

طراحی الگوی آموزشی بهینه برای ارتقای سطح دانش شهروندان تهرانی نسبت به مقوله تنوع

زیستی با استفاده از الگوریتم دایجسترا و الگوریتم مورچگان

*هومن بهمن‌پور^۱، مؤسسان زعیمدار^۲، بهرنگ سلاججه^۳

۱. استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

۲. استادیار، گروه علوم محیط‌زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. مرجع ملی کمیته مشورתי ارتباطات، آموزش و آگاهی‌بخشی عمومی در محیط‌زیست کنوانسیون تنوع زیستی

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲)

Designing an Optimal Educational Model to Improve the Level of Knowledge of Tehran Citizens Towards Biodiversity Using Digestra Algorithm and ant Algorithm

*Hooman Bahmanpour¹, Mojgan Zaeimdar², Behrang Salajegheh³

1. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran
2. Assistant Professor, Department of Environmental Science, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. The National Focal Point of the Communication, Education and Public Awareness (CEPA) for the Convention on Biological Diversity

(Received: 2022.06.19

Accepted: 2022.09.03)

Abstract:

The purpose of this study is to provide an optimal educational model to improve the general and specialized knowledge of Tehran citizens regarding biodiversity. In the first step, a researcher-made questionnaire was used to assess the level of citizens' awareness. Then, using the opinions of experts, various educational methods were weighed and evaluated. For this purpose, two target levels were designed as expected scenarios. Digest and Ant (ACA) algorithms were used to accurately evaluate and determine the optimal route with the lowest time and lowest cost. The results showed that women's general knowledge about biodiversity was higher than men's and vice versa about specialized knowledge. On the other hand, there was a significant positive relationship between biodiversity knowledge and education level. Also, to achieve the first level goal, the "Combined educational model" with a weight of 1.196, and the educational model "Virtual educational model" with a weight of 0.608 were evaluated as the most appropriate and inappropriate educational model for transferring general knowledge to citizens, respectively. Regarding the purpose of the second level, the method of "face-to-face training" with a final weight of 64 and "preparation and distribution of training packages" with a weight of 43 had the highest score. Finally, the optimal path for raising the level of specialized knowledge of citizens has a weight of 161, which includes such things as achieving a good level of general knowledge, creating an educational environment, supporting the formation of environmental NGOs, incentives, needs assessment, and review.

Keywords: Environmental Education, Ant Algorithm, Biodiversity, Tehran.

چکیده:

هدف از انجام این پژوهش، ارائه الگوی آموزشی برای ارتقای سطح دانش عمومی و تخصصی شهروندان تهرانی نسبت به مقوله تنوع زیستی می‌باشد. در گام نخست، از پرسشنامه محقق‌ساخته برای سنجش سطح آگاهی شهروندان استفاده شد. سپس با استفاده از آرای خبرگان اقدام به وزن‌دهی و ارزیابی روش‌های گوناگون آموزشی گردید. بدین منظور، دو سطح هدف به‌عنوان سناریوهای مورد انتظار طراحی گردید. برای ارزیابی دقیق و تعیین مسیر بهینه که واجد کمترین زمان و پایین‌ترین هزینه باشد، از الگوریتم دایجسترا و الگوریتم مورچگان (ACA) استفاده شد. نتایج بیانگر آن بود که دانش عمومی زنان در مورد تنوع زیستی نسبت به مردان بالاتر بوده و در مورد دانش تخصصی این مورد برعکس بوده است. از سوی دیگر، میان دانش تنوع زیستی و سطح تحصیلات رابطه مثبت معنی‌داری وجود داشته است. همچنین، برای دستیابی به هدف سطح اول، «الگوی آموزشی ترکیبی» با وزن ۱/۱۹۶ و الگوی آموزشی «الگوی آموزشی مجازی» با وزن ۰/۶۰۸ به ترتیب مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین الگوی آموزشی برای انتقال دانش عمومی به شهروندان ارزیابی شدند. در خصوص هدف سطح دوم روش «آموزش چهره به چهره» با وزن نهایی ۶۴ و «تهیه و توزیع بسته‌های آموزشی» با وزن ۴۳ واجد بیشترین امتیاز بودند. در نهایت، مسیر بهینه برای ارتقای سطح دانش تخصصی شهروندان، دارای وزن ۱۶۱ بوده که به ترتیب شامل مواردی نظیر دستیابی به سطح دانش عمومی خوب، ایجاد فضای آموزشی، حمایت از شکل‌گیری سازمان‌های مردم‌نهاد محیط‌زیستی، اقدامات تشویقی و نیازسنجی و بازنگری بوده است.

واژه‌های کلیدی: آموزش محیط‌زیست، الگوریتم مورچگان، تنوع زیستی، شهر تهران.

* نویسنده مسئول: هومن بهمن‌پور

E-mail: Hooman.bahmanpour@yahoo.com

*Corresponding Author: Hooman Bahmanpour

مقدمه

امروزه فعالیت‌های مخرب انسانی بیش از هر عامل دیگری تنوع زیستی، ثبات و تعادل محیط‌زیست را در معرض تهدید قرار داده است (Askari et al., 2021). این در حالی است که بسیاری از انسان‌ها خود را حامی محیط‌زیست نشان می‌دهند، درحالی‌که این چنین نیست. این امر نشان از آن دارد که سطح آگاهی محیط‌زیستی بسیاری از افراد بشر به‌طور مؤثر افزایش نیافته است تا از توسعه‌های ناپایدار و تباهی منابع طبیعی، جلوگیری به عمل آورد. بین پیشرفت‌های حاصل در این زمینه و آگاهی‌های لازم هنوز فاصله‌ای تأسف‌آور وجود دارد (Bootkin & Keller, 2015). یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده محیط‌زیست دخالت‌های انسان است که به دلیل عدم آگاهی و شناخت در این زمینه آسیب‌های جدی به محیط‌زیست وارد کرده است. برای ترویج و توسعه رفتارهای مطلوب محیط‌زیستی در راستای محافظت از محیط‌زیست باید نحوه رفتار و روش زندگی انسان‌ها در طبیعت تغییر پیدا کند؛ بنابراین با افزایش سطح آگاهی آن‌ها می‌توان در جهت تغییر رفتار و حفظ محیط‌زیست گام مؤثری برداشت (Afereidouni & Nooripoor, 2020).

اهمیت موضوع آموزش به حدی بوده است که سازمان ملل متحد، سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ میلادی را به‌عنوان دهه آموزش توسعه پایدار نام‌گذاری کرد و حتی یک دوره ده‌ساله دیگر آن را تمدید نمود (Asgaripor et al., 2020; 318). آموزش راهی برای ایجاد دانش، درک، مهارت، توانایی و آگاهی در میان افراد و گروه‌های مختلف اجتماعی نسبت به هر موضوعی است (Salehi & Hemmatiguia, 2012). همچنین آموزش مهم‌ترین عامل مؤثر در دگرگونی طرز نگرش و رفتار انسان است که در مسیر رشد اقتصادی، بهبود کیفیت زندگی، ایجاد دانش و مهارت، تأمین فرصت‌های شغلی و افزایش تولید جامعه به کار گرفته می‌شود (Faham & Rezvanfar, 2015). ارائه آموزش مؤثر، مبتنی بر بهره‌مندی از شیوه‌های مناسب یاددهی و یادگیری است (Sadeghitabar & Shariatmadari, 2021). بنا بر ایده اندیشمندان، بی‌شک یکی از مهم‌ترین راهکارهای حفاظت و حمایت از محیط‌زیست و جلوگیری از تخریب و آلودگی آن، بهره‌مندی از فعالیت‌های آموزشی است تا از این طریق بتوان سطح دانش و بینش افراد را ارتقا بخشید (Larijani, 2018). این آموزش دربرگیرنده فرایندهای تصمیم‌گیری و خودآلایی قوانین رفتاری مرتبط با محیط‌زیست می‌شود.

یکی از پیش‌فرض‌های اساسی در مطالعات محیط‌زیست این است که بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی را می‌توان با افزایش آگاهی‌های عمومی در مورد محیط‌زیست برطرف کرد و آگاهی محیط‌زیستی کلید حل بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی است (Rezaei et al., 2018). از سوی دیگر، بی‌شک یکی از مهم‌ترین راهکارهای حفاظت و حمایت از محیط‌زیست و جلوگیری از تخریب و آلودگی آن، بهره‌مندی از فعالیت‌های آموزشی است تا از این طریق بتوان سطح دانش و بینش افراد را بهبود بخشید (Powell et al., 2019). آموزش محیط‌زیست عبارت است از شناسایی ارزش‌ها و توضیح مفاهیم به‌منظور ایجاد مهارت‌ها و گرایش‌های موردنیاز برای درک و شناخت وابستگی‌های میان انسان، فرهنگ او و محیط‌زیست پیرامونشان (Meibodi et al., 2014). آموزش محیط‌زیست از سوی سازمان فرهنگی، علمی و آموزشی ملل متحد (یونسکو) به‌عنوان یک فرایند یادگیری معرفی شده است که آگاهی و دانش فرد را درباره محیط‌زیست و چالش‌های مرتبط به آن افزایش می‌دهد و مهارت‌ها و تخصص لازم برای مواجهه با چالش‌ها را گسترش داده و سبب شکل‌گیری تصمیمات آگاهانه و عمل مسئولانه را فراهم می‌نماید (Larijani, 2018). هدف از آموزش محیط‌زیستی تربیت شهروندانی آگاه است که با دانش و عملکردشان، برای حفاظت و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست اقدام کنند (Akamolafe, 2011).

بنابراین، آموزش محیط‌زیست یک فرایند فعال در زمینه آگاهی، دانش و مهارت‌هایی است که منجر به درک، تعهد، تصمیمات آگاهانه و عملکردهای سازنده برای اطمینان از احساس مسئولیت نسبت به مسائل محیط‌زیست می‌شود (Mallick & Bajpai, 2019). هدف از آموزش‌های محیط‌زیستی کمک به بالا رفتن سطح آگاهی محیط‌زیستی شهروندان برای حفظ محیط‌زیست در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی است. همچنین ایجاد و ارتقای حساسیت در افراد نسبت به حوادث و تغییراتی است که در طبیعت رخ می‌دهد (Park, 2009). از سوی دیگر، فرآیندی فعال در زمینه آگاهی، دانش و مهارت‌هایی است که منجر به درک، تعهد، تصمیمات آگاهانه و عملکردهای سازنده برای اطمینان از احساس مسئولیت نسبت به مسایل محیط‌زیست در همه بخش‌های وابسته به کره زمین و محیط‌زیست می‌شود. آگاهی محیط‌زیستی به اطلاعات فرد در مورد معضلات محیطی، عوامل مؤثر در گسترش این معضلات و اطلاعات در مورد

گونه‌های در معرض خطر، از اهمیت بالایی قرار دارد. چراکه امروزه به دلیل توسعه شهرنشینی، اکوسیستم‌های طبیعی و تنوع زیستی با تخریب همراه بوده که پیامد آن، از بین رفتن گونه‌های گیاهی و جانوری است. تنوع‌زیستی شهری همواره تحت تأثیر برنامه‌های توسعه‌ای شهر قرار گرفته و در صورت عدم رعایت الزامات و استانداردهای موردنظر با تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، سبب از بین رفتن گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود (Zhang et al., 2018). در حال حاضر تقریباً نیمی از جمعیت دنیا در شهرها زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ میلادی این رقم به ۶۰ درصد نیز برسد (Sandbrook et al., 2019). گسترش شهرنشینی اثرات مخربی بر زیستگاه‌های طبیعی گذاشته و موجب کاهش تنوع‌زیستی خصوصاً از نوع بومی شده است (Parker et al., 2013). اثرات نامطلوب تخریب‌های فراوانی که در نیم‌قرن اخیر به‌وسیله انسان در محیط‌زیست رخ داده، در جوامع شهری روزبه‌روز مشهودتر شده و سبب کاهش زیستگاه‌های طبیعی و انقراض گونه‌های متعدد جانوری و گیاهی و کاهش تنوع‌زیستی شده است (Salajeghe & Bahmanpour, 2020).

از طرف دیگر به دلیل استفاده از گونه‌های غیربومی، اکوسیستم شهری بسیار شکننده و ناپایدار می‌گردد و در صورت بروز مشکلاتی همانند تغییرات شدید دما و یا خشکسالی، بسیاری از این گونه‌ها از بین می‌روند. پیش‌بینی‌های انجام‌شده حاکی از آن است که در ۲۵ سال آینده بیش از ۱۰ درصد گونه‌های موجود جهان منقرض شده یا در معرض نابودی قرار خواهند گرفت (IUCN, 2020).

جامعه جهانی مجموعه‌ای از اهداف توسعه پایدار (SDGs: Sustainable Development Goals) را به‌عنوان چارچوبی برای نجات بشر تا سال ۲۰۳۰ ارائه نموده است. این برنامه با نام «تغییر جهان ما، برای توسعه پایدار» شامل ۱۷ آرمان و ۱۶۹ هدف است. در این برنامه یک آرمان اختصاصی برای مساله آموزش در نظر گرفته شده است (آرمان شماره ۴: آموزش باکیفیت) همچنین ۲ آرمان اختصاصی نیز برای مساله تنوع زیستی در نظر گرفته شده است (آرمان ۱۴: زندگی درون آب و آرمان ۱۵: زندگی روی خشکی). برخی مطالعات پراکنده در ایران تأثیر آموزش محیط‌زیستی بر میزان سطح آگاهی، نگرش و رفتار جوامع محلی در حفاظت از تنوع زیستی را بررسی نمودند (Arameshinia et al., 2021).

کلان‌شهر تهران با جمعیتی که در روز به ۱۲ میلیون نفر

آنچه فرد می‌تواند برای بهبود این وضعیت انجام دهد، اطلاق می‌شود (Nagra, 2010). با افزایش آگاهی و دانش بر توانمندی افراد و استقلال آنها در ارتباط با مسئولیت‌پذیری برای حفاظت محیط‌زیست نیز افزوده می‌شود (Powell et al., 2019). آموزش محیط‌زیست بنیادی‌ترین شیوه در حفاظت از محیط‌زیست بوده که به کودکان و بزرگسالان، بهترین راه انتقال مطالب و نحوه فعالیت‌ها و اجرای ساختاری در زمینه ارتقای آگاهی‌های محیط‌زیستی را می‌آموزد تا از این طریق هر فرد، خود را از طریق احترام گذاشتن به طبیعت، متعهد به حفاظت و حمایت از محیط‌زیست بداند (Hosseini et al., 2019).

مطالعات نشان داده‌اند که بین آگاهی مردم از محیط‌زیست با منابع آگاهی‌دهنده جمعی نظیر تلویزیون، رادیو، روزنامه، مجلات و اینترنت رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد و از طریق رسانه‌ها می‌توان آگاهی و دانش مردم را افزایش داد (Hansmann et al., 2005). برخی دیگر از صاحب‌نظران در ترکیه، اثبات کردند که رسانه‌های دیداری می‌توانند در انتقال دانش محیط‌زیستی نقش مثبتی داشته باشند (Budak et al., 2005). همچنین تحقیقات نشان داده است که اولین گام در فرایند آموزش محیط‌زیست دستیابی به اطلاعات از طریق رسانه‌هاست. این رسانه‌های دیداری و شنیداری بر رفتار فرد تأثیر می‌گذارند (Stone, 2006; Chen et al., 2017).

یکی از مقوله‌هایی که امروزه به کانونی برای بحث‌های حاشیه‌ای محیط‌زیستی (به‌ویژه در مناطق شهری) تبدیل شده است، حوزه تنوع‌زیستی می‌باشد. در این راستا، راهکار مؤثر در جهت آگاهی افراد جامعه و نهادینه کردن اخلاق حفاظت از محیط‌زیست، آموزش مستمر، مداوم و مبتنی بر تحقیق و پژوهش و همچنین بهبود فرهنگ صحیح در فرد، سازمان و جامعه است. بیشتر بی‌اخلاقی‌های انسان در مواجهه با زمین و منابع خدادادی آن ناشی از عدم آگاهی است. این عدم آگاهی به‌وسیله آموزش قابل‌تغییر است (Shiri & Okhrati, 2018). برای حفظ تنوع‌زیستی رویکردهای آموزشی مناسبی مورد نیاز است که در جهت رو به رشد دانش، رفتار و نگرش محیط‌زیستی حرکت نماید (Arameshinia et al., 2021). تنوع‌زیستی عملاً توانایی انواع گونه‌ها (بدون توجه به کوچکی یا بزرگی آنها) را در جهت افزایش کارایی، مقاومت و سازگار شدن در برابر محیط افزایش می‌دهد (Murphy, 2017). موضوع تنوع‌زیستی در حریم شهرها نیز به لحاظ حفظ گونه‌های بومی و موجود در داخل شهرها و همچنین احیای

نمونه آماری بهره گرفته شد و پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، پایایی پرسشنامه‌ها از طریق ضریب آلفای کرونباخ و نرم‌افزار SPSS19 محاسبه و پایایی ۰/۸۷۸ به دست آمد و از آنجا که بالاتر از ۰/۷ بوده است، قابل قبول بوده است. در این تحقیق ضریب آلفای کرونباخ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

رابطه ۱) محاسبه ضریب آلفای کرونباخ

$$\alpha = \left(\frac{j}{j-1} \right) \left[1 - \frac{\sum S_j^2}{S^2} \right]$$

جامعه آماری در این تحقیق، منطقه ۱۷ شهر تهران می‌باشد (۲۵۸۰۰۰ نفر) و حجم نمونه از طریق فرمول کوکران با ضریب اطمینان ۹۵٪ تعیین گردید (۳۹۳ نفر). روش نمونه‌گیری از نوع تصادفی و به طریق ساده بود.

از طریق بهره‌گیری از الگوریتم دایجسترا و نیز الگوریتم کلونی مورچگان (ACA)^۲ اقدام به تعیین مدل بهینه آموزش تنوع‌زیستی برای شهروندان منطقه ۱۷ شهرداری تهران شد. در الگوریتم مورچگان، هر مورچه بیانگر یک جواب^۳ از مساله است. فرایند انتخاب یک مسیر توسط مورچه را قانون انتقال وضعیت^۴ می‌گویند (Gupta et al., 2012).

در این الگوریتم، فضای تصمیم مساله بهینه‌سازی با یک نمودار نشان داده می‌شود که گره‌ها و لبه‌های نمودار به ترتیب نشان‌دهنده متغیرهای تصمیم‌گیری و گزینه‌های متغیر تصمیم هستند. یک راه‌حل توسط عبور یک مورچه از گراف و انتخاب لبه در هر گره ساخته شده است. همان‌گونه که مورچه‌ها در طول مسیر حرکت می‌کنند، فرومون را در برمی‌گیرند. مسیرهایی که در حال عبور هستند، اغلب دارای غلظت‌های بیشتری از فرومون هستند و بیشتر در آینده ممکن است با مورچه‌های دیگر انتخاب شوند (Afshar et al., 2009). در طول هر تکرار از فرایند این الگوریتم، تمام اعضای یک کلونی از گراف عبور و هر کدام یک راه‌حل را ایجاد می‌کنند. پس از هر تکرار، مسیرهایی که منجر به راه‌حل‌های کلی‌تر شده‌اند، با فرومون بیشتری به دست می‌آیند و آنها را در تکرارهای بعدی انتخاب می‌کنند. به این ترتیب، راه‌حل‌های بهتر، با افزایش تعداد تکرارها، تکامل می‌یابد. در هر نقطه تصمیم، احتمال اینکه یک مورچه یک مسیر خاص را انتخاب کند (برای مثال مسیر A، B) با رابطه ۲ بیان می‌شود (Maier et al., 2003).

می‌رسد و در مقام مقایسه حتی از چندین کشور جهان بیشتر است، با مشکلات و معضلات گوناگونی در حوزه محیط‌زیست دست‌به‌گریبان است. از جمله مهم‌ترین چالش‌ها، مساله تنوع زیستی شهری است (Khoshbin et al., 2021). مطابق با آخرین آمار رسمی، حدود ۱۳۰۸ گونه گیاهی، ۱۳۶ گونه پرنده، ۳۸ گونه پستاندار، ۲۸ گونه خزنده، ۲ گونه دوزیست و ۱۰ گونه ماهی در تهران شناسایی و گزارش شده است (MOT^۱, 2019). ولیکن، متأسفانه میزان مهاجرت پرنده‌گان و سایر گونه‌های جانوری از شهر تهران بسیار شتابان گشته و همچنین، شرایط حیات برای بسیاری از گونه‌های گیاهی نیز سخت و دشوار گردیده است. این در حالی است که افزایش میزان آگاهی و علاقه‌مندی شهروندان نه تنها سبب‌ساز تخریب و آسیب کمتر، بلکه زمینه‌ساز حمایت و تقویت شرایط مطلوب خواهد گشت.

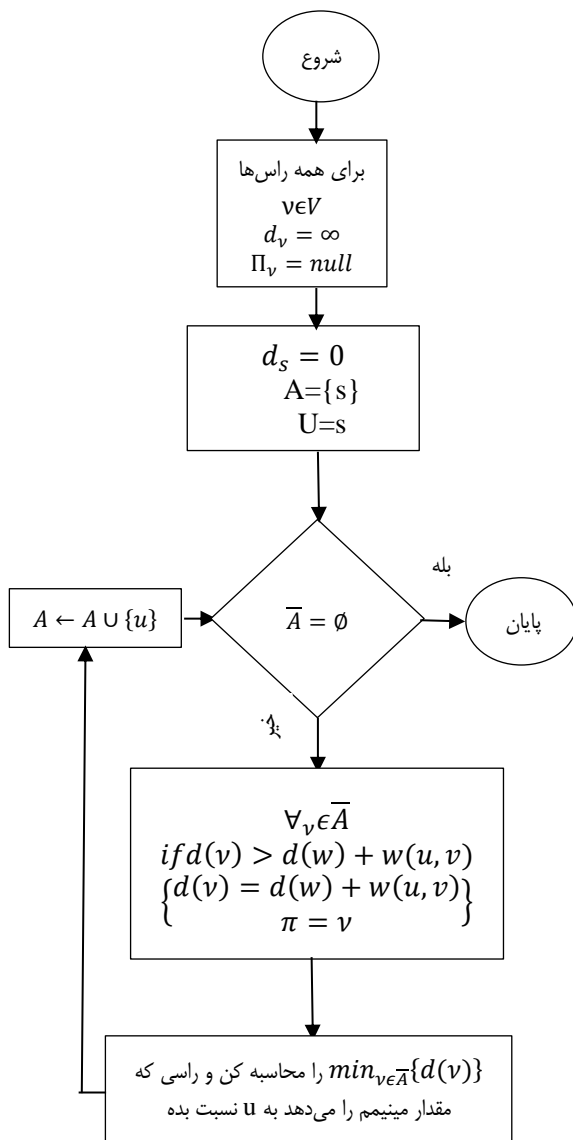
از آنجا که انجام صحیح برنامه‌های مدیریتی به منظور حفاظت و حمایت از تنوع زیستی شهر تهران و امکان بهره‌مندی بیشتر و پایدار از آنها در زمینه‌های مختلف نیازمند رفع چالش‌ها و تهدیدهای موجود می‌باشد، لذا؛ در این تحقیق، اقدام به بررسی و شناسایی میزان آگاهی شهروندان و نیز علاقه‌مندی آنان نسبت به مقوله تنوع‌زیستی شده است تا بتوان به یک الگوی کاربردی و مؤثر برای انتقال آموزه‌های لازم به شهروندان دست یافت.

روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق به لحاظ خروجی‌ها، از نوع کاربردی و به لحاظ روش بررسی داده‌ها از نوع توصیفی-تحلیل می‌باشد. منطقه ۱۷ شهرداری تهران به‌عنوان پایلوت تحقیق انتخاب گردید. به‌منظور سنجش میزان آگاهی و علاقه‌مندی شهروندان ساکن در منطقه نسبت به موضوع تنوع‌زیستی و تعیین جایگاه و اهمیت آن در نزد ساکنان، اقدام به طراحی و تکمیل پرسشنامه محقق‌ساخته گردید. این پرسشنامه شامل ۲ دسته پرسش‌های جداگانه است که از طریق آن می‌توان سطح دانش عمومی و سپس، سطح دانش تخصصی پرسش‌شوندگان را نسبت به تنوع زیستی سنجید. به‌منظور تعیین روایی پرسشنامه، از نقطه نظرات و پیشنهادهای اساتید و کارشناسان مربوطه استفاده شده است. به‌منظور تعیین ضریب پایایی پرسشنامه از نمونه‌ای کوچک‌تر از

2. Ant Cloney Algorithm
3. Solution
4. State Transition Rule

1. Municipality of Tehran



در پایان به ازای هر $v \in V$ کوتاهترین فاصله از s تا v برابر $d(v)$ است. برای به‌دست آوردن کوتاهترین مسیر از راس s تا راس دلخواه $v \in V$ کافی است از π استفاده شود. بدین صورت که $\pi = v$ راس را نشان می‌دهد که از آن به v می‌رویم. به همین ترتیب می‌توان کوتاهترین مسیر را به صورت زیر مشخص کرد:

راهنمای الگوریتم: وزن هر یال: W (Weight) / هزینه نهایی: FC Final Cost
مجموع مسیر: $KC = GK$ (General Knowledge) + SK (Scientific Knowledge)

شکل ۱. فلوچارت الگوریتم به کار گرفته شده در پژوهش

Figure 1. Flowchart of the Algorithm Used in the Research

$$P_{AB} = \frac{[\tau_{AB}(t)]\alpha[\eta_{AB}]\beta}{\sum_{A=[\tau_{AB}(t)]\alpha[\eta_{AB}]\beta}^N} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن P_{AB} احتمال انتخاب، t شاخص تکرار، $\tau_{AB}(t)$ مقدار فرمون بر روی مسیر (A, B) در تکرار، $t\eta_{AB}$ میدان دید مسیر (A, B) که یک بایاس (مقدار ثابت اولیه) تعریف شده توسط کاربر را به سمت راه‌حل‌های بهینه محلی در نقطه تصمیم‌گیری در نظر گرفته شده فراهم می‌کند. NA مجموعه‌ای از همه نقاط تصمیم در نقطه تصمیم A ، α فاکتور اهمیت فرمون و β فاکتور اهمیت دید است. به‌روزرسانی فرمون در هر مسیر پس از هر تکرار با روابط ۳ و ۴ انجام می‌شود:

$$\Delta AB (+1) = \rho \tau_{AB}(t) + \Delta \tau_{AB}(t) \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\Delta \tau_{AB}(t) = q/L(AB) \quad (\text{رابطه ۴})$$

ρ فاکتور استحکام فرمون که برای تبخیر فرمون از یک تکرار به بعد حساب می‌شود. عملکرد این فاکتور فراموش کردن راه‌حل‌های ضعیف‌تر است. به عبارت دیگر احتمال انتخاب آن مسیر ضعیف‌تر می‌شود. q مقدار پاداش فرمون، هر قدر بیشتر در نظر گرفته شود، مقدار فرمون بیشتری بر روی مسیرها ریخته می‌شود.

$\Delta \tau_{AB}(t)$ اضافه فرمون برای مسیر (B, A) در طول تکرار t است. تکرارهای الگوریتم تا زمانی ادامه می‌یابد که معیارهای توقف خاصی مانند تکمیل یک تعداد مشخصی از تکرارها یا تا زمانی که بهبود تابع هدف دیگر وجود نداشته باشد، ادامه پیدا کند؛ به عبارت دیگر الگوریتم‌های الگوریتم مورچگان به صورت تکراری کار می‌کنند و در این مطالعه معیار توقف تعداد مشخصی از تکرارها است (Kaveh & Sharifi, 2007).

به منظور انتخاب برخی گزینه‌ها و تعیین هزینه‌های مربوط به الگوریتم مورچگان از روش دلفی و بهره‌گیری از آرای کارشناسان استفاده گردید. لذا در این بخش از طریق تنظیم و تکمیل پرسشنامه و تکنیک دلفی (۱۴ نفر)، اقدام به شناسایی شاخص‌های مربوط به این معیار گردید. در نهایت بر اساس نظر کارشناسان معیارهای مربوطه وزن‌دهی شدند.

در این مرحله، از دو نوع الگوریتم استفاده گردید. الگوریتم دایجسترا^۱ و الگوریتم کلونی مورچگان استفاده گردید.

در شکل ۱، فلوچارت الگوریتم مورد استفاده ارائه شده است.

1. Dijkstra Algorithm

به منظور طراحی الگوریتم، در ابتدا، اقدام به مطالعه اسناد

فردستی و برنامه‌های جامع تنظیم‌شده از سوی شهرداری تهران، شورای اسلامی شهر تهران و اداره کل محیط‌زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران و در نهایت معاونت آموزش و مشارکت‌های مردمی سازمان حفاظت محیط‌زیست گردید. سپس، هدف‌گذاری مساله انجام شد. بدین منظور، دو هدف اصلی در زمینه ارتقای سطح آگاهی‌های شهروندان در خصوص تنوع زیستی مدنظر قرار گرفت:

الف) هدف سطح ۱: دستیابی به سطح خوب (۱۰۰٪) برای دانش عمومی محیط‌زیست؛

ب) هدف سطح ۲: دستیابی به سطح خوب (۷۰٪) دانش تخصصی محیط‌زیست؛

از آنجاکه در طراحی و حل مساله به روش الگوریتم، محققان به دنبال یافتن راهی هستند که کوتاه‌ترین زمان و کمترین هزینه را به دنبال داشته باشد، اقدام به شناسایی روش‌های دستیابی به هر یک از هدف‌های فوق‌الذکر گردید. نظر به اهمیت مقوله زمان در دستیابی به این سطح از اهداف، به منظور محاسبه هزینه نهایی هر روش / ابزار، از رابطه زیر استفاده گردید:

رابطه ۵) هزینه نهایی برنامه‌های آموزشی در خصوص تنوع زیستی

$$TC = OC + (2t)$$

که در آن، TC (هزینه نهایی)، OC (هزینه اجرایی) و t (زمان موردنیاز برای اجرای برنامه) می‌باشد. همچنین، وزن نهایی هر ابزار یا روش از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

رابطه ۶) وزن یا ارزش نهایی هر برنامه آموزشی

$$V = (1/TC) i$$

که در آن، V (وزن یا ارزش برنامه) و i (اهمیت برنامه)

است.

مورد بررسی قرار گرفتند. از جمله موارد ذیل:

– الگوی سنتی؛ که در حال حاضر به عنوان رایج‌ترین روش برای ارتقای آگاهی و دانش عمومی محیط‌زیستی برای شهروندان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

– الگوی آموزشی مدرن؛ بر اساس توصیه UNEP

– الگوی آموزشی مجازی؛ بر اساس الگویی که در حال حاضر و در شرایط اپیدمی کرونا به کار گرفته شده است.

– الگوی آموزشی ترکیبی؛ بر اساس پیشنهاد نگارندگان این مقاله

– الگوی آموزشی پیشنهادی خبرگان؛ بر اساس توصیه خبرگان و پنل دلفی تحقیق

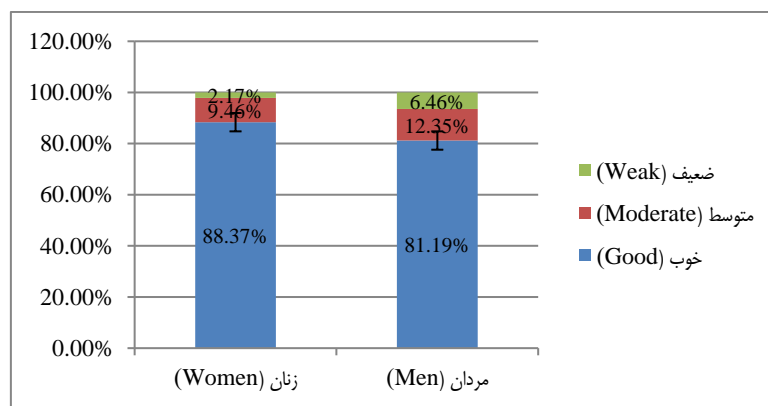
در طراحی الگوی آموزشی بهینه برای تحقق هدف سطح دوم، ضمن بررسی تمامی گزینه‌های موجود و پیشنهادی توسط خبرگان، گزینه‌های بهینه با دو نوع الگوریتم دایجسترا و مورچگان مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌های پژوهش

یافته‌ها و نتایج پژوهش در دو بخش جداگانه ارائه می‌شوند:

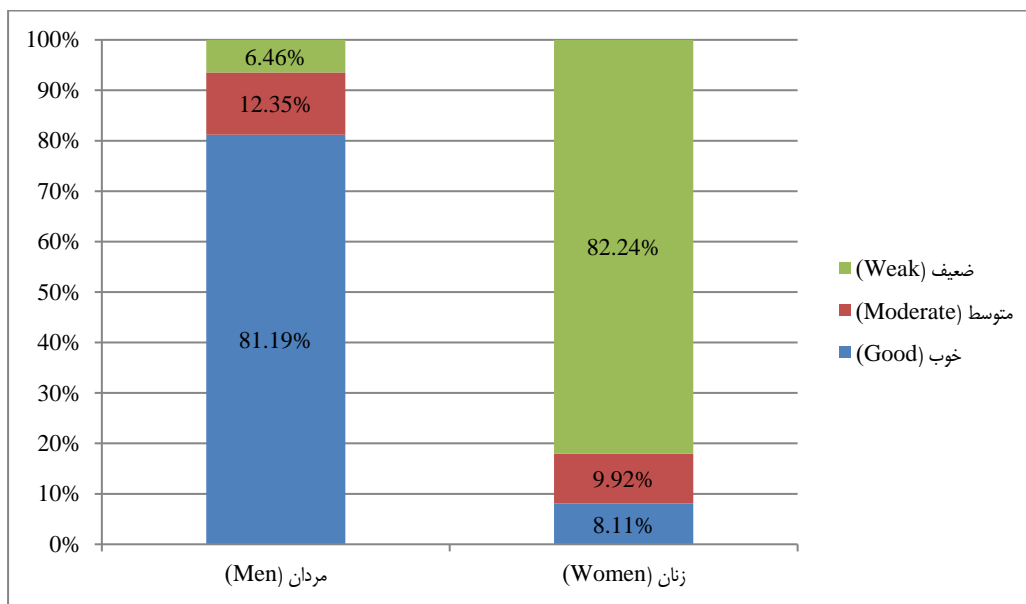
– نتایج سنجش آگاهی و سطح دانش شهروندان در خصوص تنوع زیستی

بررسی پرسشنامه‌ها نشان داد که در مجموع زنان نسبت به مردان از دانش عمومی بیشتری در خصوص تنوع زیستی برخوردار بودند (شکل ۲) ولیکن در مورد دانش تخصصی، مردان نسبت به زنان اختلاف فاحشی داشته و در وضعیت بهتری قرار داشتند (شکل ۳).



شکل ۲. مقایسه سطح دانش عمومی زنان و مردان در منطقه مطالعاتی نسبت به تنوع زیستی

Figure 2. Comparison of the Level of General Knowledge of Men and Women in the Study Area Regarding Biodiversity (Source: Research Findings)



شکل ۳. مقایسه سطح دانش تخصصی زنان و مردان در منطقه مطالعاتی نسبت به تنوع زیستی

Figure 3. Comparison of the Specialized Knowledge Level of Women and Men in the Study Area Regarding Biodiversity (Source: Research Findings)

می‌باشد. از سوی دیگر، دانش تخصصی در مورد تنوع زیستی زنان و مردان منطقه ۱۷ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، بنابراین فرض صفر تأیید می‌شود.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، دانش عمومی در مورد تنوع زیستی زنان و مردان منطقه ۱۷ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بنابراین فرض صفر رد می‌شود چراکه میزان دانش عمومی در مورد تنوع زیستی زنان نسبت به مردان بیشتر

جدول ۱. مقایسه دانش عمومی و تخصصی مردان و زنان ساکن منطقه ۱۷ در مورد تنوع زیستی

Table 1. Comparison of General and Specialized Knowledge of Men and Women Living in Region 17 about Biodiversity

دانش تخصصی Scientific Knowledge		دانش عمومی General Knowledge		تعداد Number	مخاطبان Users
P	Z	P	Z		
0.519	0.645-	0.013	2.478-	200	مردان (Men)
				193	زنان (Women)

می‌باشد. وضعیت پاسخ‌گویی شرکت‌کنندگان مرد حاضر در تحقیق بر اساس سطح تحصیلی به سؤالات (عمومی) در جدول ۹ ارائه شده است. به‌طور کلی دانش عمومی ۲۴ نفر دیپلم، ۲۹ نفر فوق‌دیپلم، ۴۱ نفر لیسانس، ۳۵ نفر کارشناسی ارشد و ۱۴ نفر دکتری در مورد تنوع زیستی خوب است.

وضعیت پاسخ‌گویی شرکت‌کنندگان زن و مرد حاضر در تحقیق، بر اساس سطح تحصیلی به سؤالات (دانش عمومی) در جدول ۲ ارائه شده است. به‌طور کلی در مورد زنان، دانش عمومی ۳۱ نفر دیپلم، ۳۵ نفر فوق‌دیپلم، ۴۶ نفر لیسانس، ۲۹ نفر کارشناسی ارشد و ۵ نفر دکتری در مورد تنوع زیستی خوب

جدول ۲. مقایسه پاسخ‌گویی خوب به پرسش‌های دانش عمومی در مورد تنوع زیستی برحسب سطح تحصیلات

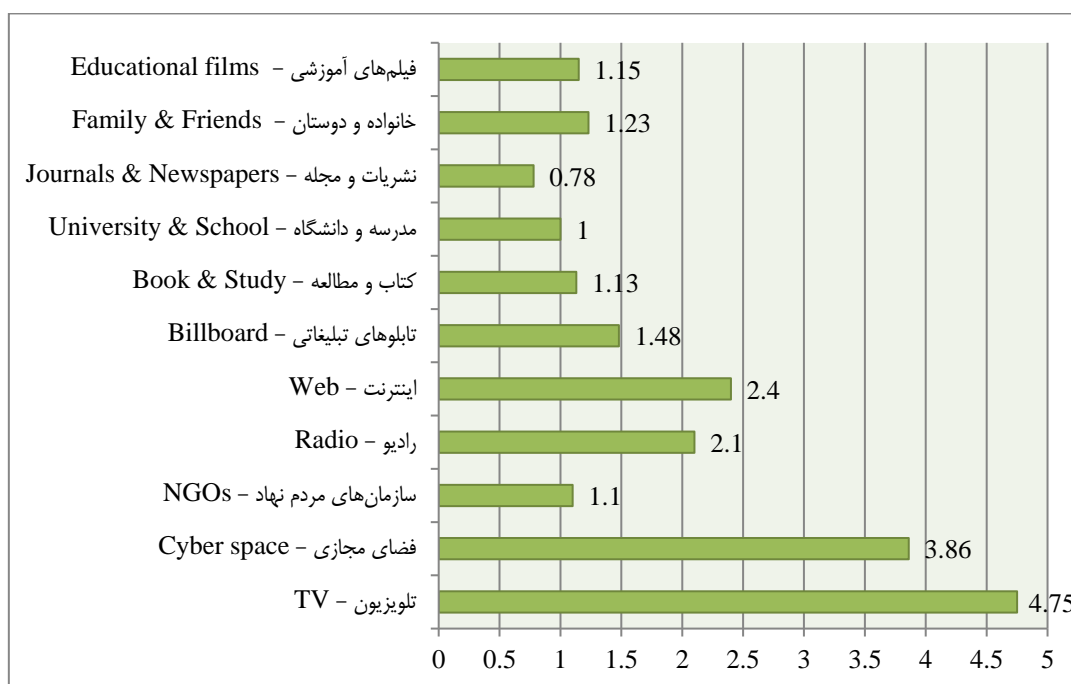
Table 2. Comparison of Good Answers to General Knowledge Questions about Biodiversity According to Education Level

P	df	خی دو Chi-squared	
0.000	5	42.758	زنان (Women)
0.000	5	37.417	مردان (Men)

مشاهده می‌شود که میان دانش عمومی زنان و مردان در مورد تنوع زیستی و سطح تحصیلات، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بنابراین فرض صفر رد می‌شود؛ بنابراین، در زنان و مردان، به همان نسبت که سطح تحصیلات افزایش می‌یابد، دانش عمومی در مورد تنوع زیستی نیز افزایش می‌یابد. همچنین، در شکل ۴، نمودار مقایسه‌ای روش‌های کسب اطلاعات در مورد تنوع زیستی از دیدگاه پرسش‌شوندگان ارائه شده است.

برای مقایسه دانش عمومی در مورد تنوع زیستی (برحسب سطح تحصیلات) با توجه به اینکه نوع مقیاس به‌کاررفته رتبه‌ای است و توزیع داده‌ها نرمال نمی‌باشد و در نتیجه شرایط احراز آزمون پارامتریک وجود ندارد، از آزمون کروسکال والیس که به‌عنوان یک آزمون ناپارامتریک و از نوع تحلیل واریانس می‌باشد، استفاده شده است.

$$\chi^2_{i,r} = H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^r \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (\gamma)$$



شکل ۴. مقایسه روش‌های کسب اطلاعات در مورد تنوع زیستی توسط جامعه مورد مطالعه.

Figure 4. Comparison of the Methods of Obtaining Information about Biodiversity by the Studied Community

مربوط به هر یک از ابزار و روش‌های مورد نیاز برای ارتقای سطح دانش عمومی و تخصصی (به‌طور جداگانه) تنوع زیستی شهروندان محاسبه گردید. در ابتدا، نتایج مربوط به دستیابی به هدف سطح ۱ ارائه می‌شوند (جدول ۳).

طراحی الگوریتم برای دستیابی به مسیر بهینه آموزشی

بر اساس مواردی که در روش‌شناسی اشاره شد، هزینه‌هایی

جدول ۳. محاسبه هزینه نهایی اجرای هر یک از ابزار و روش‌های برنامه‌های آموزشی مرتبط با ارتقای سطح دانش تنوع زیستی شهروندان (براساس هدف سطح ۱)

Table 3. Calculation of the Final Cost of Implementing each of the Tools and Methods of Educational Programs Related to Improving the Knowledge Level of Citizens' Biodiversity (Based on the Objective of Level 1)

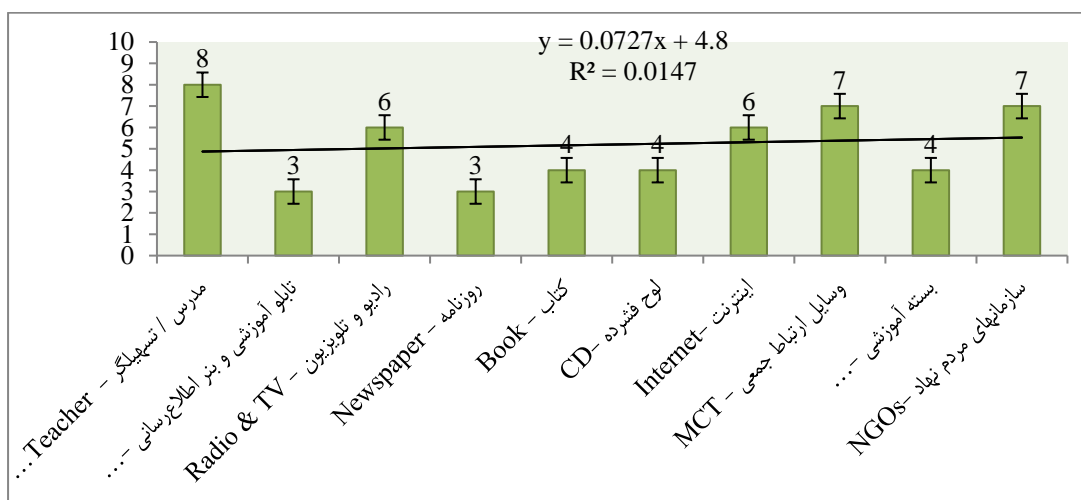
هزینه نهایی (واحد) Final cost	محاسبات Computing	توضیحات Description	روش / ابزار Method/ Tool	ردیف Row
21	زمان لازم برای تدریس هر نفر ۱۰ ساعت و معادل ۱۰ واحد، هزینه لازم برای هر نفر ۱ میلیون ریال و معادل ۱ واحد The time required to teach each person is 10 hours and equal to 10 credits The necessary cost for each person is 1 million Rials and is equivalent to 1 unit	شامل فضای آموزشی، وسایل کمک‌آموزشی، حق‌الزحمه، تایپ و تکثیر جزوات و ... Including educational space, teaching aids, fees, typing and reproduction of pamphlets, etc.	مدرس / تسهیلگر Facilitator/ Teacher	1
32	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۱۵ ساعت و معادل ۱۵ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۲ میلیون ریال و معادل ۲ واحد The time required to inform each person is 15 hours and equivalent to 15 units The necessary cost for informing each person is 2 million rials and equivalent to 2 units	شامل طراحی، چاپ و تکثیر، نصب و بارگذاری Including design, printing and reproduction, installation and uploading	تابلو آموزشی و بنر اطلاع‌رسانی Educational board and information banner	2
23	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۱۰ ساعت و معادل ۱۰ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۳ میلیون ریال و معادل ۳ واحد The time required to inform each person is 10 hours and equivalent to 10 units The necessary cost for informing each person is 3 million Rials and equivalent to 3 units	تهیه و پخش تیزر و فیلم آموزشی Preparation and distribution of teasers and educational videos	رادیو و تلویزیون Radio and TV	3
40.1	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۲۰ ساعت و معادل ۲۰ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۱۰۰ هزار ریال برابر با ۰/۱ واحد The time required to inform each person is 20 hours and equivalent to 20 units The necessary cost for informing each person is 100 thousand rials equal to 0.1 unit	تهیه و چاپ خبر Preparation and printing of news	روزنامه Newspaper	4

ردیف Row	روش / ابزار Method/ Tool	توضیحات Description	محاسبات Computing	هزینه نهایی (واحد) Final cost
5	کتاب Book	تهیه، چاپ و پخش Preparation, printing and distribution	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۳۰ ساعت و معادل ۳۰ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر، ۲۰۰ هزار ریال و معادل ۰/۲ واحد The time required to inform each person is 30 hours and equivalent to 30 units The necessary cost for informing each person is 200,000 Rials and is equivalent to 0.2 units	60.2
6	لوح فشرده CD	تهیه و تکثیر Preparation and reproduction	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۱۵ ساعت و معادل ۱۵ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر، ۳۰۰ هزار ریال و معادل ۰/۳ واحد The time required to inform each person is 15 hours and equivalent to 15 units The necessary cost for informing each person is 300,000 Rials and is equivalent to 0.3 units	30.3
7	اینترنت Internet	طراحی سایت و وبلاگ، اتصال، هزینه آبونمان و پشتیبانی Website and blog design, connection, subscription fee and support	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۲۰ ساعت و معادل ۲۰ واحد هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر، ۳۰۰ هزار ریال و معادل ۰/۳ واحد The time required to inform each person is 20 hours and equal to 20 units The necessary cost for informing each person is 300,000 Rials and is equivalent to 0.3 units	40.3
8	وسایل ارتباط جمعی Mass communication tools	فضای مجازی، راه‌اندازی کانال، کمپین و ... Virtual space, channel launch, campaign and...	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۲۰ ساعت و معادل ۲۰ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر، ۲۰۰ هزار ریال و معادل ۰/۲ واحد The time required to inform each person is 20 hours and equal to 20 units The necessary cost for informing each person is 200,000 Rials and is equivalent to 0.2 units	40.2

ردیف Row	روش / ابزار Method/ Tool	توضیحات Description	محاسبات Computing	هزینه نهایی (واحد) Final cost
9	بسته آموزشی Educational package	تهیه و توزیع Preparation and distribution	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۳۰ ساعت و معادل ۳۰ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر، ۲ میلیون ریال و معادل ۲ واحد The time required to inform each person is 30 hours and equivalent to 30 units The necessary cost for informing each person is 2 million Rials and equivalent to 2 units	62
10	سازمان‌های مردم‌نهاد NGOs	تأسیس و پشتیبانی Establishment and support	زمان لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر ۲۰ ساعت معادل ۲۰ واحد، هزینه لازم برای آگاهی‌رسانی به هر نفر، ۱ میلیون ریال و معادل ۱ واحد The time required to inform each person is 20 hours equal to 20 units The necessary cost for informing each person is 1 million Rials and is equivalent to 1 unit	41

راهنمای تبدیل مقیاس‌ها: هر ۱ ساعت = ۱ واحد / هر ۱ میلیون ریال = ۱ واحد
Scale conversion guide: every 1 hour = 1 unit / every 1 million Rials = 1 unit

در ادامه، از طریق پرسشنامه محقق‌ساخته و مراجعه به آرای خبرگان، اقدام به سنجش اهمیت هر یک از ابزار و روش‌های مورد بررسی گردید (شکل ۵).

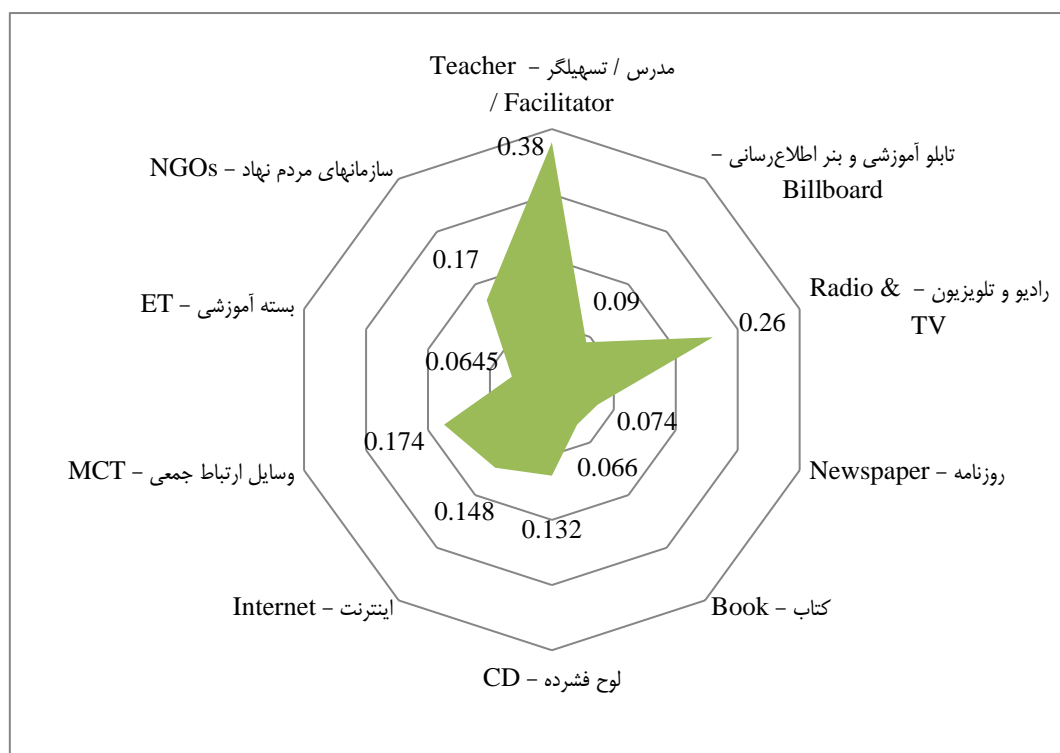


شکل ۵. اهمیت ابزار و روش‌های آموزش تنوع زیستی برای شهروندان از دیدگاه خبرگان (بر اساس هدف سطح ۱)

Figure 5. Importance of Biodiversity Education Tools and Methods for Citizens from Experts' Point of View (Based on Leve 1 Objective)

همچنین، «بسته آموزشی» با ۰/۰۶۴۵ و «کتاب» با ۰/۰۶۶ کم‌ارزش‌ترین ابزار برای ارتقای سطح دانش عمومی شهروندان در خصوص تنوع زیستی ارزیابی شدند.

در نهایت، وزن یا ارزش نهایی هر ابزار و روش محاسبه گردید (شکل ۶). همان‌طور که در شکل مشخص شده است، استفاده از «مدرس و تسهیلگر» دارای بالاترین وزن (۰/۳۸) و پس‌از آن «رادیو و تلویزیون» (۰/۲۶) قرار داشته است.



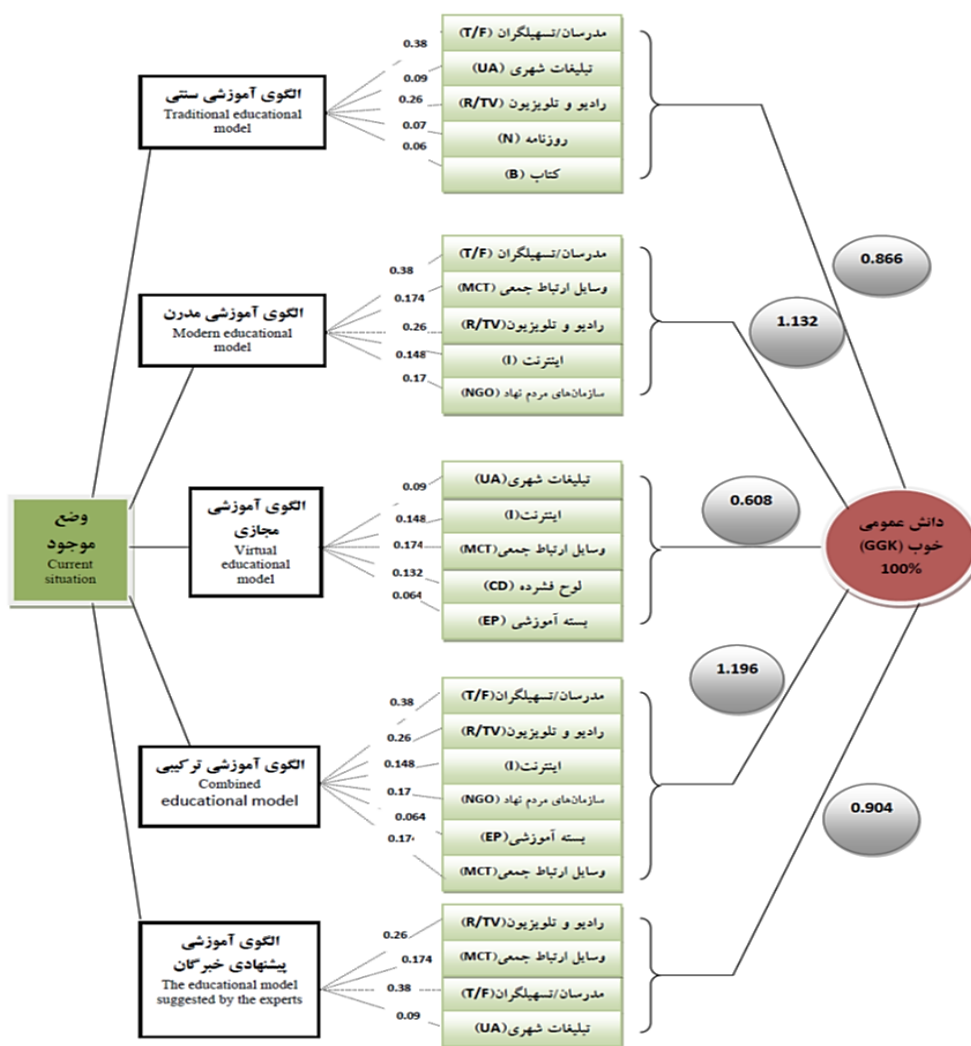
شکل ۶. ارزش نهایی ابزار آموزشی تنوع زیستی برای شهروندان از دیدگاه خبرگان (بر اساس هدف سطح ۱)

Figure 6. The Final Value of the Biodiversity Educational Tool for Citizens from the Experts' Point of View (Based on Level 1 Objective)

دقیق‌تر از خبرگان خواسته شد تا بر اساس ۳ شاخص (سطح انجام، مدت‌زمان لازم برای بازدهی و درجه اهمیت) نسبت به امتیازدهی به هر یک از روش‌ها اقدام کنند. جدول ۴ نشانگر نحوه و میزان وزن‌دهی به هر یک از ابزار و روش‌های موردنیاز در این سطح از هدف است. یافته‌ها بیانگر آن بوده است که روش «آموزش چهره به چهره» با وزن نهایی ۶۴ و «تهیه و توزیع بسته‌های آموزشی» با وزن ۴۳ بیشترین امتیاز را برای ارتقای دانش تخصصی شهروندان نسبت به مقوله تنوع زیستی کسب کردند. همچنین ۴ روش «تربیت و جذب مدرس ویژه»، «برگزاری کلاس‌های تخصصی»، «فراخوان جذب ایده‌های خلاقانه» و «استفاده از رسانه‌ها» همگی با وزن نهایی ۲۲ دارای کمترین نقش و اهمیت در انتقال دانش تخصصی تنوع زیستی به شهروندان بوده‌اند.

در نهایت، الگوریتم ترسیم‌شده برای دستیابی به هدف سطح اول (ارتقای دانش عمومی در زمینه تنوع زیستی در حد خوب به میزان ۱۰۰ درصد)، در شکل ۷ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، الگوی آموزشی بهینه برای این سطح هدف، «الگوی آموزشی ترکیبی» با وزن ۱/۱۹۶ و سپس «الگوی آموزشی مدرن» با وزن ۱/۱۳۲ است. نامناسب‌ترین الگوی آموزشی نیز «الگوی آموزشی مجازی» با وزن ۰/۶۰۸ ارزیابی گردیده است.

در گام بعدی، اقدام به ترسیم الگوریتم برای هدف سطح دوم گردید. در این مرحله با توجه به وضع ایده‌آل (دستیابی به دانش تخصصی خوب، معادل ۷۰ درصد) روش‌ها و ابزار طراحی و وزن‌دهی شدند. در این مرحله، روش‌ها و ابزار سطح بالاتر و تخصصی‌تری مورد بررسی قرار گرفتند. به‌منظور ارزیابی



شکل ۷. الگوریتم هدف سطح اول

Figure 7. First Level Goal Algorithm

جدول ۴. نحوه و روش تعیین وزن ابزار و روش‌های هدف سطح دوم

Table 4. The Way and Method of Determining the Weight of the Tool and the Methods of the Second Level Goal

وزن نهایی Total Weight	رابطه Relation	درجه اهمیت از دیدگاه کارشناسان Degree of importance from the point of view of experts	ضریب تبدیل زمان لازم The required time conversion factor	ضریب تبدیل سطح انجام Level conversion factor	مدت زمان لازم برای بازدهی The time required for efficiency	سطح انجام Level	ابزار / روش Method / Tool
22	$P = (2L+T)1/V$	20	40	200	T4	B	تربیت و جذب مدرس ویژه Training and recruitment of special teachers

وزن نهایی Total Weight	رابطه Relation	درجه اهمیت از دیدگاه کارشناسان Degree of importance from the point of view of experts	ضریب تبدیل زمان لازم The required time conversion factor	ضریب تبدیل سطح انجام Level conversion factor	مدت زمان لازم برای بازدهی The time required for efficiency	سطح انجام Level	ابزار / روش Method / Tool
22	$P = (2L+T)1/V$	20	30	200	T3	B	برگزاری کلاس‌های تخصصی Holding specialized classes
22	$P = (2L+T)1/V$	10	20	100	T2	A	فراخوان جذب ایده‌های خلاقانه Calling for creative ideas
27	$P = (2L+T)1/V$	15	10	200	T1	B	اقدامات تشویقی Incentive measures
29	$P = (2L+T)1/V$	15	40	200	T4	C	حمایت و همکاری با NGOs Support and cooperation with NGOs
32	$P = (2L+T)1/V$	20	40	300	T4	D	آموزش کودکان teaching kids
42	$P = (2L+T)1/V$	20	40	400	T4	C	احداث فضاهای ویژه طبیعی Construction of special natural spaces
31	$P = (2L+T)1/V$	15	10	300	T1	C	انجام اقدامات سمبلیک و نمادین Performing symbolic actions
32	$P = (2L+T)1/V$	20	40	300	T4	C	کاربرد سیستم مدیریت مشارکتی Application of collaborative management system
32	$P = (2L+T)1/V$	20	40	300	T4	C	ارتقای سیستم آموزش مجازی Improving the virtual education system
43	$P = (2L+T)1/V$	15	40	300	T4	C	تهیه و توزیع بسته‌های آموزشی Preparation and distribution of educational packages
64	$P = (2L+T)1/V$	10	40	300	T4	C	آموزش چهره به چهره Face-to-face training

32	$P = (2L+T)1/V$	20	40	300	T4	C	کلینیک حیات وحش Wildlife Clinic
22	$P = (2L+T)1/V$	20	40	200	T4	B	به کارگیری رسانه‌ها Use of media
41	$P = (2L+T)1/V$	15	20	300	T2	C	انجام نیازسنجی Needs assessment

راهنما:

◆ دشواری و سختی انجام برای سازمان‌های متولی:

Difficulty for trustee organizations:

آسان = A (۱۰۰) نسبتاً سخت = B (۲۰۰) سخت = C (۳۰۰) بسیار سخت = D (۴۰۰)

◆ زمان بر بودن انجام و مدت زمان لازم برای بازدهی:

It is time-consuming to do and the time required for efficiency:

T1 = کوتاه (کمتر از ۱ ماه) متوسط (۱-۳ ماه) T2 = زیاد (۳-۶ ماه) T3 = بسیار زیاد (بیش از ۶ ماه) T4 =
T1 = ۱۰ T2 = ۲ T3 = ۳۰ T4 = ۴۰

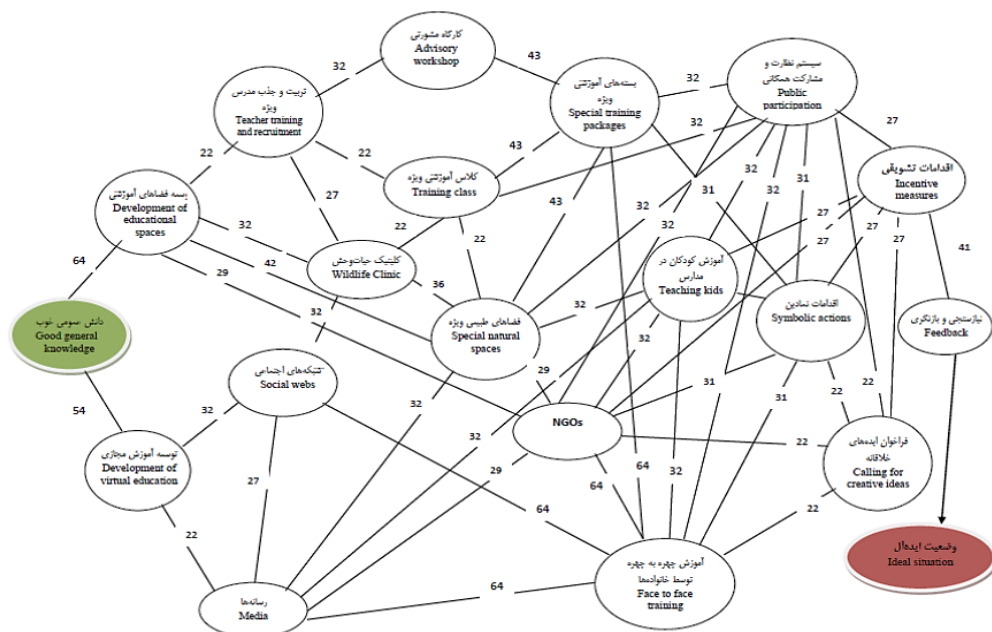
◆ درجه اهمیت از دید خبرگان:

Degree of importance according to experts:

خیلی زیاد = ۲۰ زیاد = ۱۵ متوسط = ۱۰ کم = ۵

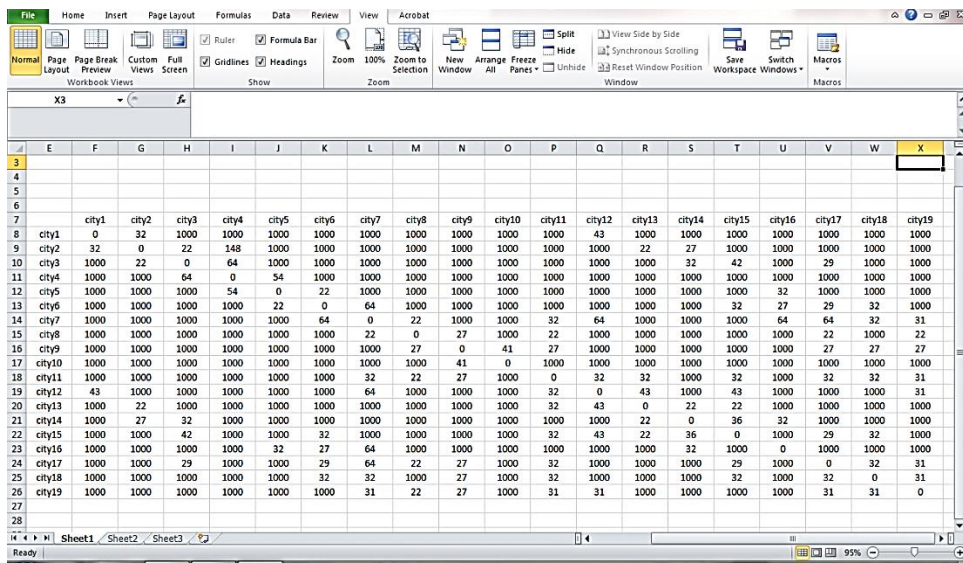
ترسیم شده برای هدف سطح دوم و شکل ۹ معادلات مربوطه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نقطه شروع هدف سطح دوم در اصل، نقطه پایانی هدف سطح اول می‌باشد؛ یعنی نقطه آغازین، دانش عمومی خوب (۱۰۰ درصد) در نظر گرفته شده است.

بدین منظور، تمامی گزینه‌ها و روش‌های ممکن بررسی شدند. وزن متناسب با هر یک بر اساس زمان، هزینه اجرا و اهمیت از دیدگاه خبرگان سنتز گردیده است. در پایان، مسیر بهینه برای تحقق هدف ایده‌آل که همان دستیابی به دانش تخصصی خوب (۷۰ درصد) می‌باشد، ارزیابی گردید. بدین منظور از دو نوع الگوریتم استفاده شد. شکل ۸ الگوریتم



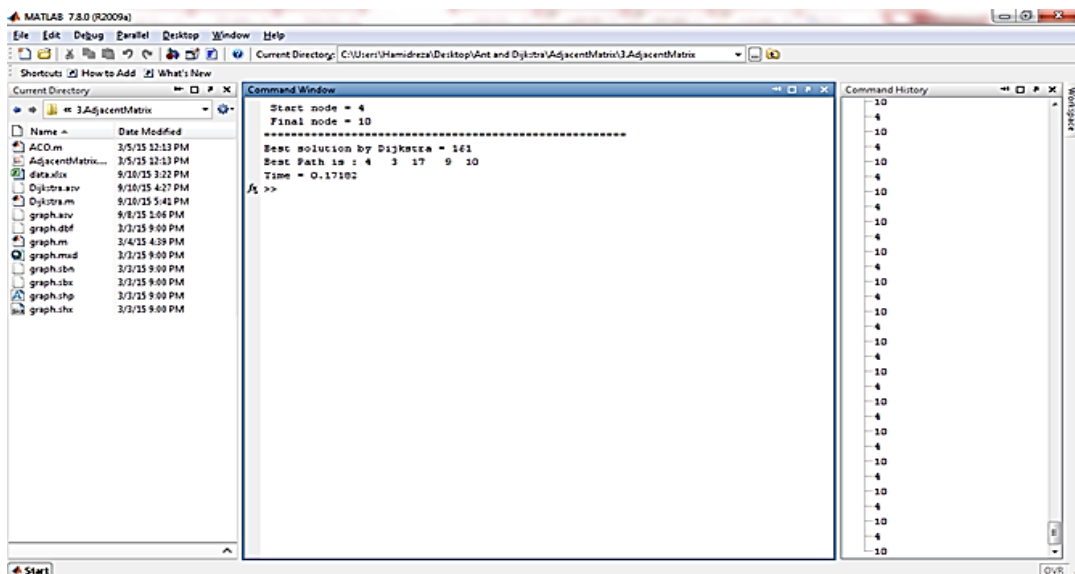
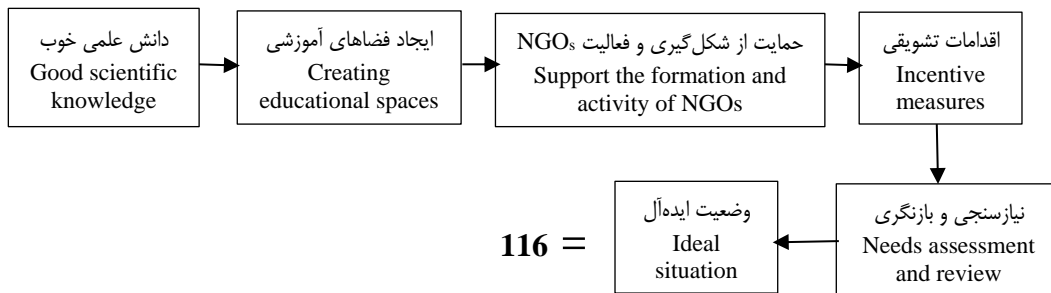
شکل ۸. الگوریتم طراحی شده برای هدف سطح دوم

Figure 8. Algorithm Designed for the Second Level Objective



شکل ۹. محاسبات عددی الگوریتم بر اساس گزینه‌ها
 Figure 9. Algorithm Numerical Calculations Based on Options

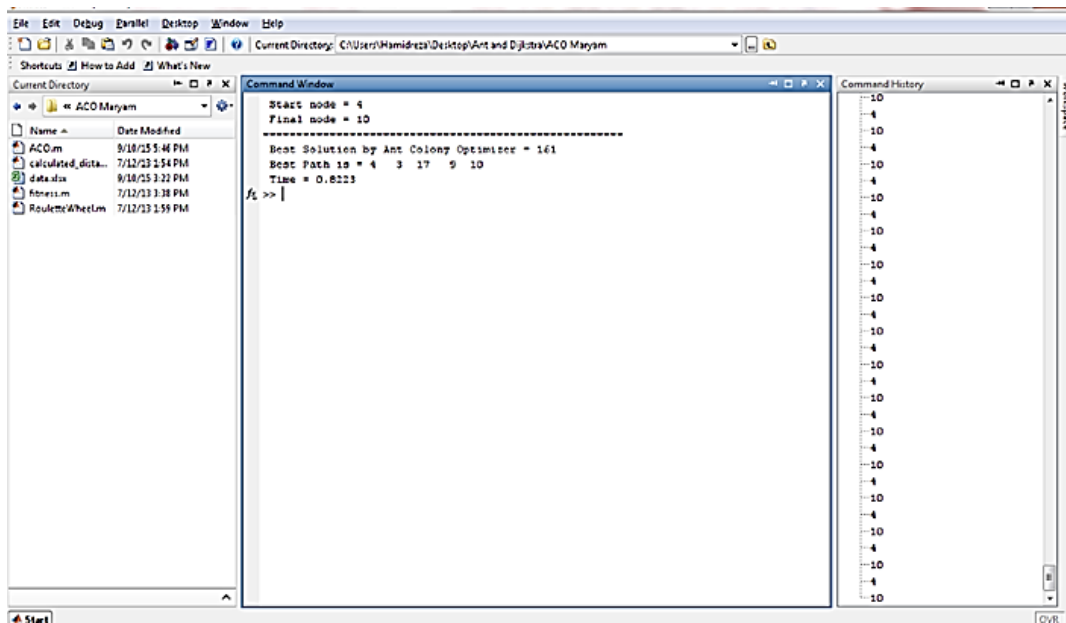
بر اساس الگوریتم فوق‌الذکر، کوتاه‌ترین مسیر ممکن (مسیر بهینه) با در نظر گرفتن تمام شرایط به شرح زیر است:



شکل ۱۰. پاسخ به دست آمده توسط الگوریتم دایجسترا
 Figure 10. The Response Obtained by the Dijkstra Algorithm

ثانیه بوده است. به منظور سنجش صحت پاسخ به دست آمده، از طریق الگوریتم کلونی مورچگان نیز این معادله محاسبه گردید.

همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، در الگوریتم داجسترا، مسیر بهینه با مجموع وزن (هزینه نهایی) ۱۶۱ انتخاب شده است و مدت‌زمان دستیابی به پاسخ ۰/۱۷۱۸۲



شکل ۱۱. پاسخ به دست آمده توسط الگوریتم مورچگان

Figure 11. The Response Obtained by the Ant Algorithm

طریق رسانه‌های جمعی (تلویزیون) کسب می‌کنند، با تحقیقات چن و همکاران (۲۰۱۷) منطبق می‌باشد. نکته حائز اهمیت آن است که مجلات، روزنامه‌ها و سایر نشریات چاپی کمترین نقش را در انتقال دانش محیط‌زیستی (عمومی و تخصصی) و افزایش آگاهی شهروندان نسبت به مقوله تنوع زیستی داشته‌اند. دو دلیل اصلی را برای این مورد می‌توان برشمرد. نخست قیمت نسبتاً بالای نشریات (به‌ویژه نشریات تخصصی) و دیگری پایین بودن سرانه مطالعه در کشور است.

نتایج این تحقیق با مطالعه هانزمان و همکاران (۲۰۰۵) و ناگرا (۲۰۱۰) منطبق می‌باشد، چراکه ایشان نیز معتقد بود که باید از روش‌های ترکیبی برای انتقال دانش عمومی محیط‌زیستی به افراد استفاده کرد. بر اساس الگوریتم ترسیم‌شده برای دستیابی به هدف سطح اول (ارتقای دانش عمومی در زمینه تنوع زیستی در حد خوب به میزان ۱۰۰ درصد)، مشخص شد که «الگوی آموزشی ترکیبی» با وزن ۱/۱۹۶ و سپس «الگوی آموزشی مدرن» با وزن ۱/۱۳۲ مناسب‌ترین الگوها می‌باشند. الگوی آموزشی «الگوی آموزشی مجازی» با وزن ۰/۶۰۸ نامناسب‌ترین الگوی آموزشی برای انتقال دانش عمومی به شهروندان ارزیابی گردیده است.

همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، بر اساس الگوریتم مورچگان، مسیر بهینه با مجموع وزن (هزینه نهایی) ۱۶۱ انتخاب شده است و مدت‌زمان دستیابی به پاسخ ۰/۸۲۲۳ ثانیه بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق، در گام نخست شناسایی میزان دانش عمومی و تخصصی شهروندان تهرانی نسبت به مقوله تنوع زیستی بوده است. نتایج تحلیل پرسشنامه‌ها بیانگر آن بوده است که سطح دانش عمومی زنان نسبت به مردان بالاتر بوده است. از سوی دیگر، مردان نسبت به زنان از دانش تخصصی به مراتب بالاتری برخوردار بوده‌اند که این مورد با تمامی تحقیقات پیشین در تضاد است. به‌علاوه، آشکار گردید که در زنان و مردان، به همان نسبت که سطح تحصیلات افزایش می‌یابد، دانش عمومی در مورد تنوع زیستی نیز افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق حاضر با مطالعه بوداک و همکاران (۲۰۰۵) در زمینه ارتباط میان سطح تحصیلات با دانش محیط‌زیستی هم‌راستا است. همچنین در این مورد که شهروندان اطلاعات محیط‌زیستی و به‌ویژه تنوع زیستی را از

سطح دوم می‌باشد که این ابزار واجد بالاترین امتیاز شده است. در مجموع، با توجه به هر دو الگوریتم دایجسترا و مورچگان و مقایسه نتایج آنها مشخص می‌گردد که مسیر بهینه برای ارتقای سطح دانش تخصصی شهروندان، دارای وزن ۱۶۱ بوده که به ترتیب شامل مواردی نظیر دستیابی به سطح دانش عمومی خوب، ایجاد فضای آموزشی، حمایت از شکل‌گیری سازمان‌های مردم‌نهاد محیط‌زیستی، اقدامات تشویقی و نیازسنجی و بازنگری می‌باشد.

در پایان، به مدیران و برنامه‌ریزان پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به نتایج مورد انتظار در برنامه‌های آموزشی از الگوی مستخرج از این تحقیق بهره‌گیری نمایند.

در خصوص هدف سطح دوم که دستیابی به دانش تخصصی خوب در حد ۷۰ درصد بوده است، نتایج بیانگر آن بوده است که روش «آموزش چهره به چهره» با وزن نهایی ۶۴ و «تهیه و توزیع بسته‌های آموزشی» با وزن ۴۳ بیشترین امتیاز را برای ارتقای دانش تخصصی شهروندان نسبت به مقوله تنوع زیستی کسب کردند. همچنین ۴ روش «تربیت و جذب مدرس ویژه»، «برگزاری کلاس‌های تخصصی»، «فراخوان جذب ایده‌های خلاقانه» و «استفاده از رسانه‌ها» همگی با وزن نهایی ۲۲ دارای کمترین نقش و اهمیت در انتقال دانش تخصصی تنوع زیستی به شهروندان بوده‌اند. نکته واجد اهمیت آن است که استفاده از «بسته‌های آموزشی» برای دستیابی به هدف سطح اول، واجد امتیاز کمی بوده است که این برخلاف هدف

References

- Afereidouni, M., & Nooripoor, M. (2020). "Analyzing Factors Affecting Environmental Knowledge of Wheat Farmers: the Case of Central District of Kohgiluyeh County", *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 9 (1), 41-58. [In Persian]
- Afshar, A., Sharifi, F., & Jalali, M.R. (2009). "Non-Dominated Archiving Multi Colony Ant Algorithm for Multi-Objective Optimization: Application to Multi-Purpose Reservoir Operation", *Engineering Optimization*, 41(4), 313-325.
- Akomolafe, C. (2011). "Impact of Personal Factors on Environmental Education in Tertiary Institutions in Ekiti State, Nigeria", *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, Special Issue. 1(1), 559-564
- Arameshinia, P., Shobeiri S.M., & Larijani, M. (2021). "The Effect of Environmental Education on the Amount of Knowledge Level, Attitude and Behavior of Local Society to Protect the Biological Variety (Subject of Study to Reserve Dena Sphere of Living)", *J. Env. Sci. Tech.*, 23(3), 103-116. [In Persian]
- Asgaripor, A., Amiri, M.J., & Rahimi, S. (2020). "Evaluation of Environmental Education Effectiveness on Environmental Attitude and Awareness of Students", *J. Env. Sci. Tech.*, 22(4), 316-326 pp. [In Persian]
- Askari, F., Parasteh Ghombavani, F., & Haghghi, F. (2021). "Investigating the Necessity to Pay Attention to the Environmental Education Based on Futures Studies in Elementary School", *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 10(1), 111-129. [In Persian]
- Bootkin, D., & Keller, A. (2015). "Environmental science of the living planet earth". Vahabzadeh, A. Mashhad: Mashhad University Jihad Publication.
- Budak, D., Budak, F., Zaimoglu, Kecec, S., & Yavuz Sucu, M. (2005). "Behavior and attitude of student toward environmental issues at faculty of agriculture", *Turkey. Applied Sciences*. 3(5), 1224-1227.
- Chen, F., Chen, H., GUO, D., & Long, R. (2017). "Analysis of undesired environmental behavior among Chinese undergraduates". *Cleaner Production*. 7(162), 1239-1251.
- Faham, E. & Rezvanfar, A. (2015). "Education for sustainable Development in higher education". 1st ed. Tehran: Jahad daneshgahi Publications. Sanati Branch. [In Persian].
- Gupta, D.K., Arora, Y., Singh, U.K., & Gupta, J.P. (2012). "Recursive Ant Colony Optimization for estimation of parameters of a function", *Recent Advances in Information Technology (RAIT)*, 2012 1st International Conference on, 15(17), 448-454.
- Hansmann, R., Scholz, R.W., Francke, C.J.A.,

- & Weymann, M. (2005). "Enhancing environmental awareness: Ecological and economic effects of food consumption". *Simulation & Gaming*, 36(3), 364-382.
- Hosseini, S.H., Daneshfard, K., Memarzadeh Tehran, G.R., & Bahmanpour, H. (2019). "Validation of Networking Approach in Environmental Policy in IRAN to Decrease Environmental Pollution by Factor Analysis Method", *Anthropogenic Pollution Journal*, 3(2), 1-9.
- IUCN. (2020). "The IUCN Red List of Threatened Species", <https://www.iucnredlist.org>.
- Kaveh, A., & Sharafi, P. (2007). "Ant colony optimization: principles and concepts". Building and housing Research center. Press, 181 p.
- Khoshbin, S., Zaeimdar, M., Mogouei, R., & Rokhshad, H. (2021). "Investigation of Level of Efficiency of Current Laws and Policies for Performing Pro-Environmental Behaviors Based on Views of Two Groups of Tehran Citizens and Executive Managers of Environmental Management Department of Tehran Municipality", *Quarterly Journals of Urban and Regional Development Planning*, 6(17), 95-118. [In Persian]
- Larijani, M. (2018). "The Effect of Training on Health, Safety and Environment Issues on the Level of Awareness and Behavior of Employees in a Zinc Manufacturing Factory", *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 6(3), 91-104. [In Persian]
- Maier, H.R., Simpson, A.R., Zecchin, A.C., Foong, W.K., Phang, K.Y., Seah, H.Y. & Tan, C.L. (2003). "Ant colony optimization for design of water distribution systems", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 129(3), 200-209.
- Mallick, R., & Bajpai, S.P. (2019). "Impact of Social Media on Environmental Awareness". In *Environmental Awareness and the Role of Social Media. IGI Global*, 7, 140-149.
- Meibodi, H., Shobeiri, S.M., Ghaleh, S., & Lailapour, N. (2014). "A survey on environmental attitudes among children with different social stratification in Mashhad, Nursing", *Children*, 2(1), 46-56. [In Persian]
- MOT. (2019). "Biodiversity status of Tehran metropolis, Municipality of Tehran", *Environment and Sustainable Development Headquarters*, 124 p.
- Murphy, S. (2017). "Restoration Ecology", University of Waterloo. p 12.
- Nagra, V. (2010). "Environmental education awareness among school teache". *Environmentalist*. 30(2), 153-162.
- Paker, Y., Yom-Tov, Y., Alon- Mozes, T., & Barnea, A. (2013). "The effect of plant richness and urban garden structure on bird species richness", *diversity and community structure, Landscape and Urban Planning*, 122, 186-195.
- Park, S.Y. (2009). "An analysis of the technology acceptance model in understanding university students' behavioral intention to use", *e- Journal of Educational Technology & Society*, 12(3), 150-162.
- Powell, R.B., Stern, M.J., Frensley, B.T., & Moore, D. (2019). "Identifying and developing crosscutting environmental education outcomes for adolescents in the twenty-first century (EE21) ". *Environmental Education Research*, 25(6), 767-790.
- Rezaei, M., Babaei, F., & Bahmanpour, H. (2018). "Evaluating and Prioritizing the Effective Components of Attracting and Promoting the Participation of NGOs in the Process of Solid Waste Management", *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 7(1), 87-102. [In Persian]
- Sadeghitabar, P., & Shariatmadari, M. (2021). "Identification of the Dimensions and Components of Continuing Medical Education Based on Blended Learning with Sustainable Development Approach", *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 9(2), 63-82. [In Persian]
- Salajeghe, B., & Bahmanpour, H. (2020). "Biodiversity; environmental literacy training toolkit for educators and facilitators", Department of Environment, Tehran, First Edt. 203 pp. [In Persian]
- Salehi, S., & Hemmatigui, Z., 2012. "Role of

- Environmental Education in Electronic Waste Management”, *Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 1(1), 22-34. [In Persian]
- Sandbrook, C., Fisher, J.A., Holmes, G., Luque-Lora, R. & Keane, A. (2019). “The global conservation movement is diverse but not divided”. *Nat. Sustain.* 2(6), 316–323.
- Shiri, H., & Okhrati, S. (2018). “The Relationship between Environmental Education and Performance with Emphasis on the Situation of Iran”. *Environmental Studies*, 9(18), 363-372. [In Persian]
- Stone, D. (2006). “Sustainable development: Convergence of public health and natural environment agendas”, nationally and locally. *Public Health.* (120), 1110-1113.
- Zhang, Q., Zhang, T & Liu, X., (2018). “Index System to Evaluate the Quarries Ecological Restoration”. *Journal of Sustainability.* p 11.

COPYRIGHTS



© 2023 by the authors. Licensee PNU, Tehran, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)