The 2nd National Conference on
Geospatial Information Technology (NCGIT)

K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering

18 January 2017

دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ دی ماه ۱۳۹۵

تعیین میزان سلامت گیاه گندم با استفاده از روش‌های کدگذاری طیف بازتابندگی

محمدرضا مباشری[۱]، پگاه دارویی[۲*]

۱- استاد گروه مهندسی سنجش ازدور، موسسه آموزش عالی خاوران
۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

یکی از روش‌های استخراج اطلاعات از داده‌های ابرطیفی، روش‌های کدگذاری است. این روش‌ها می‌توانند با در نظر گرفتن شکل و رفتار طیف بازتابندگی و مشتقات آن‌ها در تمامی باندها و مستقل از مکان و زمان و با صرف زمان کمتر، خصوصیات بیشتری را از طیف استخراج کنند. روش‌های کدگذاری را می‌توان به دو سته کدگذاری آستانه طیف بازتابندگی و کدگذاری مشتق تقسیم نمود. هدف از این مقاله، ارزیابی قابلیت این روش‌ها در تخمین میزان سلامت گیاه گندم آلوده به زنگ است. بدین منظور از چهار روش کدگذاری SPAM، SFBC، SDFC و BTSC استفاده شده است. پس از کدگذاری طیف بازتابندگی لکه‌ی سبز به‌عنوان کد مرجع که نشان دهنده سلامت گیاه است، کدگذاری نمونه‌های آموزشی نیز به همان روش تهیه شد و زاویه شباهت میان رشته کدها محاسبه گردید. سپس با ترسیم نمودار میزان درصد حضور لکه سبز برحسب کسینوس زاویه شباهت، معادله‌ای خطی به آن برازش داده‌شد. بهترین خط برازش داده‌شده برای روش کدگذاری BTSC با مقدار R^2 و RMSE به ترتیب ۰.۹۴و ۰.۰۶ حاصل شد. نتایج نشان‌دهنده عملکرد مناسب روش‌های کدگذاری در تخمین سلامتی گیاه است.

واژه‌های کلیدی : داده‌های ابرطیفی، کدگذاری، زاویه شباهت، زنگ گندم.

نویسنده مکاتبه کننده : پگاه دارویی
آدرس پستی : تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از میردامد، پلاک ۱۳۴۶، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک.
تلفن : ۰۹۱۳۲۰۴۳۵۸۲
آدرس پست الکترونیک : Pegahdarouei@yahoo.com

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از تصویربرداری ابرطیفی با قدرت تفکیک طیفی بالاتر و وجود نواحی طیفی کافی، با کسب تصاویر همزمان در بسیاری از باندهای طیفی باریک و به هم پیوسته گسترش یافته است [۱] و با جزئیات بیشتری برای طبقه‌بندی و شناسایی به‌کار می‌روند [۲]. امضای ابرطیفی حاصل از آن‌ها که با ترسیم مقدار بازتابندگی هرنوع ماده برحسب طول‌موج‌ها حاصل می‌شود، اطلاعات طیفی قابل توجهی را برای تمایز و تشخیص دقیق‌تر مواد فراهم می‌کند [۳]. در کنار تمام مزایای تصویربرداری ابرطیفی، پردازش اطلاعات حاصل از آن‌ها با پیچیدگی‌ها و مشکلاتی همراه است. به‌گونه‌ای که با توجه به حجم وسیع اطلاعات، پردازش‌های مورد استفاده در تصاویر چندطیفی برای آن‌ها کارساز نیست و نیاز به روش‌های دیگری برای استخراج اطلاعات حاصل از آن‌ها است. اغلب روش‌های استفاده شده نیز سعی در کاهش ابعاد داده‌های ابرطیفی با انتخاب ویژگی‌های بهینه داشته‌اند. با توجه به شباهت‌های ظاهری طیف‌های بازتابندگی نیاز به استفاده از اطلاعات کل طیف بازتابندگی برای تمایز مواد مختلف و استفاده از روش‌هایی که ویژگی‌های بیشتری را از طیف بازتابندگی با صرف زمان کمتری استخراج کنند، ضروری به‌نظر می‌رسد. به همین دلیل استفاده از روش‌های کدگذاری که می‌توانند شکل و رفتار طیف بازتابندگی را در کل باندها و مستقل از مکان و زمان در نظر بگیرند، مطرح شده است که باعث کاهش وابستگی اطلاعات به عوامل خارجی نیز می‌گردد [۴].

گوتز در سال ۱۹۹۰ روش کدگذاری دودویی طیفی را که نمایشی ساده از صفر و یک از روشنایی هر پیکسل در باندهای مختلف است، پیشنهاد داد [۵]. پس از آن محققان مختلفی شروع به ارائه روش‌هایی برای نمایش بهتر اطلاعات با اعداد باینری نمودند. روش کدگذاری SPAM[1] را می‌توان اولین روش کدگذاری استفاده شده در سنجش از دور در نظر گرفت که توسط مازر و همکاران در سال ۱۹۸۸ ارائه شد [۶].

روش‌های کدگذاری مطرح شده تا به امروز بیشتر برای شناسایی موادمعدنی [۲، ۳، ۴، ۷ و ۸] و کاربری‌های اراضی [۹] استفاده شده است و برای گیاهان و بیماری‌های مربوط به آن‌ها مورد استفاده قرار نگرفته است. برای شناسایی و تخمین بیماری‌های گیاهی اغلب از شاخص‌های طیفی بیماری و گیاهی و مدل‌های آماری چندمتغیره استفاده می‌شود. از این رو در این مقاله سعی داریم با توجه به نزدیک بودن طیف‌های بازتابندگی گیاه در مراحل مختلف بیماری از روش‌های کدگذاری به منظور بررسی عملکرد این روش‌ها برای تعیین میزان سلامت گیاه استفاده کنیم. بدین‌منظور از داده‌های طیف‌سنجی شده از برگ گیاه گندم آلوده به بیماری زنگ استفاده شده است.

ساختار این توشتار به این صورت است: در بخش اول مقدمه‌ای بر تصویربرداری ابرطیفی و ضرورت استفاده از روش‌های جدید مانند کدگذاری ارائه شد. دربخش دوم برروش‌های کدگذاری استفاده شده در سنجش از دور ابرطیفی و معیارهای مقایسه آن‌ها، مروری می‌شود. سپس روش‌های کدگذاری، داده‌ها و نتایج پیاده‌سازی ارائه می‌شود و در بخش آخر نتیجه‌گیری کلی بیان می‌گردد.

۲- مواد وروش‌ها

این قسمت از دو بخش تشکیل می‌شود: در بخش اول خلاصه‌ای از روش‌های کدگذاری به طور مختصر توصیح داده می‌شود و در بخش دوم به پیاده‌سازی و ارزیابی ۴روش از این روش‌ها برای تخمین میزان سلامت گیاه گندم آلوده به زنگ، پرداخته می‌شود.

[1] Spectral Analysis Manager

۲-۱- روش‌های کدگذاری

در حالت کلی، می‌توان روش‌های کدگذاری را به دودسته کدگذاری آستانه برای طیف بازتابندگی و کدگذاری مشتق تقسیم‌بندی‌نمود. در کدگذاری آستانه بسته به تعداد بیت مورد نیاز برای توصیف بهتر طیف بازتابندگی از ۱ یا تعداد بیشتری حدآستانه استفاده می‌شود بنابراین می‌توان روش‌های کدگذاری را برحسب تعداد بیت نسبت داده شده به هرباند نیز دسته‌بندی نمود: مانند گدذاری دوگانه (ساده ترین حالت کدگذاری) و کدگذاری چهارگانه و ده‌گانه [۱۰]. در ادامه از دسته‌بندی اول برای معرفی روش‌ها استفاده می‌شود.

۲-۱-۱- کدگذاری آستانه برای طیف بازتابندگی

در این روش‌ها با تعیین حدآستانه‌هایی برای طیف بازتابندگی عملیات کدگذاری انجام می‌شود. بدین صورت که به مقادیر بالاتر از آستانه عدد یک و مقادیر کوچتر عدد صفر نسبت داده می‌شود. بسته به تعداد حدآستانه‌ها، کدگذاری می‌تواند از یک بیت تا تعداد بالاتری باشد. مسئله مهم در این روش تعیین مناسب آستانه‌ها به گونه‌ای است که بتواند متناظر با هدف ویژگی‌های بیشتری را از طیف استخراج کند. درادامه به تعدای از آستانه‌های استفاده شده اشاره می‌شود.

- آستانه میانگین: این آستانه ساده‌ترین نوع کدگذاری است که برای اولین بار توسط مازر و همکاران در سال ۱۹۸۸ ارائه شد [۶]. با فرض این‌که $s = (s_1, s_2, \ldots, s_l)$ یک امضای ابرطیفی با L باند باشد کدگذاری با روابط (۱) انجام می‌شود.

$$\mu = \frac{1}{L}\sum_{i=1}^{l} s_i$$

$$S_l^a = \begin{cases} 0, & s_l < \mu \\ 1, & s_l \geq \mu \end{cases}$$

رابطه (۱)

- آستانه میانه: استفاده از میانه طیف بازتابندگی به‌جای میانگین که توسط چنگ در سال ۲۰۱۳ مطرح شد [۱۱].

- آستانه نیم‌فاصله: در این حالت از نیم فاصله بیشترین و کمترین مقدار طیف بازتابندگی به‌عنوان آستانه استفاده می‌شود [۱۱].

- آستانه ناحیه احتمال برابر: این روش از ایده متفاوتی نسبت به روش‌های قبلی برخوردار است و توسط چنگ در سال ۲۰۱۳ با تعمیم روش کدگذاری لینچ مورد استفاده برای حذف نویز، ارائه شده است [۱۱].

- آستانه انحراف از میانگین: این نوع از آستانه در سال ۱۹۹۶ توسط کیان و همکاران مطرح شد و متوسط تفاضل داده‌ها از میانگین طیف بازتابندگی را به عنوان حدآستانه در نظر می‌گیرد [۱۲].

$$MD = \frac{1}{L}\sum|s_i - \mu|$$

$$S_l^{MD} = \begin{cases} 0 & |s_l - \mu| < MD \\ 1 & |s_l - \mu| \geq MD \end{cases}$$

رابطه (۲)

می‌توان گفت، اغلب محققانی که از روش کدگذاری برای استخراج اطلاعات استفاده می‌کنند،کدگذاری آستانه را به‌عنوان جزئی از روش خود در کنار کد مشتق در حالت‌های مختلف معرفی می‌کنند. در سال ۱۹۹۳، جایا و ریچارد، روش کدگذاری آستانه میانگین را با هدف افزایش دقت و استخراج جزئیات بیشتر از طیف بازتابندگی، به‌صورت روش ۲ بیت با در نظر گرفتن ۳حدآستانه برای تمامی باندها و گروه‌های مشخصی از باندهای طیف در مناطق جذبی

برای طبقه‌بندی پوشش‌ها به کار بردند و به نتایج بهتری در مقایسه با روش ۱بیت دست یافتند [۹]. اجاقلو و همکاران در سال ۱۳۹۲ برای کدگذاری آستانه، از ۸ حدآستانه میانگین برای توصیف طیف بازتابندگی استفاده نمودند [۸]. کیان و همکاران، کد آستانه میانگین و انحراف از میانگین را به‌صورت هم‌زمان به‌کار بردند [۱۲].

۲-۱-۲- کدگذاری مشتق

در این روش از اختلافات باندهای مجاور و حالت های مختلف قرارگیری آن‌ها در کنارهم برای کدگذاری استفاده می‌شود. ساده‌ترین روش برای این کدگذاری روش ارائه شده توسط مازر می‌باشد که برحسب علامت مشتق (شیب صعودی و نزولی) کدگذاری انجام می‌شود [۶].

رابطه (۳)

$$S_l^b = \begin{cases} 0, & s_{l+1} < s_{l-1} \\ 1, & s_{l+1} \geq s_{l-1} \end{cases}$$

چنگ و همکاران در سال ۲۰۰۹، برای بهبود دو روش قبلی از تغییرات سه باند مجاور در مقادیر طیفی که نشان دهنده‌ی تغییرات در مشتق طیفی بوده و همچنین میانگین قدرمطلق تفاضل هر باند با باند قبلی به‌عنوان حدآستانه، با در نظر گرفتن ۴حالت زیر استفاده کردند [۷]. در این روش بسته به داده‌های مورد استفاده می‌توان به‌جای معیار Δ، از ۵ برابر یا بالاتر از آن نیز استفاده نمود [۱۱].

رابطه (۴)

$$\Delta = \frac{1}{L-1}\sum_{l=2}^{L}|s_l - s_{l-1}|$$

$$S_l^{SDFC} = \begin{cases} 0\ or\ 00 & |s_l - s_{l-1}| \leq \Delta, |s_{l+1} - s_l| \leq \Delta \\ 1\ or\ 01 & |s_l - s_{l-1}| \leq \Delta, |s_{l+1} - s_l| > \Delta \quad or \quad |s_l - s_{l-1}| > \Delta, |s_{l+1} - s_l| \leq \Delta \\ 2\ or\ 10 & s_l - s_{l-1} < \Delta, s_{l+1} - s_l < \Delta \quad or \quad s_l - s_{l-1} > \Delta, s_{l+1} - s_l > \Delta \\ 3\ or\ 11 & s_l - s_{l-1} < \Delta, s_{l+1} - s_l > \Delta \quad or \quad s_l - s_{l-1} > \Delta, s_{l+1} - s_l < \Delta \end{cases}$$

اجاقلو و همکاران برای کدگذاری مشتق از علامت آن برای سه باند مجاور با در نظرگرفتن ۹ حالت مختلف استفاده کردند[۸].

برای ساخت کدهای نهایی، از ترکیب حالت‌های مختلف کدگذاری آستانه در کنار کدگذاری مشتق استفاده می‌شود. روش SPAM با قرارگیری روابط (۱ و ۳) در کنار هم، روش SFBC[1] از ترکیب روابط (۱، ۲ و ۳) و روش SDFC[2] نیز از از ترکیب روابط (۱ و ۴) حاصل می‌شوند.

۲-۱-۳- کدگذاری محلی

در بیشتر روش‌های ذکر شده، از یک ویژگی عمومی برای نمایش کل طیف بازتابندگی استفاده شده است. درصورتی که می‌توان برای بهبود روش‌های کدگذاری باینری فعلی از تغییرات محلی در امضای طیفی، جهت نمایش بهتر امضای طیفی استفاده کرد. روش BTSC[3] که برگرفته از یکی از روش‌های فشرده‌سازی تصویر موسوم به (BTC) می‌باشد، در سال ۲۰۰۸ توسط چکراوارتی برای کدگذاری امضای طیفی مطرح شد [۳]. در این روش ابتدا طیف بازتابندگی به تعدادی از ناحیه (n بلوک) بدون هم‌پوشانی به طول b تقسیم می‌شود و برای هر ناحیه با معیارهای مختلف عملیات کدگذاری به صورت مجزا انجام می‌شود. چکراوارتی از ۳ معیار میانگین، همبستگی و گرادیان برای هر بلوک استفاده کرد. نکته مهم در این روش تعیین اندازه بلوک‌ها است.

[1] Spectral Feature-Based binary Coding
[2] Spectral Derivative Feature Coding
[3] Block Truncation Signature Coding

برای معیار میانگین از روابط (۵) استفاده می‌شود که میانگین هر بلوک را به عنوان آستانه برای آن بلوک در نظر می‌گیرد.

$$\mu_j = \left(\frac{1}{l}\right)\sum_{i=1}^{l} s_j(i) \qquad j = 1{:}\,n$$

$$S_j^{\mu-sTSC}(i) = \begin{cases} 0 & s_j(i) < \mu_j \\ 1 & s_j(i) \geq \mu_j \end{cases}$$

رابطه (۵)

معیار همبستگی که به آن معیار سه میانگین نیز گفته می‌شود، با روابط (۶) محاسبه می‌شود. n_{high} و n_{low} تعداد باندهایی است که مقدار آن‌ها در هر بلوک به ترتیب بیشتر و کمتر از میانگین می‌باشد.

$$\mu_{high} = \left(\frac{1}{n_{high}}\right)\sum_{s_j(i)\geq\mu_j} \left|s_j(ic) - s_j(i)\right|$$

$$\mu_{low} = \left(\frac{1}{n_{low}}\right)\sum_{s_j(i)<\mu_j} \left|s_j(ic) - s_j(i)\right|$$

رابطه (۶)

$$S_j^{3\mu-sTSC}(i) = \begin{cases} 0 & \mu_{high} < \mu_j \\ 1 & \mu_{low} \geq \mu_j \end{cases}$$

برای محاسبه معیار گرادیان از روابط (۷) استفاده می‌شود.

$$\nabla_j(i) = \max\{\left|s_j(i) - s_j(i-1)\right|, \left|s_j(i) - s_j(i+1)\right|\}$$

$$p_j(i) = \frac{\nabla_j(i)}{w_j}, w_j = \sum_{i=2}^{b-1} \nabla_j(i)$$

$$t_j^{\nabla} = \sum_{i=2}^{b-2} p_j(i)\, s_j(i)$$

$$S_j^{\nabla-sTSC}(i) = \begin{cases} 0 & s_j(i) < t_j^{\nabla} \\ 1 & s_j(i) \geq t_j^{\nabla} \end{cases}$$

رابطه (۷)

کد نهایی مطابق رابطه (۸) با قرارگیری کد بلوک‌ها در کنار هم حاصل می‌شود.

$$S_j^{BTSC}(i) = \left(S_j^{\mu-sTSC}(i), S_j^{3\mu-sTSC}(i), S_j^{\nabla-sTSC}(i)\right)$$

$$S_l^{BTSC} = \left(S_1^{BTSC}, S_2^{BTSC}, \dots, S_n^{BTSC}\right)$$

رابطه (۸)

۲-۱-۴- معیارهای مقایسه کدها

برای مقایسه کدهای مرجع با کدهای مجهول به‌منظور شناسایی یا محاسبه فراوانی هرماده از معیارهای شباهتی هم‌چون فاصله همینگ، فاصله قدرمطلق و زاویه شباهت استفاده می‌شود. ویژگی باینری بودن بردار کدها، باعث می‌شود که از بسیاری از معیارهای شباهت معمول نتوان استفاده کرد [۴]. در ادامه به معرفی این سه معیار پرداخته می‌شود.

- فاصله همینگ: این فاصله بیان‌کننده تعداد مکان‌هایی است که بیت‌ها تغییر کرده‌اند و درواقع بیان‌کننده میزان تفاوت‌هاست. به‌عبارت دیگر هرچه این فاصله کمتر (تعداد صفرها بیشتر)، دو رشته کد به‌هم شبیه‌ترند. برای دو رشته کد کاملا یکسان این فاصله برابر صفر است اما از آن‌جایی که در واقعیت وجود فاصله صفر

ممکن نیست معمولا آستانه‌ای برای آن در نظر می‌گیرند.که در [۲، ۳، ۹ و ۱۲] از این معیار استفاده شده است.

- فاصله قدرمطلق (AVD[1]): فاصله میانگین قدرمطلق نیز با رابطه‌ای مشابه فاصله همینگ محاسبه می‌گردد، با این تفاوت که در فاصله همینگ کدها به صورت دودویی هستند ولی در فاصله میانگین قدر مطلق، کدها اعداد حسابی از صفر تا یکی کمتر از تعداد بیت‌ها می‌باشند. مراجع [۳، ۷ و ۸] برای مقایسه کدها این معیار را به‌کار بردند.
- زاویه شباهت: این معیار، زاویه بین دو بردار را که در این‌جا رشته‌کدها هستند با رابطه (۹) محاسبه می‌کند. هرچه زاویه بین دو بردار کم‌تر باشد، میزان شباهت آن‌ها بیش‌تر است. زاویه صفر به معنای شباهت کامل بردارهاست. از این معیار در مرجع [۴] استفاده شده است.

رابطه (۹)
$$\alpha = cos^{-1}\left(\frac{\sum_{i=1}^{nb} s_i r_i}{(\sum_{i=1}^{nb} s_i^2)^{1/2}(\sum_{i=1}^{nb} r_i^2)^{1/2}}\right)$$

S = طیف مورد آزمایش

r = طیف مرجع

i = شماره باند

nb= تعداد باندها

برای مقایسه روش‌های کدگذاری در تفکیک بهتر امضاهای طیفی و تعیین کدگذاری با بهترین عملکرد از معیار قدرت تفکیک نسبی طیفی (RSDPW[2]) استفاده می‌شود [۱۳]. این معیار برای تفکیک رشته کدهای مربوط به دو امضای طیفی s_1 و s_2 نسبت به یک امضای مرجع با معیار شباهت m با استفاده از رابطه (۱۰) برای هر روش محاسبه می‌شود و مقادیر بالاتر آن نشان‌دهنده عملکرد بهتر آن روش می‌باشد.

رابطه (۱۰)
$$RSDPW_m\ (s_1, s_2; r) = \max\{m(s_1, r)/\ m(s_2, r),\ m(s_2, r)/\ m(s_1, r)\}$$

۲-۲- پیاده‌سازی و تحلیل نتایج

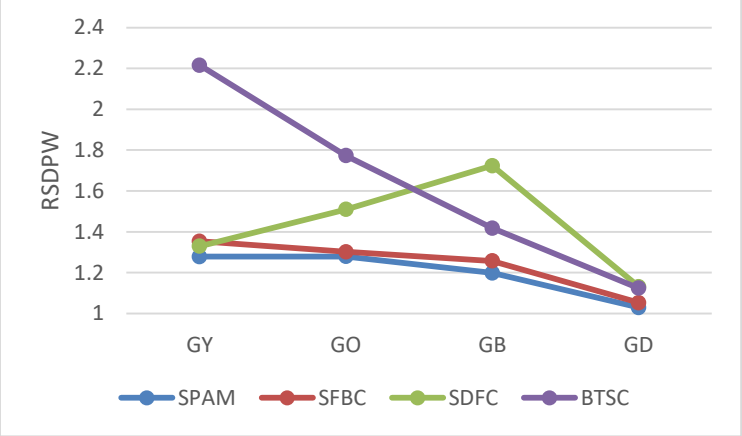
به منظور بررسی عملکرد روش‌های کدگذاری و استفاده از این روش‌ها برای تخمین میزان سلامت گیاه، ۴ روش کدگذاری SPAM، SFBC, SDFC و BTSC، انتخاب و برای تعیین میزان سلامت گیاه با داده‌های طیف‌سنجی شده از برگ گیاه گندم آلوده به بیماری زنگ استفاده شد. این داده‌ها، نمونه‌های طیف‌سنجی شده توسط تیم مباشری و همکاران در سال ۲۰۱۴ مورد استفاده در پروژه رساله دکترای عاشورلو می‌باشد [۱۴]، که در مراحل مختلف بیماری با حضور لکه‌های رنگی سبز، زرد، نارنجی، قهوه‌ای و خشک طیف‌سنجی شدند و درصد فراوانی هر لکه نیز اندازه‌گیری شده است.

باتوجه به حضور هم‌زمان لکه‌های رنگی با میزان درصد متفاوت روی یک برگ آلوده به زنگ و تاثیر لکه‌های دیگر در تعیین میزان لکه سبز که نشان‌دهنده سلامت گیاه است، استفاده از شاخص‌های گیاهی استفاده شده برای بیماری‌ها بدون توجه به این علائم، نتایج قابل قبولی را ارائه نداند [۱۵] و نیاز به روش‌هایی جهت جداسازی بهتر این لکه از سایر لکه‌های رنگی می‌باشد تا بتوان با تعیین میزان درصد حضور لکه سبز، میزان سلامت گیاه را تخمین زد. [۱۴]. از این‌رو، با در اختیار داشتن طیف بازتابندگی هر لکه رنگی، عملیات کدگذاری طیف بازتابندگی لکه‌ها با ۴ روش ذکر شده انجام شد و از معیار زاویه شباهت برای مقایسه کدها استفاده شد. سپس برای بررسی عملکرد هر روش

[1] Absolute Value Distance
[2] Relative Spectral Discriminatory PoWer

در جداسازی طیف لکه سبز از سایر لکه‌ها از معیار RSDPW استفاده شد. شکل (۱)، میزان RSDPW را برای ۴روش مذکور نشان می‌دهد. مطابق نتایج شکل (۱)، روش BTSC و پس از آن روش SDFC، نسبت به دو روش دیگر، از توانایی بیشتری برای جداسازی طیف لکه سبز از طیف سایر لکه‌ها با مدل کردن رفتار طیف و استخراج اطلاعات از آن برخودار هستند. علت آن را می‌توان در نظر گرفتن خصوصات و تغییرات محلی در روش BTSC و استفاده از اطلاعات بیشتر از تغیرات طیف در باندهای مجاور در روش SDFC دانست. در ادامه برای تعیین رابطه خطی میان کسینوس زاویه شباهت کد طیف‌ها و میزان حضور لکه سبز، کد طیف بازتابندگی تعدادی نمونه‌ی آموزشی به همان ۴ روش تهیه و کسینوس زاویه شباهت بین آن‌ها و کد مرجع (سبز) محاسبه شد. در این صورت با استخراج معادله خط، می‌توان میزان سلامت گیاه را با محاسبه زاویه شباهت کدها تخمین زد. با توجه به این‌که میزان حضور لکه سبز عددی بین صفر و یک است، به‌جای زاویه شباهت از کسینوس آن استفاده شده است. جدول (۱) میزان R^2 و RMSE، a و b خط برازش داده شده را نشان می‌دهد. اگر HD[1] ، درصد حضور لکه سبز (درجه سلامت برگ) و C کسینوس زاویه شباهت کد مرجع لکه سبز با کد نمونه‌ها باشد، میزان سلامت گیاه با رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

$$HD = a^* C + b$$ رابطه (۱۱)



شکل ۱: معیار RSDPW در توانایی جداسازی طیف لکه سبز از طیف لکه‌های زرد (Y)، نارنجی (O)، قهوه‌ای (B) و خشک (D) با ۴ روش SPAM, SFBC, SDFC, BTSC

مطابق نتایج جدول (۱)، همان‌طور که معیار RSDPW نیز پیش‌بنی کرده بود، کمترین میزان خطا و بیشترین مقدار R^2 مربوط به روش BTSC می‌باشد. این روش به علت استفاده از خصوصیات محلی به‌جای استفاده از یک ویژگی عمومی برای طیف بازتابندگی، قادر به استخراج جزئیات بیشتری از آن است و به‌خوبی می‌تواند میان میزان حضور لکه سبز و زاویه شباهت رابطه برقرار کند در صورتی که به علت وجود شباهت‌های طیفی زیاد لکه‌ها، دو روش SPAM و SFBC در مدل کردن رفتار طیف، عملکرد قابل قبولی به‌همراه ندارند.

جدول ۱: میزان R2 و RMSE در برازش خط برای ۴ روش SPAM, SFBC, SDFC, BTSC

RMSE	b	a	R^2	روش کدگذاری
0.1	-8.80	10.04	0.80	**SPAM**
0.1	-16.51	18.07	0.80	**SFBC**
0.07	-12.51	13.42	0.92	**SDFC**
0.06	-1.97	2.94	0.94	**BTSC**

[1] Health Degree

۳- نتیجه‌گیری

با گسترش تصویربرداری ابرطیفی و کاربرد آن در زمینه‌های مختلف، نیاز به روش‌هایی که بتوانند با استخراج اطلاعات بیشتری از طیف‌های بازتابندگی، شکل و رفتار آن را در کل باندها و مستقل از مکان و زمان در نظر گیرند، احساس می‌شود. استفاده از روش کدگذاری طیف بازتابندگی راه‌حل مناسبی است که برای پردازش اطلاعات ابرطیفی استفاده شده است. این روش‌ها به دوسته کدگذاری آستانه طیف بازتابندگی و کدگذاری مشتق تقسیم می‌شوند. از آن‌جا که استفاده از این روش‌ها برای گیاهان و بیماری‌های مربوط به‌آن‌ها مورد توجه قرار نگرفته است، در این نوشتار ضمن مرور روش‌های کدگذاری به‌صورت مختصر، به بررسی عملکرد این روش‌ها در تعیین میزان سلامت گیاه پرداختیم. بدین منظور از برگ‌های گیاه گندم آلوده به بیماری زنگ با درصد سلامت معلوم استفاده و ۴ روش از معمول‌ترین روش‌های کدگذاری (SPAM, SFBC, SDFC, BTSC) روی داده‌ها تست شد. نتایج نشان‌دهنده قابلیت روش‌های کدگذاری در تخمین میزان بیماری یا سلامت گیاه است. بهترین نتیجه برای روش BTSC با مقدار R^2 برابر ۰.۹۴ حاصل شد که علت آن استفاده از ویژگی‌ها و پارامترهای آماری به‌صورت محلی در توصیف طیف است. در این صورت رفتار طیف بازتابندگی با جزئیات بیش‌تری بررسی می‌شود.

اگرچه از میان این روش‌ها، روش BTSC بهترین نتایج را به‌همراه داشته است ولی روش‌های دیگر نیز علیرغم ساده بودن در توصیف اطلاعات طیف برگ بیمار، موفق عمل کرده‌اند و نتایج نشان‌دهده قابلیت روش‌های کدگذاری در شناسایی و تخمین یماری‌های گیاهی است. بنابراین به‌کارگیری این روش‌ها برای بیماری‌های گیاهی جای کار زیادی دارد.

مراجع

[1] F.H. Goetz, G. Vane, J.E. Solomon and B.N. Rock, "Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing", Science, vol. 228, no. 4704, pp. 1147-1153, 1985.

[2] K. Rhae Sung, "Spectral Matching using Bitmap Indices of Spectral Derivatives for the Analysis of Hyperspectral Imagery", MSc thesis, Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, 2011.

[3] S. Chakravarty, "Analysis on hyperspectral signature coding", Doctoral dissertation, University of Maryland, Baltimore County., 2008.

[4] S. Naseri.Nasab, “Pixel-Based abundance estimation of minerals using the absolute minimum and maximum of reflectance curve”, MSc Thesis, Geomatics Engineering Faculty, K.N.Toosi University of Technology, 2015.

[5] A.F.H. Goetz, “Hyperspectral Imaging : Advances in a Spectrum of Applications,” The 5th Australasian Remote Sensing Conference, Perth, 1990

[6] A.S. Mazer, M. Martin, M. Lee, J. E. Solomon, "Image Processing Software for Imaging Spectrometry Data Analysis", Remote Sensing Environ, 24: 201-210, 1998.

[7] C.I. Chang, S. Chakravarty, H.M. Chen and Y.C. Ouyang, "Spectral Derivative Feature Coding for Hyperspectral Signature Analysis", Pattern Recognition 42: 395 - 408., 2008.

[8] M. Ojaghloo, M. R. Mobasheri and Y. Rezaei, "Classification of hyperspectral images,Using derivative in the spectral space and coding methods," Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, vol. 5, no. 1, pp. 13-28, 2013.

[9] X. Jia, and J.A. Richards, "Binary coding of imaging spectrometer data for fast spectral matching and classification". Remote Sensing of Environment, 43(1), pp.47-53., 1993.

[10] P. Du, Y. Chen, "Study on Spectral Similarity Measure in Hyperspectral Remote Sensing Data", IEEE, 268-271., 2004.

[11] C.I. Chang, "Hyperspectral data processing: algorithm design and analysis". John Wiley & Sons., 2013.

[12] S. Qian, A.B. Hollinger, D. Williams and D. Manak, Fast Three-dimensional Data Compression of Hyperspectral Imagery Using Vector Quantization with Spectral-feature-Based Binary Coding, Opt. Eng .11(35)، 3242-3249, 1996

[13] C.-I. Chang, "An information theoretic-based approach to spectral variability, similarity and discriminability for hyperspectral image analysis", IEEE Trans. Inf. Theory 46 (5) 1927–1932, 2000.

[14] D. Ashourloo, “Developing an algorithme to estimate and detect wheat rust by field spectrometry”, Ph.D Thesis, Geomatics Engineering Faculty, K.N.Toosi University of Technology, 2014.

[14] D. Ashourloo,M.R. Mobasheri and A. Huete, "Evaluating the Effect of Different Wheat Rust Disease Symptoms on Vegetation Indices Using Hyperspectral Measurements". Remote sensing , Volume 6(6), pp. 5107-5123, 2014.