاثیرگذار هستند، عبارتند از:

- بیشینه‌ی سطح مقطع خیس شده
- مقاومت در برابر جریان، یا زبری بستر و کناره ها،
- شیب بستر و شیب طولی در امتداد مسیر جریان آب.

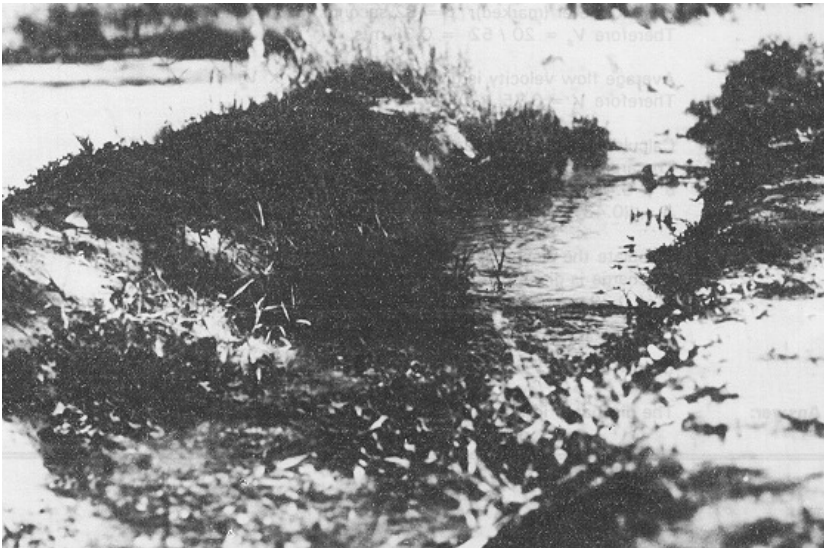
### ۳. ۳. ۱. بیشینه ی سطح مقطع خیس شده

سطح مقطع خیس شده تاثیر زیادی برگنجایش یک کانال دارد. درصورتی‌که ابعاد سطح مقطع خیس شده بزرگ باشد، اجازه می‌دهد جریان بیشتری از مقطع عبور کند و سرعت جریان هم بیشتر خواهد شد. برای مثال، اگر عرض بستر و بیشینه‌ی عمق آب، در شرایطی‌که حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز رعایت شده است، هردو۱۰درصد افزایش یابد، گنجایش کانال۳۰ درصد افزایش می‌یابد و اگر هردوی آنها ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش یابد، گنجایش به ترتیب بین ٦۰ تا۱۰۰ درصد افزایش خواهد یافت.

### ۳. ۳. ۲. زبری بستر کانال و کناره ها

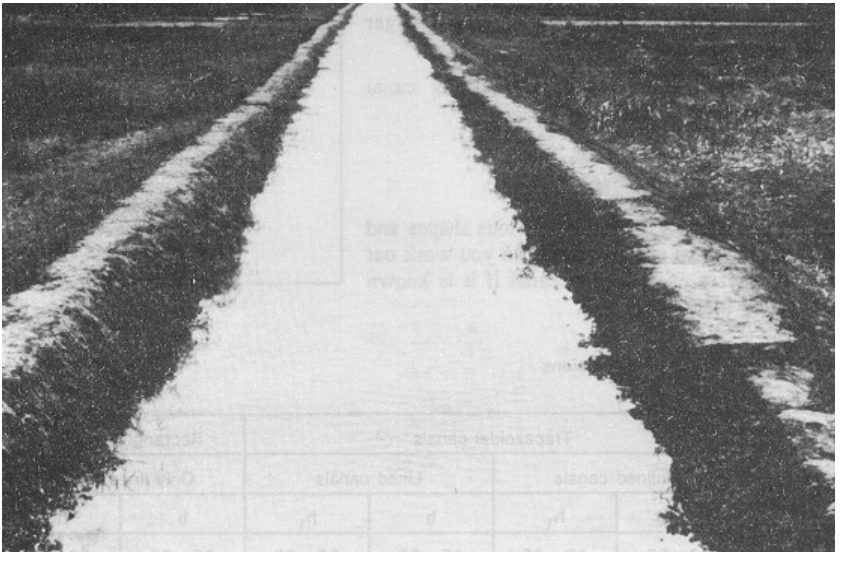
شرایط بستر کانال و کناره ها نیز بر گنجایش کانال اثرگذارند. در کانال‌هایی که شرایط نگه‌داری مناسبی نداشته باشند، به‌ویژه کانال‌های خاکی، رشد علف‌ها در بستر و کناره‌ها بیشتر می‌شود، و این مساله مانعی خواهد شد در برابر عبور آزادانه‌ی جریان آب و به تبع آن سرعت جریان و در نتیجه گنجایش کانال کاهش خواهد یافت. برای درک بهتر، این مفهوم در مقایسه کانال‌ها و جاده‌ها نشان داده می‌شود: ماشین‌ها روی جاده‌های زبر (ناهموار) نسبت به جاده‌های صاف بسیار آرام‌تر حرکت می‌کنند. به‌طور مشابه، جریان آب در کانال‌های زبر و با نگه‌داری نامناسب نسبت به کانال‌های صاف و با نگه‌داری اصولی بسیار کمتر و آرام تر است. نمونه‌ای از

یک کانال زبربستر در شکل ۱۹ و یک کانال صاف و بـا شـرایط نگـه‌داری مناسـب در شـکل۲۰ نشان داده شده است.



**شکل۱۹. زبری بستر کانال‌ها در با شرایط نامناسب نگه‌داری**

اگر در کانال شکل۲۰ هم اجازه‌ی رشد گیاه داده شود و بستر جریان در کانال نظیر نمونه‌ی



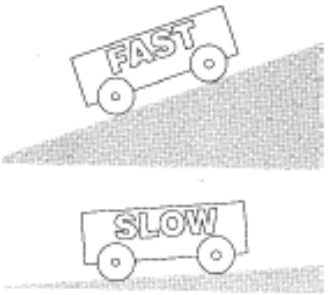
**شکل۲۰. زبری بستر کانال‌ها در با شرایط مناسب نگه‌داری**

شکل۱۹ زبر شود، گنجایش آن ممکن است تا٤٠ درصد کاهش یابد. به عبارت دیگر، دبی تـامین شده‌ی کانال تا٤٠ درصد نسبت به گذشته کاهش خواهد یافت.

اگر بستر کانـالی زبرتـر گـردد، سـرعت جریـان در کانـال کـاهش مـی‌یابـد. بـا توجـه بـه فرمول $Q = A \times V$، واضح است که برای رسیدن به دبـی مـشابه در میـانگین سـرعت جریـان کمتر، سطح مقطع خیس شده را باید افزایش داد. بنابراین، به دلیل کمتـر شـدن سـرعت جریـان، عمق آب افزایش خواهد یافت و کانال با خطر لبریز شدن مواجه خواهد شد.

**۳. ۳. ۳. شیب طولی**

شیب طولی کانال هم بر گنجایش آن تاثیرگذار است. کانال‌های با شیب تندتر، جریـان اب را سریع‌تر هـدایت مـی‌کننـد، در نتیجـه گنجـایش بیشتری دارند (رجوع کنید به شکل ۲۱).




**شکل ۲۱. شیب طولی و سرعت**

شکل۲۱ دو کامیون را که به‌سمت پایین تپه‌ای سرازیر می‌شوند، نشان مـی‌دهـد. یـک تپـه شـیب تندتری دارد و دیگری تقریبا هموار اسـت. بـدیهی است شیب‌تندتر سرعت کامیون را افزایش می‌دهد.

شیب طولی کانال معمولا برحسب درصد (٪) بیان می‌شود. وقتی تراز کـف کانـال بـه‌ازای ۱۰۰۰ متر طول، یک متر پایین رود، شیب کانال ۱:۱۰۰۰ است یا ٪۰/۱ است. به‌طور کلـی، در طراحـی اولیه کانال، شیب طولی بسته به موقعیت بین٪ ۰/۰۵ و٪ ۰/۱۵ درنظر گرفته می‌شود.

برای نمایش تاثیر شیب طولی بر گنجایش کانال، دو کانال با مقطع عرضی یکـسان بـا هـم مقایسه می‌شود: شیب یک کانال ٪۱۰ تندتر از کانال دیگـر اسـت. کانـال بـا شـیب ٪۱۰ تنـدتر، نسبت به کانال دیگر ٪۵ گنجایش بیشتر دارد (چرا؟).

البته، لازم به‌ذکر است که شیب کانال‌های از قبل احداث شده را اصولا تندتر نمی‌کنند.

## ۳. ٤. ابعاد کانال

برای انتقال یک دبی معین، شکل‌ها و اندازه‌های مختلفی از کانال‌ها را می‌توان مورد استفاده قرارداد. لذا بادانستن گنجایش جریان یک کانال آبیاری چگونه می‌توان ابعاد آن‌را تعریف کرد؟

همان‌طور که در بخش۳. ۳. گفته شد، گنجایش یک کانال بر مبنای سطح مقطع خیس‌شده، زبری بستر و شیب طولی آن تعیین می‌شود. جدول ۱ مقادیر متناسب عرض بستر و عمق آب را برای حالت‌های مختلف به‌ازای مقادیر معلوم گنجایش کانال داده است. این جدول کلیه کانال‌های با مقطع‌عرضی ذوزنقه‌ای‌شکل، اعم از پوشش‌یافته و بدون‌پوشش، و مقطع مستطیلی پوشش یافته را دربر می‌گیرد، و برای شیب‌های طولی بین٪ ۰/۰۵ و٪ ۰/۱۵، شیب جانبی ۱:۲ و ۱:۱ در کانال‌های فاقد پوشش و بین ۱: ۱/۵ و قائم در کانال‌های پوشش‌یافته معتبر است. به‌جهت وجود ترکیب‌های متعددی از شیب طولی، شیب جانبی و زبری بستر، از بسترهای صاف و شیب‌های عاری از پوشش گیاهی گرفته تا بستر زبر شده به‌دلیل رویش گیاهان، برای هر مقطع عرضی دامنه‌ای از تغییرات به‌ازای هر پارامتر ارائه شده است.

| کانال‌های مستطیلی | | کانال‌های ذوزنقه‌ای | | | | گنجایش کانال (Lit/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| فقط کانال‌های پوشش یافته | | کانال‌های پوشش یافته | | کانال فاقد پوشش | | |
| $h_1$ | b | $h_1$ | b | $h_1$ | b | |
| ۲۵–۳۰ | ۲۰–۲۵ | ۲۰–۲۵ | ۱۵–۲۰ | ۱۵–۲۵ | ۲۰–۲۵ | ۲۵ |
| ۳۰–۳۵ | ۳۰–۳۵ | ۲۰–۲۵ | ۲۵–۳۰ | ۲۰–۳۰ | ۲۰–۳۰ | ۵۰ |
| ۳۵–۴۰ | ۳۵–۴۵ | ۲۵–۳۰ | ۲۵–۳۵ | ۲۵–۳۵ | ۲۵–۳۵ | ۷۵ |
| ۳۵–۴۵ | ۴۰–۴۵ | ۳۰–۳۵ | ۳۰–۳۵ | ۲۵–۴۰ | ۳۰–۳۵ | ۱۰۰ |
| ۴۰–۵۰ | ۴۵–۵۰ | ۳۰–۴۰ | ۳۰–۳۵ | ۳۰–۴۵ | ۳۰–۴۰ | ۱۲۵ |
| ۴۵–۵۵ | ۴۵–۵۰ | ۳۵–۴۰ | ۳۵–۴۰ | ۳۰–۴۵ | ۳۰–۴۵ | ۱۵۰ |
| ۴۵–۶۰ | ۵۰–۵۵ | ۳۵–۴۵ | ۳۵–۴۰ | ۳۵–۵۰ | ۳۵–۴۵ | ۱۷۵ |
| **۵۰–۶۰** | **۵۰–۶۰** | **۳۵–۴۵** | **۴۰–۴۵** | **۳۵–۵۵** | **۳۵–۵۰** | **۲۰۰** |

**جدول ۱. مقادیر متناسب عرض بستر و عمق کانال به‌ازای گنجایش‌های مختلف**

حد پایین مقادیر عرض بستر $b$ و عمق کانال $h_1$ برای کانال‌هایی که شیب تندتری دارند (نزدیک به٪ ۱۵) و یا تمیز و اصولی نگه‌داری می‌شوند معتبر بوده، و حد بالا برای کانال‌های هموارتر و پوشیده از رویش گیاهان قابل استفاده است.

این جدول نشان می‌دهد که برای مقادیر دبی مشابه، وقتی‌که کانال خـوب نگـه‌داری نـشود (بستر زبر) یا شیب طولی هموار باشد کانال‌های بزرگتری باید درنظر گرفته شود و حتی اگر هـر دو شرط حاکم باشد، ابعاد کانال باز هم افزایش مـی‌یابـد. بـرای محاسـبه‌ی دقیـق ابعـاد کانـال، اطلاعات تفصیلی از شیب جانبی، شیب طولی و زبری بستر و کناره‌ها مورد نیاز است.

# فصل چهارم
# مسائل اساسی در شبکه‌ی کانال‌های آبیاری

## ٤. ١. مقدمه

این فصل به مسائلی می‌نگرد که به‌طور متناوب شبکه‌های کانال‌های آبیاری مختلف با آن مواجه می‌شوند و برخی از آنها به تفصیل شرح داده شده است. بخش آخر این فصل نیز به ضرورت بازرسی‌های منظم سیستم می‌پردازد.

مشکلات اساسی که در شبکه‌های کانال‌های آبیاری مشاهده می‌شوند عبارتند از:

- محدودیت آب قابل استحصال از منابع تامین آب،
- مصرف زیاد آب در اراضی نزدیک به منابع آب که موجب کمبود آب در اراضی پایین‌دست طرح می‌شود،
- دست‌کاری غیرقانونی کانال ها و سازه‌ها،
- رسوب‌گذاری،
- رشد گیاهان،
- تلفات آب،
- لبریز شدن مکرر، و
- افت تراز آب ناشی از فرسایش کانال.

البته برخی از این مسائل، ممکن است ناشی از مدیریت و سازمان‌دهی نامطلوب نهادهای مسئول در ارتباط با طرح باشد.

طراحی و اجرای نامناسب هم می‌تواند در عملکرد نامطلوب کانال نقش داشته باشد. در چنین شرایطی آب حتی اگر به مقدار مورد نیاز طرح هم تامین گردد، ممکن است جریان آب، مازاد بر ظرفیت کانال بوده و از آن لبریز کند. همچنین ممکن است، تراز آب در یک کانال، نادرست تعیین شده باشد، و اگر آب خیلی کم باشد، ممکن است نتواند حتی به طور ثقلی وارد مزارع شود. سازه‌های آبی و پمپ‌ها باید نسبت به تامین کامل نیاز آبی مزارع بهره بردار کنترل شوند. اگر حداقل تراز ارتفاع آزاد مورد نیاز درست انتخاب نشود، کانال در نقاط حساس به سادگی سرریز خواهد نمود و اگر شیب کانال‌ها خیلی تند باشد، ممکن است سرعت زیاد جریان منجر به فرسایش کانال گردد.

وقتی که مصالح ساختمانی مناسبی هم تهیه نشود، کانال ممکن است فرو بریزد.

فقدان برنامه‌ریزی مناسب برای نگه داری از شبکه ممکن است لطمات شدیدی وارد آورد که در فصل پنجم مورد بحث قرار گرفته است.

## ٤. ٢. مسائل فنی

سه گزینه از مشکلات فوق‌الذکر که ماهیت فنی دارند، به تفصیل در ادامه شرح داده‌شده است: تلفات آب، سرریز (لبریز شدن)[1] و فرسایش کانال[2].

### ٤. ٢. ١. تلفات آب

یک شبکه‌ی آبیاری که درست طراحی و اجرا شده است با حداقل مقدار تلفات، آب را از منبع تامین آن به مزارع کشاورزان انتقال می‌دهد. در غیر این‌صورت، تلفات قابل توجه آب رخ داده، و به‌طور جدی راندمان توزیع آب را کاهش می‌دهد. تلفات آب ممکن است به صورت نفوذ[3]، نشت[4] و یا ترکیبی از هردوی آنها باشد.

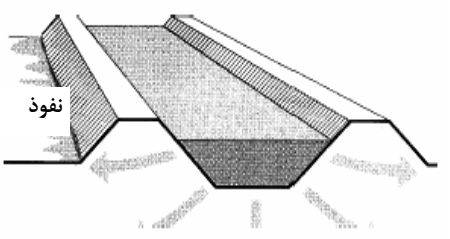
**نفوذ**

آبی که از بستر و دیواره‌های کانال به داخل زمین نفوذ می کند، دیگر برای آبیاری قابل استفاده نخواهد بود. این مقدار که «تلفات نفوذ»[5] نامیده می‌شود، در مناطقی که کانال از مصالح

1 - Overtopping
2 - Canal erosion
3 - Seepage
4 - Leakage
5 - Seepage loss

با نفوذپذیری زیاد ساخته می‌شود، قابل‌توجه خواهد بود: آب در خاک‌های شنی سریع نفوذ می‌کند اما نفوذپذیری خاک‌های رسی کم است، در نتیجه، کانال‌های حفر شده در خاک‌های شنی نسبت به کانال‌هایی که در خاک‌های رسی احداث می‌شوند، تلفات نفوذ بیشتری دارند.

نتیجه‌ی نفوذ آب در دیواره‌های کانال، گاهی کاملا محسوس است، به‌عنوان مثال مواقعی که زمین‌های مجاور کانال بسیار مرطوب می‌شوند و حتی گاه آب راکد نیز روی آن مشاهده می‌شود (شکل۲۲).




**شکل۲۲. کانال با آب نفوذ یافته در پنجه‌ی خاکریز کانال**

تلفات نفوذ در بستر کانال، به‌سختی قابل‌درک است، چون آب فرو می‌رود و در نزدیکی سطح زمین قابل مشاهده نیست. نفوذرا می توان به روش‌های زیر کاهش داد:

- مسلح کردن کناره‌های کانال (رجوع کنید به بخش ۵. ۳.)، یا
- عایق کردن یا پوشش بستر و کناره های کانال (رجوع کنید به فصل ششم).

**نشت**

آب ممکن است هنگام آبیاری از طریق نشت هم تلف شود. این جریان آب همانند نفوذ نیست، بلکه آب از حفره‌های موضعی بزرگتر ایجادشده در بستر یا دیواره کانال خارج می‌شود.

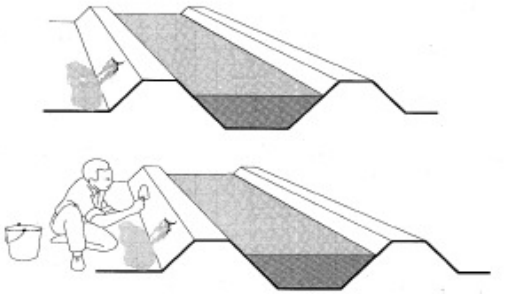
مسیرهای نشت آب به‌روش‌های متعددی ممکن است ایجاد شده و توسعه یابند:

- حفره‌های ایجاد شده توسط موش صحرایی یا موریانه در بستر یا کناره‌های کانال،
- فرسایش یا آب‌شستگی کناره‌های کانال،
- تونل‌های کوچکی که با نفوذ آب در یک بخش بد متراکم شده یا قسمت ماسه‌ای از یک دیواره‌ی کانال آغاز شده باشند،
- نفوذ آب در اطراف سازه‌ها، که به نشت‌های شدید منجر می‌شوند،
- دریچه‌هایی که کاملا آب بندی نشده باشند،
- محل پوشش کانال بتنی ترک خورده، یا درزهایی که کاملا آب بندی نمی شوند، یا از بین پوشش با عایق‌های پلاستیک یا قطعات آسفالت.

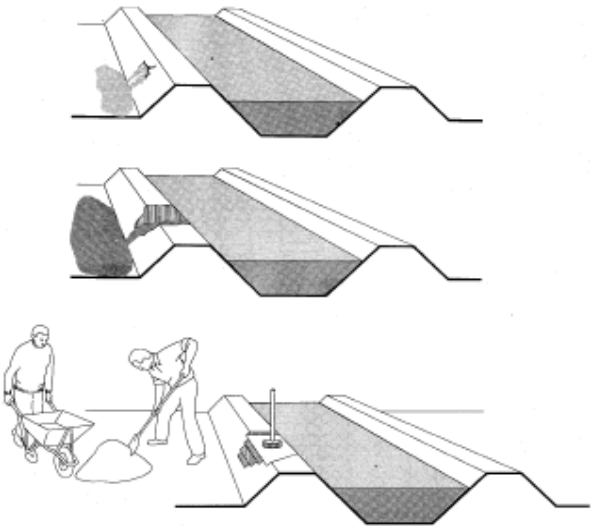
نشت اغلب از یک اندازه کوچک شروع می‌شود، اما از لحظه‌ای کـه آب در خـاکریز کانـال راهی پیدا کند مسیر نشت گسترش خواهد یافت. اگر جریان نشت به‌موقـع متوقـف نـشود، ایـن تونل بزرگ‌تر شده، حتی دیواره‌ی کانال در چنین مواقع ممکن اسـت در نتیجـه آبشـستگی فـرو بریزد. در کانال‌های پوشش شده نیز، پی کانال ممکن است پس از مدتی از زیر فرسـوده شـده و کانال فرو بریزد.

از نشتی جدی می توان با بازدیدهای دوره‌ای از شبکه کانال‌ها و تعمیـر سـریع آن اجتنـاب نمود . هر چه یک حفره یا ترک مدت طولانی‌تری باقی بماند، رشد آن بیشتر شد.

شکل ۲۳ و ۲٤ اقدام سریع برای صرفه‌جویی در هزینه و زمان را نشان می‌دهد.



**شکل۲۳. یک ترک در جداره‌ی کانال بلافاصله پس از مشاهده‌ی آن در حال تعمیر است.**



**شکل۲۴. عواقب تاخیر در تعمیر نشت**

در شکل ۲۳، یک حفره کوچک در دیواره‌ی کانال به‌محض رویت تعمیر می‌شود. اما در شکل۲٤، هیچ توجهی به نشت نشده است، و بعد از چند هفته، بخشی از جداره‌ی کانال در نتیجه‌ی نشت مداوم آب شسته شده است. بدین‌سبب، زمان و هزینه‌ی بیشتری برای تعمیر کانال در این شرایط صرف می شود.

چگونگی تعمیر محل نشت در بخش ۵. ٤. شرح داده شده است.

**٤. ۲. ۲. سرریز(لبریز شدن) آب از کانال**

آب در یک کانال ممکن است به دلایل ذیل به طور غیر منتظره سرریز نماید:

- جریان ورودی به آبگیر کانال ممکن است بیش از گنجایش کانال باشد،
- موانعی نظیر سنگ، بلوک یا رستنی‌ها ممکن است مسیر آب را سد کنند،
- خروجی‌های کانال که باید باز باشد، ممکن است بسته شود.
- باران یا آب دیگری ممکن است به داخل کانال آبیاری تخلیه شود،
- کشاورزان ممکن است برای بالا بردن سطح آب، از بندهای موقت استفاده کنند.

اگر در برابر مسائل فوق، هیچ ترتیبی اتخاذ گردد، سطح آب می تواند به بالای دیواره‌های کانال برسد و سرریز کند( رجوع کنید به شکل ۲۵).

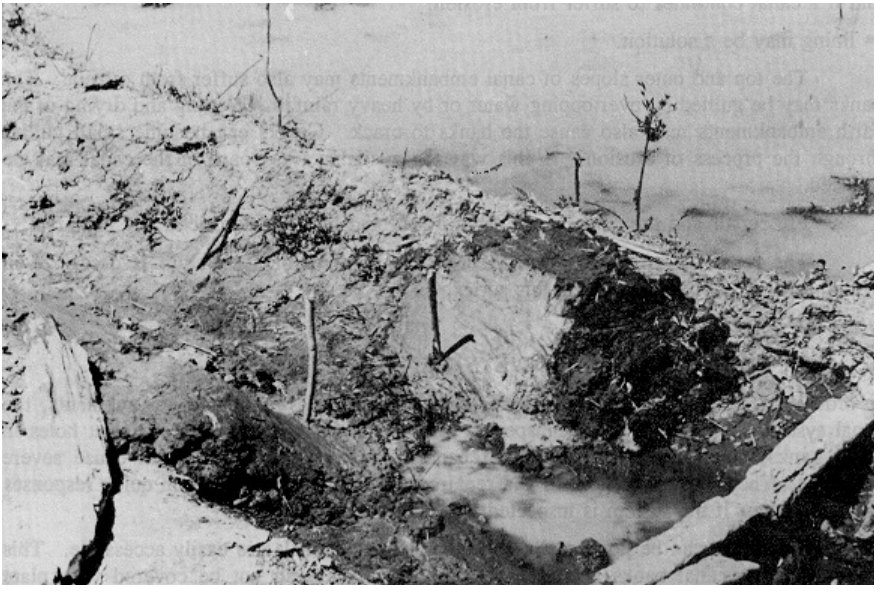
**شکل۲۵. سرریز آب از دیواره‌ی کانال**

سرریز شدن آب سبب فرسایش دیواره‌های کانال می‌شود و ممکن است منجر به ایجاد شکاف‌های جدی شود. البته می‌توان با مدیریت عملکرد شبکه جلوی بروز این مشکل را گرفت. برای جلوگیری از لبریز شدن آب، که می تواند حتی در بهترین شبکه های آبیاری رخ دهد، شدت جریان باید محدود شود و ورودی‌ها فقط باید طبق زمان‌بندی برنامه‌ریزی شده بسته و باز شوند. می‌توان یک سرریز جانبی– که خروجی اضطراری نیز نامیده می‌شود– در دیواره‌ی کانال نصب نمود تا مازاد جریان بتواند بدون آسیب به کانال، تخلیه شود. به بخش ۵. ۵. رجوع کنید.

**٤. ٢. ٣. فرسایش کانال**

کناره‌ها و بستر یک کانال فاقد پوشش، گاهی‌اوقات به‌شدت در معرض آب‌شستگی قرار می‌گیرند. این فرآیند، فرسایش نامیده می‌شود. به‌ویژه خم‌های کانال و مقاطع پایین‌دست سازه ها مستعد فرسایش هستند، چون در این محل‌ها، هم سرعت موضعی جریان می تواند بسیار زیاد باشد و هم اینکه تغییرات ناگهانی جهت جریان تلاطم ایجاد کند.

شیب‌های جانبی داخلی کانال اگرخیلی‌تند باشند یا خوب متراکم نشده باشند، ممکن است دچار لغزش شوند. اگر سرعت جریان بیش از حد مجاز باشد، خاک در نتیجه‌ی جریان آب شسته خواهد شد و کانال فرسایش خواهد یافت.



**شکل۲۶. کانال فرسایش یافته**

شکل۲۶ یک کانال فرسایش‌یافته را نشان می‌دهد. مقطع‌عرضی اصلی و واقعی را می‌توان به وضوح مشاهده کرد. خاکریزها تخریب شده اند و سطح مقطع فاصله‌ی زیادی با قالب اصلی‌اش دارد و شکلی نامنظم پیدا کرده، دیواره‌های کانال کوچک‌تر و بستر عریض‌تر از قبل شده است. در نتیجه، به آب بیشتری نیاز است تا کانال پر شود و به تراز مورد نظر برسد، و خطر شکست دیواره‌های باریک‌تر را هم بیشتر تهدید می‌کند. وقتی خاکریز یک کانال یک‌پارچه‌گی خود را از دست بدهد، فرسایش می‌تواند منجر به نشت شود.

مسئله دیگر این است که؛ خاک فرسایش‌یافته در سازه های پایین‌دست مقطع فرسایش‌یافته کانال ته‌نشین خواهد شد که به این مشکل اصطلاحا رسوب‌زایی گویند و ممکن است سبب بروز نقص فنی سازه‌ها شود. همچنین انباشته شدن خاک فرسایش یافته در مقاطع کانال، منجر به کاهش گنجایش کانال شده، و سبب سرریز جریان آب از جداره کانال می‌شود. کانال‌های با درصد بالای ماسه، نسبت به فرسایش بسیار مستعد هستند. برای جلوگیری از فرسایش چنین کانال هایی، سرعت جریان باید بسیارپایین باشد و شیب‌های‌جانبی هموار شوند. با لحاظ این محدودیت‌ها، سرعت مجاز جریان و شیب جانبی متناسب با آن، در جدول ۲ ارائه شده است.

| سرعت جریان مجاز (m/s) | شیب جانبی مجاز | مصالح ساختمانی |
|---|---|---|
| ۰/٤ | ۱:۳ (۱/۳) | شن |
| ۰/٦ | ۱:۲ (۱/۲) | لومی شنی |
| ۰/۸ | ۱:۱/۵ (۲/۳) | لومی رسی |
| ۱/۲ | ۱:۱ (۱) | رس |
| ۰/۵ | ۱ : ۱/۵ قائم (۱/۵) | آجر |
| ۲/۰ | ۱ : ۱/۵ قائم (۱/۵) | بتن |

**جدول ۲. محدودیت‌های شیب جانبی و سرعت در کانال‌ها**

وقتی که سرعت جریان در کانال از سرعت مجاز بیشتر شود، نتیجه‌ی آن، فرسایش کانال بیش از مقادیر قابل‌پذیرش خواهد بود و وقتی که شیب‌های جانبی یک کانال تندتر از شیب‌های جانبی مجاز باشد، دیواره‌های کانال، ممکن است تخریب شوند.

این مقادیر مجاز به مصالحی که برای احداث کانال استفاده شده است، بستگی دارند. سرعت جریان در کانال ساخته شده از خاک رس می‌تواند بیش از سرعت جریان در کانال ساخته‌شده از مصالح ماسه‌ای باشد. به همیت ترتیب، شیب دیواره‌های یک کانال رسی نیز می‌تواند تندتر از دیواره‌های یک کانال ماسه‌ای باشد.

از فرسایش آبی می‌توان به روش‌های ذیل جلوگیری کرد:

- کاهش سرعت جریان و
- پایدارتر کردن شیب دیواره‌های داخلی کانال،

و اگر یک کانال در معرض خطر جدی فرسایش است:

- پوشش کانال می‌تواند یک راه حل باشد.

شیب‌های فوقانی و خارجی خاکریز کانال نیز ممکن است از فرسایش آسیب ببیند . دیواره‌ها ممکن است درنتیجه سرریز آب یا با بارش سنگین باران کنده شوند. تر و خشک شدن متناوب خاکریز کانال نیز ممکن است سبب ایجاد درز و شکاف در کناره‌ها شود. این ترک‌ها در نتیجه‌ی فرآیند فرسایش، می‌توانند تبدیل به خندق‌های کوچکی شوند. به همین ترتیب، ارتفاع آزاد آب در کانال ممکن است کاهش یابد.

## ٤. ٣. بازرسی و بازبینی شبکه‌ی کانال

به‌منظور پیش‌گیری از بروز مسائل عمده‌ای نظیر نشت و تخریب خاکریزها، شبکه‌ی کانال باید به‌طور منظم، در سراسر فصل آبیاری بازبینی شود. حفره‌های ایجاد شده توسط جوندگان در دیواره‌های کانال، نشتی‌های کوچک، فرسایش کانال‌ها و بروز ترک در پوشش کانال‌ها می تواند سبب ایجاد مخاطرات جدی شود و بایستی هرچه سریع‌تر مورد توجه واقع شده و تعمیر شود. چنین واکنش‌های به‌موقع و سریعی تنها زمانی رخ می‌دهند که شبکه کانال‌ها به‌طور متناوب و دوره‌ای بازبینی و بازرسی شود.

**شکل۲۷. پوشش گیاهی انبوه بازرسی کانال را مشکل کرده است**

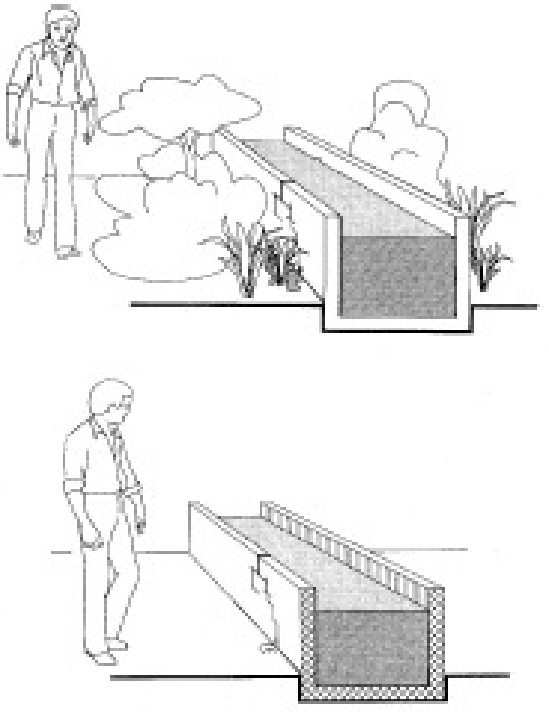
اگر شرایط دسترسی به کانال ها فراهم باشد، بازبینی و بازرسی می‌تواند به سهولت و به موقع انجام پذیرد. این بدین معنی است که در کنار دیواره‌های کانال باید گذرگاه مناسبی وجود داشته باشد که با رشد پوشش گیاهی مسدود نشده باشد. رجوع کنید به شکل های ۲۷ و ۲۸.

**چه کسی شبکه کانال را بررسی و بازبینی می کند؟**

شبکه‌های آبیاری کوچک معمولاً به‌وسیله خود کشاورزان انجام شده و از طریق کمیته‌های آبیاری مدیریت می‌شوند. آنها می‌توانند در مسیر رفت و آمد روزانه‌شان به مزارع به بازبینی و بازرسی روزانه کانال‌ها بپردازند.

در طرح‌های بزرگ‌تر، بازبینی کانال‌های کوچک‌تر درجه سه می‌تواند به‌صورت روزانه و توسط کشاورزان بهره‌بردار از کانال انجام شود. اما بازبینی کانال‌های درجه‌ی یک و دو در طرح‌های بزرگ‌تر باید به‌شکلی رسمی و با برنامه‌ریزی مدون توسط کمیته‌های آبیاری سازماندهی شود.

هر کسی که از یک کانال بازبینی نموده و ضعفی را در شبکه می‌یابد باید کمیته‌ی آبیاری را در حداقل زمان ممکن مطلع سازد تا این کمیته نسبت به تعمیر فوری اقدام کند.



**شکل۲۸. پاک‌سازی خاکریزها شرطی اساسی برای بررسی و بازبینی سریع محسوب می‌شود.**

# فصل پنجم
# اقدامات لازم برای
# مرمت و نگه داری کانال ها

## ۵. ۱. مقدمه

این فصل شرح می‌دهد چرا و چطور شبکه‌ی کانال‌های آبیاری باید نگه‌داری شود. همچنین نگاهی شده است به برخی از مهمترین روش‌های مرمت کانال‌ها.

عملکرد شبکه کانال‌های آبیاری تنها به چگونگی کارکرد شبکه بستگی ندارد، بلکه به شرایط کانال‌ها نیز بستگی دارد. عملکرد کانال‌های آبیاری در درازمدت خوب خواهد بود، اگر تمیز نگه داشته شوند و مشکل نشت نداشته نباشند و اگر به شبکه‌ی کانال‌ها بی‌توجهی شود، ممکن است موجب رشد علف‌ها در آن شود، احتمال مشکل رسوب‌گذاری نیز وجود خواهد داشت و حتی بدتر آن که کانال به خاطر مشکل نشت صدمه ببیند.

رشد گیاه و رسوب‌گذاری در کانال، علاوه بر این که مانع حرکت جریان می‌شود، سطح مقطع عرضی کانال را نیز کاهش می‌دهد. در نتیجه، گنجایش کانال کاهش می یابد (رجوع کنید به بخش ۳. ۳). کاهش گنجایش کانال منجر به سرریز و تلف شدن آب و کاهش حجم آب زراعی تامین شده می‌گردد. بنابرای با تلفات نفوذ و نشت در مسیر یک کانال، میزان آب قابل دسترسی کاهش خواهد یافت. برای مصون نگه‌داشتن شبکه از چنین مشکلاتی، کانال ها باید بر اساس یک سیستم منظم و برنامه‌ریزی شده نگه داری شوند.

فقط کانال‌های درجه سه و کوچک‌تر نیستند که به عملیات نگه‌داری احتیاج دارند بلکه این ضرورت شامل کانال درجه یک و دو نیز می‌شود که در برخی مواقع، دورتر از زمین‌های زراعی

کشاورزان واقع می‌شوند و این مساله از مهمترین پاسخ‌های این پرسش است که چرا کشاورزان به نگه‌داری از آنها علاقه ای نشان نمی‌دهند؟! با این همه، چون کانال‌های کوچک‌تر از کانال‌های بزرگ‌تر آب می‌گیرند، پس نگه‌داری از کانال‌های بزرگ‌تر برای کارکرد صحیح کل شبکه از اهمیت حیاتی برخوردار است.

حتی زمانی که یک کانال به خوبی نگه‌داری می شود، باز هم ممکن است مشکلات جدی به‌وجود آید. چنین مشکلاتی با مرمت یا بهسازی کانال‌ها حل شود. عملیات مرمت معمولاً بسته به شدت مساله، باید در حداقل زمان ممکن انجام پذیرد. بخشی از مراحل بهسازی کانال‌ها مثل پوشش مقاطع کانال، ممکن است تا پایان فصل آبیاری به تعویق بیافتد؛ یعنی، زمانی که کانال ها خشک باشند و کشاورزان وقت بیشتری در اختیار داشته باشند.

پس از آنکه در یک گشت بازرسی مشکلی جدی کشف شد، گروهی از کارگران یا کشاورزان، باید در کمترین زمان ممکن، برای مرمت کانال آماده باشند. چنین تیمی باید در آغاز فصل آبیاری تشکیل شود تا در مورد مواقع اضطراری آماده فراخوانی باشند. به تیم مشابهی نیز ممکن است نیاز باشد تا عملیات بهسازی را انجام دهند و حتی اگر ضرورت ایجاب کند، از خدمات پیمانکاری استفاده شود.

## ۵. ۲. نگه‌داری کانال‌ها

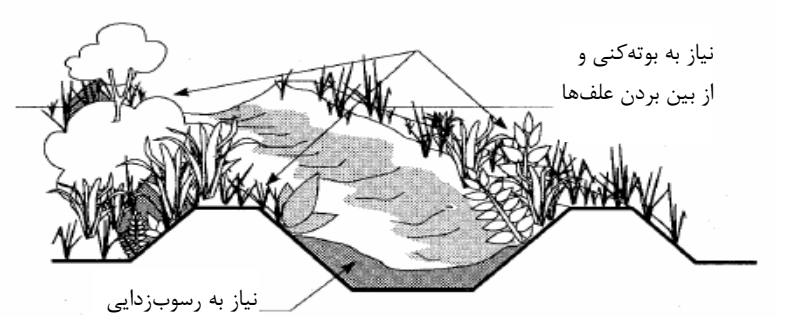
یک برنامه نگه‌داری خوب می‌تواند عمر مفید کانال‌ها را افزایش دهد. باید برنامه‌ای جامع و منظم برای نگه‌داری کانال ها تهیه شود. معمولاً عملیات مربوط به نگه‌داری از شبکه کانال‌های آبیاری در بین دو فصل آبیاری، یا در زمان‌هایی که نیاز به آب زراعی کم باشد انجام می‌گیرد. این فرآیند شامل پاک کردن، علف‌کنی، رسوب‌زدایی از کانال، شکل‌دهی مجدد و مرمت و بازسازی جزیی کانال‌ها می‌باشد.

- بوته‌ها یا درختچه‌های روی خاکریزها باید از بین بروند. این بوته‌ها ممکن است مسیر جریان آب را بند آورده، و ریشه‌های‌شان در دیواره‌ها نفوذ کرده، موجب گسیختگی خاک متراکم شده شود و نهایتا نشت کانال‌ها را افزایش دهد.
- رستنی‌ها، رسوبات و آشغال‌ها بایستی دفع شوند. هنگام تمیز کردن بستر کانال، باید دقت شود که شکل اصلی مقطع عرضی کانال حفظ شود. برای این منظور یک قاب

چوبی (شابلون) یا قالبی با ابعادی دقیق از مقطع عرضی کانال، وقتی کـه تمیـز شـده است، می‌تواند کمک بزرگی باشد ( رجوع کنید به بخش ۵. ٦. ۱.)

- منافذ و سوراخ‌هایی که توسط جوندگان در خاکریزها ایجاد می‌شود، بایـد بـا خـاک متراکم پر شوند. این مساله برای قسمت داخلی خاکریز نیز همانند بیرون آن صـادق است. برای متراکم نمودن خاک، قبلا باید آن را به اندازه‌ی کافی مرطوب نمود.
- مقاطع سست یا مقاطعی از خاکریزهای کانال که محل تردد انسان‌ها یا احشام اسـت، باید با استفاده از خاک متراکم شده و یا با آجر مقاوم‌سازی گردد.
- مقاطع فرسایش یافته‌ی کانال باید به شکل اولیه آن بازسازی شود.

رجوع کنید به شکل‌های ۲۹ و ۳۰.




**شکل۲۹. علف کنی، پاک‌سازی و رسوب زدایی از کانال**

**شکل۳۰. بستر کانال کاملا پوشیده شده است.**

برای عملیات نگه‌داری لازم است کشاورزان را سازمان‌دهی نموده و آنها را نیز در اینگونه فعالیت‌ها درگیر نماییم .

**شکل۳۱. عملیات مربوط به نگه‌داری کانال‌ها**

## ۵. ۳. کاهش تلفات نفوذ

کل یا قسمت‌هایی از دیواره‌ی کانال ممکن است نسبت به آب شدیدا نفوذپذیر باشد. آبی که از دیواره‌ها نفوذ می‌کند هم جزء تلفات آب آبیاری محسوب می‌شود و هم ممکن است زمین‌ها و جاده‌های اطراف کانال را غرقاب نماید.

دو راه‌حل برای غلبه بر مشکل نفوذ وجود دارد:

- کاهش نفوذپذیری جداره‌های کانال‌ها،
- پوشش کانال‌ها.

پیشنهاد دوم یعنی پوشش کانال‌ها، در فصل ششم شرح داده خواهد شد.

### کاهش نفوذپذیری یک دیواره‌ی کانال

نفوذپذیری دیواره‌ی یک کانال را می‌توان با متراکم کردن بخش مرکزی یا هسته‌ی خاکریز کاهش داد. ابتدا هسته‌ی خاکریز با کندن یک ترانشه باریک حفاری می شود و سپس این قسمت حفاری شده با لایه‌های خاک جایگزین و هر لایه متراکم می‌گردد . هسته‌ی متراکم شده باید تا سطح تراز آب امتداد یابد.

مراحل این فرآیند بدین شرح است:

گام اول: گیاهانی‌که‌روی‌و بالای دیواره کانال روییده‌اند، کنده شوند(شکل ۳۲- الف).

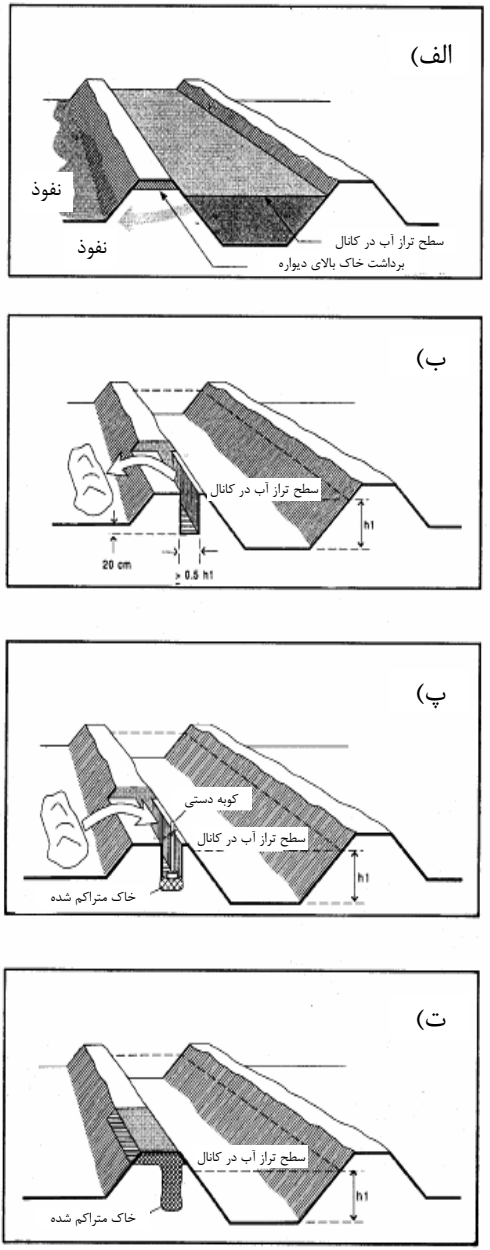
گام دوم: یک ترانشه باریک نزدیک وجه داخلی دیواره‌ی کانال حفر شود.

این ترانشه در مقطع تراوای کانال کنده می‌شود. عرض ترانشه باید حداقل۰/۵ برابر عمق آب در کانال باشد. بخش زیرین این ترانشه باید تقریباً ۲۰ سانتی متر زیر تراز سطح زمین مجاور باشد (شکل ۳۲- ب).

گام سوم: زیر ترانشه را با یک کوبه دستی کوبیده، و در هر لایه از این ترانشه‌ی متراکم شده حدود ۵ تا ۱۰ سانتی متر خاک ریخته شود. در هنگام عمل تراکم، خاک باید مرطوب باشد .

وقتی مصالح خاکبرداری شده نسبتا شنی باشند، هسته‌ی کانال را باید با مصالح دیگری پر نموده که رس بیشتری داشته باشد. هر لایه مرطوب شده و سپس خاک مرطوب، متراکم می گردد. البته در مرطوب کردن خاک به این نکته هم باید توجه کرد که توده‌ی خاک با دریافت رطوبت از هم می پاشد در حالی که در خاک خشک این اتفاق رخ نخواهد داد (شکل ۳۲- پ).

گام ٤ : ترانشه ها تا رسیدن به بالای دیواره پر و متراکم شود (شکل ۳۲- ت).




**شکل۳۲. الف) آماده‌سازی برای تراکم هسته**
**ب) حفاری یک ترانشه باریک**
**پ) پر کردن مجدد ترانشه‌ها و تراکم هر لایه**
**ت) دیواره‌ی کانال با هسته متراکم شده**

## ۵. ٤. مرمت نشت

اغلب کانال های آبیاری با مشکل نشت یا تراوش مواجه هستند.

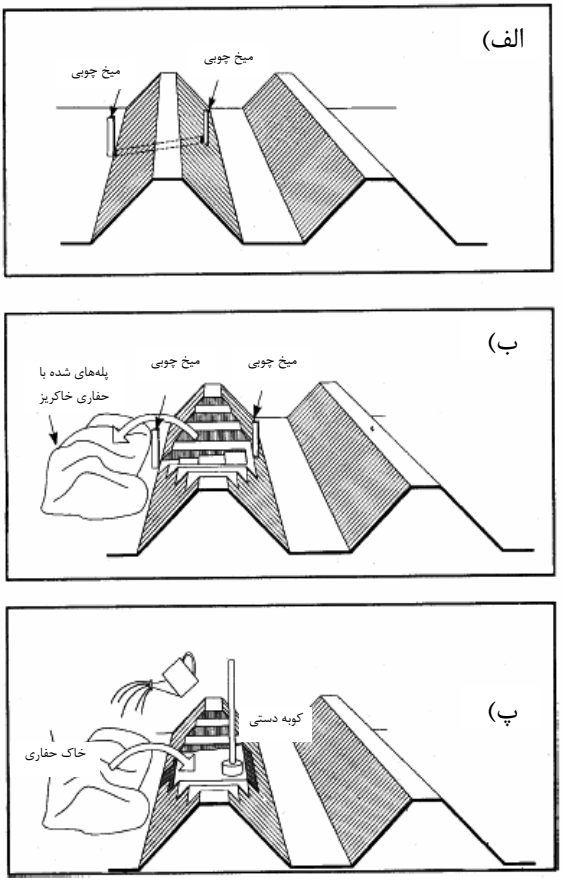
آب در حال نشت از یک سوراخ یا ترک در دیواره‌ی کانال، به سادگی قابل رویت است، چون اراضی مجاور این کانال ها خیس می شوند، اما مشاهده سوراخ یا شکاف مسبب نشت کار بسیار سختی است، مگر این‌که کانال خشک شده، و بستر با دقت بسیار زیادی بررسی شود.

بعد از اینکه چنین مسیرهای نشتی مشاهده شد فوراً باید آنها را بازسازی نمود .

فرآیند مرمت یک نشت به شرح زیر است.

گام اول: کانال ابتدا تخلیه و محل نشت با میخ های چوبی نشانه‌گذاری می‌شوند. این میخ‌ها باید در محل آغاز نشت، در بستر کانال و در محل خروجی نشتی، در دیواره‌ی بیرونی قرار گیرند (شکل ۳۳- الف).

گام دوم: علف‌ها کنده شده و از کانال دور شوند. دیواره‌ی کانال را تا دقیقا زیر و کناره‌های محل نشت به خوبی می‌کَنیم. دیواره‌ای که نشت می‌کند به‌صورت پلکانی کنده می‌شود، به‌طوری‌که کوچک‌ترین پله دقیقا در زیر محل نشت قرارگیرد (شکل ۳۳- ب).




**شکل۳۳. الف) نشانه‌گذاری حدود محل نشت**
**ب) حفاری دیواره‌ی کانال در زیر و کناره‌ی محل نشت**
**پ) پر کردن لایه‌ها و متراکم نمودن خاک مرطوب**

گام سوم: دیواره‌ی کانال، با پر کردن آن از خاک مرطوب و کـاملا متـراکم شـده بازسـازی می‌شود (شکل ۳۳- پ).

برای کانال‌های‌پوشش یافته(غیرفرسایشی)، روش مشابهی نظیر فرآیند فوق‌الذکر را می‌توان دنبال نمود، اما با یک تفاوت؛ قبل از اینکه دیواره‌ی کانال حفاری شود بخـشی از پوشـش کانـال باید برداشته شود. بعد از پر کردن و متراکم کردن خاک دیواره، پوشش داخلی کانال باید دوبـاره اجرا شود.

تذکر ۱ : مرمت یک ترک در پوشش کانال به‌تنهایی کافی نیست. وقتـی پوشـش در نتیجـه نشت آب با مخاطره جدی مواجه گردد، به‌سرعت سوراخ یا ترک‌های تازه در آن ظاهر می‌شود.

تذکر ۲ : درزهای بین مقاطع پوشش یافته‌ی کانال باید به‌شکل دوره‌ای عایق‌بندی گـردد تـا از بروز مشکل نشت جلوگیری شود.

## ۵. ۵. چگونگی جلوگیری از سرریز شدن کانال

سرریز شدن مقطعی از کانال به سبب دبی مازاد بر گنجایش واقعی کانال در آن مقطع اتفاق می‌افتد. دیواره‌هایی که بطور متناوب سرریز می‌کنند به‌شدت فرسایش‌یافته و کوتاه‌تـر هـستند، و در نتیجه، دبی عبوری از آن کمتر از دبی خواهد بود که کانال بـرای آن طراحـی شـده اسـت. از مشکل سرریز کانال به دو طریق می‌توان جلوگیری کرد:

- کاهش دبی،
- افزایش گنجایش کانال.

برای راه حل اول توضیح خاصی وجود ندارد، و بنابراین راه حل دوم که منجر بـه تثبیـت مجدد گنجایش کانال می‌شود در ادامه شرح داده شده است.

روش تثبیت مجدد گنجایش کانال از طریق بازسازی دیواره‌های آن بدین شرح است:

گام اول: رستنی‌ها، اگر وجود دارند، از بین برده شوند.

میخ های چوبی در دوطرف مقطع مورد نظر کوبیده شود. ( شکل۳٤- الف) (با این مـیخ‌هـا و یک ریسمان کار، تراز بودن سطح مقطع را می‌توان کنترل کرد).

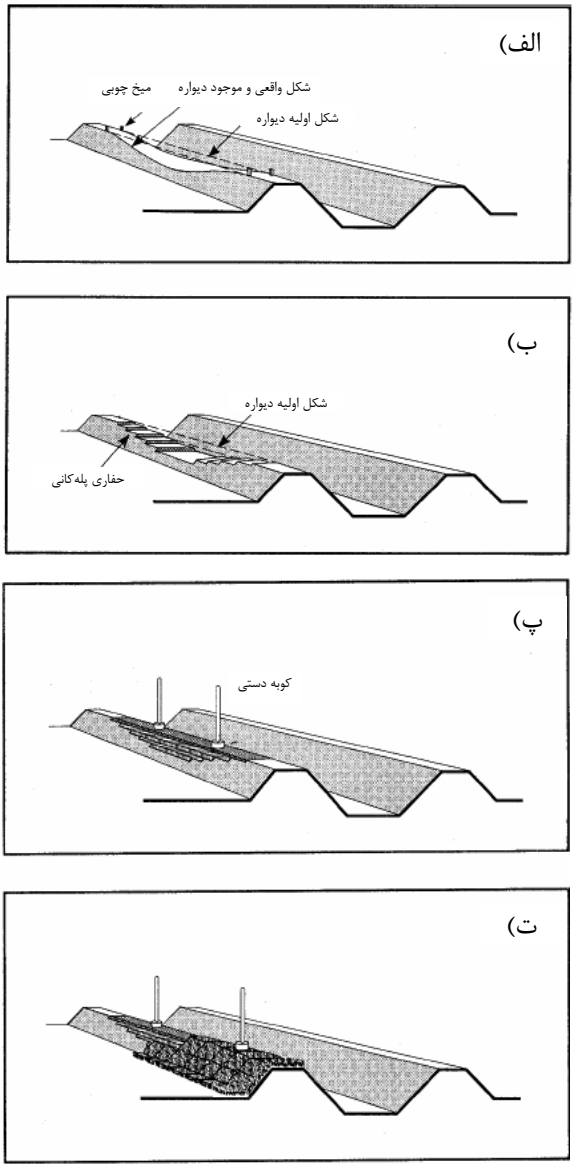
گام دوم: راس و کناره های دیواره کانال به‌صورت پلکانی درآورده شود. (شکل۳٤- ب)

گام سوم: دیواره‌ی کانال، با پر کردن قسمت‌های حفاری شده از خـاک رس مرمـت گـردد. ضخامت لایه‌های خاکریزی ۵ تـا ۱۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شده، و خاک در شرایط مرطـوب متـراکم شود (شکل۳٤- پ).

در هنگام بالا بردن خـاکریز، به‌طـور مـنظم رقـوم تـراز کنتـرل شود.

گام چهارم: کناره های کانال را مرتب نموده و وقتی که دیـواره به راس کانال رسـانده شـد، روی آن بـا لایـه‌ای از چمـن کـاملا پوشانده شود(شکل ۳٤- ت).

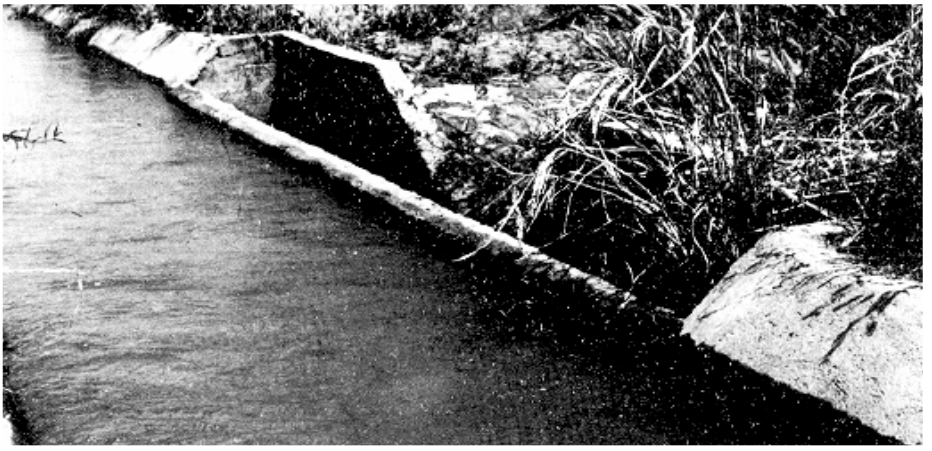
وقتـی‌کـه جلـوگیری از بـالا آمدن سـطح آب عمـلا غیـرممکن اسـت بهتـر اسـت یـک خروجـی اضطراری یا سرریز تخلیـه جـانبی در محل اجرا شود. یک خروجـی اضـطراری شـامل یـک مقطـع تقلیـل‌یافتـه و حفاظـت شـده از خـاکریز کانـال و یـک دهانـه‌ی خروجـی حفاظـت‌شـده بـرای زهکـشی سیـستم اسـت. چنـین ساختاری به آب اجازه می‌دهد که وارد سیستم زهکشی شود، بـدون آنکه به دیواره‌ها آسیبی برساند.




**شکل۳۴. الف) مقطع تقلیل یافته دیواره‌ی کانال**
**ب) حفاری پله‌کانی دیواره**
**پ) پر کردن مجدد و تراکم هر لایه در شرایط مرطوب**
**ت) پایان کار دیواره و علف‌پوشانی وقتی به حد راس کانال رسانده شد.**

رقوم ارتفاعی و طول این سازه باید به‌قدری باشد که مازاد دبی را بـا درجـه‌ای از اطمینـان تخلیه کرد که تراز آب از بالاترین کد ارتفاعی مجاز آب (تراز ارتفاع آزاد) بالاتر نرود.

شکل ۳۵ یک خروجی اضطراری را نشان می‌دهـد. تـراز آب از تـاج خروجـی اضـطراری پایین‌تر است. برای طراحی و نصب یک خروجی اضطراری حتمـا بایـد از مـشاوره‌ی مهندسـان متخصص استفاده کرد.



**شکل۳۵. خروجی اضطراری**

## ۵. ٦. مرمت کانال و پیش‌گیری از فرسایش

### ۵. ٦. ۱. مرمت

یک کانال یا خاکریز کانال فرسایش‌یافته لازم است در همان زمان مجدداً شکل‌دهی گـردد. در ادامه مباحث این فصل، ابتدا بازسازی کانال فرسایش‌یافته و سپس تعمیر چاله‌ها و ترک‌هـایی که در خاکریز کانال فرسایش‌یافته پدید می‌آیند، شرح داده شده است.

**شکل‌دهی مجدد یک مقطع عرضی فرسایش‌یافته**

شکل‌دهی مجدد و تعریض مقطع عرضی فرسایش‌یافته شامل مراحل زیر است:

گام اول: یک قالب چوبی بسازید .

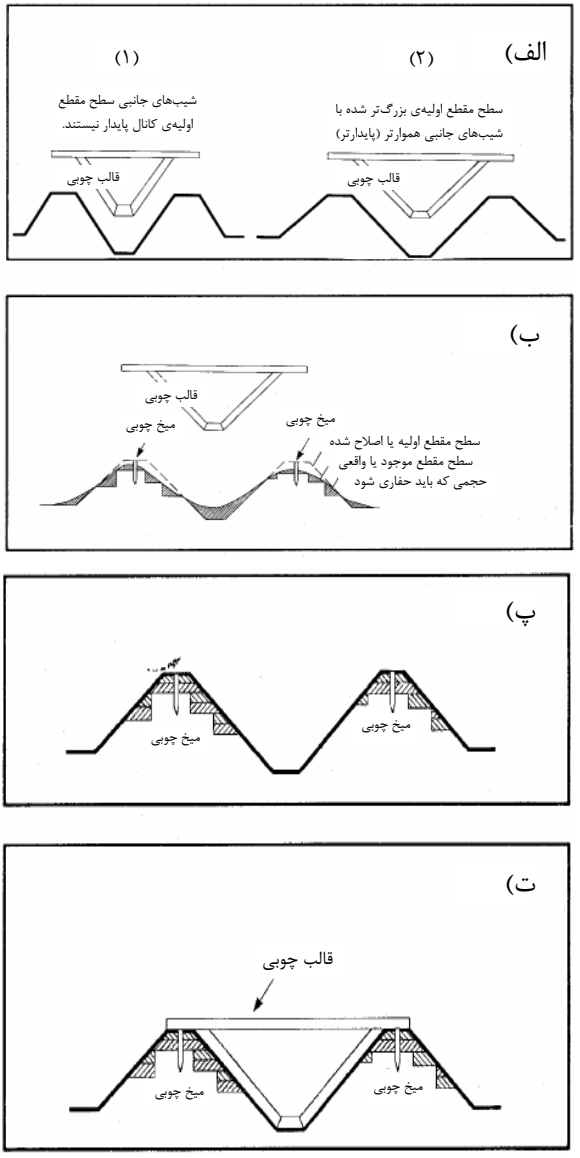
اگر شیب‌های جانبی اولیه‌ی بسیار تند ساخته شده و نتیجتا ناپایدار باشند، قالب چوبی باید طوری ساخته شوند که شیب‌های جانبی جدید ملایم‌تر باشند. بنابراین پهنای راس کانـال بیـشتر

خواهد شد درحالی‌که عرض بستر کانال به‌همان‌اندازه باقی خواهد ماند. باید دقت شود که پهنای تاج دیواره‌ی کانال بیش‌از حد باریک نشود(شکل۳۶- الف).

گام دوم: باید چندین‌بار روی میخ‌های نشانه کوبیده شود تا تراز اولیه‌ی دیواره‌ها روی هر کناره‌ی کانال مشخص شود. بستر و کناره‌های مقطع فرسایش‌یافته، تا وقتی‌که با یک شیب ملایم به زیر تراز واقعی بستر برسد، به‌صورت پله‌کانی کنده شود. به‌گونه‌ای‌که خاک جدید طوری جایگزین کردد که تماس بهتری با سطح زمین در رقوم اولیه داشته باشد (شکل۳۶- ب).

گام سوم: دیواره با خاک مرطوب لایه به لایه پر و فشرده شود و شکل‌دهی نهائی نیز با استفاده از قالب انجام گیرد. هر لایه‌ای که متراکم شد نباید ضخامت آن بیشتر از ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر باشد (شکل ۳۶- پ).

گام چهارم: مقطع عرضی و رقوم دیواره نسبت به قالب و میخ‌های نشانه گذاری کنترل شود (شکل ۳۶- ت).




**شکل۳۶. الف) ۱) قالب برای یک سطح مقطع مشخص**
**۲) سطح مقطع با شیب‌های جانبی ملایم‌تر**
**ب) استفاده از قالب برای تنظیم پروفیل در مرمت مقطع عرضی**
**پ) مرمت دیواره‌ها با تراکم لایه‌های خاک مرطوب**
**ت) کنترل سطح مقطع و رقوم ارتفاعی قسمت مرمت شده با استفاده از قالب و میخ‌های نشانه گذاری**

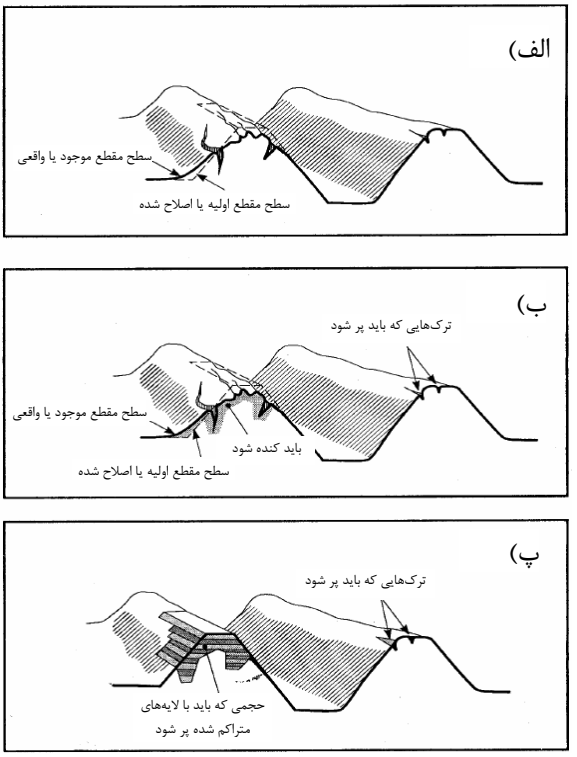
**مرمت ترک‌ها و چاله‌های خاکریز یک کانال**

مرمت ترک‌ها و چاله‌ها را با تحقق مراحل ذیل می توان انجام داد:

گام اول: هر گیاهی که روی دیواره‌ها ترکی ایجاد کرده، و یا در چاله های کوچک ناشی از سرریز شدن آب یا ریزش سنگین باران، روییده باید از بین برده شود (شکل۳۷- الف).

گام دوم: در مورد شکاف‌ها و چاله‌های عمیق، تا حدی از دیواره را بکنید. شکاف‌های کوچک باید با خاک خوب دانه‌بندی شده‌ی مرطوب و متراکم پر شوند (شکل۳۷- ب).

گام سوم: دیواره را با لایه‌لایه پر کردن از خاک مرطوب و متراکم بازسازی کنید (شکل ۳۷- پ).




**شکل۳۷. الف) شناسایی ترک‌ها و چاله‌هایی که باید مرمت شوند.**
**ب) کندن سطوح ضعیف‌شده**
**پ) تعمیر کردن با لایه‌های خاک مرطوب متراکم شده**

**۵. ٦. ۲. جلوگیری از فرسایش**

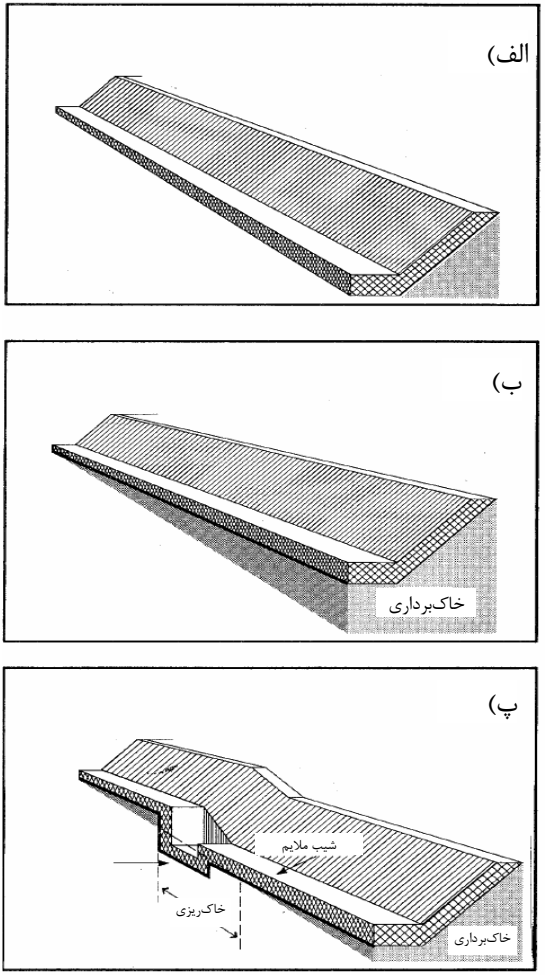
با هر یک از روش‌های زیر می‌توان از فرسایش یک کانال آبیاری جلوگیری کرد:

- کاهش سرعت جریان،
- پوشش کانال.

**کاهش سرعت جریان**

سرعت جریان را در کانال می‌توان از طریق کم‌کردن شیب بستر کاهش داد. معمولاً شیب بستر کانال تابع شرایط اراضی منطقه می‌باشد که ممکن است شیبی داشته، که برای یک کانال

بسیار تند باشد. برای پیش‌گیری از تندی بیش از حد شیب بستر کانال در مناطق شیب‌دار، می‌توان در مراحل عملیات خاکی دوره‌ی ساخت کانال، با خاک‌برداری و خاک‌ریزی[1] شیب کانال را اصلاح کرد. البته این فرآیند مستلزم جابجایی حجم زیادی از خاک است. جابجایی زیاد حجم خاک حین عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی را می‌توان با احداث سازه‌ای به‌نام شیب‌شکن[2] کاهش داد. وظیفه چنین سازه‌ای این است که بین مقاطعی از کانال که رقوم ارتفاعی متفاوتی دارند، اتصال برقرار کند. رجوع کنید به شکل‌های (۳۸- الف تا پ).



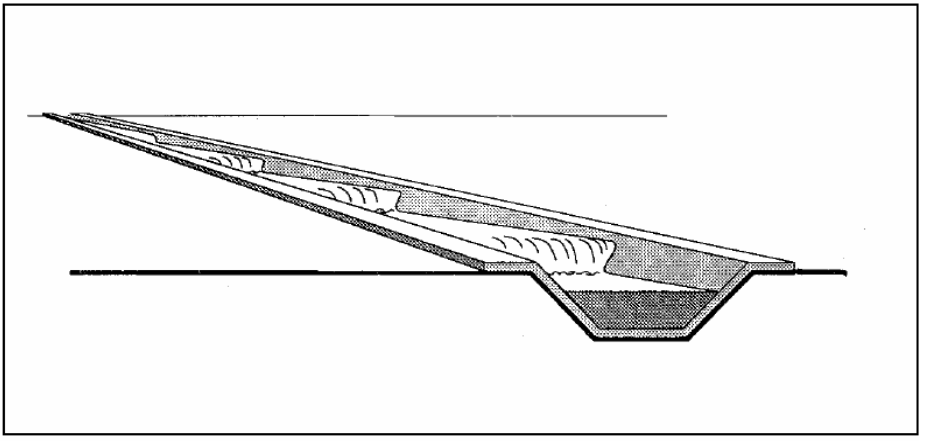

**شکل۳۸. الف) کانالی با شیب تند که باید شیب ان اصلاح شود.**
**ب) کاهش شیب کانال با خاک‌برداری**
**پ) کاهش شیب کانال با استفاده از سازه‌ی تنداب**

وقتی شیب یک کانال با نصب شیب‌شکن‌ها کاهش یابد، سرعت جریان نیز نسبت به قبل کم‌تر خواهد شد. لذا برای آنکه گنجایش کانال ثابت بماند، مقطع عرضی بزرگ‌تری باید ساخته شود. شکل(۳۸- الف) مقطعی از کانال را نشان می‌دهد که شیب طولی آن همان شیب عمومی زمین است. بنابراین سرعت جریان در کانال از سرعت مجاز بیشتر است، لذا موجب فرسایش کانال می‌گردد. شکل(۳۸- ب) قسمتی از کانال را نشان می‌دهد که در آن با

1 - Cut & Fill
2 - Drop Structures

اصلاح شیب طولی از طریق خاک‌برداری و خاک‌ریزی در طی مراحل ساخت شیب هموارتری به‌دست آمده است. اما در این مورد حجم زیادی خاک باید جابجا شود تا شیب بستر کانال تا حدی‌که دیگر فرسایش نتواند مشکل چندانی ایجاد کند، حاصل شود. مقدار حجم عملیات خاکی، هر اندازه که اختلاف بین شیب طبیعی زمین و شیب کانال بیشتر باشد، افزایش می یابد. شکل (۳۸- پ) مقطعی از کانال را با همان شیب کلی مقطع شکل(۳۸- ب) نشان می‌دهد. اما حجم خاک جابجا شده در این مورد، کمتر از شکل (۳۸- ب) می باشد، ولی هزینه ساخت سازه‌ی شیب‌شکن، موردی است که باید درنظر گرفته شود.

البته، کار آسانی نیست که کانال موجود را به‌منظور اصلاح شیب بستر آن بازسازی کنیم. در چنین مواردی، شاید قراردادن مجموعه‌ای از سازه‌های تنظیم آب[1] در کانال به‌منظور کاهش سرعت جریان ممکن باشد، نظیر آن‌چه که در شکل ۳۹ می‌توان مشاهده کرد.



**شکل۳۹. مجموعه‌ای از سازه های تنظیم آب در یک کانال شیب‌دار با شیب تند**

در چنین مواقعی بهتر است با یک مهندس مجری یا طراح سازه‌های هیدرولیکی (به‌ویژه صاحب نظر در خصوص سازه‌های تندابی یا تنظیم جریان) مشورت کرد.

**پوشش کانال**

مقاطعی از کانال که در نتیجه جریان سریع آب فرسوده می شوند را می‌توان پوشش داد.

1 - Check Structures

- سرعت مجاز جریان آب در یک کانال پوشش‌یافته مـی‌توانـد بـالاتر از کانـال بـدون پوشش متناظر با آن باشد. بنابراین را شیب کانال می‌توان تندتر درنظر گرفت.
- چون سرعت جریان در یک کانال پوشش‌یافته می تواند بـالاتر از یـک کانـال بـدون پوشش باشد، مقطع عرضی یک کانال پوششی می توانـد کوچـک‌تـر از یـک کانـال غیرپوششی که دبی مشابهی را انتقال می‌دهد، باشد .

روش پوشش مقاطع کانال در فصل بعد شرح داده خواهد شد.

# فصل ششم
# پوشش کانال‌ها

## ٦. ١. مقدمه

آیا کانال را بایستی پوشش دار کرد؟ این سوالی است که اغلب از سوی کشاورزان و یا دیگر کسانی که در بهره برداری از طرح‌های آبیاری مشارکت دارند، پرسیده می‌شود. بعضی از ملاحظات مرتبط با این موضوع که در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرند عبارتند از:

- ضرورت پوشش،
- انتخاب نوع پوشش،
- عملیات اجرایی پوشش کانال‌ها.

## ٦. ٢. نتایج و هزینه‌های پوشش

پیش از تصمیم‌گیری درباره‌ی پوشش‌دارکردن یک کانال، باید هزینه ها و فواید پوشش کانال‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد. با پوشش کانال‌ها، سرعت جریان آب را به دلیل نرم‌تر شدن سطح بستر و جداره‌ها می‌توان افزایش داد. به طور مثال، در همان شیب و همان اندازه مقطع، سرعت جریان در یک کانال پوشش یافته می‌تواند ١,٥ تا ٢برابر کانال خاکی و بدون پوشش باشد و این بدان معنی است که، برای انتقال مقدار دبی یکسان، برای کانال پوشش یافته می توان سطح مقطع کوچک‌تری درنظر گرفت.

فواید قابل پیش‌بینی برای پوشش یک کانال آب عبارتنداز:

- صرفه جویی در آب،
- عدم نفوذ آب به زمین‌ها و جاده‌های مجاور،
- کاهش ابعاد مورد نیاز کانال،
- کاهش اقتضائات و هزینه‌های نگهداری.

### ٦. ٢. ١. صرفه جویی آب

یکی از مهمترین دلایل پوشش کانال‌ها، می‌تواند کاهش تلفات آب باشد، زیرا تلفات آب در کانال‌های آبیاری فاقد پوشش بسیار بالاست. در کانال‌هایی ۳۰ تا ۱۵۰ لیتر در ثانیه آب انتقال می‌دهند، تلفات آب ناشی از نفوذ و رویش گیاهی به ۱۰ تا ۱۵ درصد از جریان می‌رسد.

پوشش‌دار کردن یک کانال، به‌طورکامل نمی تواند این تلفات را حذف کند، اما می‌توان ٦٠ تا ۸۰ درصد از آبی که در نتیجه زبری کانال تلف می‌شود، با ایجاد پوشش سطحی سخت، ذخیره و حفظ نمود.

به حداقل رساندن تلفات آب بسیار مهم است، به‌ویژه در طرح‌های آبیاری که در آن از سیستم پمپاژ استفاده می‌شود. کاهش تلفات آب بدین معنی است که آب کمتری باید پمپاژ شود و بنابراین هزینه‌ی پمپاژ هم کاهش می یابد.

### ٦. ٢. ٢. عدم نفوذ آب به زمین‌ها و جاده‌های مجاور

اگر نفوذپذیری دیواره‌های کانال زیاد باشد، نفوذ آب ممکن است شرایط رطوبتی بالایی را بوجود بیاورد و یا سبب شود جاده‌ها و زمین‌های مجاور غرقاب گردد. پوشش چنین کانال‌هایی می‌تواند این مشکل را حل کند، زیرا نفوذپذیری دیواره‌ی یک کانال پوشش‌یافته بسیار کمتر از کانال بدون پوشش است و یا بسته به مصالح پوشش حتی ممکن است به صفر هم برسد.

### ٦. ٢. ٣. کاهش ابعاد کانال

زبری– مقاومت در برابر جریان– یک کانال پوشش یافته کمتر از کانال بدون‌پوشش است، و بنابراین، سرعت جریان آب در شیب بستر یکسان بیشتر از کانال بدون پوشش است. علاوه بر این، سطح سخت مصالح پوشش، در مقایسه با سطح کانال خاکی چون به‌راحتی فرسوده نمی‌شود، لذا انتقال جریان با سرعتی بالاتر را ممکن می‌سازد. همانطورکه قبلا توضیح داده شد، دبی کانال، از حاصل‌ضرب سطح مقطع عرضی کانال و سرعت جریان آب به‌دست می‌آید. در

نتیجه، به‌ازای سرعت ممکن و مجاز بیشتر در کانال‌های پوشش‌یافته، می‌توان سطح مقطع کانال را نسبت به یک کانال بدون‌پوشش کوچک‌تر درنظر گرفت.

### ٦. ٢. ٤. کاهش نیاز به نگهداری

یک پوشش سطحی نظیر بتن، آجر، پلاستیک و... روی کانال می‌تواند مانع رشد گیاهان شود و از ایجاد حفره توسط جوندگان جلوگیری کند، درنتیجه، عملیات نگهداری چنین کانال آبی می‌تواند آسان‌تر و سریع‌تر از کانال آب بدون پوشش باشد. علاوه بر این سرعت بیشتر در این کانالها به خاکدانه‌هایی که در آب حمل می شوند، اجازه ته‌نشینی، تجمع و در نهایت رسوب‌گذاری نمی‌دهند.

بستر و کناره‌های کانال‌های پوشش شده نسبت به کانال‌های بدون پوشش مقاوم ترند و استعداد کمتری برای فرسایش دارند.

### ٦. ٢. ٥. هزینه‌های پوشش

هزینه های پوشش بسته به هزینه‌ی محلی کارگری و مصالح پوشش، همینطور به طولی از کانال که باید پوشش شود، می تواند بسیار بالا باشد. قیمت مصالح پوشش از محلی به محل دیگر متغیر است. کمیته‌های آبیاری و کشاورزانی که مسئول پوشش کانال‌ها در یک طرح آبیاری هستند وظیف دارند اطلاعات مورد نیاز در خصوص هزینه‌های مصالح و تامین نیروی کارگری را جمع آوری کنند.

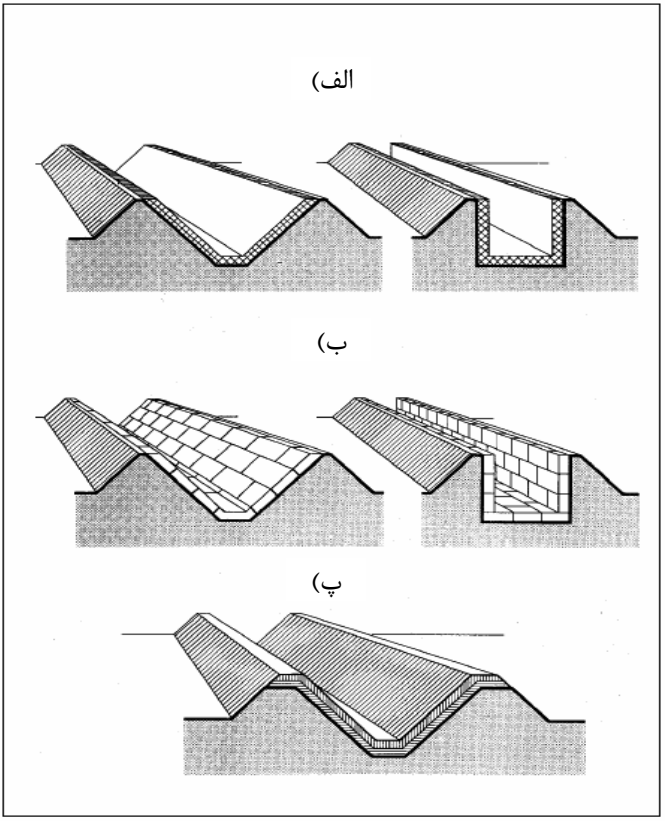
## ٦. ٣. انتخاب نوع پوشش

معمول ترین شیوه های پوشش در شکل ٤٠ نشان داده شده است و عبارت است از:

- بتن،
- بلوک‌های سیمانی، آجر و سنگ‌های ساختمانی،
- سیمان شنی،
- پلاستیک، و
- رس متراکم

انتخاب مصالح پوشش در درجه‌ی اول، به این موارد بستگی دارد:

- هزینه‌های محلی
- قابلیت دسترسی به مصالح
- فراهم بودن شرایط استفاده از مهارت‌های بومی(صنعت‌گران محلی).




**شکل۴۰. انواع مختلف پوشش کانال‌ها:**
**الف) پوشش بتنی ب) پوشش آجری پ) پوشش رس متراکم شده یا ماسه سیمان**

اگر سیمان، شن و ماسه نسبتا ارزان و از مناطق بومی در دسترس باشند، پوشش بتنی یک گزینه‌ی خوب خواهد بود. اگرچه سرمایه‌گذاری اولیه برای پوشش بتنی عموما بالاست، اما اگر به‌درستی ساخته و نگه‌داری شود، تا مدتها باقی می‌ماند، و می‌تواند که هزینه‌های اولیه‌ی بالا را جبران کند.

اگر صنایع بومی آجرپزی، بتواند آجرهای ارزان فراهم کند، و یا اگر سنگ ساختمانی یا سنگ و ملاط ماسه سیمان مهیا باشد، این مصالح را نیز می‌توان مدنظر قرار داد. البته با انتخاب چنین شرایطی، سیمان زیادی برای ساختن ملاط و نیز اندود کردن سطوح موردنیاز است. ساخت این نوع پوشش نسبت به انواع دیگر، به کارگران بیشتری نیازمند است، بنابراین، استفاده از این نوع پوشش، محدود به جاهایی است که نیروی کار فراوان بوده و هزینه های تامین مصالح نسبتا پایین است.

اگر حجم مناسبی از رس سنگین در نزدیکی طرح آبیاری فراهم باشد، پوشش رسی را می‌توان مدنظر داشت. پوشش کانالی آب بارس نیازمند نیروی کار نسبتا زیادی است و بنابراین هزینه کارگران باید در مقایسه نسبت سود به هزینه‌ها لحاظ شود. استفاده از رس می‌تواند تلفات نفوذ را کاهش دهد و زبری سطح کانال را بهبود بخشد اما نمی‌تواند از رشد گیاهان و احتمال فرسایش جلوگیری کند.

## ٦. ٤. اجرا

### ٦. ٤. ١. اقدامات مقدماتی

اجرای پوشش کانال با عملیات خاکی آغاز می‌گردد. کانال معمولا داخل زمین ساخته می‌شود، به استثنای فلوم‌های پایه‌دار بتنی که رو یا بالاتر از سطح زمین باید قرار می‌گیرند.

برای حفظ مصالح پوشش و تسهیل شکل دهی مقطع، خاک زیراساس باید حفاری شده و متراکم گردد تا دقیقا شکل، شیب و راستای کانال را به‌خود بگیرد. به پی هر نوع پوشش که مدنظر قرار گرفت، به‌ویژه در زمان پر کردن آن باید توجه خاصی نمود. مصالح پوشش را ابتدا باید در حد رطوبت بهینه خیس کرد، سپس متراکم نمود و نهایتا با دقت مرحله‌ی پر کردن انجام شود.

پوشش کانال‌های مستطیلی عموما روی زمین صاف انجام می‌گیرد. ابتدا، مقطع کف کانال ساخته می شود و سپس دیواره‌های جانبی قائم که با پشته‌های خاکی حمایت می‌گردد همانطوری که در شکل ٤٠ و ٤٤– ت نشان داده شده است، به آن افزوده می‌شود.

### ٦. ٤. ٢. پوشش بتنی

پوشش بتنی را می‌تواند به شیوه های مختلفی انجام داد، شامل:

- اجرای دستی با اندود کردن بستر و دیواره‌ها (شکل ٤١)،
- استفاده از قالب ها و روش قالب‌ریزی یک در میان (شکل ٤٢)،
- استفاده از دال‌های بتنی پیش ساخته (شکل ٤٣)

جایی‌که پوشش بتنی با دست اجرا شود، باید به اختلاط مصالح بتن توجه زیادی کرد. بتن نباید خیلی رقیق باشد تا خزش بتن از کناره‌ها و به سمت پایین اتفاق نیافتاد. در شیب‌های تند کناره، لازم است قالب بتن را تا وقتی که کاملا تثبیت شود، درجا نگه داشت.

**شکل۴۱. پوشش کانال با اندودکاری دستی**

زمانی که برای پوشش، روش قالب‌ریزی یک‌درمیان انجام می‌گردد، از نشانه‌های راهنما استفاده می‌شود. مقاطع یک‌درمیان قالب‌گذاری و بتن‌ریزی شده، و انتهای مقاطع اجرا شده برای شکل‌دهی مقطع میانی استفاده می‌شود.

روزنه‌های کوچک یا درزهای انبساط در بازه‌ی ۱/۵ تا ۳ متر برای انبساط و انقباض بتن غیرمسلح لازم است. این درزها با مصالح آسفالت انعطاف پذیر پر شده، تا از نشت آب جلوگیری شود.

برای کانال‌های کوچک، می‌توان از دال‌های بتنی پیش‌ساخته استفاده کرد، نظیر واحدهایی که در شکل ٤٣ نشان داده شده است. اگرچه برای دال‌های پیش‌ساخته شکل٤٣ دریچه‌هایی نیز مهیا گردیده است.

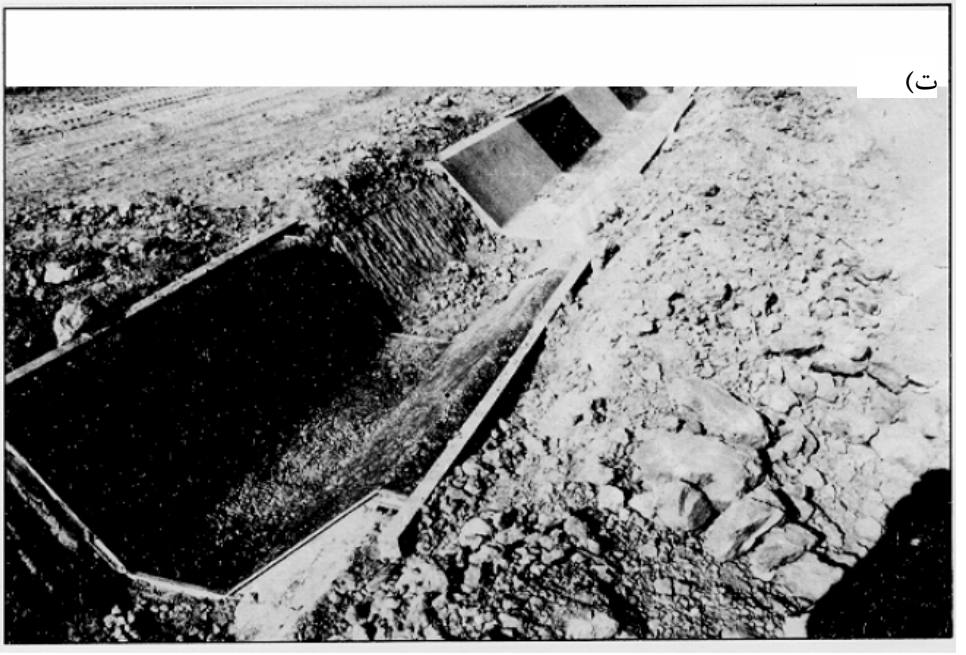
الف)

ب)

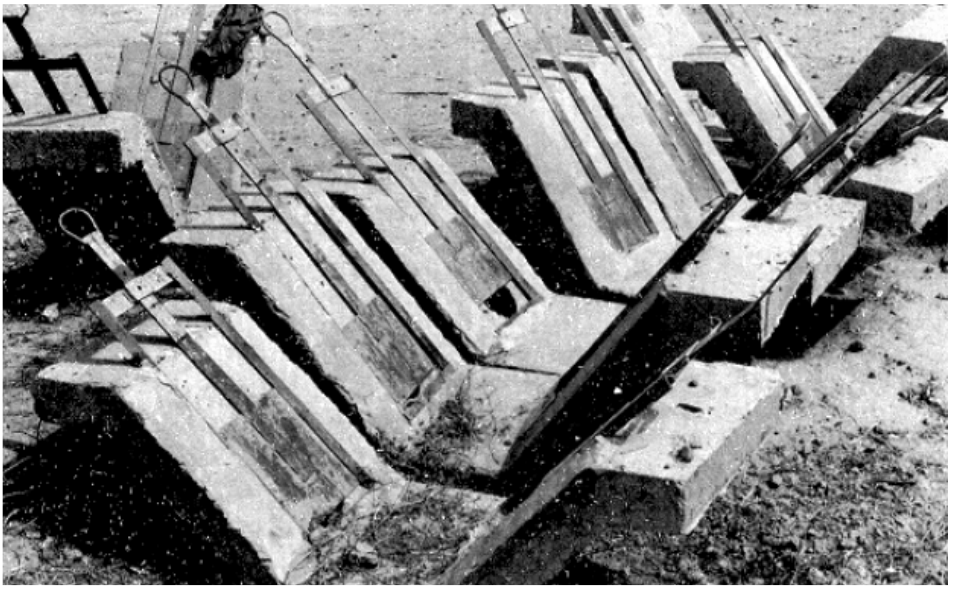
**شکل ۴۲ . الف) نصب علائم راهنما ب) اندودکاری با سیمان**

پ)

ت)



**شکل ۴۲ . پ) تراکم، شکل‌دهی و هموارسازی با ماله ت) مقاطع کانال یک‌درمیان پوشش شده**



**شکل۴۳. دال‌های کانالی شکل پیش‌ساخته بتنی**

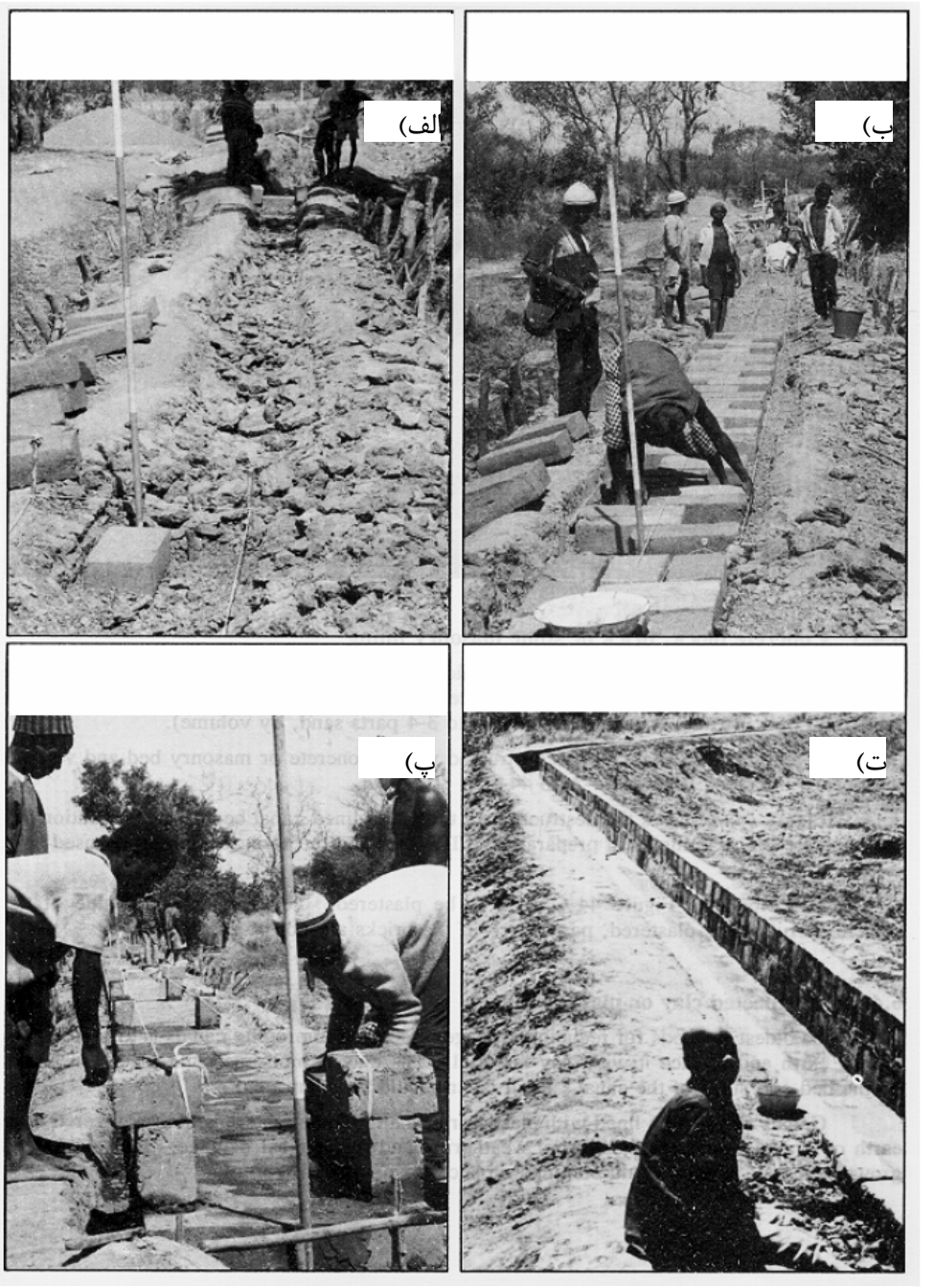
## ٦. ٤. ٣. پوشش با بلوک سیمانی، آجر یا سنگ‌های ساختمانی

بلوک‌های سیمانی، آجرها یا سنگ‌ها روی بستر و کناره‌های متراکم‌شده کانال ذوزنقه‌ای صاف خوابانده می‌شوند. درزها با ملاط سیمان که بایستی نسبت اختلاط سیمان به ماسه در آن ۱:۳ تا ۱:٤ باشد(از کل حجم ملاط یک قسمت سیمان به ٤-۳ قسمت ماسه) پر می‌شود.

کانال مستطیلی را نیز می‌توان با یک بستر بتنی یا آجری و دیواره‌های قائم آجری ساخت (رجوع کنید به به شکل‌های ٤٤- الف تا ٤٤-ت).

شکل ٤٤-الف تخریب بستر یک کانال قدیمی فاقد پوشش را نشان می‌دهد. برای پوشش با بلوک سیمانی، پی در مرحله‌ی آماده سازی است. از بلوک قرار گرفته در نمای جلوی تصویر به‌عنوان تراز مبنا استفاده می‌شود.

بلوک‌های نشان‌داده‌شده در شکل٤٤- ت لازم است اندود شوند. معمولا جانب در تماس با آب دیواره بنایی شده حتما باید اندود شود، به‌ویژه اگرآجرها کیفیت خوبی نداشته باشند.




**شکل ۴۴ . الف) تخریب بستر کانال قدیمی**
**ب) خواباندن بلوک‌های سیمانی روی کف**
**پ) ساختن دیواره**
**ت) پشت‌بند خاکی دیواره‌ها باید اضافه شود**

## ٦. ٤. ٤. پوشش با رس متراکم یا پلاستیک

یکی از قدیمی‌ترین شیوه‌ها برای کاهش تلفات نفوذ و بهینه‌سازی کانال‌ها برداشتن خاک متخلخل و جایگزینی آن با مصالح رسی است. رس مرطوب می‌شود و به‌صورت لایه‌لایه روی بستر و کناره‌های کانال قرار داده می‌شود. هر لایه باید متراکم شود.

کانال‌ها را با پلاستیک و آسفالت هم می‌توان پوشش داد. البته این مواد جهت حفاظت در برابر هوازدگی و تخریب مکانیکی باید با خاک یا شن پوشانده شوند. بنابراین رشد گیاهان و فرسایش خاک روی چنین پوشش‌هایی ممکن است ادامه یابد. (رجوع کنید به شکل٤٥).

**شکل۴۵. پوشش پلاستیکی**

پوشش پلاستیکی نشان داده شده درشکل٤٥ دارای نصب آسانی است. چنین پوشش انعطاف‌پذیری در خاک‌هایی که حاوی رس متورم یا گچ هستند، مفید است. با این‌حال، پوشش پلاستیکی به‌راحتی توسط گیاهان، انسان و حیوانات ولگرد قابل تخریب است و وقتی پلاستیک در طولانی مدت، در معرض تابش شدید خورشید قرار گیرد، از هم می‌پاشد.

# فصل هفتم
# طرح و توسعه‌ی یک پروژه‌ی کوچک

## ۷. ۱. مقدمه

این فصل به مباحث مهمی در زمینه‌ی ایجاد اراضی فاریاب جدید از طریق توسعه‌ی پروژه‌های موجود یا طراحی یک پروژه‌ی جدید، به‌طورمستقل از هم، می‌پردازد و برخی مشکلات و رویکردهای اساسی قابل توجه در مسیر توسعه‌ی طرح‌های موجود را مطرح می‌کند.

هدف از این فصل این است که به خوانندگان موضوعاتی را نشان دهد که قبل از گرفتن هر تصمیمی برای شروع عملیات ساخت باید مدنظر قرار داد.

این بحث به طرحهای کوچک با زیرحوزه کمتر از۵۰ هکتار محدود می‌شود، لذا دبی در کانال‌های جدید باید کم باشد، و این مساله ابعاد کانال‌ها را کاهش می‌دهد. وقتی اراضی‌هدف بیش از۵۰ هکتار باشند یا جایی که مسائل طراحی پیچیده‌ای وجود دارد، مسئول بخش آبیاری جهت مشاوره بایستی یک مهندس آبیاری درخواست کند.

اینجا باید تأکید شود که دخالت کشاورزان ذینفع در آینده، عامل بسیار مهمی در طراحی و ساخت شبکه‌های آبیاری جدید است. اگر کشاورزان از ابتدای طرح تشویق به مشارکت شوند، بهره‌برداری و مدیریت طرح، قابل سازماندهی بوده، و به شکل امیدوارکننده‌ای یک حس غرور درونی‌از مشارکت در طرح خواهندداشت مسلما اگر هر کشاورز درگیر طراحی‌و ساخت نشود و بعدا طرح جدیدی را مطابق دلخواه خود مطالبه کند، مشکل‌سازخواهد شد.

## ۷. ۱. ۱. توسعه‌ی طرح‌ها کوچک

زمینی که در مجاورت طرح آبیاری موجود قراردارد، باید برای گسترش اراضی طرح مورد بررسی قرار گیرد. در زمان مطالعه چنین طرح توسعه‌ای، لازم است به سوالات متعددی پاسخ داده شود:

- آیا خاک برای تولید محصول فاریاب مناسب است؟
- آیا وضعیت توپوگرافی برای آبیاری مناسب است؟
- مالکین اراضی منطقه چه‌کسانی هستند، چه‌کسی وضعیت اجاره اراضی را کنترل می‌کند و چه کسانی از مزارع جدید استفاده خواهند کرد؟
- چه مقدار آب برای آبیاری اراضی جدید نیاز است؟
- آیا آب کافی از منابع موجود فراهم می‌شود؟
- آیا رساندن آب تامین شده به مزارع جدید از طریق توسعه‌ی شبکه کانال‌های آبیاری موجود ممکن است یا باید شبکه‌ی آبیاری جدیدی ساخته شود؟

## ۷. ۲. ۲. برنامه‌ریزی برای یک پروژه‌ی جدید

نظیر همین پرسش‌ها، هنگام ایجاد یک طرح آبیاری جدید و مستقل هم مطرح می‌شوند. مساله اساسی که در ابتدا باید حل شود تامین آب با کیفیت و کمیت خوب است. سوال‌های دیگری که باید پاسخ داده شود این است که: چطور باید آب از این منبع استخراج می شود؟ آیا می‌توان به‌شکل ثقلی آب را استخراج کرد یا به نصب پمپ نیاز دارد؟

تجربیات حاصل از طرح‌های آبیاری مجاور می‌تواند برای طراحی پروژه‌ی جدید مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان مثال جنبه‌های که در مطالعه‌ی طرح‌های مجاور می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد، عبارتند از:

- چه نوع کانال‌هایی در طرح‌های مجاور استفاده شده، و به‌کارگیری آن رضایت‌بخش بوده است؟
- ابعاد زمین‌های کشاورزی در آن طرح‌ها چقدر بوده، و آیا باید در طرح جدید بزرگتر یا کوچکتر می‌شدند؟

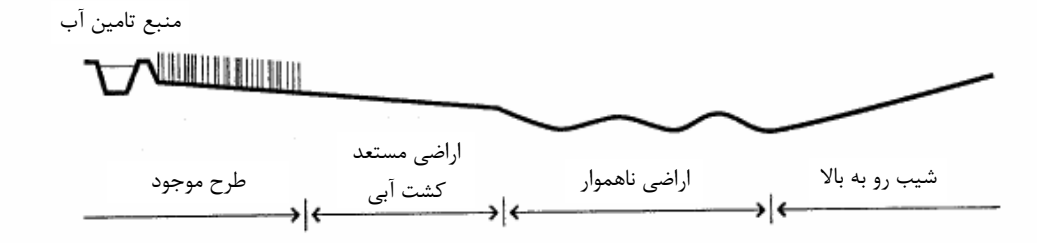
بخش‌های بعدی جزئیات این پرسش‌ها را دربرنمی‌گیرد، زیرا بسیاری از عوامل به شرایط محلی بستگی دارند که البته از جایی به جای دیگر متفاوت است. این فصل بیشتر سعی می کند

به خواننده این ایده را بدهد که درباره‌ی توسعه ی یک طرح قدیمی و یا ساخت یک طرح آبیاری جدید چه رویکردی داشته باشد. دوباره تأکید می شود که در مسائل پیچیده باید از کمک مشورتی یک مهندس آبیاری استفاده شود.

سوال‌هایی که در مورد ویژگی‌های خاک و مالکیت زمین مطرح هستند در اینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرد، زیرا چنین پرسش‌هایی خارج از محدوده‌ی این کتاب هستند.

## ۷. ۲. توپوگرافی اراضی مورد نظر

مناطقی که برای توسعه یا برای طرح جدید مدنظرقرار می‌گیرد نباید روی شیب تندی قرار داشته باشد و لزوما باید نسبتا هموار، با یک سراشیبی‌ملایم رو به پایین از طرح موجود یا از منبع تامین آب باشد (رجوع کنید به شکل٤٦). این شکل پروفیلی از زمین یک منطقه را در امتداد مسیر منبع تامین آب تا اراضی فاریاب جدید نشان می دهد. پروفیل طولی اراضی می‌تواند در قضاوت در مورد امکان‌سنجی توسعه‌ی طرح گذشته یا ساخت طرح آبیاری جدید کمک کند.




**شکل۴۶. توسعه یک پروژه‌ی آبیاری**

وقتی این اطمینان وجود ندارد که اراضی جدید را بتوان بدون مشکل آبیاری کرد، باید با یک مهندس آبیاری مشورت کرد. این مهندس می تواند نقشه تفضیلی توپوگرافی منطقه را بررسی و نظر مشورتی خود را ارائه کند.

## ۷. ۳. نیاز آبی

به‌طور کلی پس‌از این‌که ناحیه مستعد کشت فاریاب شناسایی شد، حدود اراضی بهره‌بردار از آب زراعی باید تعیین شود و بعد از تعیین مساحت حدود اراضی مد نظر جهت توسعه کشت آبی، نیاز آبی منطقه باید محاسبه شود.

در مورد طرح‌های توسعه، نیاز آبیاری منطقه‌ی توسعه بایستی به طرح قدیمی اضافه شود. بنابراین در محاسبات، مجموع نیازهای آب آبیاری از گنجایش سازه‌ی آبگیر یا کانال اصلی طرح پایه نباید تجاوز نکند.

وقتی ظرفیت ذخیره‌ی سردهنه‌ی آبگیر و کانال اصلی برای منطقه توسعه با همان شرایط اراضی موجود کافی نباشد، باید گنجایش کانال اصلی و این سازه، قبل از عملی شدن طرح توسعه، افزایش یابد.

## ۷. ٤. انتقال آب به اراضی جدید

اگر آب کافی در منبع تامین آب موجود باشد و گنجایش دهانه‌ی آبگیر و کانال اصلی به اندازه ی کافی بزرگ است (یا توسعه داده شده باشد) آب مورد نیاز اراضی جدید را می توان با توسعه‌ی شبکه کانال‌های موجود تامین کرد. گنجایش شبکه کانال ها باید تعیین شود و با مقدار دبی مورد نیاز در طرح توسعه مقایسه شود. وقتی گنجایش شبکه کانال ها برای انتقال میزان آب مورد نیاز کافی باشد، کافی‌است کانال‌های جدید در منطقه‌ی توسعه احداث شوند، اما اگر گنجایش شبکه برای انتقال دبی مورد نیاز کافی نباشد، باید گنجایش را افزایش داد. در این شرایط نه‌تنها کانال های جدید باید ساخته شود بلکه باید کانال‌های موجود هم برای افزایش توان تامین آب، بزرگتر شوند.

یک روش مناسب برای برآورد گنجایش کانال و همین‌طور افزایش آن در ادامه‌ی کتاب ارائه شده است.

اگر برای یک طرح جدید، طرح اولیه کاملی از شبکه کانال‌ها از محل منبع تامین آب باید ترسیم شود. موضوع چگونگی ساخت طرح لیوت شبکه در اینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرد زیرا طرح لیوت شبکه به شرایط و عوامل محلی، نظیر؛ نوع خاک، شیب، محصولات و... بستگی دارد که در این قسمت، تنها به‌شکل کلی اشاره‌ای به آن شده است.

توصیه می‌شود که کانال‌های تغذیه‌کننده در امتداد خط‌الراس‌ها یا در عرض شیب عمومی زمین قرار گیرند، به‌طوری‌که تراز آب در این کانال‌ها تا حد امکان امکان بالاتر از اراضی مجاور باشد. بنابراین لیوت شبکه کانال ها تا جایی که میسر باشد، باید بر مرزهای مزارع موجود منطبق باشد و جاده‌ها و زهکش‌های طبیعی موجود را قطع نکند.

باید به تراز آب در کانال‌های جدید توجه ویژه‌ای داشت. لذا به‌منظور فراهم آوردن نیاز آبی یک مزرعه، سطح آب در کانال تامین‌کننده باید حداقل ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از بلندترین قسمت مزرعه‌ای باشد که قرار است آبیاری شود.

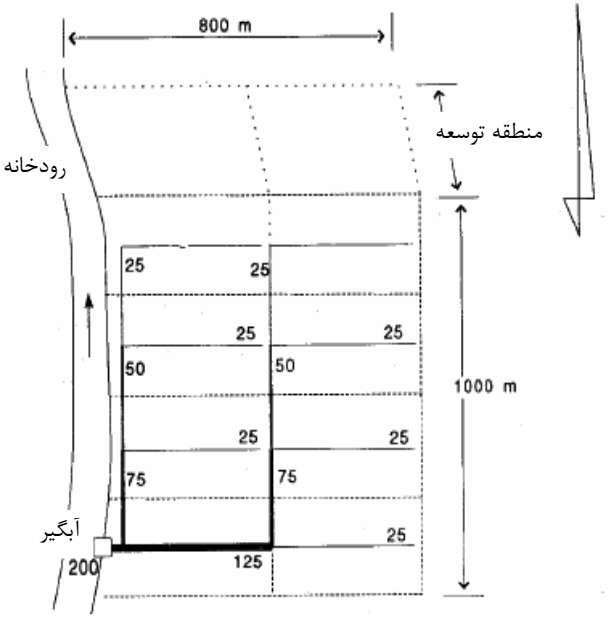
روش ساخت کانال‌های آبیاری جدید در ادامه‌ی کتاب شرح داده شده است.

## ۷. ۵. نمونه‌ای از توسعه‌ی یک طرح کوچک

نمونه‌ای از توسعه‌ی طرحی کوچک در این قسمت آمده است. پس از شرح کلیات طرح، روشی که بر اساس آن عمل توسعه‌ی طرح محقق گردیده، ارائه می شود.

**شرح طرح آبیاری**

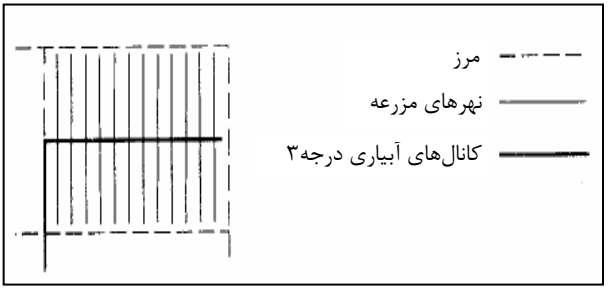
سایت این طرح آبیاری در امتداد یک رود کوچک واقع شده، و سطح تحت پوشش آن ۸۰ هکتار است (۸۰۰ متر عرض در ۱۰۰۰ متر طول). این زمین در جهت شرق و شمال شیب دارد، اگرچه در راستای شمال، شیب، نسبتاً هموار است. این طرح به ۸ بلوک هم‌اندازه تقسیم می شود و تامین آب هر بلوک برعهده‌ی یک کانال درجه‌ی سه است. آب آبیاری با دبی ۲۰۰L/s از رودخانه‌ای منشعب می‌شود. این جریان در شبکه‌ی کانال‌ها به‌گونه‌ای تقسیم می شود که سهم هر بلوک ۲۵L/s است. اراضی که در ناحیه‌ی شمالی طرح واقع شده‌اند برای ورود و مشارکت در طرح مدنظر قرار گرفته‌اند (رجوع کنید به شکل ٤٧).




**شکل ۴۷.طرح آبیاری موجود و موقعیت ممکن توسعه**

طول هر نهر مزرعه در حدود ۱۰۰ متر است (رجوع کنید به شکل ٤٨).

فرآیند مدنظر برای توسعه ی این طرح گام های زیر را دربرمی‌گیرد:




**شکل ۴۸. بلوک‌های زراعی با کانال درجه سه و انهار مزرعه**

گام ۱: نشانه‌گذاری منطقه مدنظر برای توسعه و اندازه گیری سطح اراضی جدید.

گام ۲: نشانه‌گذاری مسیر کانال‌ها در ناحیه‌ی توسعه.

گام ۳: کنترل شیب راستاهای پیشنهادی برای کانال.

گام ٤: محاسبه‌ی دبی مورد نیاز در کانال های جدید.

گام ٥: افزودن نیازهای آبیاری منطقه‌ی توسعه به نیاز آبی طرح موجود و کنترل گنجایش ساختمان آبگیر و قابلیت دسترسی آب از منبع تامین آن.

گام ٦: تعیین دبی‌های مورد نیاز که از طریق کانال های موجود به منطقه‌ی جدید می‌رسد و کنترل گنجایش کانال‌ها.

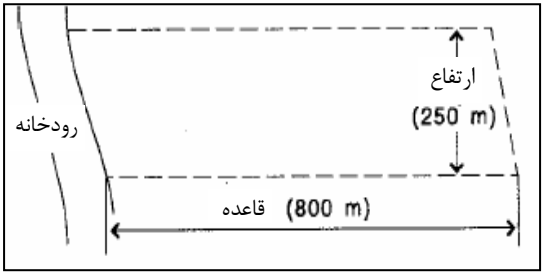
گام ۷: اگر لازم است ، بزرگتر کردن ظرفیت دهانه‌های آبگیر یا کانال های موجود.

گام ۸: تعیین ابعاد و رقوم ارتفاعی کانال های آبیاری جدید و ساخت آن ها.

گام ۹: اگر لازم باشد، ساخت سازه‌های جدید و افزایش گنجایش سازه‌های موجود.

۸ گام اول به تفضیل شرح داده می شود اما گام ۹ خارج از موضوع کتاب حاضر است و امید است در کتب آتی مورد بحث قرار گیرد.

*گام۱: نشانه‌گذاری منطقه مدنظر برای توسعه و اندازه گیری سطح اراضی جدید.*




**شکل ۴۹. تعیین سطح منطقه توسعه**

مرزهای منطقه موردنظر نشانه‌گذاری می شود. شیب مزرعه کنترل می‌شود . این منطقه برای توسعه باید خاک خوب و شیب ملایم

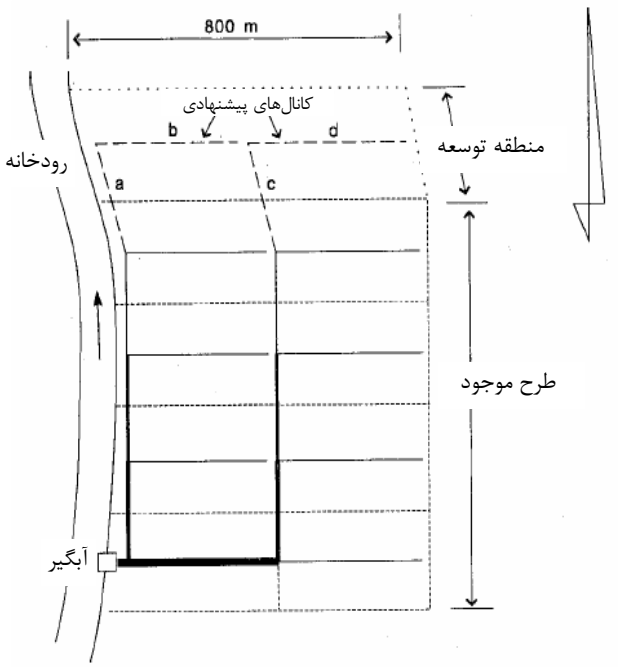
رو به پایین از طرح موجود داشته باشد: منطقه توسعه باید از خاک مناسب و شیب ملایم، از طرح موجود رو به سمت پایین، برخوردار باشد. این اطلاعات را می توان از مشاهدات میدانی به‌دست آورد. به‌عنوان نمونه، مسیر رواناب در طول فصل پرباران جهت شیب را نشان می دهد.

حدود ناحیه‌ی جدید اندازه‌گیری،و مساحت منطقه برآورد می‌شود(رجوع‌کنید به‌شکل ٤٩).

ناحیه‌ی جدید شکلی نظیر متوازی الاضلاع دارد. طول ناحیه یا قاعده‌ی متوازی الاضلاع ۸۰۰ متر و عرض ناحیه یا ارتفاع متوازی الاضلاع ۲۵۰ متر، و در نتیجه مساحت ناحیه توسعه $۲۰۰۰۰۰m^2$= ۲۵۰ × ۸۰۰ است. ناحیه‌ی جدید به دو بلوک ۱۰۰۰۰۰ مترمربعی یا به عبارتی دیگر ۱۰ هکتاری تقسیم می شود. این دو بلوک جدید مساحتی مشابه بلوک‌های موجود در طرح در حال بهره برداری دارند.

*گام ۲: نشانه‌گذاری مسیر کانال‌ها در ناحیه‌ی توسعه.*

در بررسی مسیرهای مربوط به کانال‌های جدید باید به ابعاد بلوک‌های آبیاری توجه شود. ابعاد بلوک‌ها باید با اندازه‌ی نظیر آن در طرح موجود برابر باشد، به‌طوری‌که نهرهای مزرعه از نظر طول با انهار مزرعه طرح موجود برابر باشند. ناحیه‌ی جدید در این نمونه به دو بلوک تقسیم شده است (رجوع‌کنید به‌شکل ٤٧). شکل ۵۰ مسیر کانال های جدید را نشان می‌دهد.




**شکل۵۰. مسیرهای پیشنهادی برای کانال‌های آبیاری جدید**

گام ۳: *کنترل شیب مسیرهای پیشنهادی برای کانال*

در این مرحله، مسیرهای پیشنهادی برای احداث کانال تعیین می شود. وقتی شیب زمین بین۰/۰۵ و ۰/۱۵ درصد باشد کانال‌ها را می‌توان به تبعیت از همان شیب طبیعی زمین احداث کرد. اگر شیب طبیعی زمین کمتر از ۰/۰۵ درصد باشد، مقطع عرضی کانال جدید باید نسبتا بزرگ‌تر درنظر گرفته شوند و اگر شیب تندتر از ۰/۱۵ درصد باشد ممکن است لازم باشد برای ساخت کانال‌ها خاک‌برداری و خاک‌ریزی و احداث سازه‌های شیب‌شکن محقق گردد تا سرعت جریان کاهش یابد (رجوع‌کنید به‌شکل ۳۸ در بخش ۵. ٦. ۲). وقتی شیب مزرعه در راستای کانال‌های پیشنهادی بین ۰/۰۵ درصد و ۰/۰۱۵ درصد نباشد، توصیه می‌شود که برای راهنمایی‌های بیشتر با یک مهندس آبیاری مشاوره شود.

روش تعیین شیب مسیر کانال ها در ضمیمه ۳ ارائه شده است.

کانال های a,b و c,d مسیرهای پیشنهادی برای کانال های جدید هستند. شیب این چهار مسیر بین ۰/۰۵ و ۰/۰۱۵ درصد است و کانال هایی که در زمین ساخته می شوند باید از همین شیب تبعیت کنند.

*گام ٤: محاسبه نیاز آب آبیاری بلوک‌های جدید*

دبی مورد نیاز در کانال های جدید تخمین زده می شود. حداکثر آب آبیاری برای این طرح ۲/۵ لیتر در ثانیه به‌ازای هر هکتار بوده است. نیاز آبی برای منطقه‌ی توسعه در صورت کشت گیاهان زراعی مشابه، همان مقدار خواهد بود. فلذا نیاز آبی هر بلوک جدید L/s ۲۵= ۱۰ × ۲۵ خواهد بود. بنابراین کانال های a,bو c,d باید گنجایشی در حدود L/s ۲۵ داشته باشند.

*گام ۵: افزودن نیازهای آب آبیاری منطقه ی توسعه به نیازهای طرح در حال بهره‌برداری و بررسی گنجایش آب در سازه‌های آبگیر و میزان آب قابل دسترس.*

نیاز آبی منطقه ی جدید L/s۵۰ = ۲/۵× ۱۰×۲ است.

نیاز آبیاری طرح موجود L/s ۲۰۰= ۲/۵ × ۸۰ است.

لذا، نیاز آب آبیاری برای توسعه‌ی طرح برابر است با: L/s۲۵۰= ۵۰ + ۲۰۰ و در نتیجه گنجایش سازه‌ی آبگیر باید برابرL/s ۲۵۰ یا بیشتر از آن باشد.

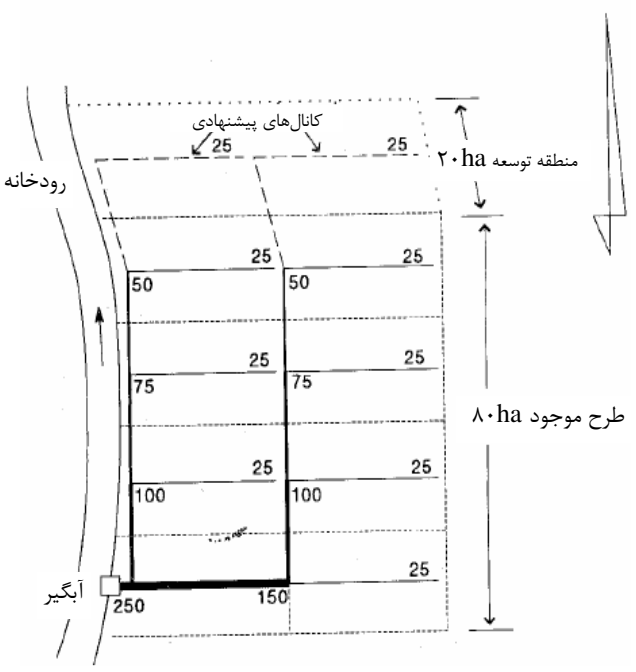
در این نمونه، فرض شده است سازه‌ی آبگیر طرح موجود، گنجایش کافی برای تامین نیاز آبی اضافی ناحیه‌ی جدید را دارد.

*گام ٦: تعیین دبی های مورد نیاز کانال های موجود که تامین نیاز منطقه‌ی جدید را به‌عهده دارند و کنترل گنجایش کانال ها.*

دبی مورد نیاز در کانال‌های جدید باید به دبی کانال‌های در حال بهره‌برداری طرح موجود که تامین کننده نیاز بلوک‌های جدید هستند اضافه شود (رجوع‌کنید به‌شکل ۵۱ که در آن مسیر جریان‌های جدید در سیستم کانال ها نشان داده شده است.)

با داشتن مقدار دبی‌های جدید مورد نیاز، باید گنجایش کانال‌های موجود بررسی شود. فرآیند برآورد گنجایش کانال در بخش ۲ ضمیمه ۱ کتاب ارائه داده شد. برآوردها برای مقطع e شکل ۵۰ نشان می‌دهد، برای این نمونه در مقطع موردنظر؛ $Q_{max}$ =۳۳L/s .

گنجایش این مقطع کانال باید ۵۰L/s باشد(رجوع‌کنید به‌شکل ۵۱). بنابراین نیاز است این مقطع بزرگتر شود.




**شکل۵۱. توسعه طرح و دبی‌های مورد نیاز**

*گام ۷: افزایش گنجایش کانال‌های موجود در صورت نیاز*

گنجایش مقاطع کانال های موجود باید برای انتقال دبی جدید کافی باشد و اگر با ابعاد موردنظر خیلی اختلاف دارند باید بزرگ‌تر شوند.

گنجایش کانال را می‌توان با بالا بردن ارتفاع خاکریزهای کانال یا با تعریض عرض بستر افزایش داد.

*گام ۸: تعیین ابعاد و رقوم ارتفاعی کانال های جدید و ساخت آنها.*

چون شیب کانال‌های آبیاری جدید بین ۰/۰۵ و ۰/۱۵ درصد هستند (از گام ۳)، از جدول۱ (در فصل۳) می‌توان برای تعیین ابعاد کانال ها استفاده کرد. این کانال‌ها با خاک ساخته می‌شوند. لذا برای دبی جریان L/s ۲۵ از جدول عرض بستر۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر و عمق آب ۱۵ تا ۲۵سانتی‌متر به‌دست می‌آید. حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز برای چنین کانال‌هایی، ۲۵سانتی‌متر است (رجوع کنید به فصل۳). برای مقاطع عرضی کانال‌های با شیب ملایم، می‌توان عرض بستر ۲۵سانتی متر و ارتفاع ٤٥ سانتی‌متر را درنظر گرفت. در خاک‌های غنی از رس در این ناحیه با ضریب اطمینان مناسبی می‌توان از با شیب جانبی ۱:۱ استفاده کرد.

به سطح تراز آب در کانال ها باید توجه کرد. برای ذخیره‌ی آب در مزرعه، این تراز باید کمتر از ۱۰ سانتی متر بالاتر از رقوم ارتفاعی مزرعه باشد. اگر لازم بود، می‌توان سطح آب را با نصب سازه‌های کنترل در کانال بالا آورد. اما باید توجه داشت که ارتفاع خاکریز کانال باید به اندازه کافی نسبت به حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز بالای این تراز آب حداکثر بیشتر باشد.

پس از تعیین ابعاد مقاطع عرضی کانال های جدید، عملیات ساختن آن‌ها آغاز می شود. ضمیمه ۲ این کتاب به ساخت کانال ها مربوط می‌شود.