13 (1) 489-498, Spring 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Designing a decision support system in predicting the level of biodiversity literacy of the citizens of Tehran province

Ali Jahani [*1], ***Zahra Mosaffaei*** [2], ***Maryam Saffariha*** [3]

[1] *Assessment and Environment Risks Department, Research Center of Environment and Sustainable Development and College of Environment, Karaj, Iran*
[2] *Department of Environment, College of Environment, Karaj, Iran*
[3] *Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran*

Key Words

Biodiversity
Environmental Awareness
Decision Support System
Artificial Neural Network
Modeling

Abstract

Introduction: Today, the environment is exposed to serious threats at the global and national levels, which have been created by humans. Lack of awareness of environmental issues has caused many problems and increased negative effects on the environment. Accordingly, this study was conducted with the aim of designing a DSS to predict the level of biodiversity literacy of the citizens of the province in order to make decisions and future plans for educating individuals.

Materials & Methods: The statistical population in the present study was selected from people aged 6 years and above in Tehran province. Accordingly, the sampling volume was calculated according to the Cochran's of 384 people.

Result: The biodiversity model designed by the ANN with two hidden layers and 19 neurons and the linear transmission function of linear sigmoid tangent and with an explanatory coefficient of 0.89 showed a very good ability to predict the awareness of citizens' biodiversity. The most important variables influencing this model were the type of activity and university education of the individuals. The type of activity is inversely related to the level of awareness of biodiversity. Also, the level of university education is very directly related to the level of awareness of biodiversity, although most people answered questions without university education and their average answers were two questions, but the designed model showed that the higher the number of university education, the more correct answers. It will also be increased by individuals.

Conclusion: Finally, the DSS was designed with the help of MATLAB for use in other provinces.

* Corresponding Author's email: ajahani@ut.ac.ir
Received: 7 March 2020; Reviewed: 24 April 2020; Revised: 14 June 2020; Accepted: 8 July 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.135002

مقاله پژوهشی

طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در پیش‌بینی سطح سواد تنوع‌زیستی شهروندان استان تهران

علی جهانی[1]، زهرا مصفایی[2]، مریم صفاریها[3]*

[1] گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار و دانشکده محیط‌زیست، کرج، ایران

[2] گروه محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست، کرج، ایران

[3] گروه مرتع و آبخیزداری ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

تنوع زیستی
آگاهی زیست‌محیطی
سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری
مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

چکیده

مقدمه: امروزه محیط‌زیست در سطوح جهانی و ملی در معرض تهدیدهای جدی قرار دارد که این تهدیدها توسط انسان ایجاد شده است. عدم آگاهی از مسائل زیست‌محیطی، موجب بروز مشکلات عدیده و افزایش اثرات منفی در محیط شده است. بر همین اساس پژوهش حاضر با هدف‌طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری‌جهت پیش‌بینی سطح سواد تنوع زیستی شهروندان استان به‌منظور تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های آتی جهت آموزش افراد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: جامعه آماری در پژوهش حاضر از افراد ٦ سال به بالا در استان تهران انتخاب شد بر همین اساس حجم نمونه‌برداری مطابق با فرمول کوکران ۳۸٤ نفر محاسبه گردید.

نتایج: مدل تنوع‌زیستی طراحی شده توسط شبکه عصبی با دو لایه پنهان و ۱۹ نورون و تابع انتقال تانژانت سیگموئید خطی و با ضریب تبیین ۰/۸۹ قابلیت بسیار خوبی در پیش‌بینی میزان آگاهی از تنوع‌زیستی شهروندان را نمایش داد. مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار در این مدل نوع فعالیت و تحصیلات دانشگاهی افراد بود. نوع فعالیت بر این اساس با میزان آگاهی از تنوع زیستی رابطه عکس دارد. هم‌چنین سطح تحصیلات دانشگاهی ارتباط بسیار مستقیم با میزان آگاهی از تنوع زیستی افراد دارد، با وجود این‌که اکثر افراد بدون تحصیلات دانشگاهی به سوالات پاسخ دادند و میانگین پاسخ‌های آن‌ها دو سوال بود ولیکن مدل طراحی شده نشان داد هرچه میزان تحصیلات دانشگاهی افزایش یابد تعداد پاسخ‌های صحیح توسط افراد نیز افزایش خواهد داشت.

نتیجه‌گیری و بحث: در نهایت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری به کمک نرم‌افزار متلب جهت استفاده در سایر استان‌ها طراحی شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ajahani@ut.ac.ir

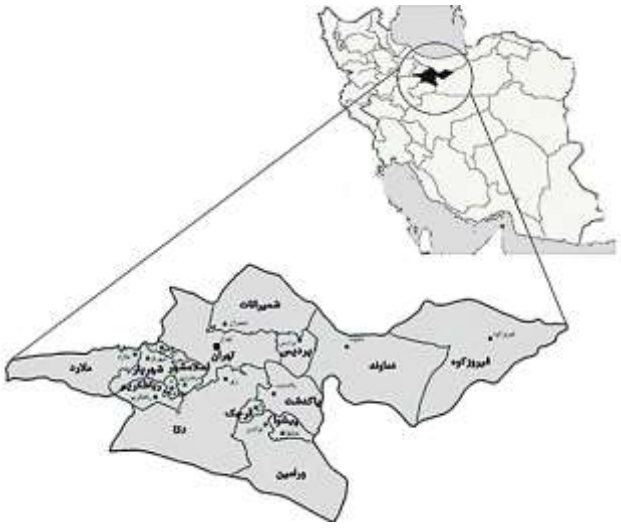
تاریخ دریافت: ۱۷ اسفند ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۵ اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۵ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۸ تیر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.135002

مقدمه

امروزه محیط‌زیست در سطوح جهانی و ملی در معرض تهدیدهای جدی قرار دارد که این تهدیدها توسط انسان ایجاد شده است و تخریب تنوع‌زیستی به‌شدت روبه افزایش است (Bloom و Trambell، ۲۰۰۷؛ مصفایی و همکاران، ۱۳۹۷). آگاهی از محیط‌زیست به معنای میزان اطلاعات فرد در رابطه با مسائل محیط‌زیست و عوامل مؤثر بر گسترش و شناخت رفتار مناسب جهت بهبود معضلات آن می‌باشد (صالحی و امام‌قلی، ۱۳۹۱). علاوه بر این‌که مدیران و تصمیم‌گیرندگان می‌بایست راهکارهایی در جهت برطرف کردن مشکلات موجود در محیط‌زیست از قبیل آلودگی، بهره‌برداری‌های بی‌رویه و تخریب محیط‌زیست ارائه نمایند (Adelta و Adetoro، ۲۰۱۴). عدم آگاهی از مسائل زیست‌محیطی، موجب بروز مشکلات عدیده و افزایش اثرات منفی در محیط شده است، به‌همین منظور آموزش محیط‌زیست که امروزه در کشورهای صنعتی وارد برنامه‌های درسی شده است (Simmons، ۲۰۱۰)، با هدف آگاهی بخشیدن به دانش زیست‌محیطی هر فرد برنامه‌ریزی شده است. هدف از آموزش محیط‌زیست افزایش کاملا آگاهانه و فعالانه افراد جامعه در حفاظت از محیط‌زیست و استفاده منطقی از منابع طبیعی می‌باشد (Palmer، ۲۰۱۷). در چند دهه اخیر توجه به ابعاد اجتماعی و انسانی در مدیریت منابع طبیعی افزایش یافته است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱)، به‌طوری‌که مطالعات متعددی به بررسی تأثیر دانش بر رفتار پرداخته‌اند. در اغلب این مطالعات فقدان دانش به‌عنوان سد اساسی برای رفتارهای مثبت محیطی تلقی می‌شود (Jacoby، ۲۰۰۷). در دهه‌های اخیر مدل‌های ریاضی و آماری، الگوریتم‌های عددی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری بی‌شماری جهت درک مسائل محیط‌زیستی و ارائه اطلاعات کاربردی به تصمیم‌گیران ارائه شده‌اند، به‌همین منظور تکنیک‌های علمی متعددی در حل مسائل مدیریت محیط‌زیست برای مدت زمان طولانی و با نتایج مناسب به‌کار برده شده‌اند اما اغلب آن‌ها روی مسائلی تمرکز دارند که از پیچیدگی بسیار کمی برخوردارند لذا بسیاری از مسائل پیچیده محیط‌زیستی هنوز توسط جامعه علمی پاسخ داده نشده‌اند (Mosaffaei و همکاران، ۲۰۲۰؛ جهانی و همکاران، ۱۳۹۵). اخیراً تلاش جهت دستیابی به ابزاری نو در جهت حل مسائل پیچیده محیط‌زیستی ما را به سمت سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی (Environmental Decision =EDSS Support Systems) هدایت می‌کند (جهانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Guariso و Werthner، ۱۹۸۹؛ Rizzoli و Young، ۱۹۹۷؛ Jahani و همکاران، ۲۰۱۵). نیاز به تغییر رویه باعث گردید مدیران محیط‌زیست سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS= Decision Support Systems) را به عنوان یک تکنولوژی جدید در جهت ارزیابی مقایسه‌ای و انتخاب گزینه‌ها برای تغییر معرفی نمایند. به‌عبارت دیگر تلاش‌های بسیاری در جهت توسعه تکنولوژی لازم برای آگاهی سازمان‌های مدیریت و سیاست‌گذاری محیط‌زیست و کمک به آن‌ها در یافتن راه‌حل مسائل پیچیده صورت پذیرفته است و نهایتاً به معرفی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی ختم شده است (جهانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Jahani، ۲۰۱۹؛ Guariso و Werthner، ۱۹۸۹؛ Rizzoli و Young، ۱۹۹۷؛ Jahani و همکاران، ۲۰۱۵). جهت پیش‌بینی اثر عوامل فردی و جامعه شناختی شهروندان در میزان آگاهی و دانش زیست‌محیطی آن‌ها نیز به ابزارهای سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مورد نیاز است، تا امکان برنامه‌ریزی دقیق جهت آموزش همگانی شهروندان فراهم گردد. پژوهش حاضر با هدف طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری جهت پیش‌بینی سطح سواد تنوع زیستی شهروندان استان به‌منظور تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های آتی جهت آموزش افراد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: استان تهران با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومترمربع، به مرکزیت شهر تهران، بین مدار ۳۴ تا ۳۶/۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی قرار گرفته است. این استان از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، جنوب‌غرب به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود است. این استان مساحتی برابر با ۱۳۶۸۹ هکتار بوده و جمعیت آن براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۱۳۲۶۷۶۳۷ نفر برآورد شده است که ۱۲۴۵۲۲۳۰ نفر آن در نقاط شهری و ۸۱۴۶۹۸ نفر در نقاط روستایی ساکن هستند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

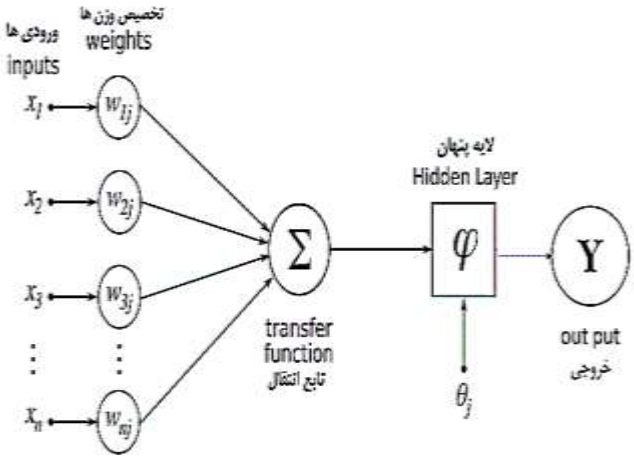
روش کار: مناطق تحت مدیریت استان تهران با مجموع ۱۳ منطقه شامل ۳ پارک ملی (لار، خجیر، سرخه‌حصار)، ۴ منطقه حفاظت

شده (جاجرود، ورجین، کویر، البرز مرکزی جنوبی)، ۳ اثر طبیعی ملی (تنگه‌واشی، غار رودافشان، دریاچه تار و هویر)، ۳منطقه شکار ممنوع (لار، کوه‌سفید، کاوه‌ده) به مساحت کلی ۶۵۵۰۸۹ هکتار می‌باشد. در پژوهش حاضر که هدف آن بررسی میزان آگاهی از تنوع‌زیستی شهروندان استان تهران می‌باشد. متغیرهای فردی و جمعیت‌شناختی شامل سن، جنس، وضعیت تأهل، خانوار، تحصیلات، نوع فعالیت، سواد، وضعیت سکونت، تحصیلات و رشته‌تحصیلی به‌عنوان متغیرهای مستقل مدل جهت بررسی و پیش‌بینی میزان آگاهی جامعه بر اساس این متغیرها انتخاب شد. متغیرهای فردی به‌عنوان آمار رسمی ثبت‌شده در سازمان آمار انتخاب شدند، به‌همین منظور پیش‌بینی سطح سواد در هر جامعه براساس این آمار به‌راحتی امکان‌پذیر خواهد بود. جدول ۱ متغیرهای فردی را براساس نوع طبقه‌بندی و ارزش داده شده به هر طبقه نمایش می‌دهد. بر این اساس پرسشنامه‌ای متشکل از ۵ سوال مرتبط با تنوع زیستی طراحی شد. سوالات با بررسی منابع مرتبط در رابطه با وضعیت گوشت‌خواران بزرگ‌جثه، علل کاهش تنوع‌زیستی، تنوع‌زیستی اکوسیستم‌ها، عوامل کاهش پرندگان و تنوع‌زیستی ماهیان مطرح شد (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۸؛ صالحی و امام‌قلی، ۱۳۹۱؛ میردامادی و همکاران، ۱۳۸۹).جامعه آماری در پژوهش حاضر از افراد۶ سال‌به بالا در استان تهران انتخاب شد بر همین اساس حجم نمونه‌برداری مطابق با فرمول کوکران ۳۸۴ نفر محاسبه گردید.

رابطه ۱:
$$n=\frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left[\frac{z^2pq}{d^2}-1\right]}$$

در این فرمول p و q نسبت موفقیت و شکست بوده که برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شدند. مقدار z در سطح خطای ۰/۰۵ برابر با ۱/۹۶ می‌باشد. مقدار خطای d نیز برابر با ۰/۰۵ درنظر گرفته می‌شود. با توجه به حجم جامعه مورد نظر (N) تعداد نمونه (n) مشخص می‌شود. براساس فرمول کوکران تعداد نمونه برابر با ۳۸۴ نفر خواهد بود.

شبکه عصبی مصنوعی: ابتدا ساختار شبکه عصبی مصنوعی با تعیین تعداد لایه‌ها، تعداد نورون‌ها در هر لایه، تابع محرک، روش آموزش، الگوریتم تصحیح و تابع مدل تعیین شد. مناسب‌ترین ساختار در معماری شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه می‌باشد. شبکه‌های عصبی مصنوعی مبتنی بر یک سیستم متصل و پیچیده می‌باشند که از یک لایه ورودی، یک لایه خروجی، یک یا چند لایه پنهان تشکیل شده‌اند (شکل۲). در ساختار شبکه، متغیرها در هر مدل به‌سه‌دسته آموزش‌شبکه(Train)(۶۰درصدداده‌ها)،سنجش دقت (Validation) (۲۰ درصد داده‌ها) و تست (Test) شبکه (۲۰ درصد داده‌ها) تقسیم شدند. سیگنال خروجی در شبکه عصبی مصنوعی از طریق یک تابع انتقال تولید می‌شود. اتصال هر نورون نیز با یک وزن مشخص می‌شود. ساختار شبکه‌عصبی‌مصنوعی به‌صورت‌شکل ۲ نمایش داده شده است (جهانی، ۱۳۹۸؛ جهانی و فاضل، ۱۳۹۵؛ آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ جهانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Kalantari و همکاران، ۲۰۱۹؛ Jahani، ۲۰۱۹).



شکل۲: ساختار شبکه عصبی مصنوعی

صحت هر مدل با مقایسه نتایج و شاخص‌های محاسبه شده شامل ضریب تبیین (R)، میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین مربعات خطا (MSE) و مجذور مربعات خطا ($RMSE$) سنجیده شد. این شاخص‌ها بر طبق رابطه‌های ۲ تا ۴ محاسبه شد (جهانی، ۱۳۹۵؛ Mosaffaei و همکاران، ۲۰۲۰).

رابطه ۲:
$$MSE=\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2}{n}$$

رابطه ۳:
$$MAE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|O_i-P_i|$$

رابطه ۴-۳:
$$R^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-O_{ave})(P_i-P_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i-O_{ave})\sum_{i=1}^{n}(P_i-P_{ave})}}$$

که در رابطه‌های فوق: Oi داده اندازه‌گیری‌شده، Pi داده پیش‌بینی شده، Oave میانگین داده‌های اندازه‌گیری‌شده و Pave میانگین داده‌های پیش‌بینی شده و n تعداد داده‌ها است. پس از طراحی مدل و دستیابی به مدل بهینه برای هر یک از خروجی‌ها اقدام به آنالیز حساسیت شد و در نهایت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری طراحی شد.

نتایج

پس از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط جامعه آماری هر یک از متغیرهای مستقل تحقیق از لحاظ آماری مورد بررسی قرار گرفت. تا میزان پاسخ‌دهی افراد براساس این متغیرها نسبت به معیارهای تعیین شده، تحلیل شود و وارد مدل‌سازی شود. به‌این ترتیب متغیرها بر اساس فراوانی و درصد افراد شرکت‌کننده، تفکیک شد و نتایج به‌صورت جدول ۲ گزارش شد.

جدول۱: طبقه‌بندی متغیرهای فردی و جمعیت‌شناختی

متغیرهای فردی	طبقه‌بندی	ارزش	متغیرهای فردی	طبقه‌بندی	ارزش
وضعیت سکونت	شهری	۱	وضعیت تأهل	دارای همسر	۱
	روستایی	۰		بدون همسر	۰
تعداد اعضای خانوار	-	-	سن	-	-
تحصیلات دانشگاهی	ندارد	۰	نوع فعالیت	شاغل	۱
	کاردانی	۱		بی‌کار	۲
	کارشناسی	۲		محصل	۳
	کارشناسی‌ارشد	۳		خانه‌دار	۴
	دکترا و بالاتر	۴		دارای درآمد بدون کار	۵
				سایر	۶
جنسیت	مرد	۱	سواد	با سواد	۱
	زن	۰		بی‌سواد	۰

جدول ۲: تحلیل آماری نتایج پرسشنامه‌ها بر اساس متغیرهای مستقل

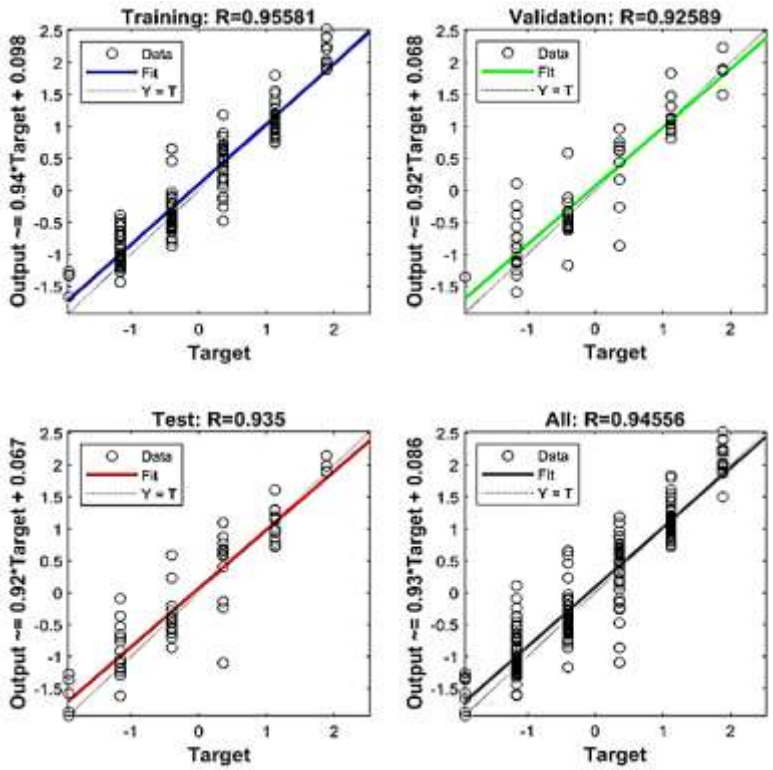
متغیر مستقل	تعداد	درصد	متغیر مستقل		تعداد	درصد
سن	(کم‌تر از ۱۰)	۲۵	۶/۵۱	تحصیلات دانشگاهی	ندارد	۳۱۲	۸۱/۲۵
	(۲۰-۱۰)	۵۰	۱۳/۰۲		کاردانی	۱۶	۴/۱۶
	(۳۰-۲۰)	۷۲	۱۸/۷۵		کارشناسی	۴۲	۱۰/۹۳
	(۴۰-۳۰)	۸۸	۲۲/۹۱		کارشناسی‌ارشد	۱۲	۳/۱۲
	(۵۰-۴۰)	۵۹	۱۵/۳۶		دکترا و بالاتر	۲	۰/۵۲
	(۶۰-۵۰)	۴۷	۱۲/۲۳	جنسیت	زن	۱۹۱	۴۹/۷۳
	(۷۰-۶۰)	۲۳	۵/۹۸		مرد	۱۹۳	۵۰/۲۶
	(۸۰-۷۰)	۱۸	۴/۶۸	سواد	با سواد	۳۵۷	۹۲/۹۶
	(بیش‌تر از ۸۰)	۲	۰/۵۲		بی‌سواد	۲۷	۷/۰۳
تعداد اعضای خانوار	۱ نفره	۱۳	۳/۳۸	سکونت	شهری	۳۶۰	۹۳/۷۵
	۲ نفره	۵۶	۱۴/۵۸		روستایی	۲۴	۶/۲۵
	۳ نفره	۱۱۲	۲۹/۱۶	تأهل	دارای همسر	۲۴۲	۶۳/۰۲
	۴ نفره	۱۳۹	۳۶/۱۹		بدون همسر	۱۴۲	۳۶/۹۷
	۵ نفره	۴۶	۱۱/۹۷	فعالیت	شاغل	۱۲۹	۳۳/۵۹
	۶ نفره	۱۲	۳/۱۲		بیکار	۱۶	۴/۱۶
	۷ نفره	۳	۰/۷۸		محصل	۶۹	۱۷/۹۶
	۸ نفره	۱	۰/۲۶		خانه‌دار	۱۱۶	۳۰/۲۰
	۹ نفره	۱	۰/۲۶		درآمد بدون کار	۳۰	۷/۸۱
	۱۰ نفره	۱	۰/۲۶		سایر	۲۴	۶/۲۵
مجموع			۳۸۴				

پس از آزمون شبکه‌های حاصل از ساختارهای گوناگون، بهترین نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه عصبی برای معیار تنوع زیستی به همراه بهترین توپولوژی به‌دست آمده به‌شرح جدول ۳ می‌باشد که با دو لایه پنهان و ۱۹ نورون در هر لایه و تابع انتقال تانژانت سیگموئید طراحی شده است. شبکه در ۳۱۲ دوره اجرا شد که در دوره ۲۷۸ شبکه بهینه با بالاترین مقدار R انتخاب شد. هم‌چنین شکل ۳ ضریب تبیین و نمودار برازش خطی نمونه‌های آزمون، اعتبارسنجی، تست و کل نمونه‌ها را نمایش می‌دهد. در این نمودار که خط رگرسیون را با کم‌ترین مربعات خطا رسم می‌کند، خط Fit بهترین خط برازش با کم‌ترین مربعات خطا را دارا می‌باشد. تحلیل رگرسیون خروجی در

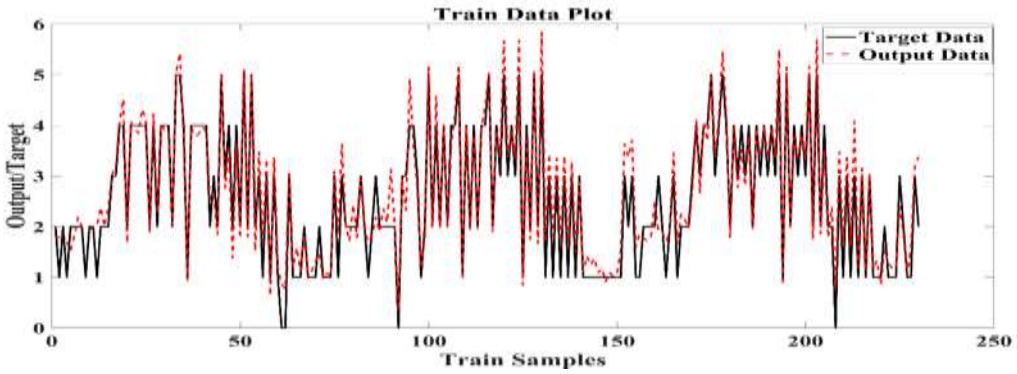
این نمودار نمایش داده شده است. توسط این نمودار تحلیل رگرسیون خطی بین خروجی و هدف‌ها انجام شد که نتایج این تحلیل نشان داد مقادیر ضریب همبستگی در کل داده‌ها ۰/۸۹۳، در داده‌های آموزش ۰/۹۱۲، مجموعه داده‌های اعتبارسنجی ۰/۸۵۵ و داده‌های آزمون ۰/۸۷۴ به‌دست آمده است. اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل و مقادیر واقعی پاسخ به سوالات تنوع زیستی در سه دسته داده‌های آموزش، آزمون، اعتبارسنجی و هم‌چنین کل داده‌ها در شکل ۴ نمایش داده شده است. شکل ترسیم شده با توجه به تعداد بالای متغیرهای ورودی و اختلاف کم مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر حقیقی، دقت شبکه طراحی شده را در پیش‌بینی میزان آگاهی از تنوع زیستی در شهروندان استان تهران نشان می‌دهد.

جدول ۳: ساختار بهینه شبکه عصبی در مدل تنوع زیستی

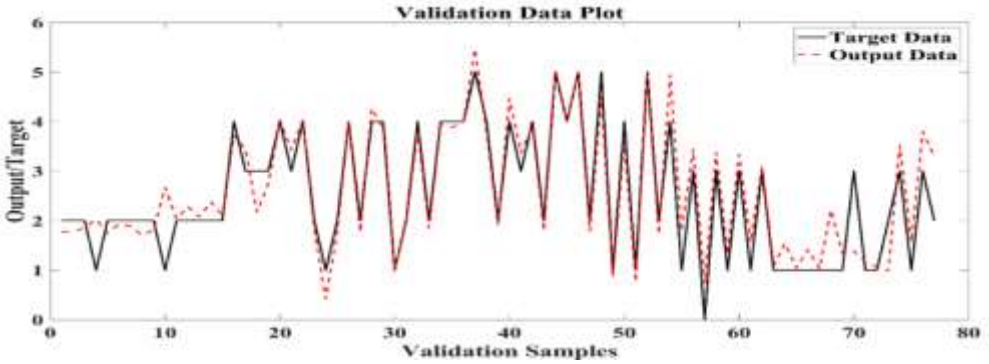
ویژگی‌های ساختاری شبکه	لایه پنهان اول	لایه پنهان دوم	لایه خروجی
نوع شبکه	**پرسپترون چند لایه**	**پرسپترون چند لایه**	**پرسپترون چند لایه**
تابع انتقال	Sigmoid tangent, Linear	Sigmoid tangent, Linear	Sigmoid tangent, Linear
الگوریتم بهینه‌سازی	Levenberg-Marquardt	Levenberg-Marquardt	Levenberg-Marquardt
دوره یادگیری	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰
ضریب مومنتوم	۰/۹	۰/۹	۰/۹
تعداد نورون‌ها	۱۹	۱۹	۱
نرمال سازی	۰/۹- تا ۰/۹	۰/۹- تا ۰/۹	۰/۹- تا ۰/۹



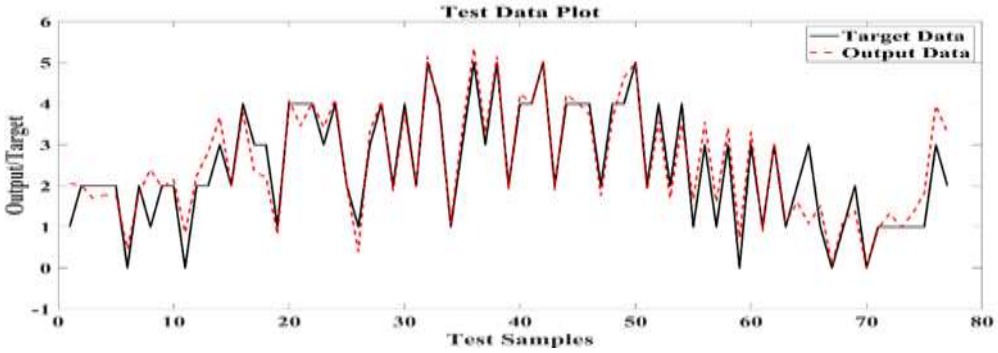
شکل۳: نمودار برازش خطی و ضریب تبیین نمونه‌های آزمون، اعتبارسنجی، تست و کل در مدل تنوع زیستی



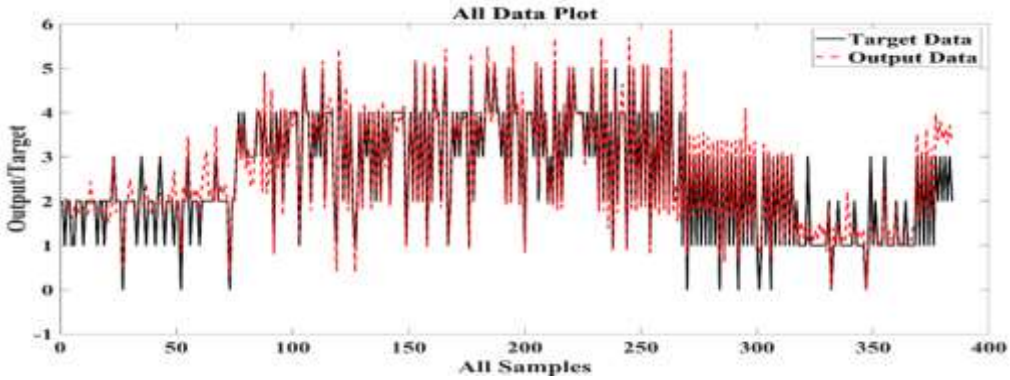
شکل۴: نمودار اختلاف میزان آگاهی از تنوع زیستی پیش‌بینی شده و حقیقی در نمونه‌های آموزش



شکل۵: نمودار اختلاف میزان آگاهی از تنوع زیستی پیش‌بینی شده و حقیقی در نمونه‌های اعتبارسنجی

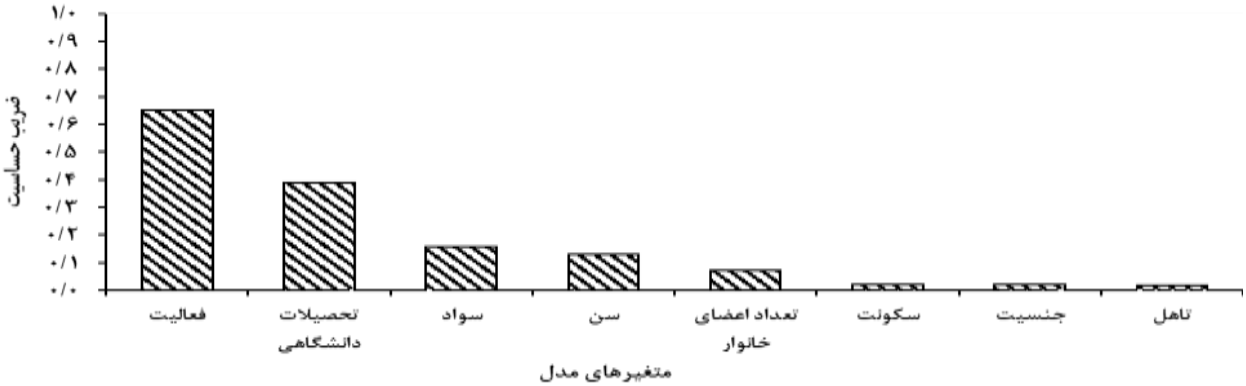


شکل۶: نمودار اختلاف میزان آگاهی از تنوع زیستی پیش‌بینی شده و حقیقی در نمونه‌های آزمون

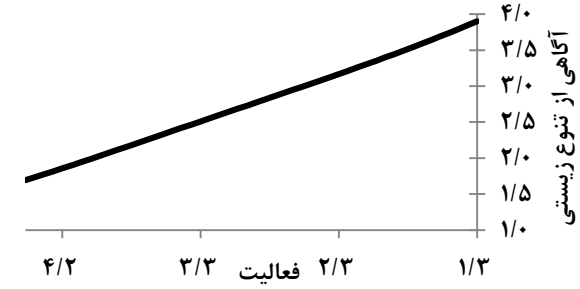


شکل ۷: نمودار اختلاف میزان آگاهی از تنوع زیستی پیش‌بینی شده و حقیقی در کل نمونه‌ها

به‌منظور بررسی اثرگذاری هریک از متغیرهای ورودی در مدل‌سازی، آنالیز حساسیت انجام شد. ضریب اثرگذاری هر یک از متغیرها در پیش‌بینی میزان آگاهی عمومی از تنوع‌زیستی در سطح جامعه در شکل ۸ نمایش داده شده است. بر این اساس نوع فعالیت با ضریب ۰/۶۴ نقش به‌سزایی در پیش‌بینی میزان آگاهی از تنوع زیستی شهروندان استان تهران خواهد داشت. پس از آن تحصیلات دانشگاهی با ضریب ۰/۳۸ از متغیرهای اثرگذار در این مدل می‌باشد، هم‌چنین وضعیت تأهل با ضریب ۰/۰۱ و پس از آن نوع جنسیت با ضریب ۰/۰۲ کم‌ترین میزان اثرگذاری را بر مدل طراحی شده، دارد. با توجه به آنالیز حساسیت، به بررسی نتایج روند تغییرات میزان آگاهی تنوع زیستی شهروندان پرداخته شد. نمودار الف در شکل ۹ که روند تغییرات میزان آگاهی زیست محیطی براساس نوع فعالیت پاسخ‌دهندگان را نشان می‌دهد نوع فعالیت با میزان آگاهی ارتباط معکوس دارد. نمودار ب نشان می‌دهد تحصیلات دانشگاهی با میزان آگاهی از تنوع زیستی ارتباط مستقیم دارد. هم‌چنین نمودار ج نیز همین نتایج را نشان می‌دهد. اما در نمودار د روند تغییرات به این شکل است که در سنین کم‌تر آگاهی از تنوع زیستی وجود دارد اما بالا نیست در بازه ۲۰تا ۴۰ سال این آگاهی افزایش داشته و در سنین بالاتر به شدت افت دارد.

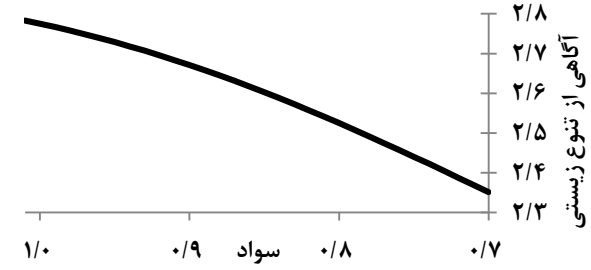


شکل۸: ضریب اثرگذاری متغیرهای ورودی در مدل آگاهی از تنوع زیستی

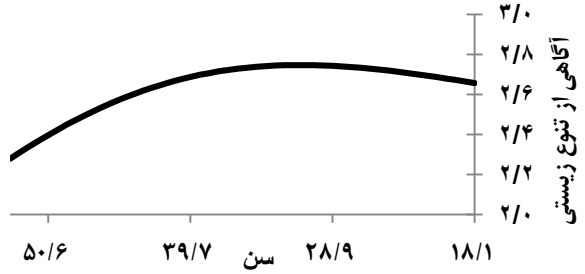


نمودار (الف): روند تغییرات تغییرات میزان آگاهی زیست محیطی بر اساس میزان نوع فعالیت پاسخ‌دهندگان

نمودار (ب): روند تغییرات تغییرات میزان آگاهی زیست محیطی بر اساس تحصیلات دانشگاهی پاسخ‌دهندگان



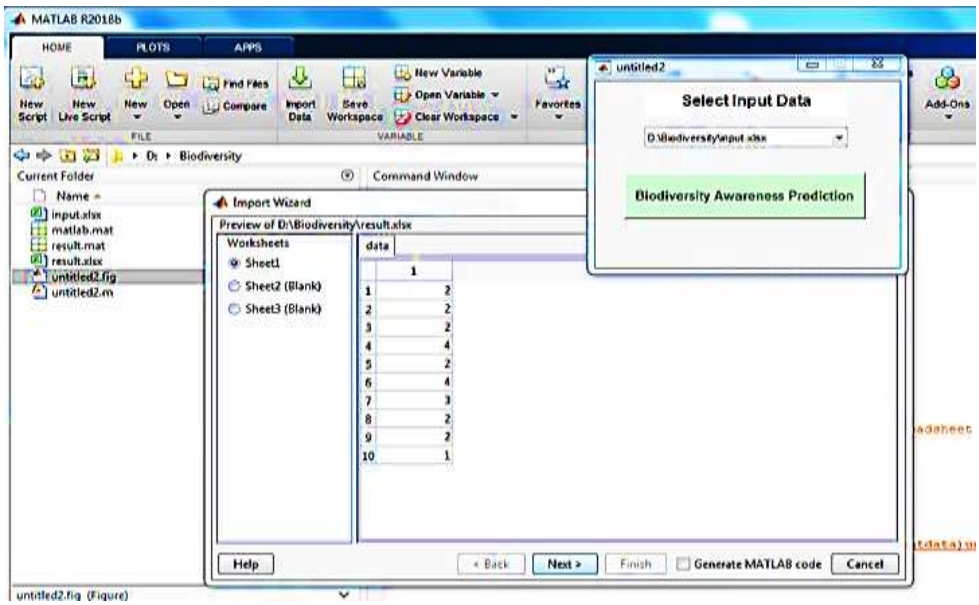
نمودار (ج): روند تغییرات تغییرات میزان آگاهی زیست محیطی بر اساس سواد پاسخ‌دهندگان



نمودار (د): روند تغییرات تغییرات میزان آگاهی زیست محیطی بر اساس سن پاسخ‌دهندگان

شکل۹: ضریب اثرگذاری متغیرهای ورودی در مدل آگاهی از تنوع زیستی

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری: طراحی رابط گرافیکی کاربر (GUI= Graphical User Interface) به‌عنوان یک ابزار در طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری می‌باشد که در پژوهش حاضر به‌عنوان یک ابزار کاربرپسند به‌گونه‌ای طراحی شد که از مدل طراحی شده ANN به سادگی بتوان در سایر شهرها و استان‌ها و با جوامع آماری مختلف استفاده کرد. رابط گرافیکی کاربر این امکان را می‌دهد که بدون درگیر شدن با جزییات برنامه با تغییر مقادیر ورودی میزان آگاهی تنوع‌زیستی جامعه آماری مورد مطالعه به سادگی بررسی شود. این امر موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه خواهد شد (Mosaffaei و همکاران، ۲۰۲۰؛ Jahani، ۲۰۱۸؛ Jahani، ۲۰۱۹). به این ترتیب مدیران، برنامه‌ریزان، محققان و متخصصان می‌توانند با دردست داشتن اطلاعات مربوط به جامعه آماری خود که همان متغیرهای ورودی تحقیق هستند، و ورود آن‌ها به رابط کاربری گرافیکی به‌عنوان یک ابزار EDSS نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مدل‌سازی آگاهی زیست‌محیطی در جامعه آماری خود را دریافت نمایند (جهانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Jahani و همکاران، ۲۰۱۵؛ Jahani، ۲۰۱۹؛ Mosaffaei و همکاران، ۲۰۲۰). شکل ۱۰ این ابزار کاربردی را در محیط متلب برای مدل طراحی شده نمایش داده است.



شکل ۱۰: رابط گرافیکی مدل تنوع‌زیستی

بحث

امروزه با افزایش مسائل زیست‌محیطی مانند بحران انرژی، تغییر آب و هوا، اتلاف و تخریب منابع طبیعی و افزایش مواد زائد ناشی از توسعه شهرنشینی و صنعتی و اثر انسان بر محیط‌زیست مورد توجه جدی محققان قرار گرفته است. زیرا بسیاری از این معضلات ناشی از رفتارهای درست یا نادرست انسان می‌باشد (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۸). بهبود محیط‌زیست، نیازمند برنامه‌ریزی و اقدام در سه بعد سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و قلب‌افزاری می‌باشد که در میان این سه بعد فعالیت‌های مرتبط با حوزه قلب‌افزاری نظیر آگاهی‌های محیط‌زیستی و مشارکت مردمی از اولویت بیش‌تری برخوردار هستند (ویسی و زرندیان، ۱۳۹۱). نتایج این پژوهش که به بررسی میزان آگاهی تنوع‌زیستی شهروندان استان تهران پرداخته است نشان داد، جامعه آماری شرکت‌کننده در این پژوهش اکثرا در بازه سنی ۲۰ تا ۴۰ سال و خانوارهای ۳ تا ۴ نفره بودند و هم‌چنین فاقد تحصیلات دانشگاهی هستند. میزان آگاهی شهروندان نسبت به تنوع‌زیستی تقریباً کم بود و اکثراً به دو سوال از ۵ سوال پاسخ صحیح دادند. مرزبان و همکاران (۱۳۹۸) نیز در پژوهش خود دریافتند که سطح آگاهی زیست‌محیطی ساکنین شهر یزد در حد متوسط می‌باشد. با وجود این‌که زنان در این تحقیق به سوالات بیش‌تری پاسخ دادند ولیکن مردان سطح آگاهی بیش‌تری نسبت به زنان در رابطه با محیط‌زیست داشتند. این نتایج با مطالعات علوی مقدم و همکاران (۱۳۹۱)، صالحی و امام‌قلی (۱۳۹۱) و Kalplowitz و Levine (۲۰۰۵) هم‌سو بودند، عربی (۱۳۸۶) نیز معتقد است میزان مشارکت زنان و مردان در امر حفاظت از محیط‌زیست یکسان می‌باشد. Lindemann و Bose (۲۰۰۷) در بررسی‌های خود در رابطه با تنوع زیستی به این موضوع پی بردند که اهمیت به تنوع‌زیستی در زنان بیش‌تر از مردان است و در پژوهشی دیگر Jung و Lindemann (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که جنسیت در تمایل به آگاهی از تنوع زیستی موثر نیست و پژوهش‌های سایر محققان مانند Akomolafe (۲۰۱۱) و Yilmaz و همکاران (۲۰۰۴) نیز ارتباطی میان آگاهی و جنسیت

نشان ندادند. نتایج نشان داد از بین ۳۸۴ نفر افراد شرکت کننده در این پژوهش تنها ۷۸ نفر که حدود ۲۰ درصد از کل جامعه آماری را تشکیل می‌دهند کودکان و نوجوانان بودند و میزان آگاهی آن‌ها نیز نسبت به تنوع‌زیستی اندک بود. به این ترتیب می‌بایست آگاهی کودکان و نوجوانان را نسبت به این مسائل افزایش داد. پورمعصوم و همکاران (۱۳۹۵)، نظمی (۱۳۹۲)، عبداللهی و صادقی (۱۳۹۱) و هم‌چنین محققان دیگری مانند Krnel و Naglič (۲۰۰۹)؛ Agyeman و Kollmuss (۲۰۰۲) نیز دریافتند تفاوت معنی‌داری میان میانگین آگاهی کودکان در مرحله پیش آزمون (قبل از آموزش) و پس آزمون (پس از آموزش) وجود داشته است. ولیکن نتایج آن‌ها با نیرو (۱۳۹۱) و همچنین Varisli (۲۰۰۹) هم‌خوانی نداشت. در مدل تنوع‌زیستی شبکه با دو لایه پنهان و ۱۹ نورون و تابع انتقال تانژانت سیگموئید خطی طراحی شد و با ضریب تبیین ۰/۸۹ قابلیت بسیار خوبی در پیش‌بینی میزان آگاهی از تنوع‌زیستی شهروندان را نمایش داد. مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار در این مدل نوع فعالیت و تحصیلات دانشگاهی افراد بود. نوع فعالیت بر این اساس با میزان آگاهی از تنوع زیستی رابطه عکس دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد زنان خانه‌دار مانند افرادشاغل آگاهی بیش‌تری نسبت به سایرافراد دررابطه‌با تنوع زیستی دارند. این نتایج با پژوهش عزیزی و همکاران (۱۳۹۵) هم‌خوانی داشت. آن‌ها نیز دریافتند زنان خانه‌دار میزان علاقمندی زیادی به محیط‌زیست دارند. نتایج این مدل نشان داد سطح تحصیلات دانشگاهی ارتباط بسیار مستقیم با میزان آگاهی از تنوع زیستی افراد دارد، با وجود این‌که اکثر افراد بدون تحصیلات دانشگاهی به سوالات پاسخ دادند و میانگین پاسخ‌های آن‌ها دو سوال بود ولیکن مدل طراحی شده نشان داد هرچه میزان تحصیلات دانشگاهی افزایش یابد تعداد پاسخ‌های صحیح توسط افراد نیز افزایش خواهد داشت. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی استراتژی‌های جدید کاربران را به سمت یک مدیریت سطح بالا هدایت می‌کند (جهانی و همکاران، ۱۳۹۵). استفاده از ابزارها و مدل‌های هوش مصنوعی امکان دسترسی به تخصص و دانش کارشناسی را فراهم می‌کند و علاوه بر آن انعطاف‌پذیری این سیستم‌ها امکان پشتیبانی از فرایند تصمیم‌گیری را ایجاد می‌کند. در این میان محققان زیادی به استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری پرداختند که می‌توان به جهانی و همکاران (۱۳۹۵)، خیرخواه و همکاران (۱۳۹۳)، شکوری و رفیعیان (۱۳۹۴)، Ahmad و همکاران (۲۰۰۴)، Elmahdi و Mc Farlane (۲۰۰۹)، Shim و همکاران (۲۰۰۲)، Kalantary و همکاران (۲۰۱۹) اشاره نمود. پژوهش‌های زیادی در رابطه با استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری وجود دارد، که در این میان می‌توان به پژوهش‌های Mosaffaei و همکاران (۲۰۲۰)، جهانی و همکاران (۱۳۹۵)، Jahani (۲۰۱۹)، Jahani (۲۰۱۸) و Jahani و همکاران (۲۰۱۵) اشاره نمود. از آن‌جاکه اصلی‌ترین هدف این پژوهش طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری می‌باشد، لذا پس از مدل‌سازی شبکه‌عصبی مصنوعی یک سیستم پشتیبان و یک ابزار کاربر محور طراحی شد. طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری این امکان را فراهم می‌کند که با در دست داشتن متغیرهای فردی و جمعیت شناختی مانند این تحقیق در جوامع دیگر پیش‌بینی آگاهی در این جوامع نیز به‌سادگی انجام شود.

منابع

۱. **آقاجانی، ح.؛ مروی‌مهاجر، م.ر.؛ جهانی، ع.؛ آصف، م.ر.؛ شیروانی، ا. و آذریان، م. ۱۳۹۲.** بررسی فاکتورهای مؤثر رویشگاهی بر فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی و تحلیل حساسیت با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنگل‌های خیرود نوشهر). فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. دوره ۲۱، شماره ۴، صفحات ۶۱۷ تا ۶۲۸.

۲. **پورمعصوم، ب.؛ فیاض، ا. و بازرگان، س.، ۱۳۹۵.** شکل‌گیری سواد زیست‌محیطی کودکان بر اساس یرنامه‌درسی راهبردی، برنامه‌ریزی چندبعدی و بسته یادگیری چندرسانه‌ای. فصلنامه تعلیم و تربیت. دوره ۳۳ ، شماره ۱، صفحات ۹ تا ۳۲.

۳. **جهانی، ع.؛ فقهی، ج.؛ مخدوم، م. و امید، م.، ۱۳۹۵.** سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی (EDSSs): بررسی مفاهیم، تحولات و چالش‌ها از گذشته تاکنون. پژوهش‌های محیط زیست. دوره ۷، شماره ۱۳، صفحات ۱۷۵ تا ۱۸۸.

۴. **جهانی، ع. و محمدی‌فاضل، ا.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی کیفیت زیبا شناختی منظر در فضای سبز شهری با استفاده از شبکه‌عصبی مصنوعی. محیط‌زیست طبیعی، منابع‌طبیعی ایران. دوره ۶۹، شماره ۴، صفحات ۹۵۱ تا ۹۶۳.

۵. **جهانی، ع.، ۱۳۹۸.** ارزیابی ریسک اجرای طرح جنگلداری بر تغییرات تراکم مکانی پوشش گیاهی زیر آشکوب جنگل با رهیافت مدل‌سازی شبکه‌عصبی مصنوعی. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. دوره ۶، شماره ۲، صفحات ۲۱ تا ۳۴.

۶. **جهانی، ع.؛ خالق‌پناه، ر.؛ گشتاسب، ح. و خراسانی، ن.ا.، ۱۳۹۸.** ارزیابی تقاضای تفرجی کاربران پارک‌های شهری تهران با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی. دوفصلنامه مطالعات اجتماعی گردشگری. دوره ۷، شماره ۱۴، صفحات ۳۳۹ تا ۳۶۲.

۷. **شکوری‌اصل، ش. و رفیعیان، م.، ۱۳۹۴.** کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در برنامه‌ریزی شهری. مجله هویت شهر. دوره ۲۴، شماره ۹، صفحات ۳۵ تا ۴۲.

۸. **صالحی، ص. و امام‌قلی، ل.، ۱۳۹۱.** مطالعه تجربی رابطه آگاهی و رفتارهای‌زیست‌محیطی(مطالعه مناطق شهری و روستایی شهرستان

سنندج). مسائل اجتماعی ایران (دانشگاه خوارزمی). دوره ۳، شماره ۱، صفحات ۱۲۱ تا ۱۴۷.

۹. **عبداللهی، ع.ا. و صادقی، ح.ر.، ۱۳۹۱.** نیازسنجی آموزش زیست محیطی دانش‌آموزان پسر مقطع ابتدایی شهر اصفهان. فصلنامه علمی، ترویجی آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار. دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۹ تا ۱۶.

۱۰. **عزیزی، م.؛ مهدی‌زاده، ح.ف. و شبیری، م.، ۱۳۹۱.** بررسی وضعیت رویکرد محیط‌زیستی زنان خانه‌دار شهر ایلام. فصلنامه انسان و محیط‌زیست. دوره ۲۲، صفحات ۷۷ تا ۸۷.

۱۱. **علوی‌مقدم، م. و سادات‌دلبری، ا.، ۱۳۸۸.** ارزیابی میزان آگاهی دانشجویان مقطع کارشناسی از موضوع مدیریت مواد زاید جامد در محیط‌زیست. فناوری آموزش (فناوری و آموزش). دوره ۳، شماره ۴، صفحات ۳۰۹ تا ۳۱۴.

۱۲. **علوی‌مقدم، م.؛ مکنون، ر.؛ بابازاده ن.ع.؛ خانمحمدی ه.م. و افتخاری، ی.، ۱۳۹۱.** ارزیابی آگاهی، نگرش و عملکرد دانشجویان دانشگاه صنعتی امیرکبیر در خصوص محیط‌زیست. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۱۴، شماره ۴، صفحات ۱۴۷ تا ۱۵۴.

۱۳. **مرزبان، آ.؛ برزگران، م.؛ حمایت‌خواه، م.؛ ایاسی، م.؛ دلاوری، س.؛ سبزه‌ای، م.ت. و رحمانیان، و.، ۱۳۹۸.** ارزیابی سطح آگاهی و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان (جمعیت شهری یزد). مجله سلامت و محیط‌زیست. دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۱۷ تا ۳۰.

۱۴. **نظمی، ر.، ۱۳۹۲.** بررسی تأثیر برنامه‌ریزی چندبعدی بر سواد زیست‌محیطی کودکان پیش‌دبستان تهران در سال تحصیلی ۹۳-۹۲. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته برنامه‌ریزی درسی، دانشگاه الزهرا.

۱۵. **نیرو، م.، ۱۳۹۱.** مقایسه اثربخشی آموزش محیط‌زیست براساس نظریه هوش‌های چندگانه گاردنر و شیوه سنتی. مجله پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی. دوره ۵، شماره ۱۱، صفحات ۱۱ تا ۲۰.

۱۶. **ویسی، ه. و مجدالدین، ا.، ۱۳۹۳.** بررسی ساز و کارها و زمینه‌های مشارکت عمومی در حفاظت از محیط‌زیست. نشریه محیط‌زیست طبیعی. دوره ۶۳ شماره ۱، صفحات ۹۳ تا ۱۰۷.

17. **Adetola, B.O. and Adetoro, A.O., 2014.** Threats to biodiversity conservation in Cross River National Park, Nigeria. International Journal of Conservation Science. Vol. 5, No. 4.
18. **Ahmad, I.; Azhar, S. and Lukauskis, P., 2004.** Development of a decision support system using data warehousing to assist builders/developers in site selection. Automation in Construction. Vol. 13, No. 4, pp: 525-542.
19. **Akomolafe, O., 2011.** Impact of personal factors on environmental education in tertiary institutions in Ekiti State, Nigeria. International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education. Vol. 1, No. 1, pp: 559-564.
20. **Bloom, J.W. and Trumbell, D., 2007.** Evaluation of Environmental Attitudes: Analysis and Results of a Scale Applied to University Student. Journal of University of Zaragoza. Vol. 2, pp: 988-1009.
21. **Elmahdi, A. and McFarlane, D., 2009.** A decision support system for a groundwater system Case Study: Gnangara Sustainability Strategy Western Australia. In 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand and International Association for Mathematics and Computers in Simulation. pp: 2377-2383.
22. **Guariso, G. and Werthner, H., 1989.** Environmental Decision Support Systems. Ellis Horwood-Wiley, New York. 864 p.
23. **Jacoby, W.; Wallner, H. and Mertz, D.F., 2003.** Students' field research extends knowledge of origin of a UNESCO World Heritage site in Germany. Eos, Transactions American Geophysical Union. Vol. 84, No. 39, pp: 393-394.
24. **Jahani, A.; Feghhi, J.; Makhdoum, F.M. and Omid, M., 2015.** Optimized forest degradation model (OFDM): an environmental decision support system for environmental impact assessment using an artificial neural network. Environmental Planning and management. Vol. 59, No. 2, pp: 222-244.
25. **Jahani, A., 2018.** Forest landscape aesthic quality model (FLAQM): A comparative study on landscape modelling using regression analysis and artificial neural networks. Journal of Forest Science. Vol. 65, No. 2, pp: 61-69.
26. **Jahani, A., 2019.** Sycamore failure hazard classification model (SFHCM): an environmental decision support system (EDSS) in urban green spaces. International Journal of Environmental Science and Technology. Vol. 16, No. 2, pp: 955-964.
27. **Kalantary, S.; Jahani, A.; Pourbabaki, R. and Beigzadeh, Z., 2019.** Application of ANN modeling techniques in the prediction of the diameter of PCL/gelatin nanofibers in environmental and medical studies. Royal Society of Chemistry. Vol. 9, pp: 24858-24874.
28. **Kaplowitz, MD. and Levine R., 2005.** How environmental knowledge measures up at a big ten universities. Environmental Education Research. Vol. 11, No. 2, pp: 143-160.
29. **Kollmuss, A. and Agyeman, J., 2002.** Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? Environmental Education Research. Vol. 8, No. 3, pp: 239-260.
30. **Krnel, D. and Naglič, S., 2009.** Environmental literacy comparison between eco-schools and ordinary schools in Slovenia. Science Education International. Vol. 20, No. 1/2, pp: 5-24.
31. **Lindemann, P. and Bose, E., 2007**. Species Richness, Structural Diversity and Species Composition in Meadows Created by Visitors of a Botanical Garden in Switzerland. Landscape and Urban Planning. Vol. 79, pp: 298-307.
32. **Mosaffaei, Z.; Jahani, A.; Zare Chahouki, M.A.; Goshtasb, H.; Etemad, V. and Saffariha, M., 2020.** Soil texture and plant degradation predictive model (STPDPM) in national parks using artificial neural network (ANN). Modeling Earth Systems and Environment. Vol. 6, No. 2: pp: 715-729.
33. **Palmer, J.A., 2017.** Environmental Education in the 21st century. Translated by: Khoshiddoost, A.M. Organization of study and compilation of humanities textbooks of universities, 6nd. 399 p.
34. **Rizzoli, A.E. and Young, W.J., 1997.** Delivering environmental decision support systems: software tools and techniques. Environmental Modelling & Software. Vol. 12, No. 2-3, pp: 237-249.
35. **Shim, J.P.; Warkentin, M.; Courtney, J.F.; Power, D.J.; Sharda, R. and Carlsson, C., 2002.** Past, present, and future of decision support technology. Decision support systems. Vol. 33, No. 2, pp: 111-126.
36. **Simmons, H.D.; Spell, R.; Martinsek, E.R.; Evans, K.; Madigan, D.R. and LaSalle, R.M., 2010.** Knowledge discovery system with user interactive analysis view for analyzing and generating relationships. Accenture Global Services GmbH, U.S. Patent. Vol. 7, pp: 765-176.
37. **Varisli, T., 2009.** Evaluating eighth grade students' environmental literacy: The role of socio-demographic variables. Master's thesis, The Department of Elementary Science and Mathematics Education, Middle East Technical University, Turkey.
38. **Yilmaz, O.; Boone, W. and Andersen, H., 2004.** Views of Elementary and Middle School Turkish Students Toward Environmental Issues. International Journal of Science Education. Vol. 26, No. 12, pp: 1527-1546.