

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ
قُلْ اَرَاۤءَیْتُمْ اِنْ اَصْبَحَ مَاۤؤُكُمْ غَوْرًا، فَمَنْ یَاۤتِیْكُمْ
بِمَاۤءٍ مَّعِیْنٍ

بگو " به من خبر دهید اگر آبهای شما در زمین فرو رود
چه کسی می تواند آب جاری و گوارا در دسترس شما قرار دهد؟"

سوره مبارکه ملک - آیه ۳۰

مسائل آبهای زیرزمینی

تهیه و تدوین:

محمد شایان نژاد

دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه صنعتی اصفهان

تقدیم به تمام کسانی که
با مدیریت جهادی،
برای حفظ منابع آبی کشور می‌کوشند
و مروج فرهنگ استفاده صحیح از آن هستند

پیش‌گفتار:

کتاب حاضر نتیجه سالها تدریس درس آبهای زیرزمینی در مقطع کارشناسی برای دانشجویان مهندسی آب در دانشکده کشاورزی می باشد. این کتاب در سیزده فصل خلاصه و تنظیم شده که در ابتدای هر فصل شرح مختصری از موضوع مربوطه ارائه و سپس مسائل آن حل شده است. بعضی از این مسائل توسط نویسنده طراحی شده و بعضی دیگر از کتب مختلف انتخاب و جمع آوری گردیده به طوری که دانشجویان گرامی به راحتی مباحث مرتبط با آبهای زیرزمینی را فرا می گیرند. لذا این کتاب می تواند مرجع مناسبی برای آزمون کارشناسی ارشد رشته منابع آب باشد. در پایان وظیفه خود می دانم از خانمها معصومه شکرالهی، مریم محمدی و نسیم طاهرزاده که در تایپ متون و آماده کردن اشکال بخشی از کتاب مرا یاری نمودند تشکر نمایم. همچنین از آقای حمید رئیسی وانانی که صفحه آرایی کتاب را بر عهده گرفتند و آقای سعید صالحی هفشجانی که طرح روی جلد کتاب را تهیه کردند صمیمانه قدردانی می نمایم.

محمد شایان نژاد

تابستان ۱۳۹۳

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول- بیلان آبی
۵	فصل دوم- خصوصیات لایه های آبد
۱۱	فصل سوم- قانون دارسی
۱۷	فصل چهارم- جریان ماندگار یک بعدی
۳۷	فصل پنجم- خطوط جریان و هم پتانسیل
۴۳	فصل ششم- جریان ماندگار شعاعی
۶۱	فصل هفتم- جریان غیرماندگار شعاعی
۷۵	فصل هشتم- تعیین ضرائب هیدرودینامیکی لایه های آبد با استفاده از پمپاژ
۸۹	فصل نهم- تعیین ضرائب هیدرودینامیکی لایه های آبد با استفاده از آزمایش اسلاگ
۱۰۵	فصل دهم- ضرائب افت، ظرفیت ویژه و چاههای ناقص
۱۱۳	فصل یازدهم- بهینه سازی در آبهای زیرزمینی
۱۲۱	فصل دوازدهم- تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی
۱۲۹	فصل سیزدهم- تداخل آبهای شور با لایه های آبد

-

-

-

این صفحات تنها در صورت خرید کتاب، قابل مشاهده است

-

-

-

-

جریان ماندگار یک بعدی

توضیحات:

مسائل مربوط به جریان ماندگار یک بعدی با معادله داریسی و یا با معادله پواسون که ترکیبی از معادله داریسی و پیوستگی است قابل حل می باشد. معادله پواسون برای جریان یک بعدی در سفره های آزاد به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{d^2 H^2}{dx^2} = -\frac{2R}{K} \quad (۱-۴)$$

که در رابطه فوق H پتانسیل هیدرولیکی و R مجموع جبری شدت تغذیه و تخلیه است که اولی با علامت مثبت و دومی با علامت منفی بکار می رود. رابطه فوق برای سفره های آزاد بکار می رود. برای سفره های تحت فشار معادله پواسون به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{d^2 H}{dx^2} = -\frac{R}{T} \quad (۲-۴)$$

در رابطه فوق T ضریب قابلیت انتقال سفره می باشد. این دو معادله دارای حل تحلیلی می باشد. حل تحلیلی معادلات ۱-۴ و ۲-۴ به ترتیب معادلات ۳-۴ و ۴-۴ می باشد.

$$H^2 = \frac{-R}{K}x^2 + c_1x + c_2 \quad (۳-۴)$$

$$H = \frac{-R}{2T}x^2 + c_1x + c_2 \quad (۴-۴)$$

ضرائب معادلات ۳-۴ و ۴-۴ با استفاده از شرایط مرزی مسئله بدست می آید.

-

-

-

این صفحات تنها در صورت خرید کتاب، قابل مشاهده است

-

-

-

-

$$q \Big|_{x=0} = \frac{0.00015}{2} (0 + 0.2474) = 1.855 \times 10^{-5} m^3 / s / m$$

$$q \Big|_{x=1200} = \frac{0.00015}{2} (-3.06 \times 10^{-4} \times 1200 + 0.2474) = -8.99 \times 10^{-6} m^3 / s / m$$

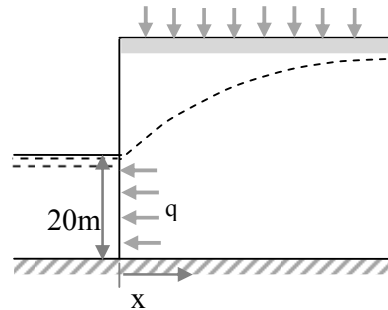
علامت منفی بیانگر این است که جهت جریان در انتها مخالف جهت جریان در ابتدا می باشد.

بیشینه هد هیدرولیکی جایی است که $\frac{dH}{dx} = 0$ یا بر اساس قانون دارسی دبی صفر باشد:

$$2H \frac{dH}{dx} = -3.06 \times 10^{-4} x + 0.2474 = 0 \rightarrow x = 806.7m$$

$$H_{\max}^2 = -1.53 \times 10^{-4} (806.7)^2 + 0.2474(806.7) + 324 \rightarrow H_{\max} = 20.6m$$

۴-۵) در شکل زیر در $X = 500m, H = 22m$ و در $X = 3000m, H = 29m$ می باشد. اگر دبی جریان به داخل نهر برابر با $24 \times 10^{-6} m^3 / s / m$ باشد، مطلوبست شدت تغذیه و هدایت هیدرولیکی.



حل:

-

-

-

این صفحات تنها در صورت خرید کتاب، قابل مشاهده است

-

-

-

-

است. ضخامت لایه کم آبدۀ (آکی تارد) ۱۴ فوت است. یک چاه مشاهده ای در فاصله ۴۰ فوتی از چاه پمپاژ انتخاب شده و مقادیر افت سطح آب نسبت به زمان بصورت زیر ارائه شده است. مطلوبست T, S, K'

زمان (دقیقه)	افت (فوت)	زمان (دقیقه)	افت (فوت)	زمان (دقیقه)	افت (فوت)	زمان (دقیقه)	افت (فوت)
۰	۰	۲۰	۹/۹۹	۸۰	۱۲/۰۲	۲۱۰	۱۳/۰۹
۲	۵/۶۵	۲۵	۱۰/۳۵	۹۰	۱۲/۲۶	۲۴۰	۱۳/۱۳
۴	۶/۹۶	۳۰	۱۰/۷	۱۰۰	۱۲/۳۳	۲۷۰	۱۳/۲۵
۶	۷/۷۲	۴۰	۱۱/۱۴	۱۱۰	۱۲/۳۷	۳۰۰	۱۳/۳۳
۸	۸	۵۰	۱۱/۴۶	۱۲۰	۱۲/۴۱	۳۶۰	۱۳/۳۷
۱۰	۸/۷۱	۶۰	۱۱/۶۲	۱۵۰	۱۲/۶۹	۴۲۰	۱۳/۴۱
۱۵	۹/۴۷	۷۰	۱۱/۸۶	۱۸۰	۱۲/۸۵		

حل:

مقادیر افت نسبت به زمان روی کاغذ لگاریتمی ترسیم و بر منحنی تابع چاه مربوط به سفره های تحت فشار نشتی برازش داده می شود (شکل ۸-۵) بهترین برازش به ازای $r/B = 0.03$ اتفاق می افتد. سپس یک نقطه انطباق انتخاب و داده های زیر قرائت می شود:

$$t = 59 \text{ min}, S_d = 1.93 \text{ ft}, W(u, r/B) = 1, \frac{1}{u} = 1000 \rightarrow u = 0.001$$

$$S_d = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \rightarrow 1.93 = \frac{600 \times 60 \times 24}{4\pi T} \times 1 \rightarrow T = 35642 \text{ ft}^2 / \text{day}$$

$$u = \frac{r^2 S}{4tT} \rightarrow 0.001 = \frac{40^2 \times S}{4 \times \frac{59}{24 \times 60} \times 35642} \rightarrow S = 0.00365$$

-

-

-

این صفحات تنها در صورت خرید کتاب، قابل مشاهده است

-

-

-

-

سطح آب تا لایه نفوذ ناپذیر ۱۵ متر است. شعاع لوله جدار ۱۰ و شعاع لوله مشبک ۲/۵۵ سانتیمتر و طول آن ۳ متر است. با تزریق آب به داخل چاه سطح آب داخل چاه به اندازه ۰/۶۴ متر بالاتر از سطح اولیه خود قرار می گیرد. سپس پایین آمدن سطح آب نسبت به زمان به شرح جدول زیر قرائت شده است. مطلوبست هدایت هیدرولیکی به روش داگان.

زمان (ثانیه)	H(t) (متر)
۰	۰/۶۴
۱	۰/۶۱۷
۲	۰/۴۹۱
۳	۰/۴۳۳
۴	۰/۳۸۵
۵	۰/۳۴
۶	۰/۳۰۵
۷	۰/۲۶۸
۸	۰/۲۴۱
۹	۰/۲۱۱
۱۰	۰/۱۸۹
۱۱	۰/۱۶۹
۱۲	۰/۱۴۷
۱۳	۰/۱۳
۱۴	۰/۱۱۵
۱۵	۰/۱۰۱
۱۶	۰/۰۸۹
۱۷	۰/۰۷۸
۱۸	۰/۰۶۸

-

-

-

این صفحات تنها در صورت خرید کتاب، قابل مشاهده است

-

-

-

-

که در رابطه فوق برای محاسبه S_p از رابطه ۱۰-۴ استفاده می شود.

مسائل:

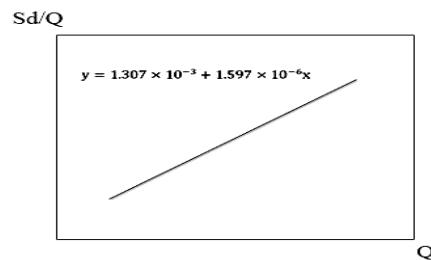
۱۰-۱) مقادیر افت سطح آب در یک چاه به ازای دبی های مختلف به صورت زیر است. با فرض n برابر با ۲ ضرائب افت (B_f, C_f) را تعیین کنید.

افت (متر)	۱/۱۴	۲/۶۶	۵/۵۷	۸/۸۲	۱۳/۵۴	۱۸/۷۹	۲۳/۶۷
دبی (متر مکعب بر روز)	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۳۵۰۰

حل:

$$S_d = B_f \cdot Q + C_f \cdot Q^2 \rightarrow \frac{S_d}{Q} = B_f + C_f \cdot Q$$

بنابراین اگر مقادیر $\frac{S_d}{Q}$ در مقابل Q ترسیم شود، خطی حاصل می شود که شیب آن C_f و عرض از مبدا آن B_f است.



-

-

-

این صفحات تنها در صورت خرید کتاب، قابل مشاهده است

-

-

-

-

بهینه سازی در آبهای زیرزمینی

توضیحات:

بهینه سازی شاخه ای از علم ریاضی کاربردی است که در چند ساله اخیر مورد توجه محققین مختلفی قرار گرفته و تئوریهای مختلفی برای آن ارائه شده است، به طوری که تقریباً برای کلیه شاخه های مهندسی قابل استفاده می باشد. با بکارگیری روشهای بهینه سازی می توان به یک طرح بهینه دست یافت. یکی از مهمترین مزایای روشهای بهینه سازی که موجب شده است امروزه مورد توجه اغلب طراحان و مهندسين قرار گیرد، بخصوص در طرحهایی که متغیرهای زیادی را شامل می شوند، امکان استفاده از تکنیکهای حل عددی و خودکار سازی طراحی توسط رایانه می باشد. یک مدل بهینه سازی شامل سه مجموعه از عناصر می باشد که عبارتند از:

۱- متغیرهای تصمیم گیری و پارامترها:

این متغیرها مجهولاتی هستند که باید از روی جواب مدل بهینه سازی معین شوند. مثلاً میزان برداشت آبهای زیرزمینی. پارامترها یا متغیرهای کنترل شده کمیت هایی هستند که مقدار آنها معلوم است. مثلاً ضخامت لایه آبد.

۲- محدودیتها:

برای بحساب آوردن محدودیتهای فیزیکی یک پدیده، مدل باید متضمن قیودی باشد که متغیرهای تصمیم گیری را در حد مقادیر مجاز آنها محدود کند که این امر معمولاً بوسیله توابع ریاضی مقید کننده بیان می شود. مثلاً میزان تخلیه حداکثر برابر با میزان تغذیه باشد.

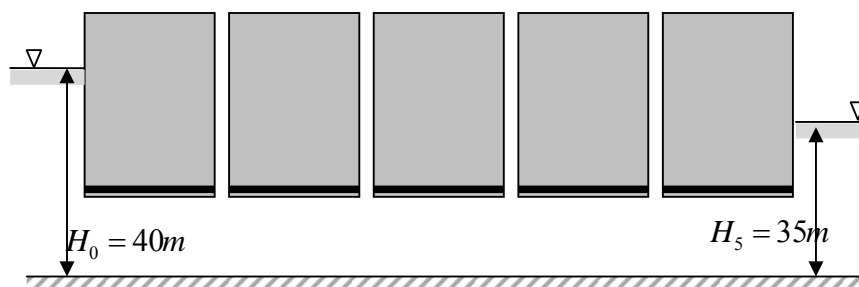
۳- تابع هدف:

این تابع میزان سودمندی پدیده را به صورت تابعی ریاضی از متغیرهای تصمیم گیری

دستگاه تعریف می کند. به عبارت دیگر تابع هدف تابعی است که بایستی بیشینه یا کمینه گردد. بطور کلی جواب بهینه برای مدل، زمانی به دست می آید که مقادیر متناظر متغیرهای تصمیم گیری ضمن صدق نمودن در همه قیود بهترین مقدار تابع هدف را به دست آورد. برای محاسبات بهینه سازی نرم افزار های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها نرم افزار Lingo می باشد.

مسائل:

۱۱-۱) در سفره تحت فشار زیر با ضریب قابلیت انتقال ۱۰۰۰ متر مربع در روز، چهار چاه به فواصل مساوی ۸۰ متر حفر شده اند. اگر حداقل شدت استحصال آب از این سفره ۵۰۰ میلی متر در روز باشد، به کمک بهینه سازی مقادیر ارتفاع سطح آب و شدت تخلیه در هر چاه را چگونه ای محاسبه کنید که مجموع مقادیر ارتفاع سطح آب در چاهها بیشینه شود.



حل:

$$\Delta x = 80m, H_0 = 40m, H_5 = 35m, R_{\min} = 500mm/day$$

معادله مربوط به جریان یک بعدی ماندگار در سفره های تحت فشار به صورت زیر است که بایستی عبارت دیفرانسیلی آن منفصل شود:

-

-

-

این صفحات تنها در صورت خرید کتاب، قابل مشاهده است

-

-

-

-