



بررسی هیدرولیک جریان در آبیاری نواری با استفاده از ترکیب مدل‌های توازن حجمی و اینرسی صفر

محمد شایان نژاد

دانشگاه شهرکرد، استادیار گروه مهندسی آب

E-mail: shayannejad@yahoo.com

احمد کریمی

دانشگاه شهرکرد، استادیار گروه خاکشناسی

چکیده:

با توجه به محدودیتهای مدل توازن حجمی، از قبیل ثابت فرض کردن ضرائب شکل و وابسته بودن به عمق نرمال در ابتدای نوار، در این مقاله روش اصلاح شده آن توسط والیان‌تاز برای نوارهای مختلف بکار رفته است. این روش براساس ترکیب مدل توازن حجمی و مدل اینرسی صفر توسعه یافته است. روش اصلاح شده را می‌توان برای نوارهای بدون شیب نیز بکار برد. روش مذکور برای نوارهای مختلف آبیاری استفاده شد و منحنی پیشروی آب در آنها ترسیم گردید. نتایج حاصله تطابق بسیار خوبی با داده‌های صحرائی داشت.

واژه‌های کلیدی: مدل توازن حجمی، پیشروی آب، آبیاری نواری

مقدمه

بطور کلی می‌توان مدل‌های طراحی آبیاری را به دو گروه اساسی تقسیم نمود: گروه اول مدل‌های عددی پیچیده‌ای از قبیل مدل موج سینماتیکی، اینرسی صفر و مدل کامل دینامیکی می‌باشد. این مدل‌ها نیازمند به برنامه‌های کامپیوتری می‌باشند و توسط آنها معادلات پیوستگی و مومنتم جریان نسبت به زمان و مکان، تحلیل می‌شود. برای طراحی آبیاری نواری استفاده از مدل کامل دینامیکی دقیق است ولی هزینه بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها نیاز دارد. مدل موج سینماتیکی برای نوارهای با شیب کم یا مسطح قابل کاربرد نیست و به نظر می‌رسد که مدل اینرسی صفر روش مناسبی برای طراحی آبیاری نواری باشد.

گروه دوم مدل‌های توازن حجمی (VB) می‌باشد. این مدل‌ها از ترکیب معادله پیوستگی و یک معادله حرکت آب (مانند معادله مانینگ) بدست می‌آید. معادله پیوستگی بر روی جریانهای سطحی، زیر زمینی و جریان ورودی نوشته می‌شود. بر اساس فرضیات مختلفی، مدل‌های متفاوتی از توازن حجمی توسعه یافته است که برجسته‌ترین

مدلها از یک فاکتور ثابت جریان سطحی و یک فاکتور ثابت جریان زیر سطحی استفاده می شود که در واقع ثابت نیستند. ثانیاً این مدلها به عمق نرمال وابسته اند و عمق جریان در ابتدای نوار نرمال فرض شده و با استفاده از معادله مانینگ می توان بدست آورد. بدست آوردن این عمق برای نوارهای مسطح مقدر نیست. به همین دلیل باست وهمکاران در سال ۱۹۸۳ متذکر شدند که وابستگی مدل VB به عمق نرمال کاربرد این مدل را بویژه برای نوارهای مسطح یا کم شیب محدود میسازد [۲]. برای رفع محدودیت اول ، والیاناز در سال ۱۹۹۷ فاکتورهای جریان سطحی و زیر زمینی را تابعی از زمان معرفی کرده و معادلاتی برای آنها استخراج نمود [۳ و ۴]. برای رفع محدودیت دوم ، والیاناز در سال ۲۰۰۱، یک روش برای طراحی فاروها با ترکیب مدل اینرسی صفر با مدل توازن حجمی ارائه نمود و نتایج بسیار خوبی بدست آورد [۵].

مواد و روشها

برای رفع محدودیتهای ذکر شده برای مدل VB والیاناز این مدل را برای طراحی آبیاری نواری اصلاح نمود که در این قسمت ، مدل اصلاح شده تشریح می شود [۶]. فرضیاتی که برای مدل اصلاح شده VB بکار رفته اند عبارتند از :

- ۱- دبی ورودی در واحد عرض ثابت است.
- ۲- حجم آب نفوذ یافته با معادله کوستیاکف قابل محاسبه است .
- ۳- پروفیل سطح آب با تابع نمائی زیر مشخص می شود.

$$y(x,t) = Y(t) \left[1 - \frac{x}{s(t)} \right]^b \quad (1)$$

در رابطه فوق :

$$Y(t) = \text{عمق آب در ابتدای نوار در زمان } t$$

$$s(t) = \text{طول پیشروی در زمان } t$$

b = فاکتوری است که بین صفر و یک متغیر است.

$$y(x,t) = \text{عمق آب داخل پروفیل سطحی در زمان } t \text{ و در فاصله } x \text{ از ابتدای نوار}$$

مقدار b از رابطه زیر بدست می آید:

$$b = \frac{0.45}{(1+P)^{0.2}} \quad (2)$$

در رابطه فوق مقدار P از رابطه زیر بدست می آید:

$$P = (q_0 \cdot s_0 (y_n / K)^{1/a}) / y_n^2 \quad (3)$$

در رابطه فوق :

$$y_n = \text{عمق نرمال به ازای دبی } q_0 \quad s_0 = \text{شیب کف نوار}$$

a و K = ضرائب معادله نفوذ کوستیاکف (معادله ۹)

$$q_0 \cdot \Delta t_i = \Delta S_i + \Delta V_i \quad (4)$$

در رابطه فوق :

q_0 = دبی ورودی در واحد عرض نوار

Δt_i = فاصله بین دو گام زمانی t_i و t_{i-1}

ΔS_i = حجم آب ذخیره سطحی در فاصله زمانی بین t_i و t_{i-1}

ΔV_i = حجم آب نفوذ یافته در فاصله زمانی بین t_i و t_{i-1}

برای محاسبه ΔS_i بایستی از معادله ۱ در فاصله زمانی t_i تا t_{i-1} انتگرال گیری نمود:

$$\Delta S_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} y(x, t) dx \quad (5)$$

با جایگذاری معادله ۱ در معادله ۵ معادله زیر بدست می آید:

$$\Delta S_i = \frac{Y_i s_i - Y_{i-1} s_{i-1}}{b+1} \quad (6)$$

برای محاسبه ΔV_i از تکنیک هال استفاده می شود البته برای دقت بیشتر می توان از روش اصلاح شده آن توسط ال آزا استفاده نمود [۷]. بر اساس روش مذکور معادله زیر بدست می آید (۵):

$$\Delta V_i = \sum_{k=1}^{i-1} \left[\frac{(Z_{i-k+1} - Z_{i-k})(s_k - s_{k-1})}{2} \right] + \sigma_z Z_1 (s_i - s_{i-1}) \quad (7)$$

در رابطه فوق :

σ_z = ضریب شکل جریان زیر سطحی

Z_1 = عمق آب نفوذ یافته در ابتدای نوار در زمان t_1

Z_i = عمق آب نفوذ یافته در ابتدای نوار در زمان t_i

برای تعیین ضریب شکل جریان زیر سطحی ، هارت و همکاران در سال ۱۹۸۶ رابطه زیر را ارائه نمودند [۸]:

$$\sigma_z = \frac{1}{1+a} \quad (8)$$

که در رابطه فوق ، a از معادله نفوذ کوستیاکف بدست می آید :

$$Z = Kt^a \quad (9)$$

با ترکیب معادلات ۷ و ۹ معادله زیر بدست می آید:

$$q_0 \cdot \Delta t = \frac{Y_i s_i - Y_{i-1} s_{i-1}}{b+1} + \sum_{k=1}^{i-1} \left[\frac{(Z_{i-k+1} - Z_{i-k})(s_k - s_{k-1})}{2} \right] + \sigma_z Z_1 (s_i - s_{i-1}) \quad (10)$$

معادله مومنتم در مدل اینرسی صفر بصورت زیر نوشته می شود :

$$\frac{\partial y}{\partial x} = s_0 - s_f \quad (11)$$

که در رابطه فوق :

s_f = شیب خط انرژی

شیب خط انرژی را می توان از معادله مانینگ بصورت زیر محاسبه نمود:

$$s_f = \frac{q_0^2 \cdot n^2}{\frac{10}{y^3}} \quad (12)$$

که در معادله فوق :

n = ضریب زبری مانینگ

اگر از رابطه ۱ نسبت به x مشتق گیری شود رابطه زیر بدست می آید :

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{-Y(t) \cdot b}{s(t)} \left[1 - \frac{x}{s(t)} \right]^{b-1} \quad (13)$$

بنابراین مقدار $\frac{\partial y}{\partial x}$ در زمان i و در $x=0$ برابر است با :

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -\frac{bY_i}{s_i} \quad (14)$$

مقدار s_f با استفاده از رابطه ۱۲ در زمان i و در $x=0$ برابر است با :

$$s_f = \frac{q_0^2 \cdot n^2}{\frac{10}{Y_i^3}} \quad (15)$$

با ترکیب معادلات ۱۱ و ۱۴ و ۱۵ معادله زیر بدست می آید :

$$\frac{-bY_i}{s_i} = s_0 - \frac{q_0^2 \cdot n^2}{\frac{10}{Y_i^3}} \quad (16)$$

اگر از معادله ۱۰، s_i بدست آید (معادله ۱۷) و در معادله ۱۶ جایگزین شود معادله غیر خطی زیر بدست می آید:

$$s_i = \frac{A}{Y_i + (1+b)\sigma_z Z_1} \quad (17)$$

$$C_1 Y_i^2 + C_2 Y_i + C_3 Y_i^{\left(-\frac{10}{3}\right)} + C_4 = 0 \quad (18)$$

در معادله فوق فقط Y_i مجهول می باشد و ضرائب معادلات فوق بصورت زیر می باشد:

$$A = q_0 \Delta t (1+b) + Y_{i-1} s_{i-1} + (1+b)\sigma_z Z_1 s_{i-1} - (1+b) \sum_{k=1}^{i-1} (Z_{i-k+1} - Z_{i-k-1})(s_k - s_{k-1}) \quad (19)$$

$$C_2 = b(1+b)\sigma_z Z_1 / A \quad (21)$$

$$C_3 = -q_0^2 n^2 \quad (22)$$

$$C_4 = s_0 \quad (23)$$

بنابراین در روش مذکور شکل پروفیل‌های جریان سطحی و زیر سطحی نسبت به زمان ثابت در نظر گرفته نمی شود همچنین برای نوارهای مسطح قابل کاربرد است..

روش VB اصلاح شده بر اساس معادله ۱۸ می باشد. برای حل این معادله از روش تکراری نیوتن - رافسون استفاده می شود و مقدار Y_i و سپس با استفاده از معادله ۱۷ s_i محاسبه می شود. بنابراین در زمان t_i ، عمق آب در ابتدای نوار (Y_i) و طول پیشروی (s_i) و همچنین با استفاده از معادله ۱ پروفیل سطح آب قابل محاسبه است. اینکار برای تمام گامهای زمانی تکرار می شود و منحنی پیشروی آب در نوار ترسیم می گردد. لازم به ذکر است که برای محاسبه Y_i بایستی مقدار Y_{i-1} مشخص باشد. (معادله ۱۹) بنابراین بایستی در اولین گام زمانی مقدار Y_1 مشخص باشد تا بتوان Y_2 را محاسبه نمود مقدار Y_1 برابر با $0.3y_n$ منظور می شود. جهت انجام محاسبات فوق یک برنامه کامپیوتری نوشته شده است.

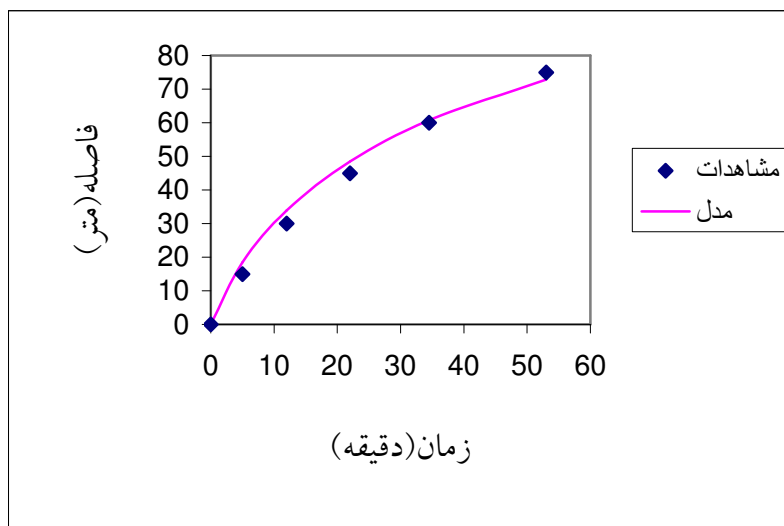
نتایج :

محاسبات فوق برای هفده مزرعه مختلف در اصفهان انجام شده است. برای اینکار پارامترهای مورد نیاز مانند ضرائب معادله نفوذ کوستیاکف، دبی ورودی به نوار، شیب کف نوار اندازه گیری شده است. این اندازه گیریها برای دو نمونه از مزارع مذکور در جدول زیر خلاصه شده است.

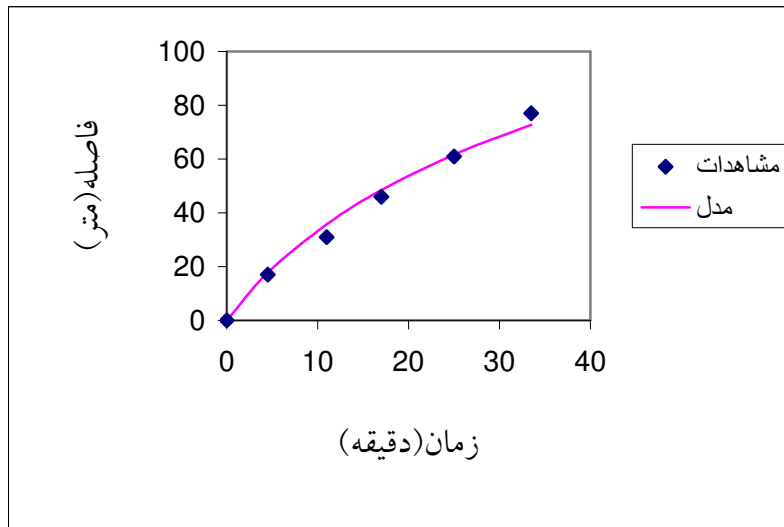
جدول ۱- خصوصیات دو نمونه از مزارع آزمایشی

بافت خاک	n	$K(m/min^a)$	a	s_0	$q_0(m^3/min/m)$	خصوصیات
سیلتی کلی لوم	۰/۰۸	۱۰۰۴۰۱۵۸	۰/۷۹۴۷	۰/۰۰۱	۰/۱۳۵	مزرعه ۱
لوم رسی	۰/۱۸	۱۰۰۴۵۸۱۳	۰/۷۹۳۶	۰/۰۰۵	۰/۲۰۲۳۲	مزرعه ۲

با توجه به داده های جدول فوق ، روش VB اصلاح شده برای دو مزرعه مذکور بکار برده شده است نتایج پیشروی آب با مقادیر پیشروی مشاهده شده مقایسه گردید که در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است . شکل‌های مذکور نشان میدهد که نتایج مدل توازن حجمی اصلاح شده تطابق بسیار خوبی با داده های صحرائی دارد. این موضوع برای کلیه مزارع به اثبات رسید.



شکل ۱. مقایسه داده های صحرائی با نتایج مدل برای مزرعه ۱



شکل ۲. مقایسه داده های صحرائی با نتایج مدل برای مزرعه ۲

منابع

- [1] Hall, W. A., 1956, Estimating irrigation border flow, Agric. Engrg., 37(4):263-256
- [2] Bassett, D. L., Fangmeier, D. D., and Sterlkoff, T., 1983, Hydraulics of Surface Irrigation, Jensen ed., ASAE, St. Joseph, Mich.
- [3] Valiantzas, J. D., 1997, Surface irrigation advance equation: variation of subsurface shape factor, J. Irrig. and Drain. Engrg. 123(4):300-306
- [4] Valiantzas, J. D., 1997, Volume balance irrigation advance equation: variation of surface shape factor, J. Irrig. and Drain. Engrg. 123(4):307-312
- [5] Valiantzas, J. D., 2001, Optimal furrow design I: time of advance equation, J. Irrig. and Drain. Engrg. 124(4):201-208
- [6] Valiantzas, J. D., 1993, Border advance using improved volume balance model, J. Irrig. and Drain. Engrg. 119(6):1006-1013
- [7] Al-Azba, A., and Strelkoff, T., 1994, Correct form of Hall technique for border irrigation advance, J. Irrig. and Drain. Engrg., 120(2):292-307
- [8] Hart, W. E., Basset, D. L., and Strelkoff, T., 1968, Surface irrigation hydraulics-kinematics, J. Irrig. and Drain. Engrg., 94(4):419-440