علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره شش، شهریورماه ۹۸

بهینه‌سازی پارامترهای طراحی زهکش زیرزمینی باهدف کاهش خسارات محیط زیستی

رحیمه زاوش پرگو[۱]

حامد مازندرانی زاده [*۲]

mazandaranizadeh@eng.ikiu.ac.ir

پیمان دانشکار آراسته[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۵ **تاریخ پذیرش:۹۵/۱۰/۸**

چکیده

زمینه و هدف: قطر، عمق کارگذاری و فواصل لوله‌های زهکش سه متغیر اساسی در طراحی شبکه‌های زهکش زیرزمینی می‌باشند. پساب خروجی از شبکه‌های زهکشی می‌تواند اثرات مخرب زیادی بر محیط‌زیست بر جای بگذارد. انتخاب مناسب متغیرهای طراحی فوق می‌تواند به کاهش خسارت محیطزیستی کمک نماید. هدف از این مقاله، ارایه مدلی به‌منظور انتخاب بهینه پارامترهای طراحی سیستم زهکشی زیرزمینی با هدف کاهش خسارات محیطزیستی ناشی از تخلیه پساب به محیط‌زیست است، به نحوی پس از تخلیه زهاب، غلظت شوری رودخانه از حد مجاز قابل‌قبول بیش‌تر نشود.

روش بررسی: به این منظور بیشینه نمودن اختلاف شوری زهاب خروجی و حد مجاز غلظت قابل تخلیه به رودخانه به‌عنوان تابع هدف مدل در نظر گرفته شد. مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک (GA[۴]) که یکی از انواع الگوریتم‌های تکاملی است مورداستفاده قرار گرفت، همچنین به منظور شبیه‌سازی انتقال شوری از مدل هوخهات استفاده شد. در مدل هوخهات انتقال آب به زهکش در دو بخش بالا و پایین سطح زهکش به‌صورت مجزا و با شوری‌های متفاوت مدل می‌شود. به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی، یکی از واحدهای شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. برنامه‌نویسی روابط مورد استفاده در این تحقیق شامل تابع شبیه‌سازی انتقال شوری هوخهات و همچنین الگوریتم بهینه‌سازی GA در محیط نرم‌افزار Matlab کد نویسی شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد عمق کارگذاری لوله‌های زهکش عموماً بر حداقل عمق مجاز نصب منطبق هستند، به‌عبارت‌دیگر ازآن‌جاکه تابع هدف مدل دست‌یابی به حداقل خسارات محیطزیستی است، حداقل عمق نصب به‌عنوان عمق بهینه انتخاب شده است. پارامترهای

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران* (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

4- Genetic Algorithm

عمق، قطر و فاصله بهینه به‌دست‌آمده در این مطالعه به ترتیب ۱/۳، ۰/۱ و ۳۴/۳ متر محاسبه شده است. همچنین نتایج بررسی حساسیت مدل پیشنهادی به تغییر دو فرض اولیه اجرای مدل، حداقل عمق مجاز نصب و عمق تثبیت سطح ایستابی نشان می‌دهد با افزایش حداقل عمق مجاز نصب فاصله زهکش‌ها افزایش یافته و کاهش عمق تثبیت سطح ایستابی باعث افزایش فواصل زهکش‌ها و افزایش غلظت زهاب تخلیه‌شده به محیط‌زیست می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری: در این تحقیق و با استفاده از اطلاعات مطالعه موردی شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی، به منظور کاهش خسارت محیط‌زیستی ناشی از اجرای طرح‌های زهکشی، زهکش‌ها در حداقل عمق مجاز نصب قرار داده شوند.

واژه های کلیدی : الگوریتم تکاملی، الگوریتم ژنتیک، زه‌آب ، کشت و صنعت سلمان فارسی، محیط‌زیست.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.5, July, 2019

Optimization of Drainage Design Parameters with the Aim of Reducing Environmental Damage in Steady-State C onditions

Rahime Zadesh Pargo[1]
Hamed Mazandarani Zadeh [2*]
mazandaranizadeh@eng.ikiu.ac.ir
Peyman Daneshkar Arasteh[3]

Admission Date:December 28, 2016 Date Received: November 5, 2016

Abstract

Background and Objective: Diameter, insertion depth and spacing of drainage pipes are three crucial variables in the design of underground drainage network. Effluents have a great potential to leave lots of damage on the environment. The proper selection of design variables can lead to reducing the environmental damage. The purpose of this paper is to provide a model for selecting optimal design parameters for underground drainage systems to reduce environmental damage, in a way that after the discharge of drainage to the river, river salinity concentration does not exceed the acceptable limit.

Method: For this purpose, maximization of difference between drainage water salinity and acceptable limit was considered as the objective function. Genetic Algorithm (GA), kind of evolutionary algorithm, has been used to simulate the transmission and the salt Hooghoudt model was used also. In Hooghoudt model water transition to drainage is modeled in two upper and lower individual part. In order to evaluate the proposed model, an agro-industrial unit Salman Farsi was chosen as case study. Matlab software was employed to program the formula and algorithm which has been used in this research, including Hooghoudt salinity transfer simulation function and GA algorithm optimization.

Findings: Results show that the pipe depth is complying with minimum allowable depth. In other words, since the objective function of the model is to achieve minimal environmental damage, the minimum depth of installation is generally chosen. Optimum diameter, insertion depth and spacing have been obtained 1.3, 0.1 and 34.3 respectively. The results of the sensitivity of the model to change of the two basic assumptions, minimum allowable depth and stabilize the water table depth stabilizing, shows by increasing the allowable minimum depth of installation, drainage spacing increases and reducing the depth of the water table stabilizing will increase the drainage intervals and leads to increasing the concentration of drainage water discharged to the environment.

Discussion and Conclusion: In this study and by using information about the Salman Farsi agro-industry company, to reduce the environmental damage caused by drainage projects, installation depth of drainage should be equal to the minimum allowable depth.

Keywords: Evolutionary Algorithm, Genetic Algorithm, Effluent, Agro-industrial unit Salman Farsi, Environment

1- M. S., Water Sciences and Engineering Department, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
2- Assistant Professor, Water Sciences and Engineering Department, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran *(Corresponding Authers).
3- Assosiat Professor, Water Sciences and Engineering Department, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

مقدمه

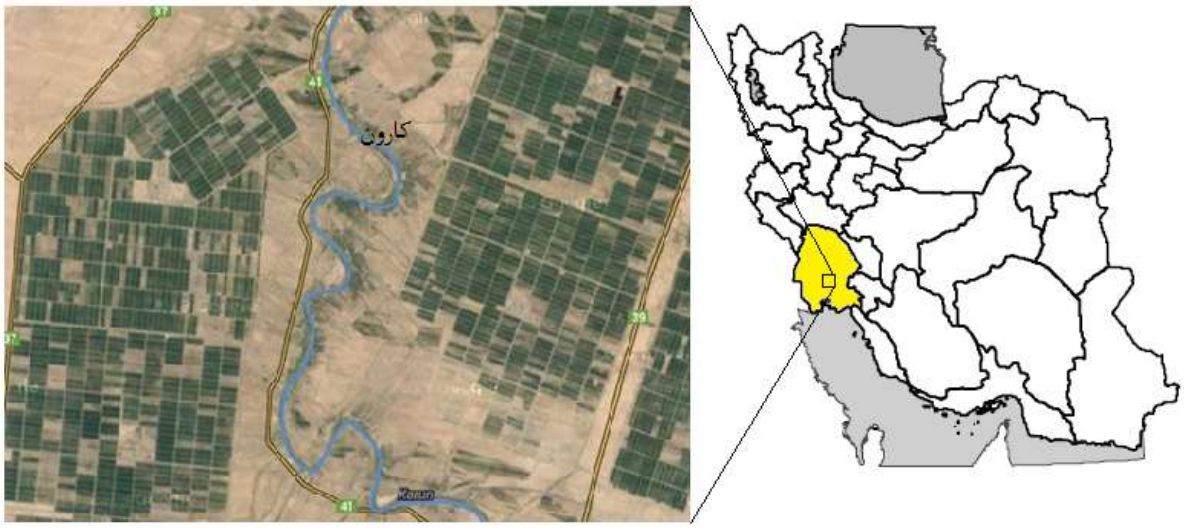
از مهم‌ترین مشکلات خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک است، در این مناطق به علت بارندگی کم و اقلیم خشک، املاح تجمع پیدا کرده و منجر به شور شدن خاک می‌گردد (۱). بار آلودگی خروجی از سامانه‌های زهکشی اجراشده در اراضی شور به حدی در پایین‌دست اثرات مخربی به‌جای می‌گذارد که در برخی موارد غیرقابل‌جبران است. به‌منظور کاهش خسارات در پایین‌دست سامانه‌های زهکشی، طراحی این سامانه‌ها باید طوری انجام گیرد که بار آلودگی خروجی به محیط‌زیست تا حد ممکن کاهش یابد. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در مناطقی از کشور استرالیا، بار آلودگی خروجی از زهکش‌ها حتی پس از احیای کامل منطقه ریشه ۵ تا ۱۰ برابر بیش‌تر از شوری آب آبیاری بوده است (۲). مطالعات صورت گرفته بر روی اثر تغییر پارامترهای زهکشی بر مقدار تخلیه زهکش نشان می‌دهد مقاومت ورودی زهکش و سطح آب زیرزمینی به ترتیب، کم‌ترین و بیش‌ترین تأثیر را بر روی تخلیه زهکش‌ها نسبت به سایر پارامترهای زهکشی دارند و بر نقش فاصله زهکش‌ها مخصوصاً در فواصل کم بر روی تخلیه زهکشی تاکید شده است (۳). همچنین نتایج تحقیق دیگری بر روی دو نوع سیستم زهکشی زیرزمینی (افقی و عمودی) در خاک‌های ایزوتروپ نشان می‌دهد تغییرات هدایت هیدرولیکی اثر معنی داری بر روی فاصلهٔ زهکش‌ها دارد (۴). همچنین در تحقیقی دیگر عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی را برای اراضی کشور هند در عمق بیش‌تر از ۱/۷۵ متر توصیه شده است (۵). تحقیقات در کشورهای با شرایط مشابه (کشورهای مصر و پاکستان) نشان می‌دهد که زهکش‌های کم‌عمق‌تر می‌توانند سطح شوری را بدون خطر کاهش تولید محصول کنترل کنند (۶). همچنین در تحقیقی به بررسی تأثیر عمق نصب زهکش بر شوری زهاب خروجی از نیم‌رخ خاک رس سیلتی در شرایط آزمایشگاهی پرداخته شد (۷). نتایج نشان داد بیشینه هدایت الکتریکی آب خروجی با افزایش عمق نصب زهکش‌ها افزایش می‌یابد و نتیجه گرفتند با کاهش عمق نصب زهکش‌ها، مقدار زهاب خروجی کاهش یافته و کیفیت آن بهبود می‌یابد. ارزیابی و مقایسه سیستم زهکشی زیرسطحی چند عمقی با سیستم زهکشی متداول نشان می‌دهد میزان تخلیه از سامانه‌های زهکشی چند عمقی نسبت به سامانه‌های متداول بیش‌تر بوده و سامانه‌های زهکشی چند عمقی در کنترل سفره آب مؤثرتر می‌باشند (۱).

مطالعه انجام‌شده با استفاده از مدل Salt Mode نشان داد که افزایش عمق زهکش‌ها از ۱/۴متری تأثیری بر روی کاهش شوری ناحیه ریشه ندارد (۸). طراحی یک سیستم زهکشی با عمق و فاصله مناسب در افزایش راندمان محصول اثرگذار است، تحقیقات نشان می‌دهد که زهکش‌های کم‌عمق‌تر می‌توانند سطح شوری را بدون خطر کاهش تولید محصول کنترل کنند (۶). استفاده از سیستم زهکشی زیرسطحی در یک دوره از رشد محصول می‌تواند میزان شوری را از ۵۰ درصد به ۱۷ درصد تغییر دهد (۹). مدل شبیه‌سازی برای اعماق زهکش از ۰/۸ متری به ۱/۶ متری با گام‌های ۰/۲ متری انجام گرفته است. نتایج حاصل از یک تحقیق نشان می‌دهد در فصل تابستان، با افزایش عمق زهکش، شوری خاک در منطقه ریشه به مقدار کم کاهش پیدا کرد و هنگامی‌که اعماق زهکش بین ۰/۸ و ۱/۲متر بودند، تخلیه زهکشی افزایش یافت (۱۰). بررسی اثر نصب لوله‌های زهکشی در اعماق مختلف و با فواصل مختلف بر کیفیت زه‌آب در شرایط ماندگار و غیرماندگار با استفاده از مدل آزمایشگاهی و مدل عددی Visual MODFLOW نشان داد که با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، مقدار هدایت الکتریکی زه‌آب، میزان pH، مقدار TDS، جریان زهکشی و مقدار نیتروژن خارج شده افزوده می‌شود (۱۱).

بررسی‌های مطالعات انجام شده در زمینه بهینه‌سازی محیط‌زیستی پارامترهای طراحی نشان می‌دهد که از روش‌های بهینه‌سازی بر پایه جمعیت، مانند GA، تاکنون به منظور محاسبه پارامترهای بهینه زهکش زیرزمینی استفاده نشده است. هدف از این تحقیق ارایه مدلی به منظور انتخاب بهینه پارامترهای طراحی سیستم زهکشی زیرزمینی با هدف کاهش خسارات محیط‌زیستی ناشی از تخلیه پساب به محیط‌زیست است. همچنین در این تحقیق به این منظور تحقق هدف محیط‌زیستی، بیشینه نمودن اختلاف غلظت زهاب خروجی و حد مجاز غلظت قابل تخلیه به رودخانه به‌عنوان تابع هدف مدل در نظر گرفته شده است.

مطالعه موردی

به‌منظور ارزیابی مدل پیشنهادی، یکی از واحدهای شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب گردید. واحد کشت و صنعت سلمان فارسی به‌عنوان یکی از طرح‌های هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی در شرق رودخانه کارون و در جنوبی‌ترین بخش تخصیص داده‌شده به واحدهای کشت و صنعت، مستقر است. رودخانه کارون به‌عنوان تنها منبع تأمین آب اراضی طرح و بزرگ‌ترین رودخانه حوضه آبریز خلیج‌فارس، رواناب منطقه وسیعی از اراضی کشور را جمع‌آوری کرده و به این حوضه هدایت می‌کند. شکل (۱) موقعیت رودخانه کارون و شرکت‌های کشت و صنعت را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت رودخانه کارون و شرکت‌های کشت و صنعت

Figure 1. Karoon river location and Agro-Industry companies

در این بخش با استفاده از اطلاعات موجود از واحد کشت و صنعت سلمان فارسی پارامترهای طراحی طوری به دست می‌آیند که زه‌آب خروجی از سیستم با غلظت مجاز به رودخانه کارون تخلیه گردد و بعد از اختلاط با آب رودخانه کارون بتواند در پایین‌دست گیاهانی با مقاومت بالاتر به شوری را آبیاری کند. حد شوری آب آبیاری برای پتانسیل عملکرد ۷۵٪ در جو، گندم، نیشکر و ذرت به ترتیب ۸/۷، ۵/۶، ۶/۳، ۴ و ۲/۵ دسی زیمنس‌برمتر است (۱۲). حد شوری قابل‌قبول در پایین‌دست برابر (ds/m) ۵ در این مطالعه در نظر گرفته شد.

کیفیت و دبی رودخانه کارون طی ماه‌های مختلف سال متغیر است، به‌طورمعمول حداقل غلظت املاح در بهار و اوایل تابستان و حداکثر آن در اواخر تابستان و پاییز مشاهده می‌گردد، جدول (۱) به نمایش اطلاعات شوری رودخانه کارون در برخی ماه‌های سال می‌پردازد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیش‌ترین شوری در ماه مرداد رخ می‌دهد بنابراین شوری (ds/m) ۲/۵ به‌عنوان شوری رودخانه در این مطالعه در نظر گرفته شده است.

در شبکه‌های زهکشی زیرزمینی، درصورتی‌که الگوی بهره‌برداری اراضی، کشت دائمی مانند نیشکر و یا باغ مانند نخیلات و مرکبات باشد به دلیل این‌که آبیاری همواره انجام می‌گیرد نیاز به لحاظ کردن عمق بحرانی در محاسبات نیست (۱۰). بنابراین به دلیل این‌که گیاه نیشکر به‌طور مداوم آبیاری می‌شود و همواره جهت حرکت آب از بالا به پایین است در محیط ریشه خطر شور شدن در اثر صعود موئینگی وجود ندارد و می‌توان با داشتن غلظت آب آبیاری، غلظت شوری محیط ریشه را تقریب زد. شوری محیط ریشه در این مطالعه تقریباً دو برابر شوری آب آبیاری معادل ۵ دسی زیمنس بر متر در نظر گرفته شده است. ازآن‌جاکه شوری آب زیرزمینی در عمق‌های مختلف متفاوت است، به‌منظور اعمال این شرایط در مدل، شوری آب زیرزمینی به‌صورت متغیر از عمق یک متری تا کف لایه نفوذناپذیر در نظر گرفته شد. اطلاعات ورودی به مدل در جدول (۲) ارایه شده است.

جدول ۱- شوری رودخانه کارون در سال ۱۳۹۱ (ds/m)

Table 1- Karoon river salinity in 2012 (ds/m)

آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین
۲/۶	۲/۸۷	۲/۷۳	۲/۴۹	۲/۴۳	۲/۳۴	۲/۷۸	۲/۹

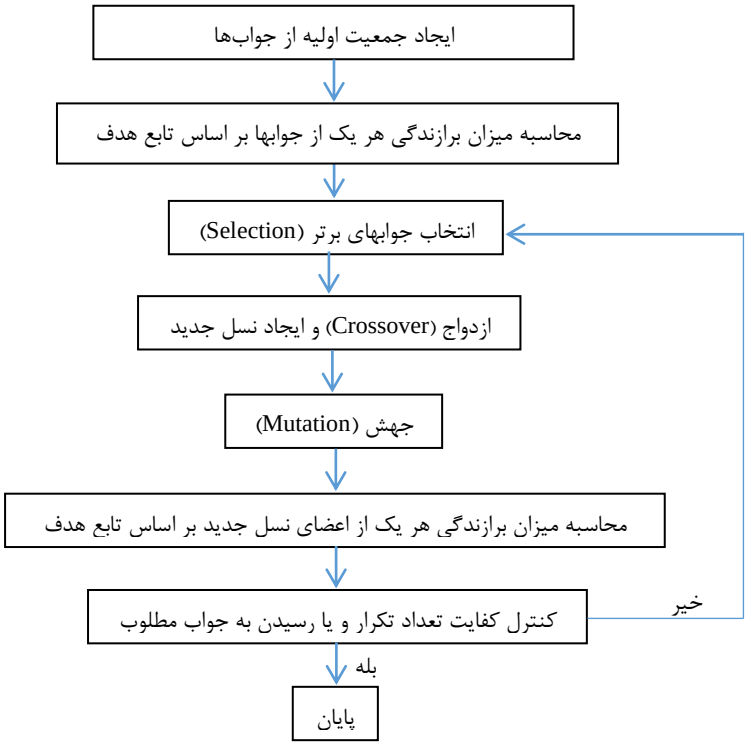
جدول ۲- اطلاعات اولیه ورودی به مدل

Table 2. Model Input Initial Data

پارامتر	واحد	مقدار
هدایت آبی اشباع(k)	$m.day^{-1}$	۱
ضریب زهکشی	$mm.day^{-1}$	۶
عمق لایه غیرقابل نفوذ	m	۴
عمق آب زیرزمینی قبل از اجرای سیستم	m	۱/۵
عمق تثبیت سطح ایستابی	m	۱
کیفیت آب آبیاری	$ds.m^{-1}$	۲/۵

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به منظور بهینه‌سازی پارامترهای طراحی سیستم زهکشی با هدف کاهش خسارات محیطزیستی از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک که یکی از انواع الگوریتم‌های تکاملی است استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک، روش بهینه‌سازی الهام گرفته از تئوری تکاملی داروین با مفهوم بقای نسل است. در این الگوریتم، جواب‌های مساله به‌صورت اعضایی از یک جمعیت محسوب شده که با محاسبه برازندگی هریک از آن‌ها با توجه به تابع هدف، احتمال ازدواج و حضور آن‌ها در نسل بعد تعیین می‌شود. در این روش اعضای جمعیت برای حضور در نسل آینده در رقابت هستند، به‌طوری‌که به تدریج میزان برازندگی اعضای جمعیت جدید نسبت به اعضای جمعیت قبلی بهبود خواهد یافت. الگوریتم GA از سه عملگر اصلی انتخاب، ازدواج و جهش تشکیل می‌شود (۱۳ و ۱۴). شکل (۲) الگوریتم بهینه‌سازی GA را نشان می‌دهد.



شکل ۲- الگوریتم بهینه‌سازی GA

Figure 2. GA optimization algorithm

هر مدل بهینه‌سازی مشتمل بر یک یا چند تابع هدف در کنار یک یا چند قید است. تابع هدف موردنظر این مطالعه، حداکثر نمودن تفاضل غلظت زه‌آب قابل تخلیه به رودخانه و غلظت بهینه‌سازی شده (خروجی از سیستم) است. بنابراین تابع هدف به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Max \quad \Delta C \qquad (۱)$$

$$\Delta C = \left| C_{Target} - C_{drain} \right|$$

در این رابطه C_{Target}، حد مجاز غلظت زه‌آبی است که تخلیه آن به رودخانه سبب تخریب و آلودگی پایین‌دست نشود و C_{drain}، غلظت زه‌آب خروجی از سیستم است. محاسبه $C_{Ttarget}$ با داشتن دبی رودخانه (Q_{river})، غلظت رودخانه (C_{river})، دبی زهاب ورودی به رودخانه (Q_{drain}) و غلظت موردنظر آب در پایین‌دست ($\overline{C}$) از طریق رابطه جرمی زیر قابل‌محاسبه است (۱۵):

$$C_{river} \times Q_{river} + C_{T\arg et} \times Q_{drain} = \left[Q_{river} + Q_{drain} \right] \times \overline{C} \qquad (۲)$$

در این رابطه دبی رودخانه، غلظت رودخانه و غلظت موردنیاز پایین‌دست از داده‌های موجود در هر طرح است. لیکن دبی زه‌آب خروجی از سیستم زهکشی از رابطه زیر قابل‌محاسبه است:

$$Q_{drain} = q_e \times A \qquad (۳)$$

در این رابطه q_e(m/day) ضریب زهکشی و A(m^2) مساحت اراضی تحت زهکشی است. همچنین مقدار q_e از رابطه زیر، رابطه هوخهات[1] قابل‌محاسبه است:

$$q_e = \frac{8k_b d_e h + 4k_a h^2}{S^2} \qquad (۴)$$

1- Hooghoudt

در این رابطه k_a (m/day): هدایت هیدرولیکی اشباع بالای سطح زهکش، k_b (m/day): هدایت هیدرولیکی اشباع پایین سطح زهکش، d_e (m): عمق معادل فاصله سطح زهکش تا لایه غیرقابل نفوذ، h(m): ارتفاع سفره آبدار بالا و بین دو خط زهکش، S (m): فاصله زهکش‌ها است. درنهایت با استفاده از رابطه (۵)، C_{drain} محاسبه خواهد شد:

$$C_{drain} \times q_e = C_{up} \times q_a + C_{down} \times q_b \quad (۵)$$

در این رابطه C_{up} و C_{down} به ترتیب غلظت آب ورودی از سطح بالا و پایین زهکش است، همچنین q_a و q_b به ترتیب مقدار آب ورودی از سطح بالا و پایین زهکش است. با ترکیب رابطه (۴) و (۵) خواهیم داشت:

$$C_{drain} = C_{up} \times \frac{\frac{4k_a h^2}{S^2}}{\frac{4k_a h^2 + 8k_b d_e h}{S^2}} + C_{down} \times \frac{\frac{8k_a d_e h}{S^2}}{\frac{4k_a h^2 + 8k_b d_e h}{S^2}} \quad (۶)$$

به‌این‌ترتیب تابع مجموع تابع هدف و قیدهای مساله به‌صورت زیر قابل‌نمایش است:

$$\begin{aligned} &Max\ \Delta C \\ &\quad Subject\ to: \\ &\quad \Delta C = \left| C_{Target} - C_{optimum} \right| \\ &\quad C_{river} \times Q_{river} + C_{Target} \times Q_{drain} = \left[Q_{river} + Q_{drain} \right] \times \overline{C} \\ &\quad C_{drain} \times q_e = C_{up} \times q_a + C_{down} \times q_b \\ &\quad Q_{drain} = q_e \times A \end{aligned} \quad (۷)$$

برنامه‌نویسی روابط فوق شامل تابع شبیه‌سازی انتقال شوری هوخهات و همچنین الگوریتم بهینه‌سازی GA در محیط نرم‌افزار Matlab، توسط نویسنده این مقاله، کد نویسی شده است. جدول (۳) اطلاعات پارامترهای به‌کاررفته در الگوریتم GA را نمایش می‌دهد:

جدول ۳- پارامترهای الگوریتم GA

Table 3. GA algorithm parameters

تعداد اعضای جمعیت	تعداد متغیر	احتمال ازدواج	احتمال جهش	شیوه انتخاب	شیوه ازدواج	نخبه‌گرایی
۵۰	۲	۸۰٪	۱۰٪	Tournament	Arithmetic	دارد

نتایج و بحث

با استفاده از اطلاعات ارایه‌شده در بخش قبل، با اجرای مدل بهینه‌سازی GA نتایج در جدول (۴) ارایه شده است. ستون اول جدول عمق بهینه نصب زهکش، ستون‌های بعد به ترتیب بیان‌گر قطر، فاصله زهکش‌ها، غلظت خروجی از سیستم بهینه‌سازی شده (Copt)، تفاضل غلظت (ΔC) است. نتایج این جدول نشان می‌دهد حداقل خسارت محیطزیستی به ازای عمق ۱/۳ متر و فاصله نصب زهکش برابر ۳۴/۳ متر قابل‌دست‌یابی است.

جدول ۴- پارامترهای بهینه خروجی مدل بر اساس اطلاعات جدول (۱)

Table 4. The optimal parameters of the model output based on the Table (1) data

عمق(m)	قطر(m)	فاصله(m)	Copt(ds/m)	ΔC(ds/m)
۳/۱	۱/۰	۳/۳۴	۱۲/۳۰	۸۸/۴۶

آنالیز حساسیت مدل با تغییر حداقل عمق مجاز نصب زهکش

در ادامه به‌منظور یافتن سایر پارامترهای طراحی و تحلیل مقادیر خروجی، حداقل عمق مجاز نصب از عمق ۱/۳ تا ۲/۸ متری افزایش داده شد و نتایج در جدول (۵) ارایه شده است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش حداقل عمق مجاز نصب، فاصله زهکش‌های زیرزمینی، افزایش یافته است. همچنین به دلیل رابطه مستقیم دبی طراحی با فاصله زهکش‌ها، افزایش حداقل عمق مجاز نصب باعث انتخاب قطر بزرگ‌تر توسط مدل شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد با افزایش حداقل عمق نصب زهکش غلظت خارج‌شده از سیستم بهینه‌سازی شده (Copt)، به دلیل افزایش شوری آب زیرزمینی افزایش یافته است، به‌طوری‌که در عمق ۱/۳ متری غلظت در حدود ۳۰ و در عمق ۲/۸ متر میزان شوری نزدیک به ۵۴ دسی زیمنس بر متر افزایش یافته است. همچنین ستون آخر این جدول نشان می‌دهد بار آلودگی خروجی از سیستم زهکشی با افزایش حداقل عمق مجاز نصب لوله‌های زهکش افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت هر چه زهکش‌ها در عمق‌های بیش‌تری نصب شده‌اند آلودگی بیش‌تری را به محیط‌زیست وارد شده است.

نتایج نشان می‌دهد عمق کارگذاری لوله‌های زهکش عموماً بر حداقل عمق مجاز نصب منطبق هستند. زیرا ازآن‌جاکه تابع هدف مدل دستیابی به حداقل خسارات محیطزیستی است و همچنین با افزایش عمق بر شوری خاک افزوده می‌شود، لذا به منظور کاهش غلظت شوری خروجی، همواره حداقل عمق نصب به عنوان عمق بهینه انتخاب شده است.

جدول ۵- نتایج حاصل از اجرای مدل بر اساس حداقل عمق نصب متفاوت

Table 5- The results of the model based on the different minimum installation depth

Load (kg/day.ha)	ΔC (ds/m)	Copt (ds/m)	پارامترهای بهینه‌سازی شده خروجی مدل (m)			حداقل عمق مجاز نصب (m)
			فاصله	قطر	عمق	
۶۴/۱۴۴۵	۸۸/۴۶	۱۲/۳۰	۳/۳۴	۱/۰	۳/۱	۱/۳
۵۴/۱۷۳۶	۸۲/۴۰	۱۸/۳۶	۶/۴۵	۱۲۵/۰	۵/۱	۱/۵
۲۲/۱۸۶۹	۰۶/۳۸	۹۴/۳۸	۲/۵۰	۱۲۵/۰	۶/۱	۱/۶
۸۶/۲۱۰۶	۱۱/۳۳	۸۹/۴۳	۹/۵۷	۱۲۵/۰	۸/۱	۱/۸
۸۳/۲۳۰۴	۹۸/۲۸	۰۲/۴۸	۴/۶۴	۱۲۵/۰	۰/۲	۲
۱۷/۲۵۱۶	۵۸/۲۴	۴۲/۵۲	۹/۷۱	۱۲۵/۰	۳/۲	۲/۳
۰۹/۲۵۸۶	۱۲/۲۳	۸۸/۵۳	۴/۸۱	۱۶/۰	۸/۲	۲/۵
۰۹/۲۵۸۶	۱۲/۲۳	۸۸/۵۳	۴/۸۱	۰/۱۶	۲/۸	۲/۸

آنالیز حساسیت مدل با تغییر عمق تثبیت سطح ایستابی

به‌منظور بررسی تأثیر عمق تثبیت سطح ایستابی بر غلظت زهاب خروجی، عمق تثبیت سطح ایستابی علاوه بر عمق یک متر که به‌عنوان پیش‌فرض در جدول (۲) اشاره شده بود، در عمق‌های ۰/۸ و ۱/۲ متری نیز مستقر گردید و پارامترهای خروجی مدل به‌صورت جدول (۶) ارایه گردیده است.

جدول ۶- نتایج حاصل از اجرای مدل بر اساس عمق‌های متفاوت سطح ایستابی

Table 6.The results of the model based on the different water table depths

Load (kg/day.ha)	ΔC (ds/m)	Copt (ds/m)	پارامترهای بهینه‌سازی شده خروجی مدل (m)			حداقل عمق مجاز نصب (m)
			فاصله	قطر	عمق	
۱۴۰۰/۶۸	۴۷/۸۲	۲۹/۱۸	۴۶/۸	۰/۱۲۵	۱/۳	۰/۸
۶۴/۱۴۴۵	۸۸/۴۶	۱۲/۳۰	۳/۳۴	۱/۰	۳/۱	۱
۱۴۹۷/۵۹	۴۵/۸۰	۳۱/۲۰	۱۷/۵	۰/۱	۱/۳	۱/۲

جدول (۵) نشان می‌دهد با کاهش عمق تثبیت سطح ایستابی از یک متر به ۰/۸ متر، فواصل زهکش‌ها بیش‌تر شده و به دلیل رابطه مستقیم دبی طراحی با قطر، از قطرهای بزرگ‌تر استفاده شده است. درصورتی‌که در سطح ایستابی ۱/۲ متری به دلیل فاصله کمتر زهکش‌ها، لوله‌های با قطر ۰/۱ متر حاصل شده است. همچنین جدول بالا نشان می‌دهد با افزایش عمق تثبیت سطح ایستابی، غلظت زهاب تخلیه‌شده به محیط‌زیست افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات یکی از واحدهای شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی به بهینه‌سازی پارامترهای طراحی زهکش زیرزمینی پرداخته شد. همچنین ازآن‌جاکه حداقل عمق مجاز نصب زهکش و عمق سطح تثبیت ایستابی از مهم‌ترین فرضیات تأثیرگذار بر پارامترهای طراحی می‌باشند به بررسی آثار تغییرات آن‌ها بر خروجی‌های مدل پرداخته شد. نتایج نشان داد تغییر در حداقل عمق مجاز نصب زهکش از ۱/۳ متر به ۲/۸ متر باعث تغییر فواصل زهکش از ۳۴/۳ به ۸۱/۴ خواهد شد و این تغییر در طراحی باعث ورود ۷۹ درصد آلودگی بیش‌تر به محیط‌زیست خواهد شد. همچنین تغییر عمق تثبیت سطح ایستابی از ۰/۸ به ۱/۲ متر باعث کاهش فاصله زهکش‌ها از 46/8 به ۱۷/۵ متر خواهد شد و این تغییر باعث ورود هفت درصد آلودگی بیش‌تر به محیط‌زیست خواهد شد. به این ترتیب هم‌راستا با تحقیقات قبلی که در اغلب آن‌ها بر افزایش غلظت زه‌آب خروجی با افزایش عمق نصب زهکش تأکید شده است، در این تحقیق و با استفاده از اطلاعات مطالعه موردی خاص، نتیجه‌گیری شد که به منظور کاهش خسارت محیط‌زیستی ناشی از اجرای طرح‌های زهکشی، عمق نصب زهکش برابر حداقل عمق نصب تعیین گردد.

این تحقیق نشان می‌دهد، فرضیات ابتدایی طراحی که شاید مدت‌ها نزد مشاورین محترم بدون تغییر باقی مانده است، چه تأثیر شگرفی بر میزان بار آلودگی خروجی به محیط‌زیست خواهد داشت و پیشنهاد می‌شود در هر طراحی متناسب با شرایط محیطی فرضیات اولیه طراحی مجدداً مورد بازبینی قرار گیرند. در ادامه این تحقیق، پیشنهاد می‌شود با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه، به بررسی آثار ناشی از توجه توأم به مسائل محیط‌زیستی و اقتصادی پرداخته شود.

Reference

1. Hornbuckle, J.W., Christen, E.W., Faulkner, R.D, 2007. Evaluating a multilevel subsurface drainage system for improved drainage water quality, Agricultural Water Management. Vol. 89, pp: 208–216
2. Christen, E.W., Ayars, J.E., Hornbuckle, J.W, 2001. Subsurface drainage design and management in irrigated areas of Australia. Irrigation Science. Vol. 21, pp: 35–43
3. Valipour, M, 2012. Effect of drainage parameters change on amount of drain discharge in subsurface drainage Systems, Journal of agriculture and veterinary science, Vol. 1, pp: 10-18

4. Valipour, M, 2012, A Comparison between Horizontal and Vertical Drainage Systems (Include Pipe Drainage, Open Ditch Drainage, and Pumped Wells) in Anisotropic Soils, Mechanical and Civil Engineering, Vol. 4, pp:7-12
5. Ghumman A R,Ghazaw Y M, Niazi M F and Hashmi NH., 2011. Impact assessment of subsurface drainage on waterlogged and salinelands. Environment Monitoring Assessment, Vol. 172, pp:189-197
6. Ritzema, HP. Satyanarayana,TV. Raman, S and Boonstra,J.,2008. Subsurface drainage to combat waterlogging and salinity in irrigated landia: lessons learned in farmers fields. Agricultural Water Management Vol. 95, pp:179-189
7. Razi, F, Sotoodehnia A, Daneshkar araste P and Akram, M, 2012. A Laboratory Test on the Effect of Drain Installation Depth on Drain Water Salinity (from a Clay-Loam Soil Profile). Iranian Journal of Soil and Water Research, Vol 43, pp: 281-288, (In Persian)
8. Srinvasulu, A. SujaniRao, C. Lakshmi, G. V. Styanarayana, T. V. Boonstra, J.,2004. Model studies on salt and water balances at Konanki pilot area, Andhra Pradesh, India, Irrigation Drainage System. Vol. 18, pp:11-17
9. Gupta, S. K. 2002. A century of subsurface drainage research in India. Irrigation and Drainage Systems, Vol.16, pp: 69-84
10. Bahceci,I. Dinc, N. Tan,A.F. Agar,A And Sonmez, B., 2006. Water and salt balance studies, using Salt-Mode, to improve subsurface drainage design in the Konya-Cumra plain, Turkey, Agricultural Water Management Vol. 85, pp: 261-271
11. Aslani, F., Nazemi, A., Sadreddini, A., Fakherifard, A., and Ghorbani, M. A. 2010. Underground drainage depth and distance estimates based on drainage water quality. Journal of Soil and Water Research. Vol. 41, pp: 139-146
12. Hajrassoliha, Sh., Dahi, MR., 2003, Water quality for agriculture, 200 pages
13. Goldberg, D.E, 1989. Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, 412p.
14. Zadesh Pargo R., Mazandarani Zadeh H. and Daneshkar Araste P., 2015, Subsurface drainage system design to minimize construction costs with steady-state consideration. Journal of Water Research in Agriculture 29(1): 117-128 (In Persian)
15. Pazira, E. and Homaee, M. 2010. Salt leaching efficiency of subsurface drainage system at presence of diffusing saline water table boundary, 17th Word Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Qeuebec City, Canada