

## مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

### مقاله شماره ۱۷

#### موضوع:

محاسبه فاصله زهکشها به سه روش و تعیین اقتصادی ترین عمق زهکش  
توسط يك برنامه کامپیوتری

#### تألیف:

ناصر حاجیان<sup>۱</sup>

#### ۱- چکیده:

جهت محاسبه فاصله زهکشها در حالت ماندگار و غیر ماندگار روشهای مختلفی توسط منابع مختلف پیشنهاد گردیده است. در این مقاله توسط یک برنامه کامپیوتری ابتدا فاصله زهکشها به سه روش هوکهایت - کرکام و کلوردام) با عمقهای نصب متفاوت زهکش محاسبه گردیده و بدنبال آن با توجه به روش انتخابی تعیین فاصله زهکشها، اقتصادی ترین عمق نصب زهکش محاسبه می گردد.

داده های ورودی برنامه عبارتند از: ضریب آبدگری خاک، عمق لایه غیر قابل نفوذ، ضریب زهکشی، حداقل و حداکثر عمق نصب زهکش همراه با فاصله بین دو عمق متوالی، تخلخل ویژه، هزینه های خاکبرداری، قیمت لوله و فیلتر و...

خروجی برنامه عبارتند از: فاصله زهکشها از سه روش فوق الذکر با توجه به عمقهای نصب متفاوت زهکش و براساس روش انتخابی طول زهکش و هزینه زهکشی در یک هکتار و بالاخره اقتصادی ترین عمق نصب همراه با هزینه آن.

## ۲- مقدمه

نیاز روز افزون کشور به برنامه ریزی، ایجاب میکند که هر چه بیشتر از کامپیوتر بعنوان ابزار نیرومند در تصمیم‌گیری و طراحی پروژه‌های مختلف استفاده گردد. جهت استفاده از کامپیوتر در پروژه‌های مختلف وجود یک سری برنامه کامپیوتری در آن زمینه الزامی می‌باشد. برنامه‌های موجود در زمینه‌های مختلف، توسط شرکتهای خارجی نوشته شده و با توجه به اینکه اغلب کارائی نسبتاً بالایی را دارند، ولیکن در حین استفاده از آنها تغییرات مورد نیاز در اصل برنامه توسط طراح غالباً غیر ممکن می‌باشد و اگر استفاده کننده نقطه نظرانی در استفاده از برنامه، جهت کاملتر شدن آنرا داشته باشد نمی‌تواند اعمال نماید. جهت رفع این نقیصه در این مقاله سعی گردیده که برنامه کامپیوتری تعیین فاصله زهکشها به سه روش و عمق اقتصادی نصب زهکش، به زبان بیسیک (Basic) نوشته شود.

با امید به اینکه برنامه مذکور در آینده بسیار نزدیک در دسترس طراحان و پژوهشگران هموطن قرار گیرد.

## ۳- شرح روشها و روال کار

### ۳-۱- تعیین فاصله زهکشهای زیر زمینی

تعیین فاصله زهکشها مهمترین عامل در طراحی شبکه‌های زهکشی زیر زمینی می‌باشد. بطور کلی عواملی که در تعیین فاصله زهکشها مؤثر می‌باشند عبارتند از:

- عمق نصب زهکشهای زیر زمینی
- فاصله زهکشها از لایه غیر قابل نفوذ
- هدایت هیدرولیکی و تخلخل ویژه خاک
- حداکثر عمق ریشه گیاهان الگوی کشت
- عمق بحرانی آب تحت الارض جهت جلوگیری از صعود عمودی و کنترل شوری خاک
- میزان نفوذ عمقی ناشی از بارندگی، آبیاری و شبکه انتقال آب،
- آبهای نفوذی از مناطق اطراف
- تجربیات شبکه‌های زهکشی در منطقه و

- عوامل اقتصادی

فاصله زهکشهای زیر زمینی با استفاده از فرمولهای جریان ماندگار (Steady State) و جریان غیر ماندگار (Unsteady State) قابل محاسبه است. در حالت ماندگار تغییرات سطح آب زیرزمینی نسبت به سطح زمین با زمان ثابت میباشد، بعبارت دیگر شدت تغذیه برابر سرعت تخلیه زهکشها است و در حالت غیر ماندگار سطح آب زیرزمینی با زمان تغییر کرده و میزان تغذیه و تخلیه غیر یکنواخت است. در تعیین فواصل زهکشها استفاده از مطالعات جریان ماندگار و غیر ماندگار نتایج نسبتاً مشابه و یکسانی را بدست میدهد. در تعیین فواصل زهکشهای زیر زمینی در این مقاله از معادلات زهکشی ماندگار هوگهات (Hooghout) و کرکام (Kirkham) و معادلات زهکشی غیر ماندگار گلاور - دام (Glover-Dumm) استفاده شده است.

### ۳-۱-۱- معادله هوگهات:

معادله هوگهات فاصله زهکشهای زیر زمینی را با فرض جریان ماندگار محاسبه می کند. در این معادله از افت بار جریان عمودی صرف نظر شده و فقط افت انرژی در اثر جریانهای افقی و شعاعی را با این فرض که بجای جریان شعاعی معادل جریان افقی در نظر گرفته شود) منظور گردیده است. معادله هوگهات بصورت زیر

$$L^2 = \frac{8k_2 \times d^2 h}{q} + \frac{4k_1 \times h^2}{q} \quad \text{است:}$$

قسمت اول معادله هوگهات مربوط به جریان آب در زیرتر از مبنای زهکشی است و قسمت دوم آن مربوط به جریان افقی لایه بالاتر از مبنای زهکشی است در نتیجه در صورتیکه خاک بالای زهکشها و پائین آنها دارای ضریب آبگذری متفاوت باشد میتوان مقادیر هر یک را در بخش مربوطه قرار داد.

پارامترهای فرمول فوق عبارتند از:

$L$  = فاصله بین زهکشها (متر)

$K$  = ضریب هدایت هیدرولیکی لایه های خاک (متر در روز)

$d$  = عمق معادل تا لایه نفوذ ناپذیر (متر)

$h$  = بار سطح ایستابی (متر)

$q$  = ضریب زهکشی (متر در روز)

عمق معادل (d) تابعی از فاصله زهکشا (L)، فاصله لوله های زهکشی تا لایه نفوذ ناپذیر (D) و نیز محیط خیس شده جریان ورودی به زهکشا (U) میباشد.

$$d = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} (2.55 \ln \frac{D}{U} - C)} \quad 0 < \frac{D}{L} < 0.31$$

معادلات تحلیلی برای محاسبه d بشرح زیر میباشد.

$$d = \frac{L}{2.55 (\ln \frac{L}{U} - 1.15)} \quad \frac{D}{L} > 0.31$$

$$C = 3.55 - 1.6 \frac{D}{L} + 2 \left( \frac{D}{L} \right)^2$$

$$U = 3.14 r$$

U محیط خیس شده و r شعاع زهکشی است. غیر از روابط فوق برای محاسبه d جداولی وجود دارد که با استفاده از آنها میتوان عمق معادل را بدست آورد.

### ۳-۱-۲- معادله کرکام:

معادله کرکام همانند معادله هوگهات در شرایط ماندگار بکار گرفته میشود. در معادله کرکام از افت جریانهای عمودی صرفنظر شده است.

رابطه ساده شده کرکام برای محاسبه فاصله زهکشا بشرح زیر است:

$$L = \frac{h \cdot K}{q \cdot F}$$

L = فاصله زهکشا (متر)

h = بار سطح ایستابی (متر)

K = ضریب هدایت هیدرولیکی (متر در روز)

q = ضریب زهکشی (متر در روز)

F = ضریب رابطه کرکام

مقدار F از رابطه زیر بدست می آید:

$$F = \frac{1}{3.14} \left[ \ln \frac{L}{3.14 r} + \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n} \left( \cos \frac{2n \times 3.14 r}{L} - \cos n 3.14 \right) \left( \coth \frac{2n \times 3.14 D}{L} \right) \right]$$

F همانند d در رابطه هوگهات تابعی از U, L, D است.

در اینجا نیز بدلیل وابستگی میان L و F بایستی بطریق آزمون و خطا عمل نموده و فاصله زهکشها را تعیین کرد.

### ۳-۱-۳- معادله گلاور - دام:

از معروفترین معادلات محاسبه فاصله زهکشها در حالت غیر ماندگار معادله گلاور - دام میباشد. این معادله در مناطقی که تحت آبیاری مداوم باشند کاربرد دارد.

در معادله گلاور - دام حداکثر صعود سطح ایستابی (ho) در اثر آبیاری یا بارندگی پس از زمان مشخص T (معمولاً در فاصله دو آبیاری و یا بارندگی) به حداقل خود (ht) میرسد. این معادله با قرار دادن عمق معادل d فواصل زهکشها را با روش آزمون و خطا بدست میدهد.

معادله گلاور - دام بشرح زیر میباشد:

$$L^2 = 3.14^2 \left[ \frac{Kdt}{S} \right]$$

$$\ln \left( 1.16 \frac{ho}{ht} \right)$$

L = فاصله زهکشها (متر)

K = ضریب هدایت هیدرولیکی (متر در روز)

d = عمق معادل (متر)

T = فاصله بین دو آبیاری یا بارندگی (روز)

S = تخلخل ویژه (درصد)

ho = بار اولیه ایستابی در زمان T=0 (متر)

ht = بار سطح ایستابی در زمان T=t (متر)

عمق معادل (d) همان عمق معادل هوگهات و Ri/S خیز آب ناشی از نفوذ عمقی هر آبیاری میباشد. Ri

برابر نفوذ عمقی هر آبیاری و S میزان تخلخل ویژه خاک است.

### ۲-۳ توضیح برنامه کامپیوتری مورد استفاده

بطوریکه در قسمتهای قبل اشاره گردید، برآورد فاصله زهکشها در مقاله با استفاده از روشهای هوگهات، کرکام و گلور دام صورت گرفته که بدین منظور از یک برنامه کامپیوتری بزبان بیسیک، تهیه شده توسط نگارنده، استفاده به عمل آمده است.

### ۳-۲-۱ داده های ورودی برنامه مورد استفاده عبارتند از:

- نام محل چاهک مطالعات صحرائی
- روش انتخابی تعیین فاصله زهکشها در پروژه
- قیمت یک متر اجرای زهکش با لوله، شامل تمیز کردن مسیر کار، حفر ترانشه، تسطیح و آماده کردن کف ترانشه، نصب لوله و ...
- اضافه بها نسبت به کلیه ردیفهای اجرای زهکش چنانچه حفر ترانشه در زمینهای لجنی یا باتلاقی صورت گیرد. این اضافه بها به حجم قسمتی از ترانشه که در زمین لجنی یا زیرتر از آب قرار گرفته تعلق میگیرد.
- قیمت یک متر مکعب فیلتر مصرفی
- قیمت لوله
- نام پروژه
- نام محصول مبناء طرح
- کمترین و بیشترین عمق انتخابی نصب زهکشها همراه با فاصله بین دو عمق متوالی
- ضریب زهکشی طرح در حالت استفاده از فرمولهای ماندگار و غیر ماندگار
- سطح آب زیر زمینی تا سطح زمین در دو حالت استفاده از فرمولهای ماندگار و غیر ماندگار
- ضریب آبگذری در محدوده بالای نصب زهکشها (K1) و رد پائین نصب زهکشها (K2)
- فاصله بین دو آبیاری
- تخلخل ویژه

- فاصله سطح زمین تا لایه غیر قابل نفوذ

- شعاع زهکشها و بالاخره

- سطح تراز آب زیرزمینی تا سطح زمین در هنگام اجرای زهکشها (برای تعیین حجم لجن برداری)

برنامه کامپیوتری بر اساس فرمولهای ارائه شده تعیین فواصل زهکشها به روشهای فوق الذکر که در کتابهای مراجع زهکشی ارائه گردیده و با استفاده از اطلاعات ورودی به کامپیوتر اقدام به محاسبه فواصل زهکشها با توجه به عمق متفاوت نصب زهکشها، از روشهای مورد استفاده نموده و در خاتمه با توجه به روش انتخابی تعیین فواصل زهکشها در طرح و متعاقب آن محاسبه طول زهکش در یک هکتار، هزینه زهکشی هر هکتار را با عمقهای مختلف محاسبه نموده و در خاتمه اقتصادی ترین عمق را انتخاب نموده و هزینه یک هکتار زهکشی را با توجه به آن عمق ثبت می نماید.

### ۳-۲-۲ خروجی برنامه

خروجی برنامه مورد استفاده که حاصل محاسبات و تحلیل های انجام شده میباشد، بصورت یک جدول که در ابتدای آن نام محل آزمایش و داخل آن فواصل زهکشها با توجه به عمقهای متفاوت نصب زهکش میباشد انتخابی فواصل زهکشها، طول زهکش در یک هکتار، در ستون آخر هزینه یک هکتار زهکشی و با توجه به عمقهای مختلف نصب زهکش و بالاخره در پائین جدول عمق اقتصادی و هزینه یک هکتار زهکش با توجه به آن عمق بر حسب هزار ریال و روش انتخابی تعیین فاصله زهکشها در پروژه ارائه می گردد.

### ۴- فهرست منابع

- ۱- بای بوردی، م. (۱۳۶۰) "اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک" موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ سوم
- ۲- علیزاده، ا. (۱۳۶۷) "مهندسی زهکشی"، ترجمه، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی.
- ۳- علیزاده، ا. (۱۳۶۶) "زهکشی اراضی" ترجمه، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی
- ۴- فرداد، ح. (۱۳۶۲) "اصول زهکشی و کاربرد آن"، جلد ۱، ۲، ۳، ۴، ترجمه، دانش و فن، چاپ اول.

NAME OF STATION  
BYBORDI PROBLEM (GLOVER METHOD PAGE 159)

مقادیر فواصل زهکشی با توجه به عمقهای مختلف زهکش D= 9.8(M) K1= 1.00 (M/DAY) K2= 1.00 (M/DAY) R=0.10 (M) M= 1.20(M)						
عمق زهکش (متر)	روش محاسبه فاصله زهکشها			متوسط سه روش (متر)	طول زهکش در یک هکتار (متر)	هزینه یک هکتار (هزار ریال)
	گاوردام	کرکام	هوکبات			
1.7	87.8	85.4	78.8	84.0	126.9	700.3
1.8	98.7	95.5	90.2	94.8	110.8	626.8
1.9	108.7	104.7	99.6	104.4	100.4	581.8
2.0	118.1	113.2	107.7	113.0	92.9	551.2
2.1	126.8	121.1	114.6	120.8	87.2	597.5
2.2	135.1	128.5	120.7	128.1	82.8	643.0
2.3	142.9	135.4	126.2	134.8	79.2	687.7
2.4	150.4	141.6	131.1	141.0	76.3	731.8
2.5	157.5	147.6	135.5	146.9	73.8	775.6
2.6	164.3	153.5	139.4	152.4	71.7	819.2
2.7	170.8	158.8	143.0	157.5	69.9	862.8
2.8	177.1	163.8	146.2	162.4	68.4	906.2
2.9	183.1	168.7	149.2	167.0	67.0	949.8
3.0	188.9	173.2	151.8	171.3	65.9	993.7
3.1	194.6	177.7	154.2	175.5	64.9	1037.6
3.2	200.0	181.9	156.3	179.4	64.0	1082.0
3.3	205.2	185.7	158.2	183.1	63.2	1126.6
3.4	210.3	189.3	159.9	186.5	62.5	1171.8
3.5	215.2	192.9	161.5	189.9	61.9	1217.3
3.6	220.0	196.2	162.9	193.0	61.4	1263.1
3.7	224.6	199.2	164.1	196.0	60.9	1309.3

551.2 = هزینه یک هکتار زهکش با توجه به عمق اقتصادی  
روش انتخابی تعیین فاصله زهکشها در پروژه : گاور دام  
2.0 = اقتصادی ترین عمق



## NAME OF STATION

## BYBORDI DRAINAGE PROBLEM

مقادیر فواصل زهکشیها با توجه به عمقهای مختلف زهکش D= 6.8(M) K1= 0.80 (M/DAY) K2= 0.80 (M/DAY) R=0.10 (M) M= 1.50(M)						
عمق زهکش (متر)	روش محاسبه فاصله زهکشها			متوسط سه روش (متر)	طول زهکش در یک هکتار (متر)	هزینه یک هکتار (هزارریال)
	کلور دام	کرکام	هوکسات			
1.7	65.6	65.0	71.1	67.3	140.6	775.5
1.8	83.8	82.5	73.7	80.0	135.6	767.1
1.9	99.0	96.7	75.6	90.4	132.2	766.3
2.0	112.3	108.8	77.0	99.4	130.0	771.3
2.1	124.2	119.7	77.9	107.3	128.4	879.5
2.2	135.1	129.3	78.5	114.3	127.3	988.7
2.3	145.1	137.7	79.0	120.6	126.6	1098.5
2.4	154.4	145.4	79.3	126.3	126.2	1210.6
2.5	163.0	152.7	79.3	131.7	126.0	1324.5
2.6	171.1	159.0	79.3	136.5	126.1	1440.5
2.7	178.8	164.8	79.2	140.9	126.3	1558.6

766.3 = هزینه یک هکتار زهکشی با توجه به عمق اقتصادی  
روش انتخابی تعیین فاصله زهکشها در پروژه : کلور دام  
1.9 = اقتصادی ترین عمق