

تخمین ضریب انتقال آبخوان با استفاده از ظرفیت ویژه

محمد نخعی^۱، مریم افشار^{۲*} و عطیه نظری^۳

چکیده

استفاده از داده‌های ظرفیت ویژه برای تخمین ضریب انتقال روش مناسبی است. به طور معمول داده‌های ظرفیت ویژه در مقایسه با داده‌های افت- زمان با سهولت در دسترس قرار می‌گیرند، بنابراین به کمک داده‌های ظرفیت ویژه می‌توان تعداد تخمین‌های ضریب‌های انتقال در یک آبخوان را افزایش داد. پژوهش‌گران زیادی برای به دست آوردن معادله میان ظرفیت ویژه و ضریب انتقال تلاش کرده‌اند و روش‌های زیادی ارائه شده که رایج‌ترین آن‌ها، روش تحلیلی بر اساس معادله تاپس بوده است. در این پژوهش یک روش ساده با استفاده از برنامه کامپیوتری اکسل ارائه می‌شود که بر مبنای تکرار استوار بوده و تخمین سریع ضریب‌های هیدرودینامیکی را در نقاط بیشتری فراهم می‌کند. این روش به صورت موفقیت‌آمیزی در دو مکان مختلف از آبخوان دشت قم استفاده شد و در هر دو ناحیه، ضریب‌های هیدرودینامیکی حاصل از این روش، با روش‌های انطباق منحنی، به صورت منطقی سازگار و هماهنگ هستند.

واژه‌های کلیدی: آبخوان قم، روش تاپس، ضریب انتقال، ظرفیت ویژه.

ارجاع: نخعی م. افشار م. و نظری ع. ۱۳۹۵. تخمین ضریب انتقال آبخوان با استفاده از ظرفیت ویژه. مجله پژوهش آب ایران. ۲۰: ۱۵۹-۱۶۲.

۱- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران.

۲- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران.

۳- دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران.

*نویسنده مسئول: Afsharmaryam66@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۹/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۰

مقدمه

پژوهشگران به طور پیوسته در جستجوی روش‌های ساده، سریع و ارزان برای تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌ها هستند. استفاده از داده‌های ظرفیت ویژه برای تعیین ضریب انتقال نمونه‌ای از روش‌های اخیر پژوهش‌گران است. اگرچه استفاده از اطلاعات ظرفیت ویژه در تخمین پارامترهای آبخوان محدود به زمان حاضر نیست ولی روش‌های مورد استفاده، تاکنون قدری زمان‌بر بودند. در این مقاله یک روش ساده با استفاده از برنامه کامپیوتری اکسل ارائه شده است که با اطلاعات ظرفیت ویژه، به سرعت و با دقت مناسب ضریب انتقال آبخوان محاسبه می‌شود. در این پژوهش، روش یاد شده در دو نقطه از آبخوان دشت قم، استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

ظرفیت ویژه

ظرفیت ویژه (S_e) به صورت میزان آبدی چاه به ازای واحد افت بار تعریف می‌شود (معادله (۱)).

$$S_e = \frac{Q}{S_w} \quad (1)$$

که Q نرخ پمپاژ و S_w افت اندازه‌گیری شده (تغییر در بار هیدرولیکی) در چاه است.

تایس (۱۹۶۳) روشی برای تخمین ضریب انتقال با استفاده از داده‌های ظرفیت ویژه ارائه و راه‌حل‌های گرافیکی را برای تخمین ضریب انتقال استفاده کرد (معادله (۲)).

$$s = \frac{4\pi T}{\left[\ln \left(\frac{2.25Tt_p}{r_w^2 S} \right) \right]} \quad (2)$$

که در آن T ضریب انتقال، s افت و S ضریب ذخیره آبخوان است.

در هنگام استفاده از داده‌های ظرفیت ویژه باید افت شبکه یا افت غیرخطی چاه و نفوذ جزئی چاه در نظر گرفته شود. برادبوری و روتشیلد (۱۹۸۵) معادله‌ای بر اساس تایس (۱۹۶۳) استخراج کردند که نفوذ جزئی و افت چاه را در نظر می‌گیرد (معادله (۳)):

$$S_e = Q / (s - S_w) = 4\pi T / \left[\ln \left(\frac{2.25Tt}{r_w^2 S} \right) + 2S_p \right] \quad (3)$$

در این معادله S_p پارامتر نفوذ جزئی و S_w افت شبکه یا افت غیر خطی چاه است.

از آنجایی که در معادله (۳) متغیر T دو بار به کار رفته است، بنابراین نمی‌توان این معادله را به صورت مستقیم حل کرد و باید به روش گرافیکی یا تکرار حل شود. برادبوری و روتشیلد (۱۹۸۵) نیز یک برنامه فرترن^۱ برای انجام محاسبات مناسب و کاسنوف و پار (۱۹۹۵) یک روش عددی ارائه کردند.

در این پژوهش، روش گرافیکی با یک روش کاربردی (با رویه تکرار) در محیط اکسل جایگزین خواهد شد. در این روش، ابتدا تمامی اطلاعات اعم از مشخصات ساختمان چاه و نیز داده‌های آزمایش پمپاژ در صفحه اکسل وارد می‌شود که مراحل آن به صورت (الف) حدس زدن یک مقدار ضریب انتقال اولیه؛ (ب) محاسبه طرف راست معادله (۳) و (ج) مقایسه مقدار نتیجه شده با ظرفیت ویژه اندازه‌گیری شده است. اگر مقادیر محاسبه و اندازه‌گیری شده ظرفیت ویژه به هم نزدیک باشند، مقدار ضریب انتقال مورد استفاده در مرحله دوم جواب صحیح است. در غیر این صورت، تمام عوامل معادله (۳) را به یک سمت انتقال داده و تلاش می‌شود که معادله برابر یا نزدیک به مقدار صفر شود (معادله (۴)).

$$S_e - 4\pi T / \left[\ln \left(\frac{2.25Tt}{r_w^2 S} \right) + 2S_p \right] = 0 \quad (4)$$

برای این کار گزینه جستجوی هدف^۲ معادله (۴) را با تغییر مقدار ضریب انتقال، حل کرده و این عمل را تکرار می‌کند تا نتیجه‌ای نزدیک صفر حاصل شود که در این حالت عمل تکرار متوقف و مقدار ضریب انتقال حاصل، برابر مقدار ضریب انتقال صحیح آبخوان خواهد بود. در این روش ضریب ذخیره مقداری فرضی است زیرا ظرفیت ویژه با لگاریتم $1/S$ معادله دارد بنابراین روش حل‌ها نسبت به مقدار S حساس نیستند.

تصحیحات داده ظرفیت ویژه

تصحیح افت چاه (شبکه)

افت چاه به نرخ پمپاژ، ساختمان چاه و خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان مورد آزمایش وابسته است. بر اساس روش تایس داده‌های آزمایش پمپاژ به ازای افت

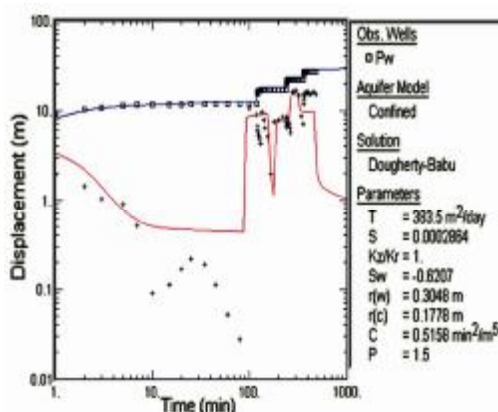
1- Fortran

2- Goal seek

ضریب انتقال آبخوان با استفاده از اطلاعات جدول ۱ به دو روش گرافیکی (شکل ۱) و ظرفیت ویژه (شکل ۲) محاسبه و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خلاصه اطلاعات پمپاژ چاه شماره ۴ آب و فاضلاب

دور موتور	دبی (لیتر بر ثانیه)	افت (متر)	زمان هر پله (دقیقه)
۱۱۰۰	۲۴	۱۱/۸	۱۲۰
۱۳۰۰	۳۳.۵	۵/۴۵	۱۲۰
۱۵۰۰	۴۱	۵/۴۳	۱۲۰
۱۷۵۰	۵۰	۵/۸۷	۱۲۰



شکل ۱- تخمین ضریب انتقال با روش انطباق منحنی

r_w (m)	0.17
s	11.832
r_w (m)	2.6198
K_0/K_r	1.0000
C_p (m)	1.44
D_p (m)	100
D_c (m)	100
τ	0.0001
T (m²/day)	393.5
S	0.0002864

شکل ۲- تخمین مقدار ضریب انتقال با استفاده از ظرفیت ویژه

شبکه یا غیرخطی چاه با استفاده از معادله (۵) تصحیح می‌شوند:

$$s_w = CQ^2 \quad (5)$$

در این معادله Q دبی چاه، s_w افت چاه و C ضریب افت ناشی از لوله جدار چاه است.

تصحیح افت ناشی از حفر جزئی چاه

نفوذ جزئی به معنای عدم حفر چاه در کل ضخامت آبخوان است. در بیشتر مناطق، نسبت نفوذ (L/b) کمتر از ۰/۱ است. بنابراین، قبل از تخمین مقدار ضریب انتقال تصحیح داده‌های حاصل از آزمایش برای چاه‌های جزئی نفوذ کرده، ضروری است.

برونس و مارتینگ (۱۹۶۱) پارامتر نفوذ جزئی (s_p) را به صورت معادله (۶) ارائه کردند:

$$s_p = \frac{1-L/b}{L/b} \left(\ln \frac{b}{r_w} - G[L/b] \right) \quad (6)$$

در این معادله b ضخامت آبخوان، L طول اسکرین چاه و G تابعی از نسبت L/b است. برونس و مارتینگ (۱۹۶۱) مقدار عبارت $G(L/b)$ را برای مقادیر مختلفی از نسبت L/b تعیین کردند. برادبوری و روتشیلد (۱۹۸۵) با داده‌های برونس و مارتینگ (۱۹۶۱) یک چند جمله‌ای (ضریب تصحیح = ۰/۹۹۲) را پیشنهاد کردند (معادله (۷)):

$$G(L/b) = 2.948 - (7.363L/b) + 11.447(L/b)^2 - 4.675(L/b)^3 \quad (7)$$

نتایج و بحث

چاه شماره ۴ آب و فاضلاب

این چاه با مختصات $X=491415$ و $Y=3836394$ است. عمق چاه ۱۵۰ متر و با قطر لوله جدار ۱۴ اینچ به روش دورانی حفاری شده است. آزمایش پمپاژ به صورت پله‌ای انجام شده است (جدول ۱).

جدول ۲- خلاصه نتایج تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ

روش آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ	مقدار ضریب انتقال
روش گرافیکی	۳۸۳
روش ظرفیت ویژه	۳۴۳

چاه شماره ۶ آب و فاضلاب

این چاه دارای مختصات $X=486490$ و $Y=3837675$ است. عمق کلی چاه بر اساس گزارش حفاری ۱۵۰ متر و

قطر لوله جدار ۱۴ اینچ است. در این چاه آزمایش پمپاژ پله‌ای انجام شده است (جدول ۳). ضریب انتقال آبخوان با استفاده از اطلاعات جدول ۳ به دو

بوده است. بنابراین به نظر می‌رسد که روش ظرفیت ویژه در تخمین ضریب انتقال موفق بوده است. این روش به مقدار ضریب ذخیره حساس نیست. همچنین تخمین ضریب انتقال با هر یک از پله‌های آزمایش افت-پله‌ای ممکن است و از طرفی با در دست داشتن مقدار صحیح ضریب انتقال آبخوان، تخمین صحیح مقدار ضریب ذخیره و هدایت هیدرولیکی آبخوان ممکن است. در انتها کاربرد آسان و سریع این روش و دقت بالاتر این روش نسبت به روش حل‌های گرافیکی از جمله دیگر مزیت‌های آن است؛ زیرا در روش گرافیکی، تعیین بهترین مکان هماهنگی منحنی مورد اختلاف است. بر این اساس، نتایجی که با این روش به دست می‌آید را می‌توان با درصد اطمینان مناسبی برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و بهره‌برداری مناسب از آبخوان‌های کشور به کار برد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از همکاری صمیمانه شرکت آب منطقه‌ای استان قم به دلیل در اختیار قرار دادن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این پژوهش تشکر می‌کنند.

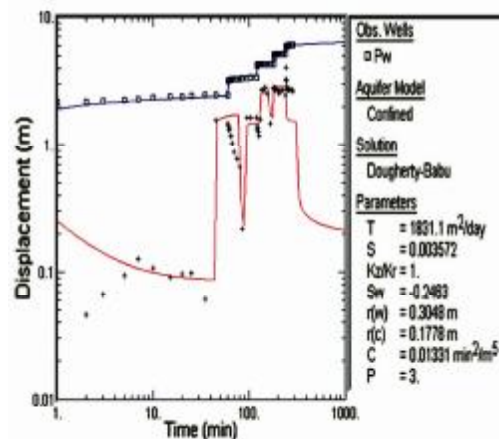
منابع

- Bradbury K. R. and Rothschild E. R. 1985, A computerized technique for estimating the hydraulic conductivity of aquifers from specific capacity data: Ground Water. 23 (2): 240-246.
- Brons F. and Marting V. E. 1961. The effect of restricted fluid entry on well productivity: Journal of Petroleum Technology. 13 (2): 172-174.
- Dougherty D. E and Babu D. K. 1984. Flow to a partially penetrating well in a double-porosity reservoir, Water Resources Research. 20(8): 1116-1122.
- Jacob C. E. 1944. Notes on determining permeability by pumping tests under water table conditions: U.S. Geological Survey, mimeographed report. 25 p.
- Kasenow M. and Pare P. 1995. Using specific capacity to estimate transmissivity field and computer methods: Highlands Ranch, Colorado, Water Resources Publication, variously paginated. 90 p.
- Theis C. V. 1963, Estimating the transmissivity of a water-table aquifer from the specific capacity of a well: U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1536-I: 332-336.
- Walton W. C. 1970, Groundwater Resource Evaluation. McGraw-Hill, New York. 664 p.

روش گرافیکی (شکل ۳) و ظرفیت ویژه (شکل ۴) محاسبه و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- خلاصه اطلاعات پمپاژ چاه شماره ۶ آب و فاضلاب

دور موتور	دبی (لیتر بر ثانیه)	افت (متر)	زمان هر پله (دقیقه)
۱۰۰۰	۲۳	۲/۴۸	۶۰
۱۲۰۰	۳۲	۰/۸۹	۶۰
۱۴۰۰	۳۹	۰/۹۸	۶۰
۱۶۰۰	۴۶	۰/۸۷	۶۰
۱۷۵۰	۵۲	۰/۸۸	۴۵



شکل ۳- تخمین ضریب انتقال با روش انطباق منحنی

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1.17	0.08	"=B10*(F9)/(B9*(L11/2.25*(F9)^2*(H11)^2*(B51)^2*(B52))"						
2	1.40236								
3	4.49332								
4	8.82833								
5	1.38								
6	80								
7	194.2								
8	0.0001								
9	T(r2,2r(w)) = 1.21346	1747.3 m²/day	نرخ انتقال آبخوان						
10	S _w = 0.24837								

شکل ۴- تخمین مقدار ضریب انتقال با استفاده از ظرفیت ویژه

جدول ۴- خلاصه نتایج تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ

روش آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ	مقدار ضریب انتقال
روش گرافیکی	۱۸۳۱
روش ظرفیت ویژه	۱۷۴۷

نتیجه‌گیری

با مقایسه جدول‌های خلاصه نتایج دو چاه، مشاهده می‌شود که مقادیر حاصل از هر دو روش نزدیک به هم