

بررسی امکان تهیه نقشه شدت خشکیدگی جنگل‌های بلوط زاگرس با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Worldview-2 (مطالعه موردی: جنگل‌های شهرستان ایلام)

امید کرمی^۱، اصغر فلاح^{۲*}، شعبان شتایی^۳ و هومن لطیفی^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

پست الکترونیک: fallaha2007@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴- استادیار، گروه جغرافیا و زمین‌شناسی، دانشگاه ورتزبورگ، ورتزبورگ، آلمان

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۰۵

چکیده

طی سال‌های اخیر پدیده زوال بلوط به جنگل‌های زاگرس آسیب جدی رسانده است. برای مقابله و مدیریت این بحران قبل از هر چیزی نیاز به اطلاعات دقیقی از وضعیت و گستره وقوع این پدیده در سطح جنگل است. یکی از راه‌های مؤثر برای دستیابی به اطلاعات مربوط به گستره و شدت وقوع خشکیدگی در جنگل در محدوده‌های وسیع استفاده از داده‌های ماهواره‌ای است. در این پژوهش که در قسمتی از جنگل‌های شهرستان ایلام انجام شد، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Worldview-2 به تهیه نقشه شدت خشکیدگی جنگل در چهار طبقه پرداخته شد و از چهار الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال، بیز ساده، نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین روش‌های مختلف، روش الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی با صحت کلی ۷۲/۸۳ درصد بهترین نتایج را داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که داده‌های سنجنده Worldview-2 می‌توانند به خوبی شدت وقوع زوال بلوط را نشان دهند.

واژه‌های کلیدی: زوال بلوط، سنجش از دور، شبکه عصبی مصنوعی.

مقدمه

از سال ۱۳۸۷ که زوال گسترده جنگل‌های بلوط زاگرس توسط کارشناسان محلی استان‌های ایلام و لرستان گزارش شد، این پدیده به سرعت در تمام جنگل‌های زاگرس گسترش یافت (Mir-Abolfathi, 2013). زوال درختان بلوط خسارت‌های شدیدی به جنگل‌های زاگرس وارد کرده است که از نتایج آن تغییرات ساختاری شدید و کاهش

کارایی و عملکرد کلی اکوسیستم جنگلی است (Hosseini *et al.*, 2014). در پدیده زوال جنگل مجموعه پیچیده‌ای از عامل‌های مختلف زنده و غیرزنده همانند آفات، بیماری‌ها، شرایط فیزیوگرافی منطقه، خاک، سن درختان، توان رویشگاه، خشکسالی، ریزگردها و مسایل اقتصادی- اجتماعی اثرگذار هستند (Baguskas *et al.*, 2014). یکی از فاکتورهای مهم و کلیدی در مدیریت بهینه برای

کم زمانی و در مقیاس وسیع و هم به تصاویر با قدرت تفکیک مکانی زیاد برای دستیابی به اطلاعات دقیق تر هم در سطح درخت و هم در سطح توده نیاز است. با این حال، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی زیاد نتایج دقیق تر و کارآمدتری را به همراه دارد (Deshayes *et al.*, 2006). در مطالعات زیادی (Stone & Coops, 2004; Deshayes *et al.*, 2006) نیز مشخص شده است که در مواردی که خشکیدگی در سطح جنگل پراکنده باشد، تشخیص آن با تصاویر با قدرت تفکیک مکانی زیاد بهتر انجام می‌شود. سنجنده Worldview-2 (WV-2) دارای قدرت تفکیک مکانی زیاد و هشت باند طیفی از جمله باند لبه قرمز است و می‌تواند برای بررسی سلامت جنگل بسیار مناسب باشد، بنابراین در این مطالعه، الف) امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده WV-2 در تهیه نقشه شدت خشکیدگی جنگل‌های بلوط در بخشی از جنگل‌های استان ایلام و ب) مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پارامتری و ناپارامتری در تهیه نقشه شدت خشکیدگی جنگل مورد بررسی قرار گرفت.

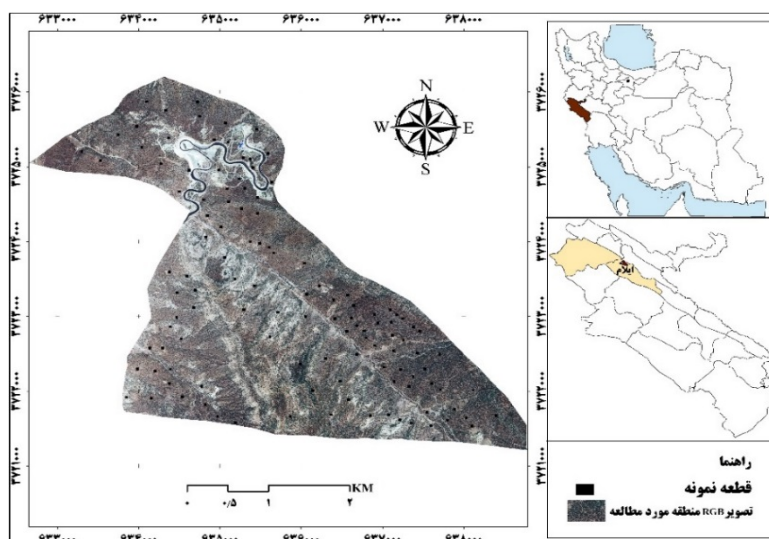
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه قسمتی از جنگل‌های زاگرس به وسعت حدود ۱۳۳۹/۳۷ هکتار است که در محدوده‌ای بین $39^{\circ} 25' 39''$ تا $46^{\circ} 29' 45''$ طول شرقی و $40^{\circ} 40' 33''$ تا $33^{\circ} 37' 18''$ عرض شمالی و در شمال شرقی شهر ایلام در استان ایلام واقع شده است (شکل ۱). جنگل بلوط مورد مطالعه به صورت خالص است و همراه بلوط گونه‌هایی مانند ارغوان، زالزالک، دافنه و بادام نیز دیده می‌شوند. این جنگل به فرم شاخه‌زاد و در بعضی محدوده‌ها دانه و شاخه‌زاد است. شیب متوسط منطقه مورد مطالعه ۳۷ درصد، حداقل ارتفاع از سطح دریا حدود ۱۴۴۰ و حداکثر ارتفاع منطقه ۲۳۲۴ متر است. متوسط بارندگی سالانه ۵۶۲/۷ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۶/۸ درجه سانتیگراد است.

مقابله با زوال جنگل، ارزیابی میزان خشکیدگی در جنگل است (Sánchez *et al.*, 2002). تاکنون روش‌های مختلفی برای تعیین وضعیت سلامت جنگل به کار گرفته شده است. در گذشته استفاده از نقشه‌های موضوعی همراه با تفسیر عکس‌های هوایی در مقیاس وسیع مرسوم بود. این نقشه‌ها به دلایل مختلفی مانند به‌روز نبودن و موضوعی بودن نمی‌توانند خیلی قابل اعتماد باشند (Joria & Ahearn, 1991). از سویی، پایش سلامت جنگل با استفاده از آماربرداری مستقیم زمینی به علت هزینه و زمان زیادی که صرف می‌کند، مناسب نیست. فناوری سنجش از دور به عنوان یک جایگزین مناسب برای روش‌های مذکور، از اواسط دهه ۱۹۸۰ مطرح شد (Joria & Ahearn, 1991). در سال‌های اخیر استفاده از سنجش از دور برای این منظور گسترش زیادی پیدا کرده است و نتایج خوبی از آن به دست آمده است، به طوری که امروزه داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک زیاد برای پایش سلامت جنگل بسیار توانمند هستند (Liu *et al.*, 2006). برای این منظور تغییر در بازتابش طیفی تاج درختان مورد بررسی قرار می‌گیرد. افزایش در بازتابش نور قرمز به علت کاهش میزان کلروفیل و تغییر در محدوده لبه قرمز در منحنی پراکنش طیفی در پایش سلامت جنگل به کار می‌رود (Levesque & King, 2003). توانایی سنجش از دور در تهیه نقشه سلامت جنگل به وسیله پژوهشگران زیادی در رابطه با عامل‌های مختلف، انواع تصاویر و تکنیک‌ها نشان داده شده است (Ismail, 2009; Meddens *et al.*, 2013; Waser *et al.*, 2014). این مطالعات همگی در خارج از ایران انجام شده‌اند. در مورد تهیه نقشه خشکیدگی درختان در جنگل‌های بلوط زاگرس می‌توان به مطالعه Zakeri-Anaraki و Fallah-Shamsi (۲۰۱۴) اشاره کرد. Barazmand و همکاران (۲۰۱۲) نیز به بررسی امکان تهیه نقشه سرخشکیدگی درختان با استفاده از تصاویر Quickbird در جنگل شصت‌کلاته گرگان پرداختند.

برای ارزیابی سلامت جنگل هم به تصاویر با قدرت تفکیک مکانی کم برای پایش وضعیت جنگل با فاصله‌های



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (تصویر RGB سنجنده Worldview-2) و قطعات نمونه برداشت شده

تصویر ماهواره‌ای

برای تعیین وضعیت خشکیدگی جنگل مورد مطالعه از تصویر ماهواره‌ای WV-2 مربوط به ۳۰ می ۲۰۱۴ برابر با ۲۰ خرداد ۱۳۹۳ استفاده شد. این ماهواره اولین ماهواره چندطیفی با هشت باند و با قدرت تفکیک مکانی زیاد است، به طوری که علاوه بر چهار باند Blue (۵۱۰-۴۵۰ نانومتر)، Green (۵۸۰-۵۱۰ نانومتر)، Red (۶۹۰-۶۳۰ نانومتر) و NIR1 Coastal (۸۹۵-۷۷۰ نانومتر)، باندهای جدید Yellow (۶۲۵-۵۸۵ نانومتر)، Edge (۷۴۵-۷۰۵ نانومتر) و NIR2 (۱۰۴۰-۸۶۰ نانومتر) به آن اضافه شده است. قدرت تفکیک مکانی باند پانکروماتیک سنجنده این ماهواره ۰/۴۶ متر و باندهای چندطیفی ۱/۸۴ متر است (Cho et al., 2015).

روش پژوهش

نمونه برداری زمینی

پس از بازدیدهای متعدد از منطقه مورد مطالعه با توجه به پراکنش خشکیدگی در منطقه، ۱۲۰ قطعه نمونه ۱۲ آری به روش انتخابی (McCoy, 2005) پیاده شد و در هر قطعه نمونه شدت خشکیدگی به صورت کمی و پیوسته برداشت شد. موقعیت قطعات نمونه با استفاده از دستگاه GPS تفاضلی ثبت و به محیط GIS انتقال داده شد (شکل

۱). هفتاد درصد داده‌های برداشت شده به عنوان نمونه تعلیمی و ۳۰ درصد مابقی برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی به کار گرفته شدند.

پیش‌پردازش تصویر ماهواره‌ای

تصحیح هندسی داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از مدل ضرایب چندجمله‌ای منطقی (Rational Polynomial Coefficients/RPC) انجام شد. RPC یک مدل چندجمله‌ای درجه سوم است که خصوصیات سطح واقعی زمین را به تصویر ارتباط می‌دهد (McGlone, 2004). در تصحیح هندسی از مدل رقومی ارتفاعی منطقه همراه با تصحیح پستی بلندی استفاده شد. برای تصحیح هندسی دقیق‌تر تصویر از نقاط کنترل زمینی برداشت شده توسط GPS تفاضلی استفاده شد. تصویر مورد مطالعه با استفاده از ۱۷ نقطه کنترل زمینی و با خطای $RMSE$ برابر با ۰/۴۴ پیکسل در معادله درجه دوم زمین مرجع شد. در نهایت، تصحیح شیب، نوردهی و اتمسفریک با استفاده از ماژول ATCOR 3 انجام شد (Rafiei et al., 2012).

محاسبات تصویر

گاهی استفاده از باندهای اصلی سنجنده برای استخراج اطلاعات مفید کافی نیست و باید با محاسباتی که بر روی باندهای اصلی انجام می‌شود، زمینه استخراج بهتر داده‌ها را

بود که از بین این باندها بهترین باندها برای طبقه‌بندی انتخاب شوند. تجزیه و تحلیل تفکیکی (Discriminant Analysis/DA) یک نوع مدل خطی است که برای تشخیص بهترین متغیرهای مستقل پیوسته برای طبقه‌بندی متغیر وابسته طبقه‌بندی شده به کار می‌رود. هدف از آن، انتخاب بهترین متغیرها برای تفکیک بهتر طبقه‌های است (Waser *et al.*, 2014). در این مطالعه با استفاده از DA، ۱۰ باند که دارای تفکیک‌پذیری بیشتری بودند، برای طبقه‌بندی انتخاب شدند (Shahi *et al.*, 2015) (جدول ۱).

فراهم کرد. بر این اساس، در این مطالعه شاخص‌های مختلف گیاهی و شاخص‌های خط خاک با محاسبات بر روی باندهای اصلی تهیه شدند.

تعیین طبقه‌های و انتخاب مجموعه باندهای مناسب نتایج تفکیک‌پذیری بین طبقه‌های شدت خشکیدگی با شاخص واگرایی نشان داد که تفکیک‌پذیری بین طبقه‌های شدت خشکیدگی صفر تا ۱۲، ۱۲-۲۴، ۲۴-۳۶ و بیشتر از ۳۶ درصد بیشتر از سایر طبقه‌بندی‌های ممکن بود. در این مطالعه بیش از ۲۰۰ باند مصنوعی ساخته شد، بنابراین لازم

جدول ۱- شاخص‌های انتخاب شده برای طبقه‌بندی تصویر

فرمول	نام کامل	شاخص
$(NIR2 - R) / (NIR2 + R)$	Normalized Difference Vegetation Index	NDVI-2
$((R/NIR2) - 1) / ((R/NIR2) + 1)$	Normalized Ratio Vegetation Index	NRVI-2
$(NIR - RE) / (RE - R)$	MERIS Terrestrial Chlorophyll Index	MTCI
-	Green	باند سبز
$1.2 \times 2.5 (NIR1 - R) - 1.3 (NIR1 - G)$	Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index 1	MCARI1
$2 \times NIR2 - R$	Ashburn Vegetation Index	AVI-2
$(1 + 0.16) ((NIR1 - R) / (NIR1 + R + 0.16))$	Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	OSAVI
$NIR2 - (2R - B) / NIR2 + (2R - B)$	Atmospherically Resistant Vegetation Index	ARVI-2
$a \times NIR2 - R$	Difference Vegetation Index	DVI - 2
$a = \text{شیب خط خاک}$		
مؤلفه اول به دست آمده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی	Principle Component Analysis	PCA

طبقه‌بندی تصویر

برای طبقه‌بندی تصویر مورد مطالعه و تهیه نقشه شدت خشکیدگی جنگل از چهار نوع خوارزمی طبقه‌بندی بیز ساده، حداکثر احتمال، نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد.

بیز ساده (Naive Bayes)

طبقه‌بندی کننده بیز فرآیندی است که احتمال تعلق یک مشاهده به طبقه‌های از پیش تعیین شده را بر اساس تئوری بیز برآورد می‌کند. طبقه‌بندی بیز ساده فرض می‌کند که تأثیر یک مقدار متغیر بر یک طبقه مستقل از مقادیر دیگر متغیرهاست. تابع بیز ساده به صورت رابطه ۱ است.

$$y_{NB} = \operatorname{argmax} P(y_j) \prod_{i=1}^n P\left(\frac{x_i}{y_j}\right)$$

رابطه (۱)

به دست آید. $P\left(\frac{x_i}{y_j}\right)$ نیز از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$P(y_j)$ می‌تواند از نسبت تعداد نمونه‌های تعلیمی که به

طبقه مورد نظر تعلق گرفته‌اند، به تعداد کل نمونه‌های تعلیمی

$$P\left(\frac{x_i}{y_j}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\delta^2}}$$

رابطه (۲)

شدن در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها وارد لایه میانی می‌شوند. این عمل آن‌قدر تکرار می‌شود تا مقادیر وزن بهینه شده و مقدار خطا به حداقل ممکن تعیین شده برسد. از بین شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه‌های عصبی پرسپترون به‌ویژه پرسپترون چندلایه در زمره کاربردی‌ترین شبکه‌های عصبی است (Kotsiantis, 2007).

ارزیابی صحت

برای ارزیابی صحت نقشه‌های به‌دست‌آمده از هر یک از روش‌های طبقه‌بندی، نقشه واقعیت زمینی (۳۰ درصد قطعات نمونه زمینی) با نقشه‌های به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی مورد مقایسه قرار گرفت و پس از تولید ماتریس خطا صحت کلی، تولید کننده، کاربر و ضریب کاپا محاسبه شدند (Shiraishi et al., 2014).

نتایج

براساس نتایج به‌دست‌آمده از آماربرداری جنگل، میانگین خشکیدگی درختان در نمونه‌های اندازه‌گیری شده ۲۳/۹ درصد بود (جدول ۲). انحراف معیار برابر با ۱۳/۳۳ و چولگی میزان خشکیدگی کمتر از یک بود.

مقدار پارامترهای μ و δ به‌ترتیب برابر است با میانگین و واریانس مقادیر متغیر x در نمونه‌های آموزشی متعلق به طبقه y_i (Tsangaratos & Ilia, 2016).

حداکثر احتمال (Maximum Likelihood)

در این الگوریتم، طبقه‌ای به پیکسل نسبت داده می‌شود که بزرگ‌ترین احتمال تعلق به آن طبقه را دارا باشد. به‌طور معمول فرض می‌شود که توزیع احتمال برای هر طبقه به‌صورت توزیع نرمال چندبعدی است که از قانون توزیع گوسن تبعیت می‌کند (Pal & Mather, 2003).

نزدیک‌ترین همسایه (k Nearest Neighbors)

در این نوع طبقه‌بندی، طبقه‌ای که بیشترین را در بین تعداد مشخصی (k) از پیکسل‌های معلوم حول پیکسل مورد نظر دارد، به پیکسل مجهول نسبت داده می‌شود (Aci et al., 2010).

شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network)

شبکه عصبی مصنوعی با الهام از ساختار عصبی انسان شامل تعدادی از نرون‌ها است که طبق الگوی خاصی با هم در ارتباط هستند. در ساختار شبکه، نمونه‌های آموزشی از طریق لایه ورودی وارد شبکه می‌شوند و پس از ضرب

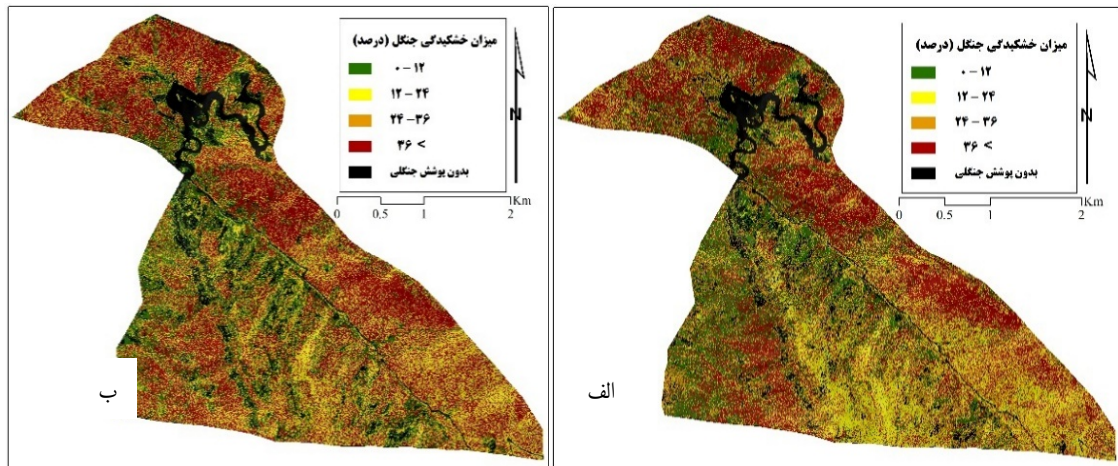
جدول ۲- برخی شاخص‌های آماری توصیفی نمونه‌های برداشت شده

متغیر	کمینه	میانگین	بیشینه	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
میزان خشکیدگی (%)	۰/۹	۲۳/۹	۵۵/۴۶	۱۳/۳۳	۰/۳۴	۲/۱۳

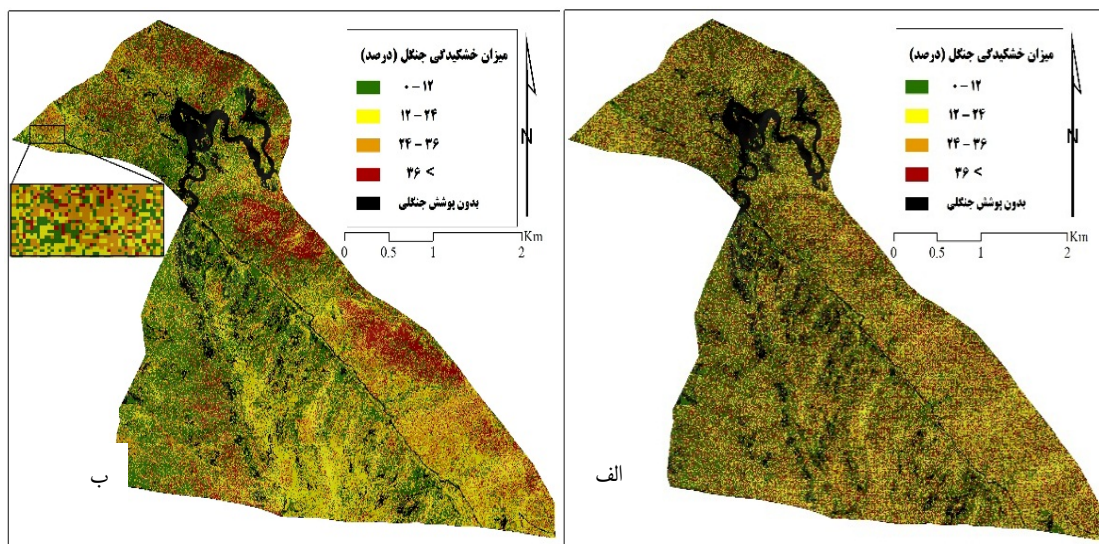
نتایج به‌دست‌آمده از تهیه نقشه شدت خشکیدگی جنگل با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه (شکل ۳- الف) نشان داد که شدت خشکیدگی در کل منطقه دارای پراکنش به‌نسبت یکنواختی بود. همچنین، نتایج به‌دست‌آمده از اجرای الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی (شکل ۳- ب) نشان داد که شیب‌های جنوبی دارای بیشترین خشکیدگی در سطح جنگل (۴۱/۸۲ درصد کل خشکیدگی‌های بیشتر از ۳۶ درصد) بودند. ۴۰/۸ درصد از خشکیدگی‌های بیشتر از ۳۶ درصد نیز در شیب‌های غربی مشاهده شدند.

شکل ۲- الف نقشه شدت خشکیدگی جنگل با روش حداکثر احتمال را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که خشکیدگی در مناطق شمالی، غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه که در واقع شیب‌های جنوبی و غربی را شامل می‌شد، بیشتر اتفاق افتاده بود. شکل ۲- ب نقشه به‌دست‌آمده از الگوریتم بیز ساده در تهیه نقشه شدت وقوع خشکیدگی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که همانند روش حداکثر احتمال، مقدار خشکیدگی در مناطق شمالی و غربی بیشتر از سایر مناطق بود.

شیب‌های شمالی و شرقی به ترتیب شامل ۱۰/۲۲ و ۷/۱۶ درصد از کل خشکیدگی‌های بیشتر از ۳۶ درصد بودند.



شکل ۲- نقشه شدت خشکیدگی جنگل، الف) الگوریتم حداکثر احتمال، ب) الگوریتم بیز ساده



شکل ۳- نقشه شدت خشکیدگی جنگل، الف) الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه‌ها، ب) الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

احتمال برابر با ۶۷٪ و روش نزدیک‌ترین همسایه‌ها برابر با ۶۵٪ بود (جدول ۳). جدول ۴ صحت تولیدکننده و کاربر طبقه‌های مختلف در روش‌های مختلف را نشان می‌دهد.

براساس نتایج، شبکه عصبی مصنوعی با صحت کلی ۷۳٪ و ضریب کاپای ۰/۶۴ دارای بیشترین صحت بود. پس از آن روش بیز ساده با صحت کلی ۶۸٪ و ضریب کاپای ۰/۵۷ دارای بیشترین صحت بود. صحت روش حداکثر

جدول ۳- صحت کلی و ضریب کاپای الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی

الگوریتم	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا
بیز ساده	۶۷/۹۳	۰/۵۷
حداکثر احتمال	۶۷/۲۱	۰/۵۶
نزدیک‌ترین همسایه‌ها	۶۵/۴۰	۰/۵۴
شبکه عصبی مصنوعی	۷۲/۸۳	۰/۶۴

جدول ۴- صحت تولید کننده و کاربر هر یک از طبقه‌های در الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی

الگوریتم	صحت تولید کننده (درصد)				صحت کاربر (درصد)			
	> ۳۶	۳۶-۲۴	۲۴-۱۲	۱۲-۰	> ۳۶	۳۶-۲۴	۲۴-۱۲	۱۲-۰
بیز ساده	۶۶	۷۸	۶۷	۷۳	۷۵	۶۱	۷۵	۶۳
حداکثر احتمال	۶۵	۶۴	۶۷	۷۳	۶۸	۶۱	۷۱	۶۹
نزدیک‌ترین همسایه	۶۸	۷۱	۵۹	۶۳	۷۰	۶۰	۶۶	۶۷
شبکه عصبی مصنوعی	۷۴	۷۶	۷۱	۷۱	۶۸	۶۹	۷۲	۸۳

بحث

نتایج بررسی آماری نمونه‌های اندازه‌گیری (جدول ۱) نشان داد که میزان چولگی داده‌ها ۰/۳۴ بود که به کم بودن مقدار ویژگی‌های ذاتی متغیر مورد بررسی، نحوه نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌های برداشت شده ارتباط دارد. چولگی نمونه‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که روش نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌ها به درستی انتخاب شده و به خوبی می‌تواند نمایانگر منطقه مورد بررسی باشد.

این پژوهش نشان داد که علاوه بر باندهای اصلی تصویر، استفاده از شاخص‌های گیاهی هم کمک بسیار زیادی به تشخیص درجات مختلف خشکیدگی می‌کند. شاخص‌هایی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند، بر اساس مطالعات پیشین با تمرکز بر سلامت جنگل و پایگاه داده شاخص‌های گیاهی محاسبه شدند. بر این اساس، یک سری از شاخص‌های بر مبنای نسبت‌گیری مانند NDVI-2، NRVI-2، MTCI، OSaVI، ARVI-2 به عنوان شاخص‌های مناسب برای طبقه‌بندی انتخاب شدند. در سایر

مطالعات نیز گزارش شده است که شاخص‌های بر مبنای نسبت‌گیری برای بررسی وضعیت سلامت جنگل مناسب هستند (Ismail, 2009). نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص NDVI بهترین متغیری است که طبقه‌های مختلف خشکیدگی را از یکدیگر تفکیک می‌کند (Ismail, 2009). در مطالعات دیگری نیز شاخص NDVI و مشتقات آن و نیز شاخص‌های نسبت‌گیری ساده به عنوان شاخص‌های مهم ارزیابی خشکیدگی جنگل معرفی شدند (Meddens *et al.*, 2013; Waser *et al.*, 2014). مهم‌ترین محدودیت شاخص NDVI حساس بودن این شاخص به انعکاس خاک زمینه است (Sims & Gamon, 2002). برای حداقل کردن اثر خاک زمینه استفاده از شاخص‌های خط خاک پیشنهاد می‌شود (Waser *et al.*, 2014). در این مطالعه نیز دو شاخص خط خاک OSaVI و DVI-2 در بین شاخص‌های مناسب برای طبقه‌بندی شدت خشکیدگی قرار گرفت.

به تازگی شاخص‌های جدیدی بر پایه ناحیه لبه قرمز طول موج الکترومغناطیسی برای ارزیابی سلامت جنگل

از دور مطابقت ندارد (Quirós *et al.*, 2009).

صحت نتایج به دست آمده از طبقه بندی شدت خشکیدگی در سطح توده با شبکه عصبی مصنوعی حدود ۷۳ درصد بود. مطابق با نتایج Chuanga و همکاران (۲۰۱۱)، در صورتی که صحت کلی بیشتر از ۷۰ درصد باشد، صحت نقشه های تولیدی قابل اعتماد است. در مطالعه Liu و همکاران (۲۰۰۶) که از عکس های هوایی با قدرت تفکیک مکانی زیاد برای بررسی وضعیت خشکیدگی بلوط ها در ایالات متحده استفاده شد، صحت روش حداکثر احتمال در دو سال متوالی ۸۰/۱ و ۷۸/۶ درصد و با بهترین الگوریتم طبقه بندی حدود ۹۵ درصد بود. در بسیاری از مطالعات تنها به شناسایی شدت خشکیدگی در دو طبقه سالم و ناسالم بسنده شده است، بنابراین طبیعی است که میزان صحت به دست آمده بیشتر باشد. به طور مثال، در مطالعه Fassnacht و همکاران (۲۰۱۴) درختان خشک سرو با صحتی بین ۸۴ تا ۹۶ درصد شناسایی شدند. همچنین، در مطالعه Meddens و همکاران (۲۰۱۳) تعداد سه طبقه با صحت تولید کننده بین ۸۶ تا ۸۹ شناسایی شدند.

با توجه به صحت کلی به دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی در طبقه بندی شدت خشکیدگی در سطح توده جنگلی، می توان گفت که داده های سنجنده WV-2 می تواند به خوبی شدت وقوع زوال بلوط را نشان دهد. این مطالعه می تواند برای کمی سازی اثرات وقوع زوال بلوط، ارزیابی میزان موفقیت در مدیریت این پدیده و نیز به عنوان راهنمایی برای استفاده در سایر مناطق مفید باشد. نکته دیگر اینکه با وجود اینکه شاخص های انتخاب شده در این مطالعه برای طبقه بندی داده های WV-2 توانست نتایج مناسبی را به همراه داشته باشد، اما باید توجه داشت که این شاخص ها فقط مناسب داده های WV-2 و موضوع و منطقه مورد مطالعه است و در صورت وجود شرایطی دیگر، این شاخص ها باید مورد ارزیابی قرار گیرد.

References

- Aci, M., Inan, C. and Avci, M., 2010. A hybrid classification method of k nearest neighbor,

معرفی شده اند. شاخص های لبه قرمز به مقدار کلروفیل و ساختار داخلی برگ حساس هستند و بنابراین با زی توده تاج درختان و وضعیت سلامت درختان ارتباط دارند (Sims & Gamon, 2002). در این مطالعه، علاوه بر شاخص MTCI که بر اساس باند لبه قرمز است، از شاخص های بر مبنای روابط خطی نیز به عنوان شاخص های مناسب برای طبقه بندی استفاده شد. در مطالعات دیگری نیز از شاخص های بر مبنای روابط خطی برای بررسی سلامت جنگل استفاده شده است (Waser *et al.*, 2014).

در این پژوهش برای طبقه بندی شدت خشکیدگی در مقیاس توده جنگلی از دو روش پارامتری بیز ساده و حداکثر احتمال و دو روش ناپارامتری شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک ترین همسایه ها استفاده شد. نتایج نشان داد که صحت دو روش بیز ساده و حداکثر احتمال مشابه و به ترتیب ۶۷/۹۳ و ۶۷/۲۱ درصد بود (جدول ۴). علت این است که این دو روش هر دو بر مبنای تئوری احتمالاتی بیز بنا نهاده شده اند و انتظار نیز نزدیکی نتایج این دو روش بود. همچنین نتایج نشان داد که نتایج به دست آمده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نسبت به سایر روش ها دارای صحت بیشتری بود. در مطالعه Pal و Mather (۲۰۰۳) نیز شبکه عصبی مصنوعی نسبت به سایر روش ها مانند روش حداکثر احتمال دارای صحت بیشتری بود. نتایج این مطالعه نشان داد که در صورتی که حدود ۲۵-۲۰ متغیر برای طبقه بندی وجود داشته باشد، حداکثر احتمال دارای بیشترین صحت خواهد بود و چنانچه تعداد متغیرها برای طبقه بندی کمتر باشد، شبکه عصبی مصنوعی نتایج بهتری دارد. در مطالعه Shirashi و همکاران (۲۰۱۴) نیز نتایج به دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی نسبت به نتایج به دست آمده از روش هایی مانند بیز ساده و درخت تصمیم دارای صحت بیشتری بود. مهمترین مزیت روش های ناپارامتری این است که به فرض های توزیع داده ها نیاز ندارند و بر این اساس، به طور معمول نتایج بهتری به همراه دارند. در روش های پارامتری به طور معمول شرایط اولیه (همانند توزیع نرمال برای انعکاس طیفی یا همگنی پراکنش) با داده های سنجنش

- Joria, P.E. and Ahearn, S.C., 1991. A comparison of the SPOT and Landsat Thematic Mapper satellite systems for detecting gypsy moth defoliation in Michigan. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57: 1605-1612.
- Kotsiantis, S.B., 2007. Supervised Machine Learning: A review of classification techniques. *Informatica*, 31: 249-268.
- Levesque, J. and King, D., 2003. Spatial analysis of radiometric fractions from high-resolution multispectral imagery for modelling individual tree crown and forest canopy structure and health. *Remote Sensing of Environment*, 84: 589-602.
- Liu, D., Kelly, M. and Gong, P., 2006. A spatial-temporal approach to monitoring forest disease spread using multi-temporal high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 101: 167-180.
- McCoy, R.M., 2005. *Field Methods in Remote Sensing*. The Guilford Press, New York, 177p.
- McGlone, J.C., 2004. *Manual of Photogrammetry*. 5th Edition, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Press, USA, 1151p.
- Meddens, A.J.H., Hicke, J.A., Vierling, L.A. and Hudak, A.T., 2013. Evaluating methods to detect bark beetle-caused tree mortality using single-date and multi-date Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 132: 49-58.
- Mir-Abolfathi, M., 2013. Outbreak of charcoal disease on *Quercus* spp and *Zelkova Carpinifolia* trees in forests of Zagros and Alborz mountains in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 49(2): 257-263 (In Persian).
- Pal, M. and Mather, P.M., 2003. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. *Remote Sensing of Environment*, 86: 554-565.
- Quirós, E., Felicísimo, Á.M. and Cuartero, A., 2009. Testing multivariate adaptive regression splines (MARS) as a method of land cover classification of TERRA-ASTER satellite images. *Sensors*, 9: 9011-9028.
- Rafiei, Y., Alavi-Panah, S.K., Malek-Mohammadi, B., Ramezani-Mehraban, M. and Nasiri, H., 2012. Mapping of land cover using remote sensing by using of decision tree algorithm (Case study: national park and wildlife shelter of Bakhtegan). *Geography and Environmental Planning*, 47: 94-110 (In Persian).
- Bayesian methods and genetic algorithm. *Expert Systems with Applications*, 37(7): 5061-5067.
- Baguskas, S.A., Peterson, S.H., Bookhagen, B. and Still, C.J., 2014. Evaluating spatial patterns of drought-induced tree mortality in a coastal California pine forest. *Forest Ecology and Management*, 315: 43-53.
- Barazmand, S., Shataee Joybari, Sh. and Abdi, O., 2012. Recognition possibility of trees canopy die back using high resolution satellite image of Quick bird (Case study: Shastkolate forest, Gorgan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4): 466-477 (In Persian).
- Cho, M.A., Malahlela, O. and Ramoelo, A., 2015. Assessing the utility WorldView-2 imagery for tree species mapping in South African subtropical humid forest and the conservation implications: Dukuduku forest patch as case study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38: 349-357.
- Chuanga, W.C., Lina, C.Y., Chiena, C.H. and Choub, W.C., 2011. Application of Markov-chain model for vegetation restoration assessment at landslide areas caused by a catastrophic earthquake in central Taiwan. *Ecological Modelling*, 222: 835-845.
- Deshayes, M., Guyon, D., Jeanjean, H., Stach, N., Jolly, A. and Hagolle, O., 2006. The contribution of remote sensing to the assessment of drought effects in forest ecosystems. *Annals of Forest Science*, 63: 579-595.
- Fassnacht, F.E., Latifi, H., Ghosh, A., Joshi, P.K. and Koch, B., 2014. Assessing the potential of hyperspectral imagery to map bark beetle-induced tree mortality. *Remote Sensing of Environment*, 140: 533-548.
- Hosseini, A., Hosseini, S.M., Rahmani, A. and Azadfar, D., 2014. Comparison between two oak stands (Healthy and affected by oak decline) in respect to characteristics of competitive environments at Ilam province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(4): 565-577 (In Persian).
- Ismail, R., 2009. Remote sensing of forest health: the detection and mapping of *Pinus patula* trees infested by *Sirex noctilio*. Ph.D. thesis, School of Environmental Sciences, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, South Africa, 161p.

- Sensing of Environment, 81(2-3): 337-354.
- Stone, C. and Coops, N.C., 2004. Assessment and monitoring of damage from insects in Australian eucalypt forests and commercial plantations. Austral Journal of Entomology, 43: 283-292.
 - Tsangaratos, P. and Ilia, I., 2016. Comparison of a logistic regression and Naïve Bayes classifier in landslide susceptibility assessments: the influence of models complexity and training dataset size. Catena, 145: 164-179.
 - Waser, L.T., Küchler, M., Jütte, K. and Stampfer, T., 2014. Evaluating the potential of WorldView-2 data to classify tree species and different levels of Ash mortality. Remote Sensing, 6: 4515-4545.
 - Zakeri Anaraki, S. and Fallah Shamsi, S.R., 2014. An investigation on Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl) single tree defoliation mapping, using Rapideye and Aster-L1B satellite imageries. Iranian Journal of Forest, 5(4): 443-456 (In Persian).
 - Sánchez, M.E., Caetano, P., Ferraz, J. and Trapero, A., 2002. Phytophthora disease of *Quercus ilex* in southwestern Spain. Forest Pathology, 32: 5-18.
 - Shahi, K., Shafri, H.Z.M., Taherzadeh, E., Shattri Mansor, Sh. and Muniandy, R., 2015. A novel spectral index to automatically extract road networks from WorldView-2 satellite imagery. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 18(1): 27-33.
 - Shiraishi, T., Motohka, T., Thapa, R.B., Watanabe, M. and Shimada, M., 2014. Comparative assessment of supervised classifiers for land use-land cover classification in a tropical region using time-series PALSAR mosaic data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 7(4): 1186-1199.
 - Sims, D.A. and Gamon, J.A., 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote

Investigation on the feasibility of mapping of oak forest dieback severity using Worldview-2 satellite data (Case study: Ilam forests)

O. Karami¹, A. Fallah^{2*}, Sh. Shataei³ and H. Latifi⁴

1- Ph.D. Student, Department of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2* - Corresponding author, Associate Prof., Department of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: fallaha2007@yahoo.com

3- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

4- Assistant Prof., Department for Geography and Geology, University of Wuerzburg, Wuerzburg, Germany

Received: 26.10.2016

Accepted: 01.01.2017

Abstract

In recent years, oak decline phenomenon has caused severe damages in Zagros forests. To deal with and managed this crisis, prior to any action, having accurate information about the status and distribution area of this phenomena is necessary. Using satellite data is one of methods to achieve information on the extent and severity of die back. For this purpose, map of oak decline severity was prepared in four levels for some parts of Ilam forests using Worldview-2 satellite data. Maximum likelihood, naive bayes, K-nearest neighbors and artificial neural network classification algorithm were used. The results showed that among different classification methods, the results of artificial neural network classification algorithm had most overall accuracy with 72.83%. Moreover, our results confirmed that the Worldview-2 satellite data can illustrate the severity of oak decline.

Keywords: Artificial neural network, oak decline, remote sensing.