



درس طراحی شبکه توزیع آب شهری

جلسه اول:

معرفی منابع و مراجع، نحوه ارزیابی؛ مقدمه و کلیات

دانشگاه شهید بهشتی

مدرس: دکتر محمد شاهسوندی

صفحه شخصی: <http://www.shahsavandi.ir/>

زمینه‌های تحقیقاتی

- مهندسی و مدیریت آب شهری
- طراحی/بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب
- طراحی/بهره‌برداری از سامانه‌های جمع‌آوری رواناب شهری
- مهندسی و مدیریت سیلاب
- طراحی و بهره‌برداری از سازه‌های هیدرولیکی
- هوش مصنوعی (بهینه‌سازی، محاسبات نرم)

نحوه ارزشیابی

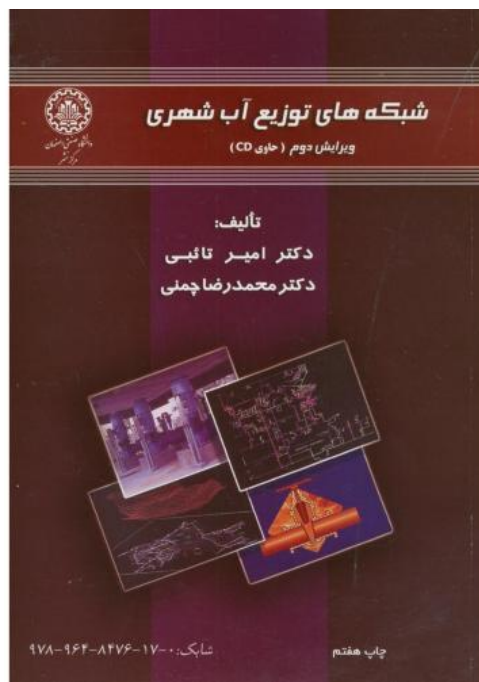
- پروژه: ۸ نمره
- امتحان کتبی: ۱۲ نمره

سرفصل مباحث

- کلیات و تعاریف
- روابط هیدرولیکی حاکم بر شبکه‌های توزیع آب و اجزای مختلف شبکه
- انواع تحلیل هیدرولیکی (تحلیل مبتنی بر تقاضا و تحلیل مبتنی بر فشار)
- آب به حساب نیامده (بدون درآمد) و اجزای مختلف آن در شبکه‌های توزیع آب
- مدلسازی کیفی شبکه‌های توزیع آب
- کالیبراسیون مدل‌ها تحلیل هیدرولیکی و کیفی
- قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع آب

مراجع درس - بخش شبکه‌های آبرسانی

- مدلسازی پیشرفته شبکه‌های توزیع آب، دکتر مسعود تابش، دانشگاه تهران؛ آخرین ویرایش
- شبکه‌های توزیع آب شهری، تائبی، چمنی، دانشگاه صنعتی اصفهان، آخرین ویرایش



مراجع درس - بخش شبکه‌های آبرسانی

- Water Supply and Distribution Systems (2024) Dragan A Savic, John K Banyard, Publisher: Emerald Publishing Limited.
- Hydraulic Principles and Design Concepts for Submain Units with Multiple Outlet Pipelines: New Analytical Techniques with Engineering Applications (2023), Gürol Yıldırım, Publisher: Springer.
- Losses in Water Distribution Networks: A Practitioners' Guide to Assessment, Monitoring and Control (2005), Malcolm Farley; Stuart Trow, IWA Publishing, Volume 4, DOI: <https://doi.org/10.2166/9781780402642>
- Analysis of Water Distribution Networks (2006) Bhave, P. R., & Gupta, R., Alpha Science International Ltd.

طراحی باید بگونه‌ای باشد که در طول دوره بهره‌برداری و عمر مفید سامانه (در وضعیت عادی و اضطراری) آب با شرایط هیدرولیکی و کیفی مناسب به دست مصرف کننده برسد.

اولین گام برای طراحی ابعاد و ظرفیت اجزای شبکه چیست؟

- تقاضا و مصرف :؟؟
- تقاضای آبی: مقدار آبی که برای تامین نیاز منطقی یک مصرف کننده قابل پیش‌بینی است.
- مصرف: مقدار آبی که در عمل توسط مصرف کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد مصرف نامیده می‌شود.
- برای طراحی ابعاد و ظرفیت اجزای مختلف مورد نیاز در سیستم آبرسانی باید میزان تقاضا مشخص شود.
- مدیریت آب: فرایند برنامه‌ریزی، ساماندهی، هدایت و کنترل برای ایجاد تعادل و توازن بین نیاز آبی و هزینه‌های مربوط
 - مدیریت تامین
 - مدیریت توزیع
 - مدیریت تقاضا و مصرف

■ مدیریت تامین: به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌گردد که برای شناسایی، توسعه و استخراج آب از منابع جدید یا منبع آب بازچرخانی شده (Reuse) به شیوه‌های اقتصادی و مهندسی انجام می‌شود.

- حفر چاه

- احداث سد

- شیرین سازی آب دریا

■ مدیریت توزیع: به مجموعه فعالیت‌هایی که برای رساندن آب به مقدار کافی، فشار مناسب و کیفیت استاندارد به دست مصرف‌کنندگان از محل مخزن ذخیره تا نقطه مصرف انجام می‌شود. (نحوه توزیع و تخصیص آب بین بخش‌های مختلف)

- نوسازی شبکه (برای جلوگیری از تلفات آب)

- اولویت‌بندی مصارف

- مدیریت تقاضا و مصرف: به فرایند برنامه‌ریزی، ساماندهی، هماهنگی و کنترل برای شناسایی شیوه‌های مصرف و ابزارهای موجود برای کنترل سطوح و کاهش مصرف آب، مدیریت تقاضا گفته می‌شود. (هدف آن کاهش مصرف بی رویه آب و افزایش بهره‌وری در مصرف است، نه افزایش تامین)
- استفاده از شیرهای کاهنده مصرف
- برنامه‌های آموزشی و فرهنگی
- افزایش قیمت (که نتیجه آن صرفه‌جویی و کنترل مصرف و تقاضاست)

پیش‌بینی میزان تقاضا

■ **عوامل موثر در پیش‌بینی تقاضا:** پارامترهای اقلیمی (دما، بارندگی، رطوبت، فشار هوا، باد، ساعت‌های آفتابی)، جمعیت، نوع کاربری، سطح زندگی مردم و استانداردهای کیفیت زندگی، میزان درآمد، فرهنگ، قیمت آب، نحوه و کیفیت اجرای شبکه، عمر شبکه، مدیریت شبکه، سن افراد، سطح بهداشت، کیفیت آب، مهاجر پذیری یا مهاجر فرستی و

■ نگرش‌های مختلف در پیش‌بینی تقاضا (مصرف)

۱- نگرش قطعی: روند تغییرات پارامترهای مختلف در طول زمان ثابت در نظر گرفته می‌شود.

۲- نگرش غیرقطعی: عدم قطعیت در پیش‌بینی لحاظ شده و در نتیجه با در نظرگیری سناریوهای مختلف، جوابهای متفاوتی بدست می‌آید.

■ انواع پیش‌بینی

- کوتاه‌مدت

- میان‌مدت

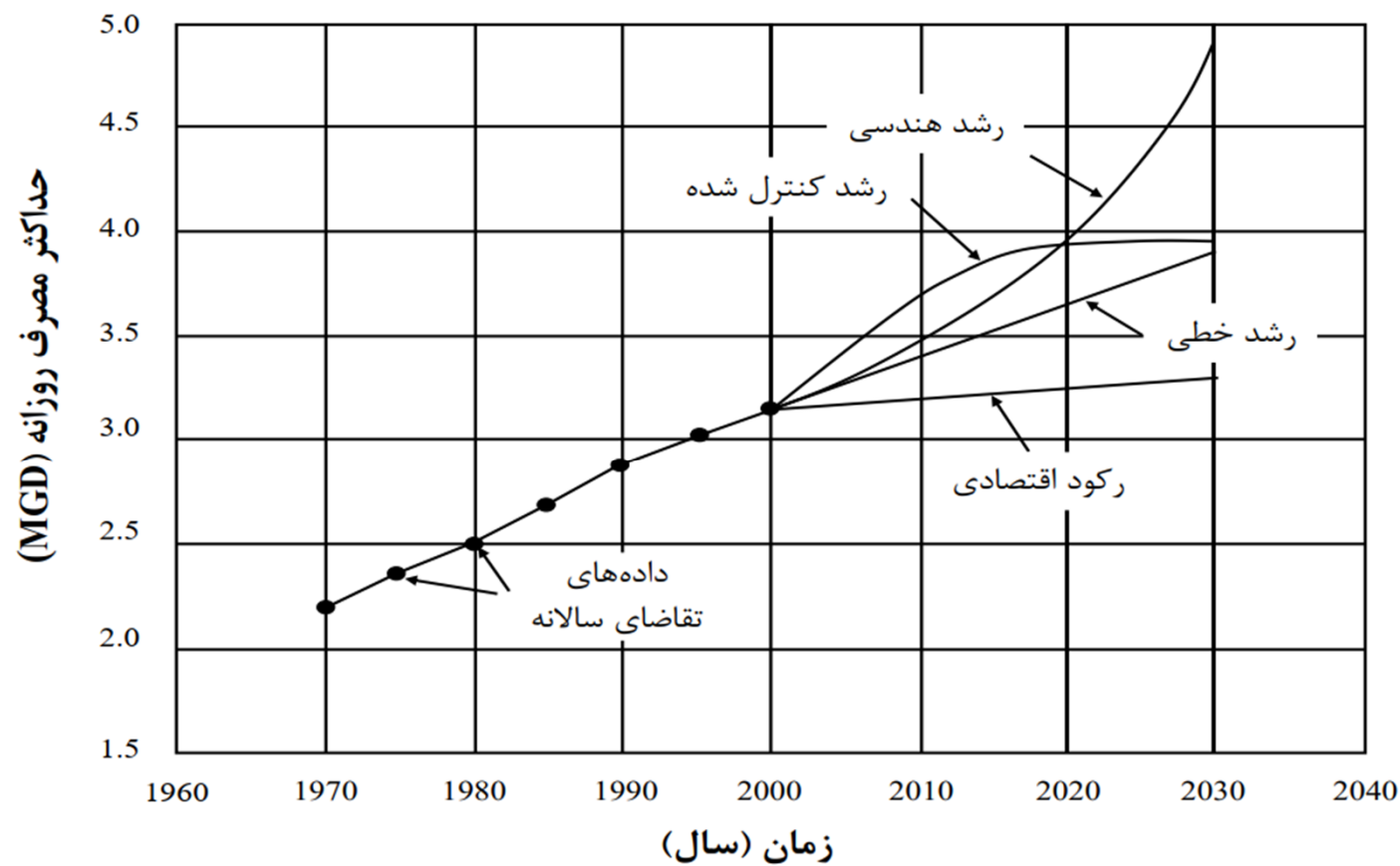
- درازمدت

■ **پیش‌بینی کوتاه‌مدت:** این نوع پیش‌بینی برای مدیریت مطلوب شبکه‌های توزیع آب نظیر مخازن، پمپ‌ها، شیرها، مدیریت تصفیه‌خانه‌ها، فشار و دبی ورودی به شبکه، زمان تعمیرات و کیفیت آب استفاده می‌شود.

■ پارامترهای موجود برای تعیین مصرف کوتاه‌مدت پارامترهای هواشناسی و مصارف اندازه‌گیری شده در دوره‌های قبلی است.

پیش‌بینی میزان تقاضا

- **پیش‌بینی میان‌مدت:** برای بازه‌های زمانی ماهانه تا سالانه انجام می‌شود و معمولاً ضمن بررسی نوسانات مصرف ماهانه و فصلی آب، امکان برنامه‌ریزی لازم توسط مدیران شبکه را فراهم می‌سازد.
- **پیش‌بینی بلندمدت:** شامل پیش‌بینی میزان مصرف برای ۵، ۱۰ و یا ۲۰ سال آینده است. پیش‌بینی بلندمدت برای طراحی تاسیسات و خطوط لوله شبکه توزیع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **حداقل اطلاعات مورد نیاز برای پیش‌بینی تقاضا:** جمعیت تحت پوشش، داده‌های تولید و مصرف به صورت روزانه، ماهانه و سالانه در یک دوره تاریخی، داده‌های ماهانه و سالانه مصرف مشتریان دارای قبض، داده‌های تاریخی قیمت آب و جمع‌آوری فاضلاب، تاریخچه مصرف آب در یک نمونه از مشترکین، داده‌های اقتصادی و اجتماعی، داده‌های هواشناسی، اطلاعات مربوط به برنامه‌ریزی صرفه‌جویی آب
- **دوره طرح:؟؟؟**
- **دوره طرح:** مدت زمانی است که طراحی هر قسمت از تاسیسات آب شهری و روستایی برای آن مدت پیش‌بینی می‌شود. معمولاً این دوره در ایران ۱۵ تا ۳۰ سال انتخاب می‌شود.



شکل ۱-۱- روش‌های مختلف برای تعیین تقاضای آینده (Haestad Methods et al., 2003)

عوامل موثر در تعیین دوره طرح

- هزینه طرح و مسائل اقتصادی (اصلی ترین عامل محدودکننده)
- نرخ بهره
- محدودیت‌های منابع آب و سرمایه
- ملاحظات فنی و اجرایی
- عمر مفید اجزا
- نرخ رشد سالانه جمعیت

پیش‌بینی میزان تقاضا

جدول - دوره طرح و مرحله‌بندی زمانی عملیات اجرایی برای تأسیسات مختلف سامانه‌های آبرسانی
(نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)

مرحله‌بندی		دوره طرح (سال)	نوع تأسیسات	
تجهیزاتی	ساختمانی			
۲ تا ۳	۱	۱۵-۳۰	سطحی	تأسیسات برداشت
۲ تا ۳	۲ تا ۳	۱۵-۳۰	زیرزمینی	آب
۲ تا ۳	۱ تا ۲*	۱۵-۳۰	خطوط انتقال	
۱	۱	≤ ۲۵	تونل‌های آبرسانی	
۱ تا ۲	۱ تا ۲	۱۵-۳۰	تصفیه‌خانه‌های آب	
۲ تا ۳	۲ تا ۳	۱۵-۳۰	مخازن	
۲ تا ۳	۱	۱۵-۳۰	ایستگاه‌های پمپاژ	
**	**	۱۵-۳۰	شبکه توزیع آب	

* در تعیین قطر خطوط انتقال و مرحله‌بندی اجرای آن (در اقطار بالا- بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر) عوامل مؤثر از قبیل تخصیص آب، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بررسی دقیق فنی و اقتصادی از روش ارزش فعلی^۱ و غیره در نظر گرفته شود.

** در خصوص شبکه توزیع آب مرحله‌بندی عملیات اجرایی با توجه به توسعه شهر انجام می‌شود.

پیش‌بینی میزان تقاضا

■ انواع نیازهای آبی شهر و روستا

- مصارف خانگی
- مصارف عمومی (ادارات، مراکز درمانی، اماکن مذهبی، آتش‌نشانی)
- مصارف تجاری و صنعتی
- مصارف فضای سبز عمومی (پارک‌ها، فضای سبز)
- نیازهای جانبی
 - آب مورد نیاز آتش‌نشانی (NFF)
 - آب مورد نیاز شستشو و گندزدایی شبکه
- آب به حساب نیامده (آب بدون درآمد): اختلاف آب تولیدی و کلیه مصارف اندازه‌گیری شده
 - تلفات ظاهری (غیر فیزیکی)
 - تلفات واقعی

■ تقاضای آب در آینده را می‌توان از حاصلضرب جمعیت آینده و مصرف سرانه بدست آورد.

مصرف کل: جمع همه مصارف

مصرف سرانه آب: میانگین مصرف روزانه آب هر نفر در طول سال

پیش‌بینی میزان تقاضا

■ نوسانات مصرف (تقاضا)

حداکثر مصرف روزانه: حداکثر میزان مصرف کل شهر در بحرانی‌ترین روز از سال
حداکثر مصرف ساعتی: بیشترین مصرف لحظه‌ای در ساعتی از روز حداکثر مصرف

ضریب حداکثر روزانه (C_1): نسبت حداکثر مصرف روزانه به متوسط مصرف روزانه (نشریه ۱۱۷-۳ بازنگری اول)
ضریب حداکثر ساعتی (C_2): نسبت حداکثر مصرف ساعتی به متوسط مصرف ساعتی در روز حداکثر مصرف در سال

■ تعیین مصرف سرانه آب

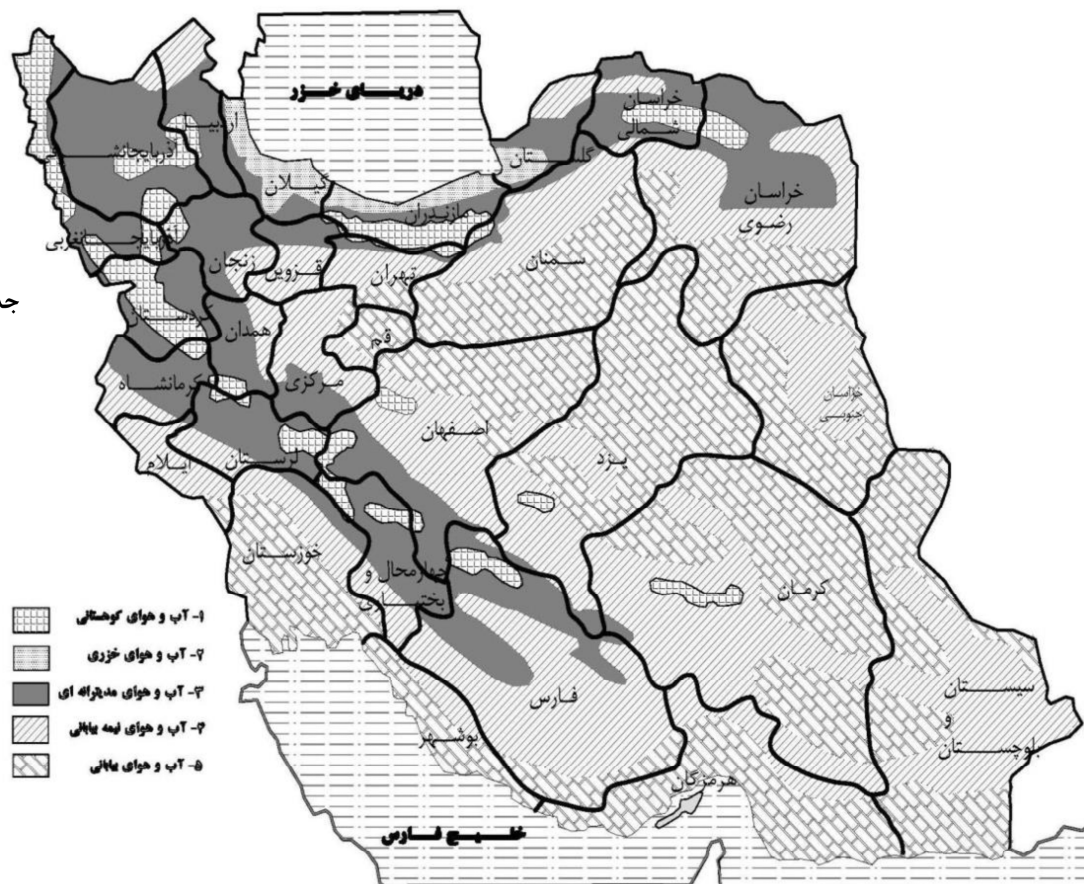
سرانه مصارف مختلف با توجه به آمار محاسبه می‌شود. سپس مصارف مختلف در انتهای دوره طرح تخمین زده می‌شوند و جمع بسته می‌شود.

ضرایب C_1 و C_2 باید در مصرف سرانه کل بدون آب به حساب نیامده ضرب شود.
در تعیین حداکثر مصارف روزانه و ساعتی کل باید مقدار آب به حساب نیامده در نظر گرفته شود.

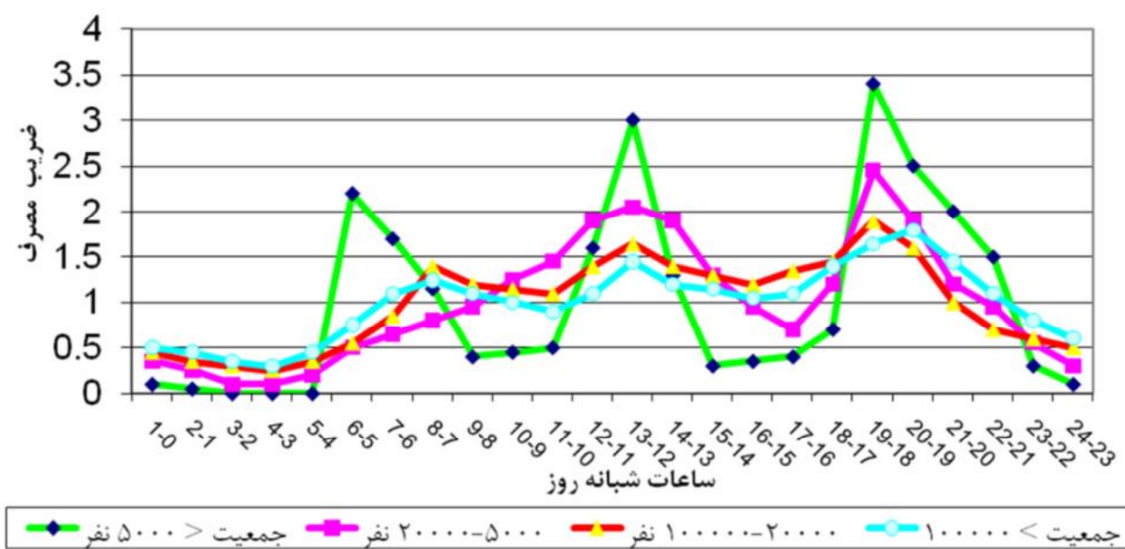
پیش‌بینی میزان تقاضا

جدول - ضریب حداکثر روزانه (C_1) در مناطق مختلف آب و هوایی کشور (نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)

منطقه آب و هوایی	ضریب C_1
۱	۱/۴ تا ۱/۸
۲	۱/۳ تا ۱/۶
۳	۱/۴ تا ۱/۹
۴	۱/۵ تا ۱/۹
۵	۱/۶ تا ۲



شکل - نقشه تقسیمات اقلیمی ایران (نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)



شکل - نمونه‌ای از نوسانات ساعتی مصرف (نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)

جدول - ضریب حداکثر ساعتی (C_2) در جمعیت‌های مختلف (نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)

ضریب C_2	جمعیت تحت پوشش مخزن (نفر)
۲ تا ۳	< 5000
$1/8$ تا ۲	$20000 - 5000$
$1/8$ تا $1/6$	$10000 - 20000$
$1/6$ تا $1/4$	$30000 - 10000$
$1/4$ تا $1/2$	$> 30000^*$

* توصیه می‌شود جمعیت تحت پوشش هر مخزن از سیصد هزار نفر تجاوز نکند.

مدل‌های پیش‌بینی جمعیت

■ روش رشد حسابی (روش خطی)

f: نرخ رشد جمعیت

$$Po_t = Po_0 + t.r$$

$$r = \frac{Po_2 - Po_1}{T_2 - T_1}$$

$$Po_t = Po_0(1 + r)^t$$

■ روش رشد هندسی

در این روش، سرعت رشد جمعیت متناسب با خود جمعیت است.

$$r = \left[\left(\frac{Po_2}{Po_1} \right)^{\frac{1}{(T_2 - T_1)}} - 1 \right]$$

■ روش رشد با آهنگ کاهشی

فرض می‌شود که جمعیت از حداکثر معینی که به آن جمعیت اشباع گویند، تجاوز نمی‌کند و آهنگ افزایش جمعیت با نزدیک جمعیت به سطح اشباع کاهش می‌یابد.

$$Po_t = Po_0 + (Po_{sat} - Po_0)(1 - e^{-Kdt})$$

جمعیت انتهای دوره طرح:

جدول ۱-۲- حداقل درصد نمونه‌گیری لازم برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مشترکین (نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)

جمعیت (هزار نفر)	< ۵	۱۰-۵	۲۵-۱۰	۵۰-۲۵	۱۰۰-۵۰	۲۵۰-۱۰۰	۵۰۰-۲۵۰	> ۵۰۰
حداقل مشترکین برای نمونه‌گیری (%)	۲۵-۲۰	۲۰-۱۵	۱۵-۱۰	۱۰-۵	۵-۲/۵	۲/۵-۱/۵	۱/۵-۱	۱

شماره پرسشنامه:	تاریخ تکمیل:	نام پرسشگر:
نام شهر:	شهرستان:	منطقه:
نام مشترک:		
شماره اشتراک:		
آدرس:		
تعداد واحد مسکونی:	تعداد طبقات:	تعداد خانوار:
تعداد افراد:		
سطح کل زمین:	(مترمربع)	
سطح زیربنا:	(مترمربع)	
عمر ساختمان:	(سال)	
آیا در تمام سال در محل سکونت اقامت دارید؟	بلی ☐ خیر ☐	
سطح فضای سبز:	(متر مربع)	
منبع تأمین آب فضای سبز:	چاه ☐ لوله‌کشی ☐ تانکر ☐ غیره ☐ (ذکر شود)	
آیا در طول شبانه‌روز قطعی آب دارید؟	بلی ☐ (مدت متوسط: ساعت) خیر ☐	
وضعیت کنتور:	دارد ☐ (وضعیت کنتور: سالم ☐ ناسالم ☐ ندارد ☐	
آیا از منبع دیگری غیر از شبکه آب شهری برای مصارف خانگی استفاده می‌شود؟	خیر ☐ بلی ☐ (مورد مصرف: مقدار: متر مکعب)	
تأسیسات بهداشتی با مصرف زیاد:	حمام ☐ توالت ☐ با سیفون مخزنی ☐ ماشین لباسشویی ☐ ماشین ظرفشویی ☐ استخر ☐	
آیا از سیستم خنک‌کننده استفاده می‌شود؟	بلی ☐ (نوع سیستم: مقدار تقریبی مصرف: (متر مکعب))، خیر ☐	
(مخصوص روستا): آیا دام در خانه نگهداری می‌شود؟	بلی ☐ (نوع دام: تعداد:) خیر ☐	
(مخصوص روستا): منبع تأمین آب دام چیست؟	چاه ☐ آب لوله‌کشی ☐ (..... لیتر بر روز) نهر یا رودخانه ☐ غیره ☐ (ذکر شود)	

مثال ۱-۱: مطلوب است محاسبه حداکثر روزانه مصرف سرانه آب در یکی از شهرهای واقع در منطقه با آب و هوای مدیترانه‌ای کشور (منطقه ۳) با جمعیت ۵۰۰۰۰ نفر بر اساس ضوابط این فصل.

مصرف سرانه خانگی	مصرف سرانه فضای سبز و عمومی
مصرف سرانه عمومی	مصرف سرانه تجاری و صنعتی
مصرف سرانه آب بدون درآمد	

۱-۴-۲-۳-۱- پیش‌بینی مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز)

در طرح‌های آبرسانی تفکیک مصارف فضای سبز خانگی از سایر مصارف خانگی ضرورت چندانی ندارد و فقط در طرح‌های فاضلاب این امر ضرورت می‌یابد. در مواردی که اطلاعات کافی در دسترس نباشد و یا امکان تکمیل پرسشنامه مصارف خانگی وجود نداشته باشد می‌توان محدوده ۷۵ تا ۱۵۰ لیتر بر نفر بر شبانه‌روز را به‌عنوان حدود بالا و پایین متوسط سرانه خانگی (بدون فضای سبز) مد نظر قرار داد و بر اساس جدول ۱-۵ بر حسب جمعیت، مقدار مصرف سرانه خانگی را برآورد کرد. در انتخاب عدد مصرف سرانه خانگی از بین محدوده ارائه شده در جدول ۱-۵ باید شرایط اقلیمی نیز در نظر گرفته شود.

جدول ۱-۵- مقدار مصرف سرانه خانگی بر حسب جمعیت (بدون فضای سبز) (نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)

مقدار مصرف سرانه خانگی (لیتر بر نفر بر روز)	جمعیت (نفر)
۷۵ - ۱۱۰	روستاها و شهرهای کمتر از ۲۰۰۰۰ نفر
۱۰۰ - ۱۳۰	۲۰۰۰۰ - ۱۰۰۰۰۰
۱۲۰ - ۱۴۰	۱۰۰۰۰۰ - ۵۰۰۰۰۰
۱۳۰ - ۱۵۰ *	> ۵۰۰۰۰۰

۱- تعیین مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز) در پایان دوره طرح: ۱۲۵ لیتر بر نفر بر روز از جدول ۱-۵.

۱-۴-۲-۳-۲- پیش‌بینی مصرف سرانه فضای سبز خانگی و عمومی

با توجه به اینکه به دلیل رعایت الگوی مصرف و کاهش آن استفاده از آب شبکه توزیع برای مصارف فضای سبز عمومی مجاز نیست، براساس نشریه ۱۱۷-۳ (بازنگری اول) مناطقی که هنوز از آب شبکه توزیع به این منظور استفاده می‌کنند موظف هستند تا سال ۱۳۹۵ این مصارف را به صفر برسانند. به منظور برآورد میزان سرانه فضای سبز عمومی (در مناطقی که هنوز این مصارف وجود دارد) و سرانه فضای سبز خانگی به طریق زیر عمل می‌شود:

- سطح متوسط فضای سبز داخل خانه‌ها و فضای سبز عمومی با توجه به وضع فعلی و طرح‌های تفصیلی آینده و امکانات منابع آب و زمین قابل پیش‌بینی است؛
- مصارف متوسط روزانه فضای سبز با توجه به اندازه‌گیری‌های محلی و کاربرد روابط تجربی تعیین می‌شود و در صورت عدم دسترسی به این اطلاعات، می‌توان از جدول ۱-۶ استفاده کرد؛

جدول ۱-۶- مصرف متوسط روزانه فضای سبز (بر حسب لیتر بر روز بر مترمربع) (نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول)

مقدار	منطقه آب و هوایی*
۱/۵ تا ۲/۵	۱
۰ تا ۱/۵	۲
۲/۵ تا ۵/۵	۳
۴ تا ۶/۵	۴
۵ تا ۷	۵

* مناطق آب و هوایی در شکل ۱-۲ مشخص شده است.

۲- تعیین مصرف سرانه فضای سبز خانگی بر مبنای انتخاب ۱ مترمربع فضای سبز برای هر نفر از ساکنین شهر با توجه به بازدید میدانی: با انتخاب عدد ۵ لیتر بر روز بر مترمربع از جدول ۱-۶،
(لیتر بر نفر بر روز) $5 \times 1 = 5$



۱-۴-۲-۳- پیش‌بینی مصرف سرانه عمومی

متوسط مصرف سرانه عمومی با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده در زمان مطالعه طرح و سال‌های قبل از آن و همچنین با توجه به بافت مناطق مختلف شهر و روستا در انتهای دوره طرح محاسبه می‌شود. این مقدار برای ایران در انتهای دوره طرح معادل ۵ تا ۱۵ درصد مصرف سرانه خانگی پیش‌بینی می‌شود. بدیهی است مصارف سرانه عمومی در مناطق روستایی کم‌تر از مناطق شهری است.

۳- تعیین مصرف سرانه عمومی در پایان دوره طرح: با انتخاب ۱۲ درصد مصرف سرانه خانگی،

$$= 125 \times 0.12 = 15 \text{ (لیتر بر نفر بر روز)}$$

۱-۴-۲-۳-۴- پیش‌بینی مصرف سرانه تجاری و صنعتی

متوسط مصرف سرانه تجاری و صنعتی نیز با توجه به اندازه‌گیری‌های زمان مطالعه طرح و سال‌های قبل براساس فایل امور مشترکین و همچنین درجه تجاری و صنعتی بودن منطقه در انتهای دوره طرح محاسبه می‌شود. این مقدار برای ایران در افق طرح معادل ۵ تا ۲۰ درصد مصرف سرانه خانگی پیش‌بینی می‌شود.

۴- تعیین مصرف سرانه تجاری و صنعتی در پایان دوره طرح: با انتخاب ۱۲ درصد مصرف سرانه خانگی،
(لیتر بر نفر بر روز) $15 = 125 \times 0.12$

۵- محاسبه مجموع اجزای مصرف سرانه:

$$= 125 + 5 + 15 + 15 = 160 \text{ (لیتر بر نفر بر روز)}$$

۱-۴-۲-۳-۵- پیش‌بینی مقدار سرانه آب به حساب نیامده (بدون درآمد)

مقدار کل آب به حساب نیامده به کیفیت مدیریت و بهره‌برداری، خطای پرسنلی و ابزار اندازه‌گیری، کیفیت مصالح مصرفی و اجرای شبکه، فشار آب، کیفیت بهره‌برداری از شبکه، طول عمر تأسیسات، فناوری و غیره بستگی دارد. مقدار متوسط سرانه آب به حساب نیامده برای افق طرح نباید بیش از ۱۵

درصد متوسط مجموع مصارف خانگی، عمومی، تجاری و صنعتی منظور شود.

در صورتی که میزان هدررفت آب در شبکه موجود بیشتر از مقدار حداکثر بالا باشد، باید با اتخاذ روش‌های مناسب با توجه به راهکارهای اجرایی کاهش آب به حساب نیامده (مندرج در نشریه ۵۵۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری)، میزان آن را در حد ممکن کاهش داده و در افق طرح مقدار پیش‌بینی شده در محدوده توصیه شده بالا را در محاسبات منظور کرد.

۶- محاسبه مقدار سرانه آب به حساب نیامده بر مبنای ۱۵ درصد مجموع اجزای مصرف سرانه:

$$= ۱۶۰ \times ۰/۱۵ = ۲۴ \text{ (لیتر بر نفر بر روز)}$$

۷- محاسبه متوسط کل مصارف سرانه آب:

$$= ۱۶۰ + ۲۴ = ۱۸۴ \text{ (لیتر بر نفر بر روز)}$$

۸- انتخاب ضریب حداکثر روزانه مصرف آب: ۱/۷ از جدول ۱-۷

۹- محاسبه حداکثر مصرف روزانه آب:

$$= ۱۷۱ \text{ (لیتر بر ثانیه)} = ۱۴۸۰۰۰۰۰ \text{ (لیتر بر روز)} = [۱۶۰ \times ۱/۷ + ۲۴] \times ۵۰۰۰۰$$

۱۰- انتخاب ضریب حداکثر ساعتی مصرف آب: ۱/۷

۱۱- محاسبه حداکثر ساعتی مصرف روزانه آب (در صورت وجود یک مخزن):

$$= ۲۸۲ \text{ (لیتر بر ثانیه)} = ۲۴۳۲۰۰۰۰ \text{ (لیتر بر روز)} = [۱۶۰ \times ۱/۷ \times ۱/۷ + ۲۴] \times ۵۰۰۰۰$$

مدل‌های پیش‌بینی جمعیت

- روش رشد با آهنگ کاهشی
K_d: ثابت رشد با آهنگ کاهشی

$$K_d = \left(-\frac{1}{T_2 - T_1} \right) \ln \frac{(Po_{sat} - Po_2)}{(Po_{sat} - Po_1)}$$

- روش منحنی لجستیک

$$Po_t = \frac{Po_{sat}}{1 + ae^{bt}}$$

این روش برای برآورد جمعیت آتی مراکز بزرگ مانند شهرهای بزرگ، استان‌ها و کشورها مناسب است.

a, b و Po_{sat} با انتخاب سه جمعیت از فهرست آمار گذشته بدست می‌آید. یکی در ابتدا Po₀، یکی در وسط Po₁ و یکی در انتها Po₂، مرتبط با سالهای T₀، T₁ و T₂ بطوریکه تعداد سالهای بین T₀ و T₁ برابر تعداد سالهای بین T₁ و T₂ باشد.

$$Po_{sat} = \frac{2Po_0Po_1Po_2 - Po_1^2(Po_0 + Po_2)}{Po_0Po_2 - Po_1^2}$$

n: فاصله زمانی بین T₀ و T₁ یا T₁ و T₂ است.

Po_{sat} باید مثبت و بیش از جمعیت آخرین سرشماری باشد.

$$a = \frac{Po_{sat} - Po_0}{Po_0} \quad b = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{Po_0(Po_{sat} - Po_1)}{Po_1(Po_{sat} - Po_0)} \right)$$

مدل‌های پیش‌بینی جمعیت

برآورد جمعیت بر اساس ترکیب سن و جنس

■ در مواردی که اطلاعات پایه و مثبت جمعیت وجود دارد، معمولاً از روش مولفه‌ای نسلی یا بقایی نسلی (Cohort Survival) استفاده می‌شود.

■ روش مولفه‌ای (Component method)

برآورد جمعیت بر اساس برآورد مولفه‌های موالید، باروری، مرگ و میر و مهاجرت به داخل یا خارج از شهر در طی دوره زمانی مورد نظر

P_t : جمعیت کل در میانه سال t

$B_{t-1,t}$: کل موالید طی سال فرضی t

$D_{t-1,t}$: کل مرگ و میر در طی سال فرضی t

$M_{t-1,t}$: خالص مهاجرت طی سال فرضی t

$$P_t = P_{t-1} + B_{t-1,t} - D_{t-1,t} + M_{t-1,t}$$

■ روش مولفه‌ای نسلی

مشابه روش قبل است، با این تفاوت که معادله مولفه‌ای باید برای هر یک از گروه‌های سنی نیز بکار برده شود.

مدل‌های پیش‌بینی تقاضا

■ مدل‌های سری زمانی نظیر ARMA، Kalman Filtering

■ مدل‌های سیستم خبره: ANN، ANFIS و غیره

■ مدل‌های چند پارامتری

- مدل‌های رگرسیون چند متغیره

- مدل‌های اقتصادی (قیمت آب یا درآمد افراد را مد نظر قرار می‌دهند).

■ پیش‌بینی بر اساس واحد مشترکین (روش ضرایب واحد)

Q_{past} : میزان مصرف گذشته

N_{unit} : تعداد واحدهای موجود

q_{unit} : متوسط مصرف آب در هر واحد

N_F : تعداد واحدهای آینده

Q_F : میزان مصرف آب در آینده

$$q_{unit} = \frac{Q_{past}}{N_{unit}}$$

$$Q_F = N_F \cdot q_{unit}$$

مدل‌های پیش‌بینی تقاضا

■ مدل رگرسیونی (مدل ضرایب چندگانه)

$$q = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \Rightarrow q = a + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n \text{ or } q = a x_1^{b_1} x_2^{b_2} \dots x_n^{b_n}$$

x_i : نشان‌دهنده فاکتورهای مختلف موثر بر مصرف

a : ثابت معادله

b : ضرایب مرتبط با اهمیت هر فاکتور

■ مدل اقتصادی

$$q_{c,s,t} = \alpha I^{\beta_1} N_{pep}^{\beta_2} BD^{\beta_3} T_{max}^{\beta_4} Ra^{\beta_5} WWP^{\beta_6} e^{b_7 ADV}$$

$$Q_{c,s,t} = q_{c,s,t} \times N_{ct}$$

$q_{c,s,t}$: دبی پیش‌بینی شده برای هر ملک در بخش c برای فصل s و سال t

N_{ct} : تعداد املاک موجود در منطقه c در سال t

$Q_{c,s,t}$: کل میزان دبی پیش‌بینی شده در بخش c ، در فصل s از سال t

مدل‌های پیش‌بینی تقاضا

$$q_{c,s,t} = \alpha I^{\beta_1} N_{pep}^{\beta_2} BD^{\beta_3} T_{max}^{\beta_4} Ra^{\beta_5} WWP^{\beta_6} e^{b_7 ADV}$$

■ مدل اقتصادی

$$Q_{c,s,t} = q_{c,s,t} \times N_{ct}$$

β_i : کشش یا ارتباط میزان تقاضا با هر کدام از فاکتورها

I : مقدار درآمد ثابت خانوار

N_{pep} : متوسط تعداد افراد ساکن در هر ملک

BD : متوسط تراکم املاک در واحد سطح

T_{max} : حداکثر درجه حرارت

α : ضریب ثابت

Ra : میزان بارش

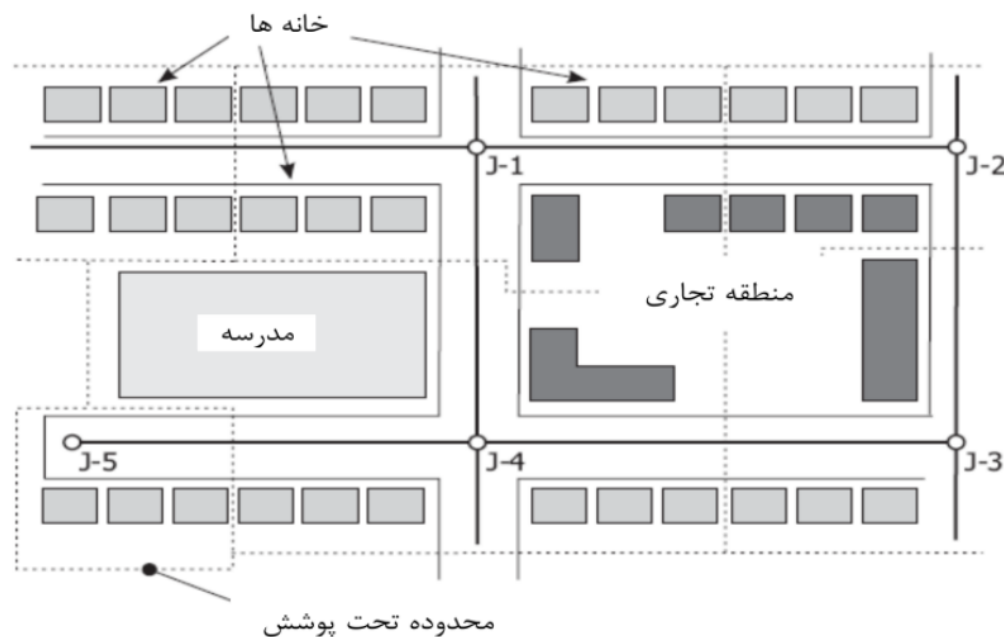
WWP : بهای آب با در نظر گرفتن هزینه فاضلاب

ADV : مبالغ اضافی (نظیر بهره یا بیمه)

b_7 : ضریب نرخ بیمه

تخصیص نیازها به گره‌های مصرف در شبکه

- متداول‌ترین روش تخصیص، روش بارگذاری واحد است. در این روش تعداد مصرف‌کنندگان (یا مساحت کاربری‌های مختلف، تعداد واحدهای مسکونی معادل) تحت پوشش هر گره، تعیین شده و با ضرب کردن این تعداد در نیاز آبی واحد (برای نمونه مصرف سرانه) تقاضای آبی گره بدست می‌آید.



معادلات و روش‌های تحلیل هیدرولیکی

■ فشار و دبی دو مجهول مهم در تحلیل سامانه‌های آب شهری

■ اجزاء سامانه آبرسانی

- تاسیسات آبرگیری از منابع آب سطحی و یا زیرزمینی

- خط انتقال آب خام

- تصفیه‌خانه (برای آبهای سطحی)

- خط انتقال آب شرب

- مخازن ذخیره

- شبکه توزیع

■ اجزاء شبکه توزیع آب

- لوله‌ها

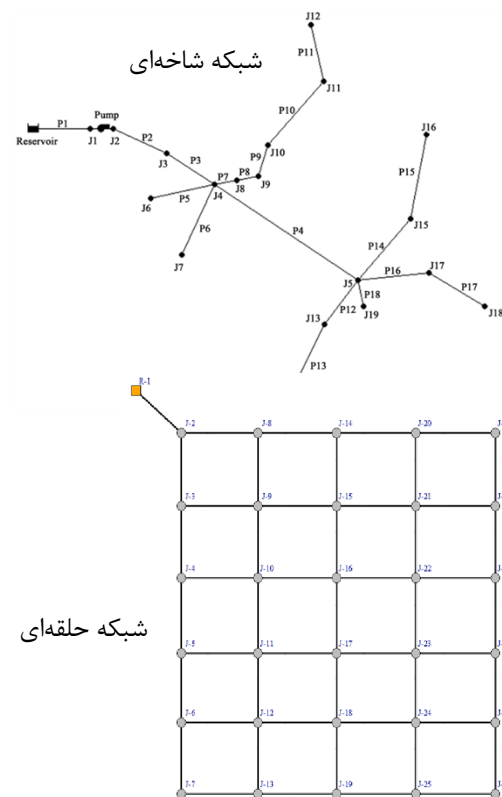
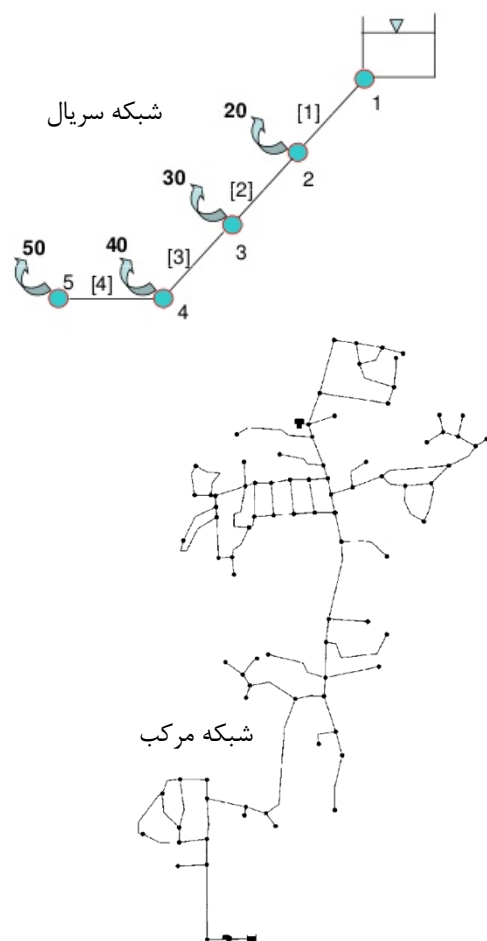
- مخازن ذخیره

- پمپ‌ها

- انواع شیرها

معادلات و روش‌های تحلیل هیدرولیکی

■ آرایش شبکه توزیع آب



شبکه سریالی (Serial Network)

شبکه شاخه‌ای (Branched Network)

شبکه حلقه‌ای (Looped Network)

شبکه مرکب (Compound Network)

معادلات و روش‌های تحلیل هیدرولیکی

■ یادآوری معادلات تجربی سرعت

$$V = C\sqrt{RS}$$

فرمول شزی: برای کانال‌های باز (جریان روباز)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} : SI ; \quad V = \frac{1.49}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} : US$$

فرمول مانینگ: برای کانال‌های باز (جریان روباز)

$$V = k C_{HW} R^{0.63} S^{0.54} \quad SI: k = 0.849 ; \quad US: k = 1.318$$

فرمول هیزن ویلیامز: جریان روباز و تحت فشار

$$V = 0.3545 C_{HW} D^{0.63} S^{0.54}$$

■ معادلات تجربی هیزن ویلیامز برای لوله‌ها (جریان تحت فشار)

$$Q = 0.2784 C_{HW} D^{2.63} S^{0.54}$$

(در سیستم متریک)

C_{HW} : ضریب زبری هیزن ویلیامز

$$h_f = \frac{10.68 L Q^{1.852}}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}}$$

معادلات و روش‌های تحلیل هیدرولیکی

■ معادلات تجربی افت هد در لوله‌ها در سیستم متریک (جریان تحت فشار)

■ رابطه هیزن-ویلیامز:

$$h_f = \frac{10.68 L}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}} Q^{1.852}$$

شکل کلی معادله افت هد در لوله‌ها: $h_f = RQ^n$

■ رابطه مانینگ:

$$h_f = S_f L = 19.6 n^2 \frac{L}{R^{\frac{4}{3}}} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = S_f L = \frac{10.29 n^2 l}{D^{\frac{16}{3}}} Q^2$$

■ رابطه دارسی-وایسباخ:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2$$

Formula	n	R
Darcy-Weisbach	2	$\frac{8fL}{g\pi^2 D^5}$
Hazen-Williams	1.852	$\frac{10.68 L}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}}$
Manning	2	$\frac{10.29 n^2 l}{D^{\frac{16}{3}}}$

Moody diagram for friction factor for pipes.

