

## بررسی فاکتورهای مؤثر رویشگاهی بر فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی چوبزی و تحلیل حساسیت با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنگل خیرود نوشهر)

حامد آقاجانی<sup>\*۱</sup>، محمدرضا مروی مهاجر<sup>۲</sup>، علی جهانی<sup>۳</sup>، محمدرضا آصف<sup>۴</sup>، انوشیروان شیروانی<sup>۵</sup> و مجتبی آذریان<sup>۶</sup>

<sup>\*۱</sup> - نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

پست الکترونیک: Hamed\_Aghajani\_85@yahoo.com

<sup>۲</sup> - استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

<sup>۳</sup> - استادیار گروه علوم محیط‌زیست و منابع طبیعی، دانشگاه محیط‌زیست، کرج

<sup>۴</sup> - استادیار، گروه رستنی‌ها، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی ایران، تهران

<sup>۵</sup> - استادیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

<sup>۶</sup> - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۶

### چکیده

یکی از مزایای شبکه عصبی مصنوعی قابلیت کاربرد آن در مدیریت و برنامه‌ریزی اکوسیستم‌های طبیعی است. با توجه به اینکه جنگل‌های شمال ایران دارای تنوع رویشگاهی بالایی هستند و برای مدیریت آنها نیاز به شناخت اکوسیستم این جنگل‌ها داریم، بررسی این موضوع که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی تا چه حدی در کلاسه‌بندی حضور و فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی جنگل‌ها مؤثر است، از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین برای کسب اطلاعات در این زمینه، جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در نوشهر انتخاب شد و بعد از انجام جنگل‌گردشی‌های مقدماتی و انتخاب قطعه‌های مورد نظر نمونه‌برداری، در فصول تابستان و پاییز طی چندین برداشت در قطعه‌های ۱۱۰، ۲۰۷ و ۳۱۱ به‌ترتیب در بخش‌های پاتم، نم‌خانه و گرازبن این جنگل، آماربرداری صددرصد از کلیه درختان بلندمازو و ممرز قارچ‌زده انجام گردید. در مجموع، از این سه قطعه، ۲۳۱ نمونه قارچ ماکروسکوپی از روی درختان بلندمازو و ممرز جمع‌آوری گردید که ۱۱۲ نمونه آنها مربوط به قارچ‌های چوب‌زی بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده، قابلیت خوبی در کلاسه‌بندی فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی درختان مورد مطالعه دارد. شبکه با دو لایه پنهان و ۱۱ نرون در هر لایه با توجه به بیشترین مقدار ضریب تعیین، بهترین عملکرد بهینه‌سازی توپولوژی را نشان می‌دهد. تعداد ورودی‌ها برابر با ۱۱۲ نمونه با ۱۱ متغیر و تعداد خروجی‌ها شامل چهار طبقه یا کلاس فراوانی قارچ است. نتایج مربوط به آنالیز حساسیت مؤلفه‌های بکار برده شده به‌منظور مدل‌سازی در پیش‌بینی هریک از کلاسه‌های قارچ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نیز نشان داد که درجه پوسیدگی خشکه‌دار، سلامت درخت، وضعیت درخت و ریزاقلیمی توده به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در حضور و فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی از خود نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌شناسی، سلامت و وضعیت درخت، بلندمازو، پوسیدگی خشکه‌دار، ریزاقلیمی، ممرز

### مقدمه

است (Aghajani, 2012). جنگل‌های شمال ایران با مساحتی در حدود ۱/۹ میلیون هکتار با تنوع گیاهی غنی و شرایط اقلیمی متنوع (Marvie Mohadjer, 2011) رویشگاهی مناسبی برای قارچ‌های مختلف در شرایط اکولوژیکی متفاوت شده است (Asef, 2009). فاکتورهای مختلف

جنگل‌های ایران جزو جنگل‌های با ارزش و با تنوع زیستی گیاهی و جانوری بالایی است، به همین دلیل حمایت و حفاظت از این جنگل‌ها و شناخت عوامل بیماری‌زا در اکوسیستم‌های آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار

را در برنامه‌ریزی صحیح و پیشگیری از زیان‌های واردهی حاصل از گسترش قارچ‌های ماکروسکوپی و احتمالاً بیماری‌زا یاری می‌دهد (Aghajani et al., 2013). از کاربردهای مهم شبکه‌های عصبی مدیریت و برنامه‌ریزی، پیشنهاد پروژه، کاهش هزینه، سیستم‌های مسیریابی و پیش‌بینی وضعیت بازار می‌باشند (Shafabakhsh et al., 2010). البته قابلیت دیگر شبکه عصبی مصنوعی در قارچ‌شناسی است (Morgan et al., 1998). تاکنون تحقیق ویژه‌ای در ارتباط با اثرگذاری فاکتورهای مختلف عوامل رویشگاهی بر فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام نشده است، اما Kasprzyk et al. (2011) اقدام به پیش‌بینی غلظت اسپور قارچ ماکروسکوپی *Ganoderma* با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی کردند که نتایج آنالیز حساسیت به این صورت بوده که پدیده جوی، ساعت و رطوبت نسبی مهمترین متغیرهای مؤثر بر اسپور قارچ ماکروسکوپی *Ganoderma* هستند و متغیرهای باقیمانده (دمای هوا، سرعت باد، جهت باد و فشار هوا) نیز به عملکرد شبکه عصبی کمک کرده است، اما تأثیر آنها کمتر متمایز بود. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی مدل‌های ریاضی براساس تئوری شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور پیش‌بینی فراوانی قارچ روی درختان در شرایط مختلف رویشگاهی و اثرگذاری فاکتورهای مختلف عوامل رویشگاهی شامل نوع گونه درختی، سلامت درخت، قطربرابر سینه، ارتفاع درخت، درجه پوسیدگی خشکه‌دار، وضعیت درخت، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت دامنه، فرم زمین و ریزاقلیمی توده بر حضور و فراوانی قارچ، تحلیل حساسیت و همچنین بررسی قابلیت شبکه عصبی در کلاسه‌بندی تراکم حضور قارچ براساس شرایط رویشگاهی است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

رویشگاه‌های مورد مطالعه در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود واقع در ۷ کیلومتری شرق نوشهر در استان مازندران بین ۲۷° ۳۶' تا ۴۰° ۳۶' عرض شمالی و ۳۲° ۵۱' تا ۴۳°

عوامل رویشگاهی شامل نوع گونه درختی، سلامت درخت، قطربرابر سینه، ارتفاع درخت، درجه پوسیدگی خشکه‌دار، وضعیت درخت، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت دامنه، فرم زمین و ریزاقلیمی توده می‌توانند بر حضور و فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی مؤثر باشند. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای در استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شده و استفاده از این موضوع، کاربردهای متنوعی در رشته‌های مختلف علوم در هر دو جهت نظری و عملی پیدا کرده است. بیشتر پیشرفت‌ها در شبکه‌های عصبی به ساختارهای نوین و روش‌های یادگیری جدید مربوط می‌شود. در واقع شبکه‌های عصبی را می‌توان با اغماض زیاد، مدل‌های الکترونیکی از ساختار عصبی مغز انسان نامید (Shafabakhsh et al., 2010). به تعبیر دیگر شبکه عصبی مصنوعی، مدل ریاضی است که توانایی مدل‌سازی و ایجاد روابط غیرخطی برای درون‌یابی را دارد (Montazer et al., 2009). قارچ‌های ماکروسکوپی با استقرار خود بر روی درختان سرپا از لحاظ اکولوژیکی برای اکوسیستم جنگل و از لحاظ اقتصادی برای بازار چوب حائز اهمیت هستند و یکی از اجزای مهم در اکوسیستم جنگل هستند (Steiner et al., 2002). قارچ‌های ماکروسکوپی نقش مهمی در چرخه کربن و نیتروژن و پویایی مواد غذایی، سلامت خاک و همکاری متقابل یا همزیستی اجباری و چرخه‌ی مواد در اکوسیستم دارند و تبدیل مواد آلی به ماده معدنی، تجزیه اندام‌های چوبی اکوسیستم جنگل و با تشکیل میکوریز بر روی ریشه‌های کوچک درختان، سطح جذب مواد غذایی را برای درختان جنگلی افزایش می‌دهند (Dighton et al., 2005, Mack & Rudgers, 2008, Claridge et al., 2009, Jazirehi, 2010 و Fukasawa, 2012).

لازم به تأکید است که وجود درختان قارچ‌زده برای پایداری و پویایی اکوسیستم جنگل‌های طبیعی دارای اهمیت زیادی است (Aghajani, 2012). جنگل‌های شمال ایران تنوع بالایی از درختان پهن‌برگ را دارند، با توجه به روند حیاتی موجود تفکیک درختان قارچ‌زده و سالم در جنگل اهمیت زیادی دارد. از طرفی شناسایی و بررسی قارچ‌های ماکروسکوپی و ارتباط آنها با شرایط رویشگاهی، بینش دقیق‌تری نسبت به شناخت اکوسیستم جنگل داده و ما

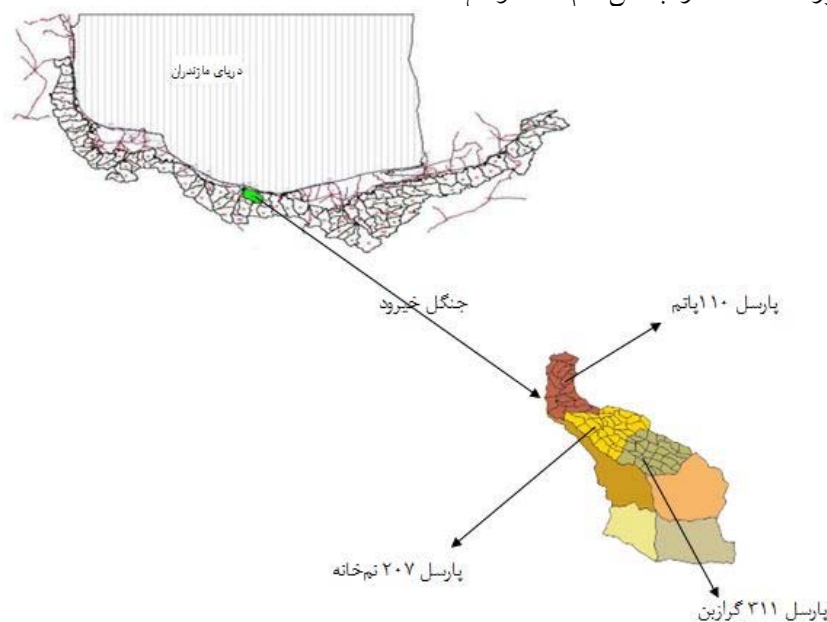
شده است. قطعه ۲۰۷ مساحتی معادل ۵۰ هکتار و در ارتفاع ۶۷۵ تا ۹۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. شیب عمومی آن ۱۵ درصد و جهت دامنه جنوب غربی است. عمده جوامع گیاهی در این قطعه بلوط - ممرزستان در دره‌ها و اطراف آن راشستان آمیخته، تیپ فعلی راش - ممرز همراه با گونه‌های پلت، شیردار، بلوط، توسکا و ملج است (Management Plan of district Namkhaneh, 1995).

سومین رویشگاه مورد مطالعه در بخش گرازبن واقع شده است. قطعه ۳۱۱ با مساحتی معادل ۲۷/۸ هکتار و ارتفاع ۱۰۵۰ تا ۱۲۰۰ متری از سطح دریا برای این بررسی انتخاب گردید. شیب عمومی آن ۲۰ درصد و جهت عمومی شمالی و جنوبی است و عمده جوامع گیاهی در این قطعه بلوط - ممرزستان به همراه راش و سایر گونه‌ها توسکا و گیلاس وحشی است (Management Plan of district Gorazbon, 2011).

۵۱° طول شرقی واقع شده‌اند که از شمال به نوار ساحلی و روستای نجارده و از جنوب به بیلاقات منطقه و روستای کلیک محدود می‌شود. رویشگاه‌های مورد مطالعه با توجه به شرایط رویشگاهی از سه بخش پاتم، نم‌خانه و گرازبن (از مجموع ۸ بخش) متعلق به این جنگل انتخاب شدند (شکل ۱).

اولین منطقه مورد مطالعه قطعه ۱۱۰ واقع در بخش پاتم، اولین بخش متعلق به جنگل مدیریت شده خیرود است، که با توجه به نزدیکی به روستا و نیز بهره‌برداری‌های متعدد، دخالت‌های عمده‌ای در جوامع گیاهی آن انجام شده است. مساحت این قطعه معادل ۴۸/۴ هکتار و در ارتفاع ۳۵۰ تا ۴۲۹ متری از سطح دریا قرار دارد. شیب عمومی آن ۱۵ درصد و جهت عمومی شمالی و شمال‌غربی است و تیپ فعلی مشاهده شده در این قطعه بلوط - ممرز و راش آمیخته است (Management Plan of district Patom, 1995).

دومین رویشگاه مورد مطالعه در بخش نم‌خانه واقع



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در جنگل خیرود

جنگل خیرود واقع در قطعه‌های ۱۱۰ در بخش پاتم، ۲۰۷ در بخش نم‌خانه و در قطعه ۳۱۱ در بخش گرازبن، بعد از انجام جنگل‌گردشی‌های مقدماتی تمامی درختان قارچ‌زده

## روش تحقیق

به‌منظور دستیابی به اطلاعات کمی و کیفی از درختان دارای قارچ‌های ماکروسکوپی در ۳ رویشگاه مورد مطالعه

پودری درمی‌آید.

در مورد بقیه فاکتورها، در ارتباط با سلامت درخت که ممکن است درختان وضعیت سلامت متفاوت (سالم، سرشکسته، سرخشکیده و خشکه‌دار سرپا و افتاده)، در ارتباط با ریزاقلیمی توده (تاج پوشش بسته، تاج پوشش تنک)، وضعیت درخت (سرپا، افتاده) و فرم زمین (پال، دره، دامنه، دولین) تقسیم‌بندی انجام گردید (Aghajani, 2012).

به منظور پردازش داده‌ها به کمک ابزار هوشمند شبکه‌ی عصبی از شبکه پرسپترون چندلایه (Multilayer Perceptron) استفاده گردید. این شبکه یکی از متداول‌ترین و شناخته شده‌ترین نوع از میان انواع شبکه‌های عصبی است. این امر، به‌طور عمده به این دلیل است که پیاده‌سازی یک نگاشت بین ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌تواند به صورت یک تقریب زننده تابعی عمل کند. در این تحقیق به منظور برآورد مشخصه‌های منتخب شامل نوع گونه درختی، سلامت درخت، قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، درجه پوسیدگی خشکه‌دارها، وضعیت درخت، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت دامنه، فرم زمین و ریز اقلیمی توده اقدام به طبقه‌بندی چهار کلاس فراوانی قارچ در روی درختان شامل: ۱. کم (۱ تا ۳ قارچ)، ۲. متوسط (۳ تا ۶ قارچ)، ۳. زیاد (۶ تا ۱۰ قارچ) و ۴. خیلی زیاد (>۱۰) گردید.

نرم‌افزار NeuroSolutions 5 برای طراحی و ارزیابی شبکه‌های عصبی مصنوعی مختلف استفاده شد. توابع آستانه‌ی مورد استفاده برای یافتن حالت بهینه پیش‌بینی توابع تانژانت هیپربولیک است. برای آموزش شبکه، ابتدا ۱۱۲ نمونه مورد نظر به طور تصادفی به سه دسته ۶۵ درصدی (آموزش شبکه)، ۱۵ درصدی (سنجش دقت) و ۲۵ درصدی (تست شبکه) تقسیم شدند. تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های هر لایه به روش آزمون و خطا مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تعیین معماری بهینه ANN، معماری‌های مختلفی با تعداد یک، دو و سه لایه‌ی مخفی به همراه ۱ تا ۲۰ نرون آموزش داده شده و ارزیابی شد. صحت مدل با مقایسه خروجی آن و شاخص‌های محاسبه شده با استفاده از شاخصه‌های آماری مختلف

به صورت صددرصد نمونه‌برداری شدند. پس از جمع‌آوری قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی و خشک نمودن آنها، برای هر نمونه برچسب هرباریومی تهیه شد و به منظور از بین بردن آلودگی‌های قارچی، حشرات و کنه‌های پارازیت، نمونه‌های قارچی خشک شده، به مدت دو هفته در فریزر در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  - و درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند. سپس نمونه‌های خشک شده به منظور انتقال و نگهداری در کیسه‌های نایلونی گذاشته شدند. از بین نمونه‌های جمع‌آوری و بررسی شده از رویشگاه مورد مطالعه جنگل خیرود، یک نمونه در اختیار هرباریوم قارچ‌های ایران واقع در مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران قرار گرفت و به هریک از آنها یک کد هرباریومی اختصاص داده شد. شناسایی نمونه‌ها با استفاده از منابع استاندارد (Ryvarden, 1991; Eriksson & Gilbertson & Ryvarden, 1986; Ryvarden, 1975 و Ryvarden & Gilbertson, 1993) در آزمایشگاه قارچ‌شناسی مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور انجام گردید.

طبقه‌بندی درجه پوسیدگی خشکه‌دارها براساس فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی بدین صورت انجام گردید که پوسیدگی درجه ۱: پوست و چوب درخت قابل تشخیص و رنگ به نسبت طبیعی است و گاهی اوقات جوانه‌ی رشد یک سال اخیر دیده می‌شود و شروع فعالیت قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی است.

پوسیدگی درجه ۲: پوسیدگی درون‌چوب قابل تشخیص است و در بعضی موارد پوست درخت دیده می‌شود و فراوانی و فعالیت قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی بسرعت افزایش می‌یابد.

پوسیدگی درجه ۳: پوست درخت و درون چوب به طور کامل توسط قارچ ماکروسکوپی چوب‌زی تجزیه شده است و چوب حالت نرمی به خود می‌گیرد.

پوسیدگی درجه ۴: درون چوب و پوست کاملاً توسط قارچ ماکروسکوپی تجزیه شده و در برخی موارد درخت با عمل تجزیه قارچ‌های ماکروسکوپی کاملاً به هوموس تبدیل شده (تبدیل مواد آلی به مواد معدنی) و زادآوری اغلب مستقر شده است و به آسانی با ضربه به حالت

شد. در این تحقیق برای مقایسه‌ی توان مدل‌های شبکه عصبی از شاخص‌های MSE, MAE, MAPE (Mean Squared Error) و  $R^2$  استفاده گردید. روابط مربوط به این شاخص‌های آماری در زیر ارائه شده است:

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

رابطه ۱

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

رابطه ۲

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

رابطه ۳

از روی درختان بلندمازو و ممرز جمع‌آوری گردید که ۱۱۲ نمونه آنها مربوط به قارچ‌های چوب‌زی بودند که ۱۷ جنس شناسایی گردید. در این پژوهش، ترکیب مختلفی از لایه‌ها و نرون‌های مختلف همراه با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک (لایه‌های پنهان و خروجی) برای بهینه‌سازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله‌ی اول بهینه‌سازی شبکه‌ی هوشمند عصبی از یک لایه پنهان با تعداد ۴ تا ۱۵ نرون که به طور تصادفی انتخاب گردیدند، عمل بهینه شدن شبکه انجام گردید و در مرحله‌ی دوم با همان تعداد نرون در دو و سه لایه‌ی پنهان قدرت شبکه تخمین زده شد. نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه‌ی عصبی به همراه بهترین توپولوژی به دست آمده در جدول ۱ نشان داده شده است.

شامل ضریب تعیین ( $R^2$ )، میانگین مربعات خطا (Mean Absolute Error) و میانگین خطای مطلق (Mean Squared Error) سنجیده شد. عملکرد مدل‌های ANN طراحی شده توسط شاخص‌های آماری مختلف سنجیده

که در این روابط:

$O_i$ : داده اندازه‌گیری شده

$P_i$ : داده پیش‌بینی شده

$O_{ave}$ : میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده

$P_{ave}$ : میانگین داده‌های پیش‌بینی شده

$n$ : تعداد داده‌ها

ارزیابی بهترین برازش شبکه برای یافتن بهترین توپولوژی شبکه مناسب، از طریق معیارهای فوق انجام گردید که هدف کمینه نمودن میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطای مطلق (درصد) است.

## نتایج

در مجموع این سه روشگاه ۲۳۱ نمونه قارچ ماکروسکوپی

جدول ۱- آرایش پیشنهادی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد فراوانی قارچ در روی درختان

مدل	تعداد لایه‌های مخفی	تعداد نرون‌ها	MSE	MAE	R <sup>2</sup> class1	R <sup>2</sup> class2	R <sup>2</sup> class3	R <sup>2</sup> class4
۱	۱	۴	0/003	0/032	0/9861421	0/8319778	0/700419	0/9910789
۲	۱	۵	0/003	0/0322	0/9811377	0/7823863	0/6122849	0/9949977
۳	۱	۶	0/0004	0/0142	0/9938477	0/8880668	0/6797475	0/9945485
۴	۱	۷	0/0003	0/0161	0/9891409	0/8452439	0/4922266	0/9407572
۵	۲	۴	0/00007	0/0091	0/9855726	0/8637456	0/8647447	0/996373
۶	۲	۵	0/0002	0/0121	0/9788741	0/7529141	0/589787	0/9952873
۷	۲	۶	0/0002	0/0123	0/9796099	0/7526144	0/6361269	0/995631
۸	۲	۷	0/0003	0/0166	0/9870127	0/7919336	0/6800849	0/9967845
۹	۲	۸	0/0002	0/0124	0/9972507	0/7657006	0/5695764	0/9909917
۱۰	۲	۹	0/0002	0/0129	0/9912397	0/8091939	0/6084811	0/9933262
۱۱	۲	۱۰	0/0002	0/0122	0/9769129	0/7617004	0/6947726	0/9953061
۱۲	۲	۱۱	0/0003	0/0163	0/9925263	0/9087394	0/8436428	0/9924728
۱۳	۲	۱۲	0/0002	0/0123	0/9973908	0/8433387	0/5564075	0/9853444
۱۴	۳	۴	0/002	0/0242	0/9146392	0/6932143	0/6374335	0/9937983
۱۵	۳	۵	0/002	0/025	0/9783907	0/7714672	0/6241018	0/9926357
۱۶	۳	۶	0/0004	0/0146	0/995957	0/7916571	0/6515095	0/9976854
۱۷	۳	۷	0/0002	0/0121	0/8964283	0/7346582	0/6586763	0/9969738
۱۸	۳	۸	0/0001	0/0107	0/896075	0/6769124	0/5435569	0/9969419
۱۹	۳	۹	0/0003	0/0165	0/9143568	0/7373922	0/7609921	0/9814029
۲۰	۳	۱۰	0/0002	0/0128	0/9429233	0/7279504	0/6231087	0/9909486

لایه با توجه به بیشترین مقدار ضریب تعیین، بهترین عملکرد بهینه سازی توپولوژی را نشان می‌دهد. تعداد ورودی‌ها برابر با ۱۱۲ نمونه با ۱۱ متغیر و تعداد خروجی‌ها شامل ۴ طبقه یا کلاس تراکم قارچ می‌باشد. ۲۸ نمونه برای اعتبارسنجی (Mean Squared Error) نتایج شبکه عصبی طراحی شده استفاده شد. جدول ۲ ماتریس آشفتگی حاصل از اعتبارسنجی شبکه در کلاس-بندی را نشان می‌دهد.

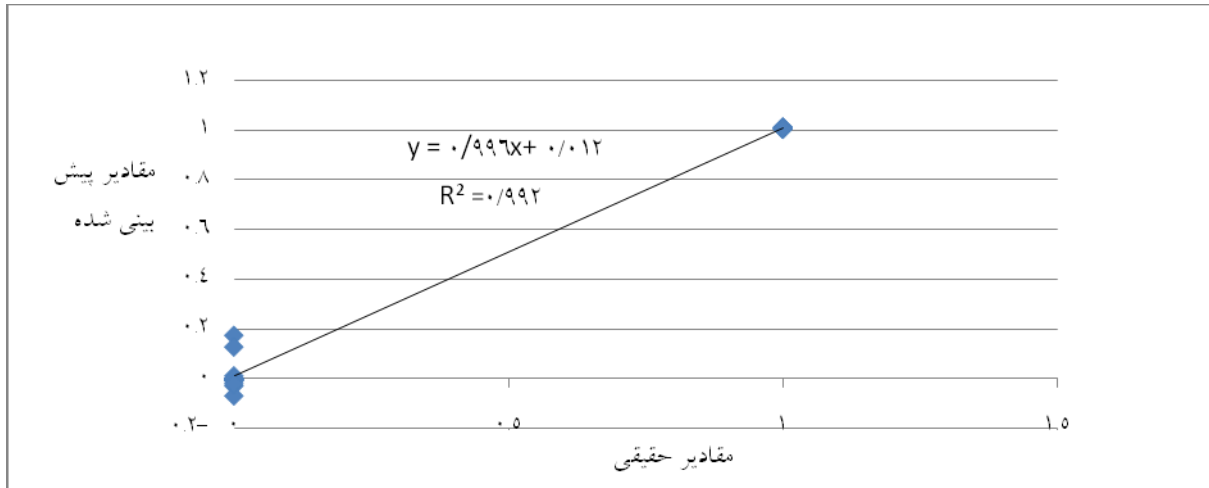
در آموزش شبکه عصبی می‌توان از ترکیبات مختلف لایه‌های پنهان و با تعداد نرون مختلف استفاده نمود، اما بررسی ضرایب تعیین (R<sup>2</sup>) به دست آمده میزان خطای شبکه در پیش‌بینی را نشان می‌دهد و توپولوژی (ساختار شبکه) بکار رفته با بیشترین مقدار ضریب تعیین، بهترین عملکرد شبکه عصبی در پیش‌بینی و مدل‌سازی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج شبکه‌های آموزش داده شده (جدول ۱) شبکه ۱۲ با دو لایه پنهان و ۱۱ نرون در هر

جدول ۲- ماتریس آشفتگی اعتبارسنجی شبکه عصبی بهینه

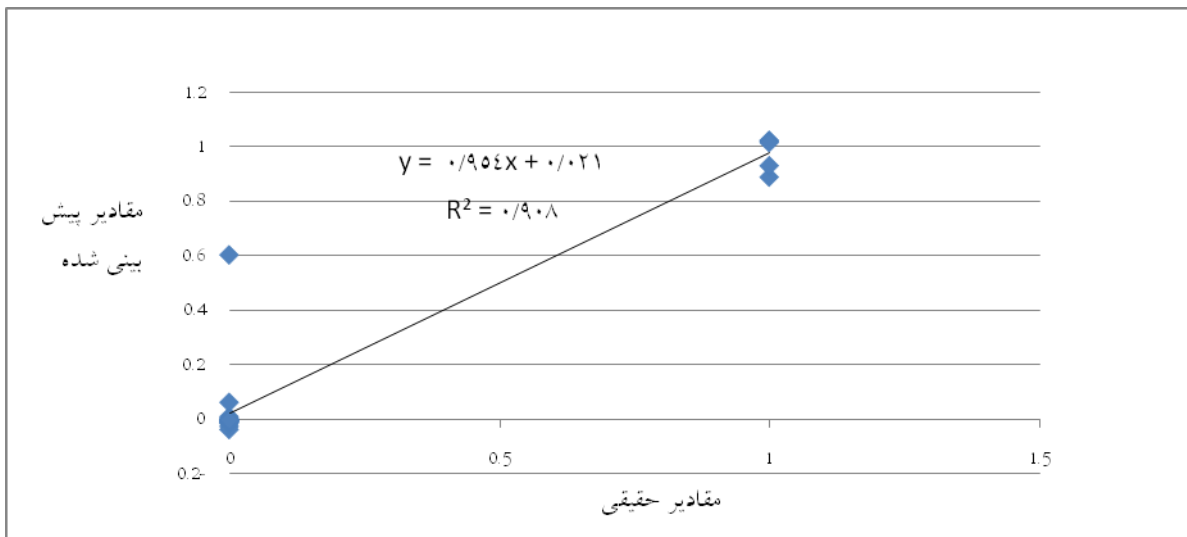
پیش‌بینی شده / حقیقی	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴
کلاس ۱	۱۲	۰	۰	۰
کلاس ۲	۰	۵	۱	۰
کلاس ۳	۰	۰	۲	۰
کلاس ۴	۰	۰	۰	۸

علت این امر را می‌توان در نزدیکی کلاسه‌های اول و چهارم به حدود آستانه‌ای و تأثیرپذیری شدید آنها از عوامل مؤثر بر حضور قارچ دانست که امری متداول در پیش‌بینی کلاسه‌بندیها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی است (شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵).

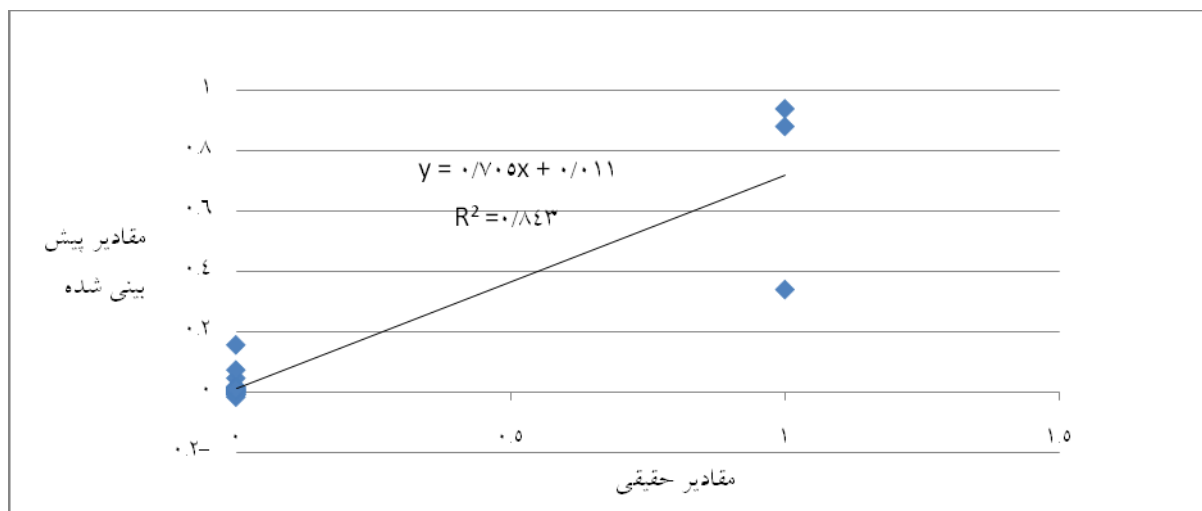
با توجه به ضریب تعیین شبکه مطلوب (شبکه شماره ۱۲) دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی فراوانی قارچ از سطح مطلوبی برخوردار است. شکل‌های زیر نشان می‌دهند که دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی فراوانی قارچ در کلاسه‌های فراوانی کم و فراوانی خیلی زیاد بیشتر از کلاسه‌های حد واسط یعنی فراوانی متوسط و زیاد است.



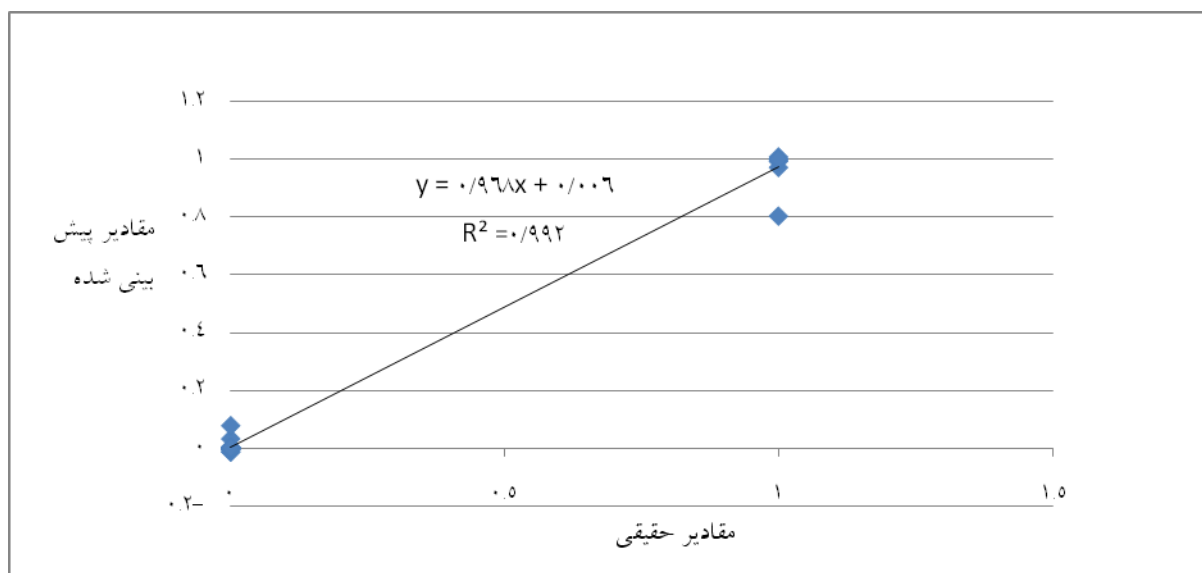
شکل ۲- پیش‌بینی حضور قارچ در کلاسه اول



شکل ۳- پیش‌بینی حضور قارچ در کلاسه دوم



شکل ۴- پیش‌بینی حضور قارچ در کلاس سوم

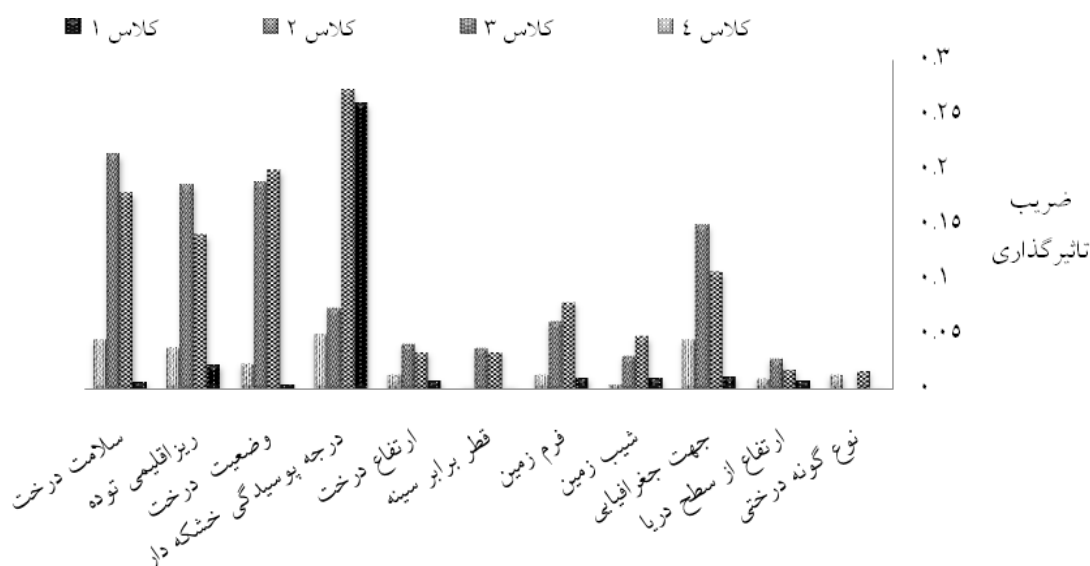


شکل ۵- پیش‌بینی حضور قارچ در کلاس چهارم

کاربردی در پیش‌بینی هر یک از کلاس‌های قارچ براساس فراوانی قارچ‌ها را نشان می‌دهد.

نتایج مربوط به آنالیز حساسیت مؤلفه‌های بکارگرفته شده برای مدل‌سازی در شکل ۶ نشان داده شده است. شکل زیر ضریب تأثیرگذاری هر یک از مؤلفه‌های





شکل ۶- ضرب تاثیرگذاری فاکتورهای مختلف بر فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی

دارد. همچنین مدل شبکه عصبی پرسپترون با دو لایه مخفی و ۱۱ نرون و تابع انتقال تانژانت هیپربولیک توانست با کاربرد حجم کمی از داده‌ها دانش الگوریتم بین مشخصات رویشگاهی و کیفی درختان و فراوانی قارچ را با دقت بالایی بیابد. همچنین آنالیز حساسیت انجام شده و شناسایی تأثیرگذارترین فاکتورها بر روی حضور قارچ‌ها روی درختان امکان انجام فعالیت‌های جنگل‌شناسی مناسب (عدم بیش از حد باز کردن تاج پوشش در نشانه-گذاری و باقی گذاشتن خشکه‌دار) را در جهت مدیریت توده جنگلی و اکوسیستم جنگل فراهم می‌کند. در ارتباط با درجه پوسیدگی خشکه‌دارها براساس فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی که بیشترین حضور و فراوانی قارچ‌های چوب‌زی برای خشکه‌دار سرپا درجه ۳ و برای خشکه‌دار افتاده درجه ۲ بوده است، این نشان می‌دهد که خشکه‌دار افتاده نسبت به سرپا شرایط مناسب حضور قارچ را زودتر مهیا می‌کند (Aghajani, 2012)، همچنین با افزایش درجه پوسیدگی در خشکه‌دارهای افتاده میزان استقرار نهال‌ها افزایش می‌یابد (Sefidi et al., 2007) که این امر می‌تواند به پویایی اکوسیستم جنگل کمک کند. در

شکل فوق نشان می‌دهد که درجه پوسیدگی خشکه-دار، سلامت درخت، وضعیت درخت و ریزاقلمی توده به ترتیب بیشترین تأثیر را در فراوانی قارچ ماکروسکوپی چوب‌زی از خود نشان داده‌اند.

### بحث

به‌طور کلی شیوع و توسعه بیماری‌ها و دیگر صدمات حیاتی در جنگل نتیجه دو عامل مهم است، یکی به‌علت آشفتنگی‌های موجود در فرایند توالی جنگل یا کاهش شادابی درختان و دیگری در شرایط مصنوعی است که توسط انسان ایجاد شده است. این شرایط بیشتر در نتیجه بهم خوردن تعادل اکوسیستم یک جنگل یا حتی یک منطقه بوجود می‌آید. با برنامه‌ریزی‌های صحیح، انتخاب درختان مناسب با شرایط رویشگاه، شناسایی عوامل حیاتی در جنگل و اجرای روش‌های جنگل‌شناسی همگام با طبیعت بخوبی می‌توان از بروز بیماری‌ها و آفات در جنگل‌ها جلوگیری کرد (Aghajani, 2012). نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده قابلیت خوبی در مدل کردن فراوانی قارچ روی درختان مورد مطالعه را

باشد (در واقع فرآیند پوسیدگی قارچ‌ها بستگی به رطوبت و درجه حرارت دارد) (Lindhe et al., 2004). البته برای روابط اکولوژیکی بسیاری از قارچ‌ها و ظهورشان در یک اکوسیستم، نیازمند به شرایط اقلیمی، بارش خاص و آب قابل دسترس است تا قارچ‌ها بتوانند خود را نشان بدهند و در ترکیب جوامع خود قرار بگیرند (Newbound et al., 2010). نتایج بدست‌آمده توسط Kasprzyk et al., (2011) نیز نشان داد که فاکتور رطوبت یکی از مهمترین متغیرهای مؤثر در ظهور قارچ ماکروسکوپی است. این بررسی نشان داد که لازم است مطالعات وسیع‌تر و دقیق‌تری در آینده در رابطه با ویژگی‌های زیستی و اکولوژیک قارچ‌های ماکروسکوپی درختان جنگلی صورت بگیرد (Aghajani et al., 2013). بنابراین به‌منظور درک روابط بین چرخه زندگی قارچ‌ها و مشخصه‌های زیست‌محیطی تحقیقات درازمدت میان‌رشته‌ای و بین‌المللی مورد نیاز است (Kasprzyk et al., 2011).

### منابع مورد استفاده

#### References

- Aghajani, H., 2012. Study on the oak (*Quercus castaneifolia*) and Hornbeam (*Carpinus betulus*) decaying macro fungi in mixed Oak-Hornbeam forest community in kheyroud Forest, North of Iran. M.Sc. thesis, Department of Forestry and forest economics. Faculty of Natural resources. University of Tehran. 95p.
- Aghajani, H., Asef, M.R., Marvie Mohadjer, M.R., Shirvany, A., 2012. Identifiacation of macrofungi of oak and hornbeam community in kheyroud forest, North of Iran, Proceedings of the 20<sup>th</sup> Iranian Plant Protection congress, Shiraz, 372p.
- Aghajani, H., Marvie Mohadjer, M.R., Asef, M.R., Shirvany, A., 2013. The relationship between abundance of wood macrofungi on chestnut-leave Oak (*Quercus castaneifolia* C.A.M.) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) and physiographic factors (Case study: Kheyroud forest, Noshahr). Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources. 66, 1: 1-12.
- Alijanpour Shalmani, A., Shabanpour, M., Asadi, H., and Bagheri, F., 2011. Estimation of soil aggregate stability in soil of forest in Guilan province by artificial neural networks and regression transfer functions. Journal of Soil and Water. 21, 3: 153-162.
- Asef, M.R., 2009. Poisonous mushrooms of Iran . Iran-shenasi Publisher. 214p.
- Claridge, A.W., Trappe, J. M., Hansen, K., 2009. Do fungi have a role as soil stabilizers and remediators

ارتباط با سلامت درخت که درختان وضعیت سلامت متفاوت (سالم، سرشکسته، سرخشکیده و خشک‌دار سرپا و افتاده) در طول دوره رویشی خود دارند، وجود قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی در روی تنه‌ی درختان جنگلی از علائم پوسیدگی درونی آن است. در واقع سلامت درخت تعیین‌کننده برای حضور قارچ‌ها می‌باشد. زمان پوسیدگی درونی درختان و ظهور قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی به سلامت درخت (Aghajani, 2012) نوع گونه درختی و شرایط رویشگاهی بسیار متغیر بستگی دارد و این زمان می‌تواند بین چند سال تا چندین قرن به طول بینجامد (Marvie Mohadjer, 2011). وضعیت عمومی درخت (سرپا، افتاده) می‌تواند در ظهور و فراوانی قارچ ماکروسکوپی چوب‌زی و تنوع آنها مؤثر باشند، که فاکتورهای مختلفی می‌توانند تأثیرگذار باشند که عمده این عوامل: ضعف فیزیولوژیکی گونه درختی، حمله آفات، صدمات حیاتی شامل باد، صاعقه و آتش‌سوزی و .. می‌باشند. همچنین با قرارگرفتن بر روی درختان افتاده باعث تجزیه اندام‌های چوبی جنگل شده و می‌تواند کمک مؤثری به چرخه اکوسیستم جنگل، سلامت و پویایی آن بکند و با قرار گرفتن بروی درختان سرپا از لحاظ اکولوژیکی برای اکوسیستم جنگل حائز اهمیت هستند. در ارتباط با ریزاقلیمی توده (تاج پوشش بسته، تاج پوشش تنک)، بدیهی است با افزایش روشنیه، نور بیشتری به کف جنگل وارد می‌شود و رطوبت موجود در آن نیز بسرعت تحت تأثیر پدیده تبخیر قرار می‌گیرد، اما وقتی تاج پوشش جنگل بسته است با سایه انداختن شرایط مناسب رشد و استقرار قارچ‌های ماکروسکوپی روی درختان فراهم می‌شود. با توجه به اینکه لازمه اولیه حضور قارچ به رطوبت و درجه حرارت بستگی دارد، رطوبت حاصل در زیر تاج پوشش بسته بیشتر از تاج پوشش تنک است و در نتیجه فراوانی قارچ افزایش می‌یابد. جنگل خیرود از جنگل‌های مدیریت شده واقع در نوشهر بوده که بواسطه نزدیکی به دریا رطوبت بالایی دارد، که این شرایط رطوبتی به همراه سایر عوامل رویشگاهی و جغرافیایی متنوع، بستر مناسبی را برای رشد قارچ‌ها فراهم می‌کنند و ممکن است به دلیل رطوبت هوا

- Marvie Mohadjer, M.R., 2011. Silviculture. University of Tehran press. 3<sup>rd</sup> Edition. 418p.
- Montazer, A., Azadegan, B., Shahraki, M., 2009. Evaluation of artificial neural network models to calculate the performance and utilization of crop water based on the climate factors and water - supply of nitrogen. Iranian Water Research Journal. 3, 5:17-29.
- Molina, R., Horton, T., Trappe, G., Marcot, B., 2011. Addressing uncertainty: How to conserve and manage rare or little-known fungi. Fungal Ecology, 4:134-146.
- Morgan, A., Boddy, L., Mordue, J. E. M., Morris. C. W., 1998. Evaluation of artificial neural networks for fungal identification, employing morphometric data from spores of *Pestalotiopsis* species. Mycological Research. 102 (8) : 975-984
- Newbound, M., Mccarthy, M., Lebel, T., 2010. Fungi and the urban environment: A review. Landscape and Urban Planning 96 :138-145.
- Ryvarden, L., 1991. Genera of Polypores. Nomenclature and Taxonomy. Synopsis Fungorum 5, Fungiflora, Oslo, Norway.
- Ryvarden, L., Gilbertson R.L., 1993. European polypores. Oslo: Fungiflora, 387 p.
- Sefidi, K., Marvie mohadjer, M.R., Zobeiri, M., Etemad, V., 2007. Investigation on dead trees effects on natural regeneration of oriental beech and hornbeam in a mixed beech forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research .15. 4: 365-373.
- Shafabakhsh, G.H., Fathi, F., Zayarzaeh, A., 2010. Improvement of road eventful points prioritization by artificial neural network. Journal of Modeling in Engineering. 8. 20:71-81.
- Steiner, M., Linkov, I., Yoshida, S., 2002. The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems. Journal of Environmental Radioactivity, 58:217-241.
- after forest fire?. Forest Ecology and Management, 257: 1063 -1069.
- Dighton, J., White, J.F., Oudemans, P., 2005. The Fungal community: its organization and role in the ecosystem, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Eriksson J., Ryvarden L., 1975. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 1-6. Fungiflora, Oslo, Norway
- Fukasawa, Y., 2012. Effects of wood decomposer fungi on tree seedling establishment on coarse woody debris. Forest Ecology and Management, 266 : 232-238.
- Gilbertson R.L., Ryvarden L., 1986. North American polypores. Oslo: Fungiflora. 885 p.
- Jazirehi, M.H., 2010. Forest protection. University of Tehran press. 2<sup>nd</sup> Edition. 231p.
- Kasprzyk, I., Grinn-Gofron, A., Strzelczak, A., Wolski, T., 2011. Hourly predictive artificial neural network and multivariate regression trees models of *Ganoderma* spore concentrations in Rzeszów and Szczecin (Poland). Science of the Total Environment, 409 :949 -956.
- Lindhe, A. Asenblad, N. Toresson, H., 2004. Cut logs and high stumps of spruce, birch, aspen and oak – nine years of saproxylic fungi succession. Biological Conservation, 119: 443-454.
- Mack, K. M. L., Rudgers, J. A., 2008. Balancing multiple mutualists: asymmetric interactions among plants, arbuscular mycorrhizal fungi, and fungal endophytes, Oikos 117: 310-320.
- Management plan of district Patom. 1995. Forestry and forest economics Department. Faculty of Natural resources. University of Tehran. 125p.
- Management plan of district Namkhaneh. 1995. Forestry and forest economics Department. Faculty of Natural resources. University of Tehran. 207p.
- Management plan of district Gorazbon. 2011. Forestry and forest economics Department. Faculty of Natural resources. University of Tehran. 598p.

## Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network (case study: Kheyroud forest, Noshahr)

H. Aghajani<sup>1\*</sup>, M.R. Marvie Mohadjer<sup>2</sup>, A. Jahani<sup>3</sup>, M.R. Asef<sup>4</sup>, A. Shirvany<sup>5</sup> and M. Azaryan<sup>6</sup>

1\*- Corresponding Author, PhD Student of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran. Email: Hamed\_Aghajani\_85@yahoo.com

2- Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

3- Assistant Professor of Department of Environment and Natural Resources sciences, University of Environment, Karaj, I.R. Iran.

4- Assistant Professor, Division of plants, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, I.R. Iran.

5- Assistant Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

6- MSc, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

Received: 16.03.2013

Accepted: 04.08.2013

### Abstract

One advantage of artificial neural networks is application in the management and planning of natural ecosystems. Considering the high biological diversity of northern forests of Iran, it is necessary to know forests ecosystems. Thus, using artificial neural networks is important for modeling and forecasting of presence and abundance of wood macrofungi in forests. Fungi samples were collected in summer and fall seasons on oak and hornbeam trees from compartments 110, 207 and 311 in educational and research forest of the University of Tehran. Totally 231 samples of macrofungi were collected that 112 samples of them belong to wood decay fungi. Results showed that the designed artificial neural network, has suitable potential for modeling of abundance of wood fungi. Network with two hidden layers and 11 neurons in each layer with the highest coefficient of determination, show the best performance of topology optimization. The number of inputs and outputs equal to 112 samples with 11 variables including density class 4 or class of fungi. Sensitivity analysis showed the decay stage of tree, tree health status and its condition and stand microclimate have the most effect on presence and abundance of wood macrofungi.

**Keywords:** Silviculture, tree health and condition, oak, hornbeam, decay stage, stand microclimate