

طراحی سیستم زهکش زیرزمینی با هدف دستیابی به کمترین هزینه اجرایی در شرایط ماندگار

رحیمه زادش پرگو، حامد مازندرانی زاده^۱، پیمان دانشکار آراسته

دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین.

Zavosh.s.p@gmail.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین.

hzadeh@iust.ac.ir

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین.

arasteh1348@yahoo.com

چکیده

در طراحی سیستمهای زهکش زیرزمینی، عمق، قطر و فاصله زهکش ها متغیرهای مهم تصمیم گیری می باشند که بسته به نوع هدف می توان ترکیبات مختلفی از آنها را به کار برد. هدف از این تحقیق، طراحی سیستم زهکش زیرزمینی، به منظور دستیابی به کمترین هزینه های اجرایی و تحلیل عوامل تاثیر گذار بر روی هزینه های اجرایی سیستم زهکشی می باشد. به این منظور از تلفیق معادلات هیدرولیکی حاکم بر جریانهای ماندگار زهکش های زیر زمینی و شیوه بهینه سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در این تحقیق از اطلاعات ۵۰ هکتار، شامل دو واحد زراعی ۲۵ هکتاری از اراضی کشت و صنعت واحد سلمان فارسی به عنوان مطالعه موردی استفاده شد. نتایج حاصل از خروجی مدل بهینه سازی نشان داد با کاهش ضریب زهکشی، هزینه اجرای سیستم های زهکشی به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد. همچنین بررسی تاثیر عمق لایه غیر قابل نفوذ بر هزینه های اجرایی سیستم های زهکشی نشان داد که با افزایش عمق لایه غیر قابل نفوذ، فاصله زهکش ها افزایش و هزینه اجرای سیستم های زهکشی کاهش می یابد. مطالعات نشان داد که با افزایش عمق سطح ایستابی، هزینه های اجرای طرح افزایش می یابد، به طوری که حداقل هزینه در فضای جستجو مربوط به سطح ایستابی ۰/۸ متری، در عمق ۲/۴۷ متر با فاصله ۷۱/۴ متر حاصل گردید.

واژه های کلیدی: بهینه سازی، الگوریتم ژنتیک، محیط زیست، دفع آب.

۱- آدرس نویسنده مسؤل: قزوین، دانشگاه بین المللی امام خمینی، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی آب

* - دریافت: آبان ۱۳۹۲ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

مقدمه

نصب زهکش های زیرزمینی برای ۱۵ فاصله متفاوت زهکشی با لوله های پوشش دار و بدون پوشش محاسبه شده است.

بهینه سازی فواصل نصب زهکش زیرزمینی که بصورت کانال های زهکشی بوده و کف آن ها به لایه غیر قابل نفوذ منتهی شده است، نشان می دهد با یافتن فاصله مناسب بین زهکش ها، هزینه های اجرایی عملیات زهکشی کاهش می باشد (باگو و قانشیم، ۲۰۰۹). تابع هدف در آن مطالعه شامل هزینه های خاک برداری و پمپاژ در نظر گرفته شده بود. در نهایت با استفاده از برازش غیر خطی و با دریافت پارامترهای ورودی نظیر شدت بارندگی، هدایت هیدرولیکی، هزینه های پمپاژ و . . . معادله ای به منظور محاسبه فاصله بهینه بین کانال های زهکشی ارائه گردیده است.

نتایج حاصل از مطالعه دیگری با هدف کاهش هزینه ی احداث شبکه های لوله های زهکشی زیرزمینی در واحد سطح نشان می دهد که به طور کلی با افزایش عمق نصب لوله زهکش، هزینه در واحد سطح کاهش می یابد که در اعماق کمتر از ۱/۶ متر، کاهش هزینه از شدت بیشتری برخوردار است (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعه ارتباط دبی خروجی از زهکش و افت سطح ایستابی در زمین های باتلاقی نشان می دهد که نسبت فاصله به عمق زهکش تاثیرگذارترین عامل در تعیین هزینه های زهکشی و انتخاب مقدار بهینه عمق و فاصله زهکش ها می باشد (کانان، ۲۰۰۸).

مطالعه حاضر بر اساس وضعیت و مشاهدات اقتصادی روز کشور بنا گذاشته شده است. به نحوی که بر خلاف اغلب مطالعات گذشته که به صورت پارامتری انجام شده اند، این مطالعه بر مبنای اعداد و ارقام اجرایی واقعی کشور ایران در سال ۱۳۹۱ انجام شده است. از آنجا که فرضیات و مبانی هیدرولیکی و اعداد اقتصادی به کار رفته در این تحقیق بر اساس مطالعه موردی واقعی، آگاهی از ملاحظات و محدودیت های مشاورین و پیمانکاران در

در طراحی سیستم های زهکش زیرزمینی، عمق، قطر و فاصله زهکش ها متغیر های مهم تصمیم گیری می باشند که بسته به نوع هدف می توان ترکیبات مختلفی از آنها را به کار برد. در طراحی های معمول زهکشی، متغیر های طراحی عمق و قطر زهکش، با استفاده از تجربه و شرایط و امکانات تهیه مصالح تعیین می شوند و فاصله زهکش ها، پس از تعیین ضریب زهکشی و بیلان آب، با استفاده از معادله زهکشی هوخهات به دست می آیند. از آنجایی که متغیر های طراحی ذاتاً به هم وابسته هستند می توان از روش هایی جهت تعیین بهترین ترکیب متغیرها که منجر به حداقل هزینه های اجرا شود، بهره برد. به طور کلی با افزایش عمق نصب، هزینه حفاری افزایش می یابد، اما باید توجه داشت افزایش عمق نصب منجر به افزایش فاصله زهکش ها شده که این موضوع می تواند باعث کاهش هزینه کل اجرای شبکه شود.

مطالعه رابطه میان عمق و فاصله نصب زهکش موضوع فعالیت بسیاری از محققین بوده است که هر یک سعی در کاهش هزینه های اجرای زهکش داشته اند. نتایج حاصل از تحقیقی با هدف حداقل سازی هزینه کل اجرای سیستم زهکشی در کشور پاکستان نشان می دهد عمق، فاصله و قطر بهینه زهکشی در منطقه مورد نظر به ترتیب مقادیر ۱/۶ متر، ۶۶/۷ متر و ۹/۲ سانتی متر می باشد. فواصل زهکش های اجرا شده در منطقه ی مطالعاتی ایشان ۵۶، ۷۰، ۸۳، ۹۸ و ۱۱۲ متر در عمق های ۱/۵، ۱/۷۵، ۲، ۲/۲۵، ۲/۷۵ متر بوده که فواصل پیش بینی شده حاصل از مدل به مقادیر اجرا شده شباهت زیادی دارد (اقبال و همکاران، ۲۰۰۷).

رابطه معناداری میان افزایش بازده محصول و هزینه های اجرای سیستم های زهکشی در انواع مختلف بافت خاک وجود دارد (کاتر و همکاران ۱۹۹۲). در آن تحقیق فاصله ی زهکش ها از ۵/۵ تا ۴۸/۸ متر در انواع خاک ها مورد آزمایش قرار گرفته و بازده محصولات اندازه گیری شده است. در ادامه هزینه مصالح مورد نیاز

از رابطه هوخهات استفاده شده است. این رابطه پارامترهای اساسی طراحی زهکش شامل عمق، قطر و فاصله زهکش را با پارامترهای هیدرودینامیکی خاک و شرایط آبیاری مرتبط می نماید. رابطه هوخهات دارای سه پارامتر قطر، عمق و فاصله نصب زهکش می باشد، با توجه به اینکه پارامتر قطری پارامتری گسسته و از دامنه تغییرات کمتری برخوردار می باشد، به منظور محاسبه پارامترهای طراحی، ابتدا قطر و عمق زهکش توسط مدل الگوریتم ژنتیک حدس زده می شوند و سپس با استفاده از رابطه هوخهات (۱)، فاصله زهکش ها تعیین می گردد.

$$S = \sqrt{\frac{8k_b d_e h + 4k_a h^2}{q}} \quad (1)$$

به طوری که S فاصله زهکش بر حسب متر، k_a هدایت هیدرولیکی اشباع بالای سطح زهکش بر حسب متر در روز، k_b هدایت هیدرولیکی اشباع لایه پایین سطح زهکش بر حسب متر در روز، d_e عمق معادل فاصله سطح زهکش تا لایه غیر قابل نفوذ بر حسب متر، h ارتفاع سفره آب در بالا و بین دو خط زهکش بر حسب متر و q شدت تخلیه زهکش بر حسب متر در روز می باشد. به منظور محاسبه عمق معادل در فرمول هوخهات از رابطه (۲) استفاده شده است.

$$d_e = \frac{D}{\left(\frac{8D}{\pi S} \ln \frac{D}{u}\right)} \quad \text{if } D < \frac{1}{4} S \quad (2)$$

$$d_e = \frac{\pi S}{8 \ln \frac{S}{u}} \quad \text{if } D \geq \frac{1}{4} S$$

به طوری که در رابطه ی فوق ، d_e عمق معادل (m)، D فاصله ی عمودی عمق نصب زهکش و لایه ی نفوذ ناپذیر (m)، u محیط خیس شده (m)، S فاصله ی زهکش ها (m) می باشند. تصویر (۱) شمایی از نحوه ی استقرار لوله های زهکش و بیان تصویری پارامترهای معرفی شده را در شرایط ماندگار نشان می دهد.

فضای حقیقی، جستجوی بازار و قیمت های روز بنا نهاده شده اند، این تحقیق می تواند به عنوان مبنای حرکت و تصمیم گیری سایر محققین و مشاورین در خصوص ارائه مدلی برای طراحی سایر سیستم های زهکشی بر اساس حداقل سازی هزینه های اجرایی و همچنین ارائه مدل های بهینه سازی چند هدفه به کار گرفته شود.

مواد و روش ها

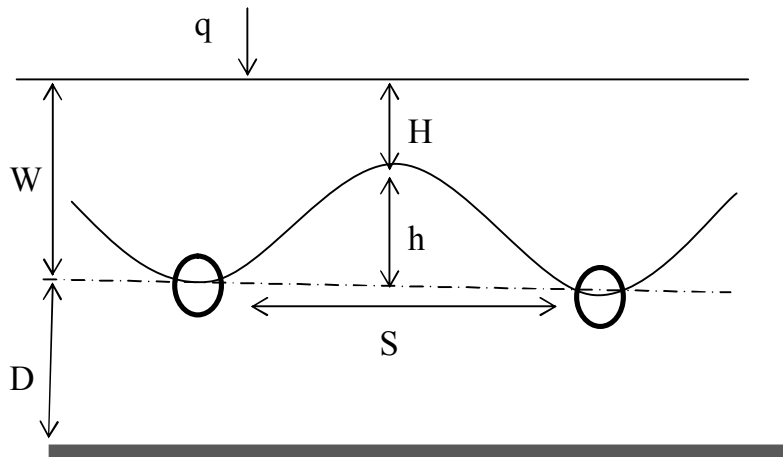
هدف از این تحقیق، بهینه سازی پارامترهای طراحی سیستم های زهکش های زیرزمینی با رویکرد اقتصادی می باشد. بهینه سازی عبارت از یافتن بهترین جواب، به منظور حداقل یا حداکثر نمودن یک یا چند هدف، با رعایت قیود مسئله می باشد (جانگوهماکاران، ۲۰۱۱).

الگوریتم ژنتیک

در سال های اخیر روش های بهینه سازی بر مبنای الگوریتم های تکاملی مورد توجه واقع شده اند (فلاح پور و همکاران، ۲۰۱۲). روش های بهینه سازی تکاملی بدون نیاز به مشتق پذیری تابع هدف به یافتن جواب های بهینه در فضای مسئله می پردازند. از انواع روش های الگوریتم های تکاملی می توان به الگوریتم ژنتیک (GA) اشاره نمود. الگوریتم ژنتیک یک روش بهینه سازی بر پایه جمعیت می باشد که به منظور بهینه سازی در مسائل پیچیده به کار برده می شود. اصول اولیه الگوریتم ژنتیک توسط جان هلند در سال ۱۹۶۰ ارائه گردید و این نظریه در طول سال های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ توسعه پیدا کرد (میچل، ۱۹۹۹).

روابط زهکشی و کنترل قطر

در مطالعه حاضر با فرض ایجاد شرایط ماندگار در وضعیت سطح آب زیرزمینی و خروجی های زهکش



شکل ۱. نحوه ی استقرار لوله های زهکش در حالت ماندگار

به کار رفته در عملیات زهکشی) و هزینه های اجرا می باشد. بنابر این تابع هدف به صورت رابطه (۶) بیان می گردد.

MinCost

$$Cost = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (6)$$

در عبارت فوق، Cost هزینه کل و C_1, C_2, C_3, C_4 به ترتیب عبارت از کل هزینه اجرای لترال، کل هزینه اجرای کلکتور، هزینه مربوط به منهول و هزینه احداث جاده سرویس می باشند. هریک از هزینه های مذکور C_4, C_1, C_2, C_3 به اجزای کوچکتری قابل تفکیک هستند به گونه ای که:

$$C_1 = C_{1a} + C_{1b} + C_{1c} + C_{1d} + C_{1e} \quad (7)$$

$$C_2 = C_{2a} + C_{2b} + C_{2c} + C_{2d} + C_{2e} \quad (8)$$

در عبارات فوق C_{1a} و C_{2a} به ترتیب هزینه یک متر لوله لترال و کلکتور، C_{1b} و C_{2b} هزینه حفاری، نصب لوله و فیلتر و خاکریزی در واحد متر به ترتیب برای یک متر لوله لترال و کلکتور، C_{1c} و C_{2c} هزینه تهیه و حمل هر متر مکعب فیلتر شنی دانه بندی شده به ترتیب برای یک متر لوله لترال و کلکتور، C_{1d} و C_{2d} هزینه حمل مواد حاصله از عملیات خاکی برحسب مترمکعب در کیلومتر به ترتیب برای یک متر لوله لترال و کلکتور، C_{1e} و C_{2e} هزینه های مربوط به اضافه بها نظیر سختی کار در حفاری بیشتر از عمق دو متر و عمق نصب لوله در زیر سطح ایستابی به

با توجه به اینکه در رابطه هوخهات از مسائل عملیاتی نظیر گرفتگی لوله در هنگام بهره برداری و شیب زمین استفاده نشده است، لذا دبی محاسبه شده توسط رابطه هوخهات، با دبی بهره برداری مورد نیاز کنترل می گردد.

$$Q_{operation} = qA \quad (3)$$

$$Q_{design} = 38 d^{2.67} i^{0.5} \quad (4)$$

$$Q_{design} \geq 1.33 Q_{operation} \quad (5)$$

در رابطه (۳)، اگر در روابط فوق A مساحت تحت پوشش توسط یک خط زهکش بر حسب متر مربع باشد $Q_{operation}$ دبی زه آب بهره برداری در انتهای لوله های زهکش بر حسب متر مکعب بر ثانیه خواهد بود. در رابطه (۴)، اگر i شیب خط لوله و d قطر آن باشد Q_{design} دبی قابل عبور از لوله خواهد بود. حال با توجه به رسوب املاح و کاهش سطح مقطع مفید لوله در هنگام بهره برداری، مقدار دبی قابل عبور لوله (Q_{design}) باید ۳۳٪ بیش از دبی مورد نیاز ($Q_{operation}$) باشد.

مدل پیشنهادی

از آنجایی که اجرای عملیات زهکشی دارای هزینه های هنگفتی می باشد انتخاب صحیح و اجرای دقیق پارامترهای زهکشی می تواند در کاهش هزینه های اجرایی تا حد زیادی موثر واقع شود. به طور کلی هزینه های اجرایی یک طرح زهکشی شامل هزینه مواد (مصالح

مطالعه موردی

به منظور محاسبه هزینه های طرح، از اطلاعات ۵۰ هکتار، شامل دو واحد زراعی ۲۵ هکتاری از اراضی کشت و صنعت واحد سلمان فارسی استفاده شده است. واحد کشت و صنعت سلمان فارسی یکی از طرح های هفت گانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی در جنوبی ترین واحد تخصیص داده شده به واحدهای کشت و صنعت مستقر می باشد. مرکز این منطقه با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. شکل (۲) موقعیت رودخانه کارون و شرکتهای کشت و صنعت اطراف آن را نمایش می دهد.

ترتیب برای یک متر لوله لترال و کلکتور می باشند. هزینه اجرای کل منهول نیز شامل هزینه اجرای یک منهول در تعداد منهول های مورد نیاز می باشد.

طول لترال و کلکتور

در تمام محاسبات ضروری است تا طول لوله های لترال و کلکتور محاسبه گردد. خواهیم داشت:

$$L_{lt} = \left(\frac{w}{2} - \frac{S}{2} \right) \times 2 \times \text{round} \left(\frac{L - \frac{S}{2}}{S} + 1 \right) \quad (9)$$

$$L_{co} = \text{round} \left(L - \frac{S}{2} \right) \quad (10)$$

در معادلات فوق، L_{lt} طول لترال، L_{co} طول کلکتور، w عرض زمین، L طول زمین و S فاصله زهکش ها می باشند.



شکل ۲- موقعیت رودخانه کارون و شرکتهای کشت و صنعت

اطلاعات پایه این منطقه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- اطلاعات پایه واحد کشت و صنعت سلمان فارسی

پارامتر	واحد	مقدار
طول واحد زراعی	m	۱۰۰۰
عرض واحد زراعی	m	۲۵۰
(k)هدایت آبی اشباع	m.day-1	۱
(q)ضریب زهکشی	mm.day-1	۶
(D)عمق لایه غیر قابل نفوذ	m	۴
عمق آب زیرزمینی قبل از اجرای سیستم	m	۱/۵
(H)عمق تثبیت سطح ایستابی	m	۱

جدول ۲- قیمت لوله بدون پوشش از قطر ۱۰۰ الی ۲۰۰ میلی متر

نام محصول	سایز(mm)	قیمت (Rial)
لوله زهکش (PVC) بدون پوشش	۱۰۰	۱۸,۰۰۰
	۱۲۵	۲۳,۰۰۰
	۱۶۰	۳۳,۰۰۰
	۲۰۰	۶۰,۰۰۰

جدول ۳- هزینه های مربوط به اجرای سیستم زهکشی

ردیف	شرح	واحد	بهاء واحد(ریال)
۱۲۰۱۰۱	اجرای زهکش های زیرزمینی (زهکش های عمقی) با لوله خرطومی یا مشابه تا قطر ۲۰۰ میلیمتر با ترانشه به عرض ۵۰ سانتیمتر و عمق ۲ متر با ترنچر.	متر طول	۱۲,۲۰۰
۱۲۰۲۰۱	اضافه بها به ازای ردیف ۱۲۰۱۰۱ چنانچه عمق ترانشه بیش از ۲ متر و تا ۳ متر باشد.	متر طول	۳,۲۴۰
۱۲۰۶۰۱	اضافه بها به ردیف های لوله گذاری برای آن قسمت عملیات که در زیر تراز آب زیرزمینی انجام شود و استفاده از تلمبه موتوری در حین انجام عملیات برای خارج ساختن آب الزامی باشد.	متر مکعب	۷,۶۰۰
۱۲۰۶۰۲	اضافه بها به ردیف های لوله گذاری برای آن قسمت عملیات که در زیر تراز آب زیرزمینی و بدون استفاده از تلمبه موتوری انجام شود.	متر مکعب	۴,۹۹۰
۰۴۰۸۰۱	تهیه و حمل مصالح قشر فیلتر دانه بندی شده برای مصرف در ترانشه زهکش ها و یا زیر پوشش کانال ها و ابنیه فنی هیدرولیکی.	متر مکعب	۵۱,۰۰۰
۰۳۱۳۰۳	حمل مواد حاصل از عملیات خاکی یا خاکهای توده شده در راههای ساخته نشده، مانند راههای سرویس، ارتباطی و انحرافی، در صورتی که فاصله حمل بیش از ۵۰۰ متر تا ۱۰ کیلومتر باشد، برای هر کیلومتر اضافه بر ۵۰۰ متر اول (کسر کیلومتر به تناسب محاسبه می شود).	متر مکعب- کیلومتر	۱,۲۸۰
۰۳۱۳۰۴	حمل مواد حاصل از عملیات خاکی یا خاکهای توده شده در راههای ساخته نشده، در صورتی که فاصله حمل بیش از ۱۰ کیلومتر تا ۳۰ کیلومتر باشد، برای هر کیلومتر اضافه بر ۱۰ کیلومتر (کسر کیلومتر به تناسب محاسبه می شود).	متر مکعب- کیلومتر	۱,۱۱۶۰
۰۳۱۳۰۵	حمل مواد حاصل از عملیات خاکی یا خاکهای توده شده در راههای ساخته نشده، در صورتی که فاصله حمل بیش از ۳۰ تا ۷۵ کیلومتر باشد، برای هر کیلومتر اضافه بر ۳۰ کیلومتر (کسر کیلومتر به تناسب محاسبه می شود).	متر مکعب- کیلومتر	۱,۰۴۰
۰۳۱۳۰۶	حمل مواد حاصل از عملیات خاکی یا خاکهای توده شده در راههای ساخته نشده، در صورتی که فاصله حمل بیش از ۷۵ کیلومتر باشد، برای هر کیلومتر اضافه بر ۷۵ کیلومتر (کسر کیلومتر به تناسب محاسبه می شود).	متر مکعب- کیلومتر	۸۱۰

قطر لوله های لترال شامل این سه قطر می باشد و از به وجود آمدن قطرهای غیر تجاری که در بازار وجود ندارند جلوگیری شده است. در جدول (۲) قیمت لوله های بدون پوشش با قطرهای ۱۰۰ الی ۲۰۰ میلی متر ارائه شده است. جدول (۳) نیز حاوی اطلاعات مربوط به هزینه های اجرایی سیستم های زهکشی می باشد.

در این مطالعه به منظور محاسبه هزینه حفاری، از هزینه های مربوط به ماشین ترنچر استفاده شده است. همچنین به منظور رعایت ضوابط طراحی، ضخامت مواد پوششی (پوشش شن و ماسه) اطراف لوله زهکش ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. از آنجا که قطر لوله های لترال یکی از متغیرهای تصمیم گیری این تحقیق می باشد، به این منظور سه قطر متداول و موجود در بازار، قطرهای ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۶۰ میلیمتر به عنوان قطرهای قابل انتخاب به مدل معرفی شدند. به عبارت دیگر فضای جواب برای

هزینه اجرای لترال (C₁)

* هزینه یک متر لوله (C_{1a}): به منظور محاسبه هزینه یک متر طول لوله از جدول (۲) استفاده گردید.

* هزینه حفاری، نصب لوله و فیلتر و خاکریزی در واحد متر (C_{1b}) با ماشین ترنچر از ردیف ۱۲۰۱۰۱ از جدول (۳) استخراج گردید

* هزینه تهیه و حمل هر متر مکعب فیلتر شنی دانه بندی شده (C_{1c}) برای هر متر مکعب مصرفی بر اساس ردیف (۰۴۰۸۰۱) از جدول (۳)، معادل ۵۱,۰۰۰ ریال بیان شده است.

* هزینه حمل مواد حاصله از عملیات خاکی (C_{1d}) نیز با توجه به جدول (۳) با شماره ردیف های ۰۳۱۳۰۳، ۰۳۱۳۰۴، ۰۳۱۳۰۵ و ۰۳۱۳۰۶ استفاده گردید. کل مسافت طی شده در این پروژه ۲۰۰ کیلومتر بوده و بر این اساس هزینه انتقال مواد خاکی نیز در محاسبات لحاظ شده است.

* هزینه های مربوط به اضافه بها (C_{1e}): در صورتی که عمق حفر ترانشه بیشتر از ۲ متر تا عمق حداکثر ۳ متر باشد به دلیل سختی انجام کار مقداری اضافه بها در نظر گرفته می شود. قیمت این اضافه بها در ردیف ۱۲۰۱۰۲ از جدول (۲) استخراج گردید. همچنین اگر در هنگام عملیات لوله گذاری سطح آب زیرزمینی بالاتر از عمق حفاری باشد اضافه بهایی معادل با ردیف های ذکر شده در ۱۲۰۶۰۱ یا ۱۲۰۶۰۲ به دلیل سختی کار نیز به هزینه ها اضافه می گردد.

هزینه اجرای کلکتور (C_۲)

به دلیل بزرگ بودن ضریب زهکشی در واحد کشت و صنعت سلمان از کلکتور ۲۰۰ و ۳۰۰ به صورت تلسکوپی استفاده گردید. در محاسبات کلیه هزینه ی مربوط به کلکتور ۲۰۰ محاسبه شد و هزینه کلکتور ۳۰۰، ۱/۵ برابر هزینه ی کلکتور ۲۰۰ در نظر گرفته شد و در نهایت هزینه ی مربوط به کلکتورهای ۲۰۰ و ۳۰۰ به عنوان هزینه نهایی در محاسبات لحاظ گردید. روش به دست

آوردن هزینه های مربوط به کلکتور مشابه هزینه های لترال بوده فقط حجم فیلتر مصرفی و عمق دفن لوله های زهکش در کلکتور بیشتر می باشد که در مسائل اعمال گردیده است.

هزینه منهول (C_۳) و هزینه احداث جاده سرویس (C_۴)

هزینه منهول و جاده سرویس در سال ۱۳۹۱، به منظور به دست آوردن هزینه ی کل عملیات اجرای سیستم زهکشی در محاسبات وارد گردید.

نتایج و بحث

با اعمال مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک بر داده های واحد کشت و صنعت سلمان، پارامترهای بهینه محاسبه گردید. جدول (۴)، پارامترهای طراحی به دست آمده از مدل بهینه سازی را در ضرایب مختلف زهکشی به ازای عمق مجاز نصب زهکش ها نشان می دهد. با در نظر گرفتن کل فضای جستجو (عمق مجاز نصب زهکش از ۱/۲ تا ۲/۸ متری از سطح زمین)، نتایج حاصل از اطلاعات ورودی واحد سلمان نشان داد که با احتساب ضریب زهکشی شش میلی متر بر روز حداقل هزینه معادل ۷۶/۱۱ میلیون تومان در ۵۰ هکتار در عمق ۲/۳ متری از سطح زمین با فاصله نصب ۶۲/۵ متر و قطر ۰/۱۲۵ اتفاق افتاده است.

همچنین به منظور بررسی هزینه های اجرا به ضرایب زهکشی، مدل با احتساب ضرایب زهکشی سه و چهار میلی متر بر روز نیز اجرا شد و خروجی ها در جدول (۴) ارائه گردید. همانگونه که در این جدول مشاهده می شود با کاهش عمق مجاز نصب زهکش های زیرزمینی، فاصله نصب لوله های زهکش کاهش یافته و با کاهش فاصله و عمق نصب لوله های زهکش، هزینه اجرای زهکش های زیرزمینی افزایش می یابد.

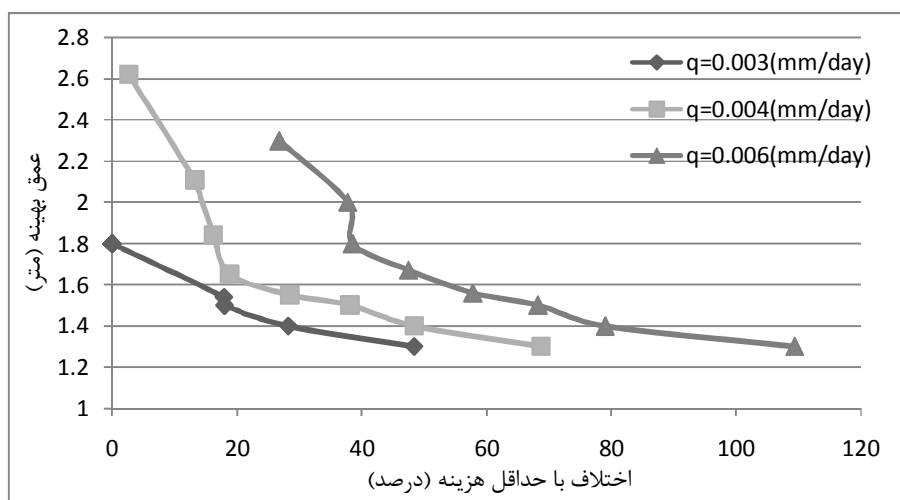
به طور کلی با وارد کردن ضرایب زهکشی سه، چهار و شش میلی متر بر روز، کمترین هزینه معادل ۶۰/۰۱ میلیون تومان، متعلق به ضریب زهکشی سه میلی متر بر روز در عمق ۱/۸ متری با فاصله ۷۱/۴ متر به دست آمد که

سایر هزینه های در عمق های به دست آمده نسبت به حداقل هزینه مقایسه گردید که این مقایسه در شکل (۳) نمایش داده می شود. به طور مثال از شکل (۳) مشاهده می گردد به ازای ضریب زهکشی چهار میلی متر بر روز، عمق

۲/۶ متر از نظر هزینه نسبت به هزینه بهینه ضریب زهکشی سه میلی متر بر روز، ۲/۶۵ درصد افزایش داشته است.

جدول ۴- پارامترهای طراحی سیستم زهکشی- هزینه ی اجرایی- در ضرایب زهکشی متفاوت

حداکثر عمق مجاز نصب زهکشی (متر)	$q=0.003(\text{mm/day})H=1\text{mDt}=4\text{m}$			$q=0.004(\text{mm/day})H=1\text{mDt}=4\text{m}$			$q=0.006(\text{mm/day})H=1\text{mDt}=4\text{m}$		
	عمق	فاصله	قطر (متر)	عمق	فاصله	قطر (متر)	عمق	فاصله	قطر (متر)
	بهینه (متر)	زهکشی (متر)		بهینه (متر)	زهکشی (متر)		بهینه (متر)	زهکشی (متر)	
۲/۸	۱/۸	۷۱/۴	۰/۱	۲/۶۲	۸۳/۳	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵
۲/۶	۱/۸	۷۱/۴	۰/۱	۲/۱۱	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵
۲/۵	۱/۸	۷۱/۴	۰/۱	۲/۱۱	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵
۲/۳	۱/۸	۷۱/۴	۰/۱	۲/۱۱	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲	۵۵/۶	۰/۱۲۵
۲	۱/۸	۷۱/۴	۰/۱	۱/۸۴	۶۳/۰	۰/۱۲۵	۱/۸۰	۵۰	۰/۱۲۵
۱/۸	۱/۸	۷۱/۴	۰/۱	۱/۶۵	۵۵/۶	۰/۱	۱/۶۷	۴۵/۵	۰/۱۲۵
۱/۶	۱/۵	۵۹/۰	۰/۱	۱/۵۵	۵۱/۰	۰/۱	۱/۵۶	۴۱/۷	۰/۱۲۵
۱/۵	۱/۵	۵۶/۵	۰/۱	۱/۵۰	۴۸/۵	۰/۱	۱/۵۰	۳۹	۰/۱۲۵
۱/۴	۱/۴	۵۰/۳	۰/۱	۱/۴۰	۴۳/۰	۰/۱	۱/۴۰	۳۴/۴	۰/۱
۱/۳	۱/۳	۴۳/۰	۰/۱	۱/۳۰	۳۶/۷	۰/۱	۱/۳۰	۲۹	۰/۱



شکل ۳- مقایسه هزینه در اعماق بهینه به دست آمده نسبت به حداقل هزینه در ضرایب زهکشی متفاوت

در اطلاعات اولیه ورودی برنامه چهار متر بود به اعماق پنج و هفت تبدیل گردید و به عنوان ورودی مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده در جدول (۵) و شکل (۴) ارائه گردیده است.

در ادامه به بررسی تاثیر عمق لایه غیر قابل نفوذ بر پارامترهای طراحی و هزینه های اجرایی سیستم های زهکشی پرداخته شد. در این بخش تمام اطلاعات ورودی ثابت در نظر گرفته شد و فقط عمق لایه غیر قابل نفوذ که

جدول ۵- پارامترهای طراحی سیستم زهکشی - هزینه ی اجرایی - در لایه نفوذناپذیر متفاوت

حداکثر عمق مجاز نصب زهکشی (متر)	$q=0.006(mm/day)H=1mDt=7m$			$q=0.006(mm/day)H=1mDt=5m$			$q=0.006(mm/day)H=1mDt=4m$		
	فاصله عمق	قطر (متر)	هزینه	فاصله عمق	قطر (متر)	هزینه	فاصله عمق	قطر (متر)	هزینه
۲/۸	۲/۷	۱۰۰	۰/۱۶۰	۲/۲۶	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵
۲/۶	۱/۹۲	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۲۶	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵
۲/۵	۱/۹۲	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۲۶	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵
۲/۳	۱/۹۲	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۲۶	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲	۵۵/۶	۰/۱۲۵
۲	۱/۹۲	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۱/۹۸	۶۳	۰/۱۲۵	۱/۸۰	۵۰	۰/۱۲۵
۱/۸	۱/۷۴	۶۳	۰/۱۲۵	۱/۷۸	۵۵/۶	۰/۱۲۵	۱/۶۷	۴۵/۵	۰/۱۲۵
۱/۶	۱/۶۰	۵۵	۰/۱۲۵	۱/۵۴	۴۵/۵	۰/۱۲۵	۱/۵۶	۴۱/۷	۰/۱۲۵
۱/۵	۱/۵۰	۴۹/۴	۰/۱۲۵	۱/۵۰	۴۳/۳	۰/۱	۱/۵۰	۳۹	۰/۱۲۵
۱/۴	۱/۴۰	۴۳	۰/۱	۱/۴۰	۳۷/۷	۰/۱	۱/۴۰	۳۴/۴	۰/۱
۱/۳	۱/۳۰	۳۵	۰/۱۶۰	۱/۳	۳۱/۶	۰/۱۲۵	۱/۳۰	۲۹	۰/۱

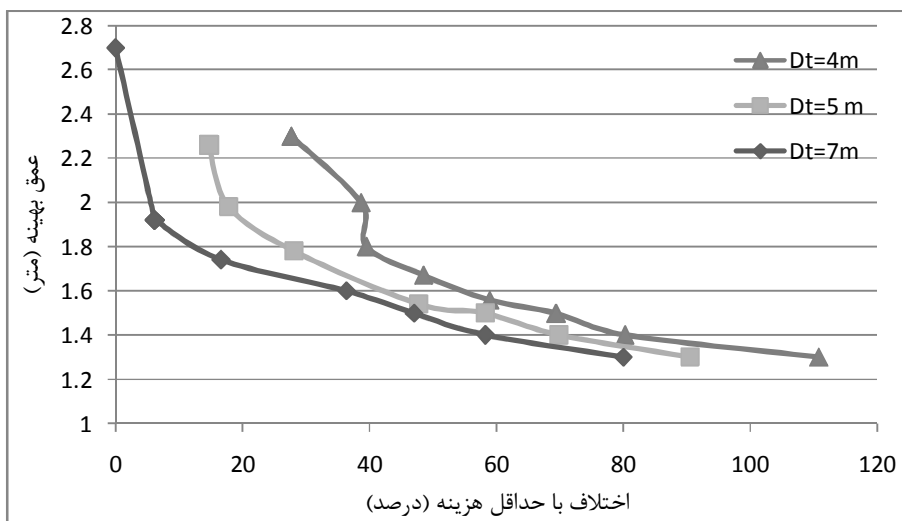
شکل (۵) هزینه های اجرای سیستم های زهکشی را نسبت به حداقل هزینه در عمق های بهینه به دست آمده در هر سه سطح ایستابی بیان می کند.

همانگونه که ملاحظه می گردد با افزایش عمق تثبیت، فاصله بهینه زهکش های زیرزمینی کاهش یافته است، زیرا که با افزایش عمق تثبیت سطح ایستابی به دلیل کاهش ارتفاع سفره ی آب بین دو خط زهکش، فاصله زهکش ها کاهش خواهد یافت. شکل (۵) نشان می دهد هزینه در سطح ایستابی ۰/۸ متر و عمق در حدود ۲/۵ متر حداقل هزینه را نسبت به سایر پارامترهای به دست آمده در این بخش در بر داشته است. همچنین ملاحظه می گردد با افزایش عمق سطح ایستابی، هزینه اجرا نیز افزایش می یابد و در اعماق کمتر به دلیل کاهش بیش از اندازه فاصله، این اختلاف هزینه بسیار بیشتر می شود، به طور مثال در عمق سطح ایستابی ۰/۸ متر، در عمق ۱/۴ متر، ۳۶/۷ درصد نسبت به حداقل هزینه افزایش داشته

نتایج نشان می دهد با افزایش عمق لایه غیر قابل نفوذ، فاصله زهکش ها افزایش و هزینه اجرای سیستم های زهکشی کاهش یافته است به طور مثال در عمق ۱/۵ متری، فاصله زهکش ها در لایه نفوذ ناپذیر چهار متر، ۳۹ متر و در لایه نفوذ ناپذیر هفت متر، ۴۹/۴ متر حاصل شده است که این امر ناشی از رابطه میان عمق لایه غیر قابل نفوذ و فاصله زهکش ها در رابطه ی هوشمندی می باشد. همچنین در شکل (۴) ملاحظه می گردد حداقل هزینه در عمق لایه نفوذ ناپذیر هفت متر رخ داده است که معادل ۵۹/۶۱ میلیون تومان در ۵۰ هکتار بوده و این میزان هزینه متعلق به عمق ۲/۷ متر با فاصله زهکش های ۱۰۰ متر می باشد.

در ادامه تغییرات عمق سطح ایستابی بر روی پارامترهای طراحی و هزینه های اجرایی سیستم های زهکشی مورد بررسی قرار گرفته است. جدول (۶) تاثیر عمق تثبیت سطح ایستابی بر پارامترهای بهینه طراحی و

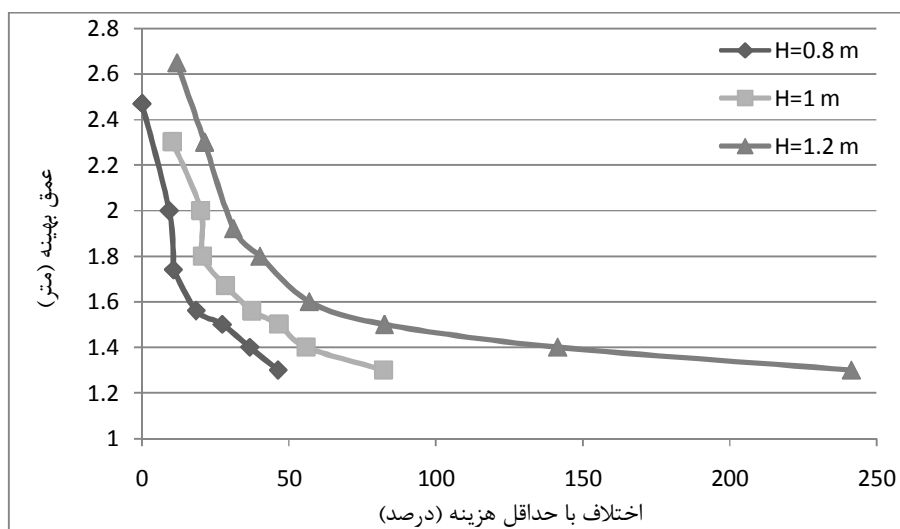
است اما با سطح ایستابی ۱/۲ متری، بیش از ۱۴۰ درصد افزایش هزینه یافته است.



شکل ۴- مقایسه هزینه در اعماق بهینه به دست آمده نسبت به حداقل هزینه در لایه نفوذ ناپذیر متفاوت

جدول ۶- پارامترهای طراحی سیستم زهکشی - هزینه ی اجرایی - در سطح ایستابی متفاوت

حداکثر عمق مجاز نصب زهکشی (متر)	$q=0.006(\text{mm/day})H=0.8mDt=4m$			$q=0.006(\text{mm/day})H=1mDt=4m$			$q=0.006(\text{mm/day})H=1/2mDt=4m$		
	عمق بهینه (متر)	فاصله زهکشی (متر)	قطر (متر)	عمق بهینه (متر)	فاصله زهکشی (متر)	قطر (متر)	عمق بهینه (متر)	فاصله زهکشی (متر)	قطر (متر)
۲/۸	۲/۴۷	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵	۲/۶۵	۶۲/۵	۰/۱۲۵
۲/۶	۲/۴۷	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۵۵/۶	۰/۱۲۵
۲/۵	۲/۴۷	۷۱/۴	۰/۱۲۵	۲/۳	۶۲/۵۰	۰/۱۲۵	۲/۳	۵۵/۶	۰/۱۲۵
۲/۳	۲	۶۲/۶	۰/۱۲۵	۲	۵۵/۶	۰/۱۲۵	۲/۳	۵۵/۶	۰/۱۲۵
۲	۱/۷۴	۵۵/۶	۰/۱۲۵	۱/۸۰	۵۰	۰/۱۲۵	۱/۹۲	۴۵/۵	۰/۱۲۵
۱/۸	۱/۷۴	۵۵/۶	۰/۱۲۵	۱/۶۷	۴۵/۵	۰/۱۲۵	۱/۸۰	۴۱/۷	۰/۱۲۵
۱/۶	۱/۵۶	۵۰/۰	۰/۱۲۵	۱/۵۶	۴۲	۰/۱۲۵	۱/۶۰	۳۳/۳	۰/۱
۱/۵	۱/۵۰	۴۸/۰	۰/۱۲۵	۱/۵۰	۳۹	۰/۱۲۵	۱/۵۰	۲۸/۵	۰/۱
۱/۴	۱/۴۰	۴۴/۲	۰/۱۲۵	۱/۴۰	۳۴/۴	۰/۱	۱/۴۰	۲۲/۵	۰/۱
۱/۳	۱/۳	۴۰/۱	۰/۱۲۵	۱/۳۰	۲۹	۰/۱	۱/۳۰	۱۴	۰/۱



شکل- ۵. مقایسه هزینه در اعماق بهینه به دست آمده نسبت به حداقل هزینه در لایه نفوذ ناپذیر متفاوت

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده نشان می دهد محاسبه دقیق مولفه های اثرگذار طراحی نظیر شدت زهکشی، عمق لایه غیر قابل نفوذ و عمق تثبیت ایستابی تاثیر زیادی بر پارامترهای طراحی و در نهایت بر هزینه های اجرای طرح خواهد داشت. به نحوی که محاسبه غیر واقعی مولفه های می تواند حتی باعث بروز ۲۰٪ اضافه هزینه شود. لذا با توجه به پیچیدگی های محاسبه مولفه های اساسی طراحی سیستم های زهکشی پیشنهاد می شود در ادامه این کار، مطالعه دیگری بر اساس پذیرش اندکی خطا در محاسبه مولفه های انجام شود. به عنوان مثال می توان شدت زهکشی را پارامتری غیر قطعی و از جنس فازی بیان نمود، در این صورت می توان با محاسبات فازی اثر اشتباه و یا عدم دقت فرضیات را به حداقل کاهش داد.

طراحی سیستم های زهکشی عبارت از انتخاب سه پارامتر عمق، قطر و فاصله زهکشها می باشد. رویکردهای گوناگونی برای انتخاب بهترین ترکیب از سه پارامتر می توان به کار گرفت. یکی از رویکردها می تواند کاهش هزینه های اجرای سیستم زهکش باشد. در این تحقیق، با استفاده از الگوریتم ژنتیک، این پارامترها به گونه ای انتخاب شدند که منجر به کمترین هزینه اجرای سیستم زهکشی شوند. در این راستا با تلفیق، معادله ماندگار هوشمات و الگوریتم ژنتیک پارامترهای طراحی انتخاب گردیدند.

فهرست منابع

۱. حاجیان، ن. (۱۳۷۳). "محاسبه فاصله زهکش ها به سه روش و تعیین اقتصادی ترین عمق زهکش توسط یک برنامه کامپیوتری" مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱۷.
۲. رضایی، ع. رنجبران، س. (۱۳۸۶). "آموزش کاربردی الگوریتم ژنتیک در نرم افزار مطلب". ۱۲۸ صفحه.
۳. سلیمانی ننادگانی، م. پارسی نژاد، م و نوری، ح. (۱۳۸۹) "برآورد هزینه های نصب زهکش های زیرزمینی لوله ای". سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. ۱۰-۱۲ اسفند.
۴. علیزاده، الف. (۱۳۸۴) "زهکشی".
۵. جدید"، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول.
۶. فهرست بهای واحد پایه آبیاری و زهکشی، رسته مهندسی آب، ۱۳۸۸.

۷. گزارش خدمات مهندسی، بازنگری مطالعات شبکه آبیاری و زهکشی کشت و صنعت سلمان فارسی، واحد عمرانی ۴.

8. Behzad Fallahpour, M. Delfan Hemmati, K and A. Pourmohammad. 2012. Optimization of a LNA Using Genetic Algorithm, Electrical and Electronic Engineering, 2(2): 38-42.
9. Bhagu, R. Ch and P. V. Ghanshyam. 2010. Optimal Spacing in an Array of Fully Penetrating Ditches for Subsurface Drainage, J. Irrig. Drain Eng., © (Asce), Vol 136(1): 63-67.
10. Carter. C.E, Bengtson. R. L, Camp. C.R, Fouss. J. L and J. S. Rogers. 1992. Crop yield increases required to justify subsurface drainage installation costs in the Lower Mississippi Valley, In Proc. 6th Int'l. Drain. Symp., pp. 428-439.
11. Iqbal, M. Lnarnullah, Ahmad, M and M. Ahrnarf. 2007. Optimal design of a subsurface pipe drainage system, Pak. J. Agri. Sci., Vol. 44(1): 159-163.
12. Jung, D., Chung, G., and J. Kim. 2011. Optimal Design of Water Distribution Systems Considering Uncertainties in Demands and Roughness Coefficients. Water Distribution Systems Analysis 2010: pp. 1390-1399.
13. Mitchell M. 1999. An Introduction to Genetic Algorithms. Fifth printing. Cambridge, Massachusetts London, England, Publication Data.