



بررسی مقایسه‌ای معیارهای متداول ارزیابی دقت و معیارهای مغایرت طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور

مهران دادجو^۱، سید باقر فاطمی نصرآبادی^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان
۲. استادیار گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۲۷

چکیده

ارزیابی دقت نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، بسیار حائز اهمیت است. تاکنون پارامترهای متعددی برای بیان دقت طبقه‌بندی تصاویر، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دو نمونه از متداول‌ترین پارامترها، ضریب کاپا و دقت کلی^۱ هستند. بعضی از محققان به این پارامترهای متداول ایراداتی وارد کرده و پارامترهای جدیدی ارائه کرده و معتقدند این پارامترها، معایب پارامترهای متداول را ندارند. در این تحقیق، رابطه دو مورد از این پارامترهای جدید ارزیابی دقت طبقه‌بندی با پارامترهای متداول مورد بررسی قرار گرفته است. این دو پارامتر مغایرت کمی^۲ و مغایرت تخصیصی^۳ نام گذاری شده‌اند که میزان عدم شباهت را گزارش می‌کنند. به منظور بررسی رفتار این دو پارامتر، روی ۵۷ تصویر شامل سه دسته از تصاویر با قدرت تفکیک متوسط، قدرت تفکیک بالا و قدرت تفکیک خیلی بالا، طبقه‌بندی نظارت شده انجام شد. سپس ضریب کاپا و دقت کلی به عنوان پارامترهای متداول، و مغایرت کمی و مغایرت تخصیصی به عنوان پارامترهای جدید برای هر تصویر طبقه‌بندی شده، محاسبه شده و همبستگی مقادیر به دست آمده با یکدیگر بررسی شد. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهند که میزان همبستگی بین این دو دسته پارامتر، بالا ولی در جهت منفی است؛ به عبارت دیگر با افزایش مقادیر یک دسته، مقادیر دسته دیگر کاهش می‌یابد. به این ترتیب، پارامترهای مغایرت، اطلاعات جدیدی را درباره نتایج طبقه‌بندی به کاربر ارائه نمی‌کنند، تنها و در صورتی که خطای طبقه‌بندی خواسته شود، می‌توان از پارامترهای مغایرت نیز در کنار آن‌ها استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی دقت، دقت کلی، طبقه‌بندی، معیارهای متداول، معیارهای جدید

*نویسنده عهده دار مکاتبات: اصفهان، خیابان هزارجریب، دانشگاه اصفهان، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، گروه مهندسی نقشه برداری، کدپستی: ۷۳۴۴۱-۸۱۷۴۶، تلفن: ۰۹۱۳۱۰۹۱۰۶۴، ۰۳۱۳۷۹۳۵۳۳۳

Email: sb.fatemi@eng.ui.ac.ir

- 1 Kappa Coefficient
- 2 Overall Accuracy
- 3 Quantity Disagreement
- 4 Allocation Disagreement

۱- مقدمه

ماتریس ابهام یک ماتریس مربعی به ابعاد تعداد کلاس‌ها است که حاصل مقایسه واحد به واحد داده‌های مرجع با نتایج حاصل از طبقه‌بندی است. در این ماتریس نتیجه مقایسه برچسب پیکسل‌های داده مرجع (در ستون‌ها) با برچسب پیکسل‌های داده طبقه‌بندی شده (در سطرها) ارائه می‌شود (Congalton & Green, 2008).

مرسوم‌ترین پارامترهایی که از ماتریس ابهام به دست می‌آید عبارت‌اند از دقت کلی و ضریب کاپا. دقت کلی، میانگینی از صحت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد (Sui, Tian, & Xu, 2014). ضریب کاپا، دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (Foody, 2002). با وجود متداول بودن کاربرد پارامترهای ضریب کاپا و دقت کلی، برخی از محققان، ایراداتی نسبت به این پارامترها وارد کرده و معیارهای جدیدی برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی ارائه نموده‌اند.

یکی از این ایرادات، ناتوان بودن پارامترهای متداول در ارزیابی دقت طبقه‌بندی در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی خیلی بالا بیان شده است. در این تصاویر خصوصیات هندسی عوارض با سطح بالایی از جزئیات ثبت می‌شود و از آنجایی که پارامترهای کاپا و دقت کلی بر مبنای پیکسل هستند، در برخی موارد نمی‌توانند دقت هندسی عوارض استخراج شده را به خوبی ارزیابی کنند (Zhou, Wu, & Li, 2011). بنابراین برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا پیشنهاد شده است از معیارهایی که بر مبنای عارضه^۳ عمل می‌کنند، استفاده شود (Persello & Bruzzone, 2010).

طبقه‌بندی در سنجش از دور، فرآیند شناسایی کلاس‌های طیفی موجود در داده تصویری است که هر کدام از این کلاس‌های طیفی، متناظر با یک نوع پوشش مشخص زمینی است. به عبارت دیگر، هدف از طبقه‌بندی برچسب‌دهی پیکسل‌ها برای اختصاص آن‌ها به کلاس‌های طیفی مشخص است (Richards, 2013). طبقه‌بندی، همواره به عنوان مهم‌ترین فرآیند تولید محصولات جغرافیایی پر کاربرد (نظیر نقشه‌های پوششی و کاربری، نقشه سطح پوشش‌های گیاهی، نقشه تغییرات پارامترهای محیطی مختلف) از تصاویر اخذ شده توسط سنجنده، مورد توجه محققان بوده است (Wilkinson, 2005). Congalton و Green (۲۰۰۸) معتقدند فارغ از اینکه از کدام یک از روش‌های طبقه‌بندی استفاده می‌شود، ارزیابی دقت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی به دلایل زیر الزامی است:

- برآورد میزان نزدیکی دقت نتایج حاصل به دقت مطلوب
 - نیاز به افزایش کیفیت نتایج حاصل به کمک شناسایی و تصحیح منابع خطا
 - نیاز به مقایسه تکنیک‌ها، الگوریتم‌ها، تحلیل‌ها و تفسیرهای مختلف جهت یافتن بهترین روش
 - لزوم مشخص بودن دقت نتایج حاصل جهت استفاده از آن‌ها در فرآیندهای تصمیم‌گیری (مانند GIS)
- بنابراین آخرین مرحله از روند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، ارزیابی دقت است. با استفاده از روش‌های متداول ارزیابی دقت می‌توان با محاسبه پارامترهایی که از ماتریس ابهام^۱ استخراج می‌شوند، دقت نتایج را مشخص کرد (Hashemian, Abkar, & Fatemi, 2004).

1 Confusion Matrix

2 Very High Resolution (VHR)

3 Object-based

کاپا، از دیدگاه این دو نویسنده عبارت‌اند از: محاسبات پیچیده و درک سخت کاپا، مبهم شدن کاپا در صورتی که مخرج آن صفر یا عدد بسیار کوچکی شود و انجام محاسبات بر اساس یک طبقه‌بندی تصادفی. همچنین از آنجا که ضریب کاپا، میزان شباهت را گزارش می‌کند، چندان برای ارزیابی دقت مناسب نیست (Pontius Jr & Millones, 2011). این محققان معتقدند برای تفسیر نتایج طبقه‌بندی، استفاده از دو پارامتر مغایرت، کارآمدتر از یک پارامتر شباهت (کاپا) است، زیرا پارامترهای مغایرت به روشنی، میزان عدم مطابقت بین نتایج طبقه‌بندی و داده‌های مرجع واقعیت زمینی را بر اساس عناصر ماتریس ابهام محاسبه می‌کنند. به همین دلیل با مقایسه نسبی پارامترهای مغایرت، می‌توان منابع خطا را شناسایی کرد؛ در حالی که کاپا صرفاً میزان شباهت را با توجه به یک طبقه‌بندی تصادفی محاسبه می‌کند (Pontius Jr & Millones, 2011).

Pontius Jr و Millones برای پرهیز از معایب پارامترهای ارزیابی دقت متداول، دو پارامتر جدید به نام‌های مغایرت کمی و مغایرت تخصیصی معرفی کرده‌اند که این پارامترها بر خلاف ضریب کاپا و دقت کلی، میزان عدم شباهت را گزارش می‌کنند. پارامتر مغایرت کمی، بیانگر میزان عدم شباهت هر پیکسل در داده مرجع با پیکسل متناظر آن در نقشه حاصل از طبقه‌بندی است. پارامتر مغایرت تخصیصی، بیانگر میزان عدم شباهت هر پیکسل از جهت انطباق حوزه مکانی کلاس‌ها است (Pontius Jr & Millones, 2011). این محققان معتقدند این دو پارامتر، معایب پارامترهای متداول را ندارند و توصیه اکید دارند که استفاده از ضریب کاپا متوقف شده و به جای آن‌ها از این پارامترهای مغایرت برای ارزیابی دقت نتایج حاصل از طبقه‌بندی استفاده شود. بعضی محققان

یکی دیگر از ایرادات وارد شده، مربوط به ارزیابی دقت طبقه‌بندی کننده‌های نرم است. طبقه‌بندی کننده‌های نرم به هر پیکسل، یک کلاس قطعی نسبت نمی‌دهند. لذا پارامترهای متداول دقت نمی‌توانند این طبقه‌بندی کننده‌ها را به درستی ارزیابی کنند (Zhang & Foody, 1998). بنابراین تعریف پارامترهای جدید و سازگار با خروجی طبقه‌بندی کننده‌های نرم، ضروری است (Marpu, Wijaya, & Gloaguen, 2008; Strahler et al., 2006). در این راستا، راه‌حل‌های متعددی ارائه شده است. از جمله این راه‌حل‌ها می‌توان به توسعه پارامترهای جانبی مستخرج از ماتریس ابهام، نظیر دقت کاربر و دقت تولید کننده (Emami, 2005; Story & Congalton, 1986) محاسبه پارامتر کاپا از طرق مختلف و بر مبنای محاسبات آماری متعدد (Marpu et al., 2008)، توسعه روش‌های ارزیابی دقت شیء-مبنا (Yan, Mas, Maathuis, Xiangmin, & Van Dijk, 2012; Yi & Zhang, 2006)، استفاده از مفهوم فازی جهت تشکیل یک ماتریس ابهام متناسب با نتایج طبقه‌بندی کننده‌های نرم (El-Aziz, 2004)، بهره‌گیری از فواصل اقلیدسی^۲ و نرم L1 (Foody & Arora, 1996)، محاسبه ضرایب همبستگی (MASELLI, Rodolfi, & Conese, 1996) و توسعه پارامترهای جدید برای ارزیابی دقت و خطا (Gu, Sun, Pan, & Fan, 2012; Li & Guo, 2014) اشاره نمود.

یکی از جدی‌ترین انتقادات نسبت به پارامترهای متداول، به ویژه ضرایب کاپا، توسط Pontius Jr و Millones (۲۰۱۱) بیان شده است. این محققان با بیان ایرادات ضریب کاپا، این پارامتر را برای بیان ارزیابی دقت طبقه‌بندی نامناسب دانسته و به جای آن استفاده از پارامترهای جدیدی را توصیه کرده‌اند. معایب ضرایب

2 Euclidean Distance

1 Soft Classifiers

پیشنهاد دهندگان آن‌ها، خود در کارهای قبلی بر استفاده از پارامتر کاپا تاکید داشته‌اند و حتی نوعی تعریف جدید و روش محاسبه جدید برای آن ارائه کرده‌اند (Pontius, 2000). بنابراین این چرخش از نظر قبلی می‌تواند قابل توجه و بررسی باشد. علاوه بر این تا به حال هیچ بررسی علمی برای ارزیابی این دو پارامتر و همچنین ارتباط آن‌ها با پارامترهای متداول دقت وجود ندارد. از دیگر وجوه این پارامترهای جدید، تعریف معیار ارزیابی بر اساس مغایرت است که در آن از وجه مکانی پیکسل‌ها نیز استفاده شده است. لذا در این مطالعه بر آنیم تا این دو پارامتر معرفی شده را از جنبه‌های مختلف بررسی کنیم. در نهایت نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهند که کارایی این دو پارامتر نسبت به پارامترهای قبلی تا چه میزان است و آیا می‌توان به عنوان پارامترهای جدید و جدی برای ارزیابی دقت به آن‌ها نظر داشت.

۲- موارد و روش‌ها

۲-۱- داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر سه سنجنده با قدرت تفکیک مکانی متفاوت استفاده شده است که عبارت‌اند از سنجنده OLI ماهواره Landsat 8 (قدرت تفکیک متوسط) با ۱۲ باند طیفی، ماهواره Rapid eye (قدرت تفکیک بالا) با ۵ باند طیفی و ماهواره Worldview 3 (قدرت تفکیک بسیار بالا) هر تصویر ۵۰۰*۵۰۰ پیکسل در نظر گرفته شده است. در انتخاب تصاویر سعی بر آن بوده است که پوشش و کاربری مناطق مورد مطالعه متنوع باشد.

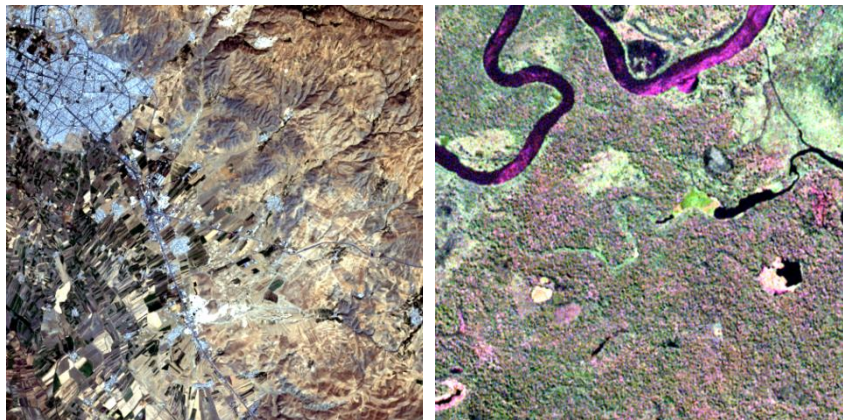
نیز انتقاداتی نسبت به پارامترهای مغایرت کمی و اختصاصی داشته‌اند و سعی کرده‌اند به نحوی ایرادات این دو پارامتر را برطرف کنند. از جمله این محققان می‌توان Matthijs J. Warrens (۲۰۱۵) را نام برد. او معتقد است پارامترهای مغایرت کمی و اختصاصی که در مقاله Pontius Jr & Millones (2011) فرمول‌بندی شده‌اند صرفاً مقادیر مطلق را می‌دهند، در حالی که در بسیاری از پژوهش‌ها مقادیر نسبی معنادارتر هستند. بنابراین آقای Warrens مقادیر نسبی پارامترهای مغایرت کمی و اختصاصی را معرفی می‌کند (Warrens, 2015).

پس از معرفی پارامترهای مغایرت توسط Pontius Jr و Millones، این دو پارامتر در تعدادی از پژوهش‌های بعدی نیز مورد استفاده قرار گرفته است. Brian Pickard و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه آماری روی چهار پارامتر ارزیابی دقت از جمله ضریب کاپا و پارامترهای مغایرت کمی و مغایرت اختصاصی، نتیجه‌گیری کرده‌اند که برای پوشش‌های مختلف زمین، میزان کارایی هر پارامتر متفاوت است، بنابراین نباید یک قضاوت کلی و یکسان در مورد کارآمدی یک پارامتر ارزیابی دقت در همه مناطق انجام داد (Pickard, Gray, & Meentemeyer, 2017).

این تحقیق به بررسی دو پارامتر مغایرت کمی و مغایرت تخصیصی، رفتار آن‌ها و ارتباط آن‌ها با پارامترهای متداول ارزیابی دقت می‌پردازد. اهمیت بررسی این دو پارامتر جدید از این روست که اولاً { با ۸ باند طیفی. مجموعه تصاویر مورد استفاده شامل ۱۶ تصویر Landsat 8، ۲۱ تصویر RapidEye و ۲۰ تصویر Worldview 3 است که ابعاد

برده شده در شکل ۱ نشان داده شده است. با استفاده از داده مرجع شبیه‌سازی شده، صحت نتایج حاصل مورد بررسی قرار می‌گیرد. داده مرجع، یک ماتریس به ابعاد ۲۰۰*۲۰۰ و حاوی ۷ کلاس است. هر کلاس با یک عدد (از ۱ تا ۷) نشان داده می‌شود.

عمده این پوشش‌ها شامل مناطق مسکونی، مناطق پوشش گیاهی، مناطق جنگلی، خاک، و آب است. به ازای هر کدام از تصاویر یک نقشه مرجع واقعیت زمینی^۱ نیز به کمک تفسیر بصری تصاویر و تصاویر گوگل ارث^۲ جهت ارزیابی دقت تهیه شد. سه نمونه از تصاویر به کار



ب

الف



ج

شکل ۱. سه نمونه از تصاویر مورد استفاده با ترکیب رنگی RGB (الف) تصویر ماهواره RapidEye (ب) تصویر سنجنده OLI ماهواره Landsat 8 (ج) تصویر ماهواره Worldview 3

هستند (Zhou et al., 2011). دقت کلی طبق رابطه

(۱) از ماتریس ابهام محاسبه می‌شود.

$$O. A. = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن k تعداد کلاس‌ها، n تعداد کل پیکسل‌های

۲-۲- پارامترهای متداول ارزیابی دقت

پارامترهای متداول مورد استفاده در این تحقیق، دقت کلی و کاپا است که در حال حاضر پراستفاده‌ترین معیارهای ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای

2 Google Earth

1 Ground Truth

طبقه‌بندی m پیکسل برچسب پوشش گیاهی خورده باشند در صورتی که در داده مرجع واقعیت زمینی جزو پیکسل‌های کلاس دیگری باشند، مغایرت تخصیصی $2m$ خواهد شد. بنابراین مغایرت تخصیصی همواره یک عدد زوج است زیرا برای یک زوج پیکسل با برچسب متفاوت محاسبه می‌شود (Pontius Jr & Millones, 2011). برای محاسبه این پارامترها، ابتدا طبق رابطه (۳)، یک ماتریس جدید به نام ماتریس جمعیت^۱ بر اساس ماتریس ابهام تشکیل می‌شود. عناصر این ماتریس به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$P_{ij} = \left[\frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^J n_{ij}} \right] * \left[\frac{N_i}{\sum_{i=1}^I N_i} \right] \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن J تعداد کلاس‌ها، N_i تعداد پیکسل‌ها در کلاس i ام و n_i بیانگر عدد متناظر سطر i ام و ستون J ام در ماتریس ابهام است.

بر اساس ماتریس جمعیت، پارامترهای مغایرت کمی برای هر کلاس و پارامتر مغایرت کمی^۲ کلی به ترتیب با رابطه‌های (۴) و (۵) محاسبه می‌شوند.

$$q_g = \left| \left(\sum_{i=1}^I P_{ig} \right) - \left(\sum_{j=1}^J P_{gj} \right) \right| \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$Q = \frac{\sum_{g=1}^G q_g}{2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

پارامتر J برابر با تعداد کلاس‌ها و پارامتر g بیانگر یک کلاس ویژه است.

پارامترهای مغایرت تخصیصی، برای هر کلاس مطابق رابطه ۶ محاسبه می‌شوند. برای این که برآوردی کلی از میزان مغایرت تخصیصی طبقه‌بندی داشته باشیم پارامتر مغایرت تخصیصی^۳ کلی مطابق رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$\text{رابطه (۶)}$$

$$a_g = 2 \min \left[\left(\sum_{i=1}^I P_{ig} \right) - P_{gg}, \left(\sum_{j=1}^J P_{gj} \right) - P_{gg} \right]$$

معلوم در داده مرجع، n_{ij} اعضای قطری ماتریس ابهام و O.A. دقت کلی طبقه‌بندی است (Congalton & Green, 2008).

یکی از شناخته‌شده‌ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس ابهام، طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Congalton & Green, 2008).

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن n تعداد کل پیکسل‌های معلوم، k تعداد کلاس‌ها، n_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و n_{+i} مجموع عناصر ستون i ام هستند.

۲-۳- پارامترهای مغایرت

همانطور که ذکر شد در این تحقیق رابطه دو معیار دقت کلی و ضریب کاپا، با دو معیار مغایرت بررسی می‌شوند. Pontius Jr و Millones روابط محاسبه پارامترهای مغایرت کمی و تخصیصی را ارائه کرده‌اند (Pontius Jr & Millones, 2011). مغایرت کمی برای هر کلاس، بیانگر تفاضل تعداد نمونه‌هایی است که در نقشه حاصل از طبقه‌بندی و داده مرجع زمینی به یک کلاس تعلق دارند (Pontius Jr & Millones, 2011). به عنوان مثال، چنانچه پس از طبقه‌بندی تعداد پیکسل‌هایی که برچسب پوشش گیاهی گرفته‌اند m و تعداد پیکسل‌های پوشش گیاهی در داده مرجع واقعیت زمینی n باشد، مغایرت کمی $m-n$ خواهد شد. مغایرت کمی، برای هر کلاس جداگانه محاسبه می‌شود. مغایرت تخصیصی، برای هر کلاس بیانگر مغایرت مکانی نمونه‌هایی است که در نتیجه طبقه‌بندی و داده مرجع واقعیت زمینی به یک کلاس تعلق دارند (Pontius Jr & Millones, 2011). به عنوان مثال، چنانچه پس از

۱ آورده شده است. بر اساس نتایج پارامترهای ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر مورد آزمایش، کمترین مقدار کاپا و دقت کلی به ترتیب برابر ۳۸,۷۳ و ۵۲,۹۵ درصد (تصویر شماره ۶ ماهواره لندست ۸) است. همچنین بیشترین مقدار مغایرت کمی، مغایرت تخصیصی و مغایرت کلی به ترتیب برابر ۲۰,۵۹، ۲۶,۶۶ و ۴۷,۲۶ درصد (تصویر شماره ۶ ماهواره لندست ۸) است. در ارزیابی طبقه‌بندی تصاویر، تصویر شماره ۶ دارای کمترین مقدار پارامترهای مطابقت (کاپا و دقت کلی) و بیشترین مقدار پارامترهای مغایرت است. این تصویر دارای ۵ کلاس طیفی شامل سه کلاس خاک، یک کلاس پوشش گیاهی و یک کلاس آب است. به دلیل شباهت زیاد طیفی عوارض، توپوگرافی منطقه و وجود سایه در تصویر همبستگی طیفی بین کلاس‌ها افزایش یافته؛ در نتیجه دقت طبقه‌بندی در این تصویر کاهش چشم‌گیری داشته است. این موضوع در مورد تصویر شماره ۳۵ به صورت معکوس صادق است. برای این تصویر در بین همه ۵۷ مورد، بیشترین مقدار کاپا و بیشترین مقدار دقت کلی (به ترتیب ۹۸,۲۱ درصد و ۹۸,۸۴ درصد) با کمترین مقدار پارامترهای مغایرت کمی، تخصیصی و کلی (به ترتیب ۱,۱۰ درصد و ۰ درصد و ۱,۱۰ درصد) دیده می‌شود. این تصویر دارای ۳ کلاس طیفی شامل دو کلاس پوشش گیاهی و یک کلاس خاک است. دلیل تعریف تعداد کلاس کم برای طبقه‌بندی این تصویر، تنوع پوششی کم و تمایز طیفی مناسب بین عوارض است. همین امر، باعث کاهش وابستگی طیفی بین کلاس‌ها و در نتیجه افزایش دقت طبقه‌بندی شده است. انحراف معیار مقادیر کاپا، دقت کلی، مغایرت کمی، مغایرت تخصیصی و مغایرت کلی به ترتیب برابر ۱۳,۱۵، ۱۰,۳۵، ۴,۱۷، ۶,۳۱ و ۸,۷۸ است. روال رفتاری معکوس پارامترهای مغایرت با پارامترهای متداول ارزیابی دقت موضوعی قابل پیش‌بینی با توجه به تفاوت تعاریف و نحوه محاسبه این دو دسته پارامتر است.

رابطه (۷)
$$A = \frac{\sum_{g=1}^J a_g}{2}$$
 طبق رابطه (۸)، مجموع مغایرت کمی و مغایرت تخصیصی، مغایرت کلی را به دست می‌دهد.

$$T = Q + A \quad \text{رابطه (۸)}$$

این پارامتر می‌تواند مانند پارامتر دقت کلی نوعی برآورد کلی از میزان مغایرت موجود در نتیجه طبقه‌بندی به دست بدهد.

۲-۴- طبقه‌بندی و ارزیابی دقت

به منظور طبقه‌بندی تصاویر مورد آزمایش از روش نظارت شده بیشترین شباهت، بهره گرفته شد (Mathers, 1999). با توجه به شرایط، احتمالات اولیه برای همه کلاس‌ها مساوی در نظر گرفته شد. در طبقه‌بندی هر کدام از تصاویر، بسته به منطقه و عوارض موجود در هر تصویر، تعداد کلاس‌های انتخاب شده متفاوت است. در تصاویر Landsat 8 از ۳ تا ۶ کلاس، در تصاویر RapidEye از ۳ تا ۵ کلاس و در تصاویر Worldview 3 از ۵ تا ۷ کلاس در نظر گرفته شد. در فرایند طبقه‌بندی از همه باندهای موجود تصاویر بهره گرفته شد. با استفاده از داده‌های مرجع تهیه شده، مرحله ارزیابی دقت برای تک تک تصاویر انجام شد. تعداد پیکسل‌های مرجع به کاربرده شده در ارزیابی دقت، برای تصاویر تقریباً بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ پیکسل (بسته به تعداد کلاس‌ها) است. سپس پارامترهای کاپا، دقت کلی، مغایرت کمی و مغایرت تخصیصی محاسبه شد و در مرحله آخر ضریب همبستگی بین این پارامترها به صورت دو به دو محاسبه شد.

تحلیل نتایج

مقادیر پنج پارامتر ارزیابی طبقه‌بندی شامل کاپا، دقت کلی، مغایرت کمی، مغایرت تخصیصی و مغایرت کلی برای هر تصویر، براساس قدرت تفکیک مکانی تصاویر، در جدول شماره

بررسی مقایسه‌ای معیارهای متداول ارزیابی دقت و معیارهای مغایرت...

جدول ۱. مقادیر پارامترهای پنج‌گانه ارزیابی طبقه‌بندی برای هر تصویر

ماهواره	شماره تصویر	Kappa (%)	Overall Accuracy (%)	Quantity Disagreement (%)	Allocation Disagreement (%)	Total Disagreement (%)
Landsat8	1	93.68	95.51	3.66	0.51	4.18
	2	95.25	96.50	3.12	0	3.12
	3	97.73	98.13	1.13	0.70	1.83
	4	90.20	92.57	4.81	0.14	4.96
	5	73.40	79.91	11.73	0	11.73
	6	38.73	52.95	20.59	26.66	47.26
	7	92.63	96.65	2.65	0.25	2.90
	8	91.16	95.99	3.33	0.07	3.40
	9	95.32	96.82	2.71	0	2.71
	10	92.08	95.81	3.23	0.87	4.10
	11	89.66	94.25	1.55	4.14	5.70
	12	96.93	98.07	1.25	0.61	1.86
	13	95.07	97.41	2.47	0	2.47
	14	80.06	88.23	9.64	0.66	10.31
	15	92.29	94.90	4.50	0	4.50
	16	73.66	83.97	11.92	0	11.92
RapidEye	17	97.74	98.72	1.19	0	1.19
	18	92.14	94.35	3.55	1.35	4.91
	19	93.81	96.04	2.85	0.78	3.63
	20	93.95	96.52	2.96	0	2.96
	21	94.74	96.49	2.59	0.68	3.28
	22	81.00	88.61	9.10	0	9.10
	23	88.79	91.68	6.22	0.92	7.14
	24	57.37	68.24	14.62	4.42	19.05
	25	90.31	93.40	2.17	0.68	2.86
	26	94.39	97.44	2.32	0	2.32
	27	94.75	97.64	1.62	0.73	2.35
	28	89.74	93.47	4.82	0	4.82
	29	85.92	90.74	6.97	0	6.97
	30	94.74	96.11	3.48	0	3.48
	31	92.37	94.96	4.26	0	4.26
	32	89.57	93.02	5.62	0	5.62
	33	95.54	97.06	2.23	0.55	2.79
	34	64.66	76.65	16.12	0	16.12
	35	98.21	98.84	1.10	0	1.10
	36	95.99	97.43	2.25	0.22	2.47
	37	68.78	79.29	12.91	0	12.91
Worldview3	38	84.95	87.79	3.41	8.35	11.76
	39	80.72	84.23	5.33	10.02	15.36
	40	86.28	88.82	6.94	2.33	9.27
	41	89.89	91.61	3.28	4.70	7.99
	42	83.03	87.36	8.08	0	8.0
	43	96.18	97.01	2.35	0.42	2.77
	44	97.62	98.05	1.36	0.54	1.90
	45	89.64	91.42	5.62	2.13	7.75
	46	94.47	95.41	3.88	0	3.88
	47	61.80	69.54	14.54	9.26	23.80
	48	95.54	96.21	3.18	0	3.18
	49	87.16	89.91	4.72	4.87	9.60
	50	68.19	73.41	7.92	8.97	16.89
	51	47.69	56.69	8.16	24.52	32.69
	52	96.45	97.10	1.90	0.90	2.81
	53	95.22	96.17	2.41	1.04	3.46
	54	61.87	69.93	4.86	25.05	29.92
55	88.99	91.01	6.91	0	6.91	
56	70.17	75.71	6.34	19.95	26.30	
57	91.41	93.00	3.84	2.64	6.49	

میزان همبستگی بین آن‌ها محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. ضریب همبستگی برای همه موارد آزمایش شده، مقداری منفی است. منفی بودن ضریب همبستگی، موضوعی قابل پیش‌بینی است که به خاطر تفاوت ذاتی دو دسته معیار است. معیارهای کاپا و دقت کلی از جنس دقت هستند و میزان تطابق با داده‌های مرجع را بیان می‌کنند؛ ولی دو پارامتر جدید از جنس مغایرت و عدم تطابق با داده‌های مرجع هستند.

مشاهدات کلی در جدول ۱ نشان می‌دهند که قدرت تفکیک، چندان در تغییر نتایج مؤثر نیست و در همه موارد نتایج ضعیف و قوی دیده می‌شود. در واقع دقت نهایی طبقه‌بندی تصاویر به تعریف کلاس‌ها، دقت عملیات تمرینی و دقت طبقه‌بندی کننده بستگی دارد؛ که در این تحقیق سعی شده است شرایط برای همه تصاویر تقریباً مشابه باشد. برای مقایسه دو دسته معیارهای دقت متداول و معیارهای مغایرت جدید،

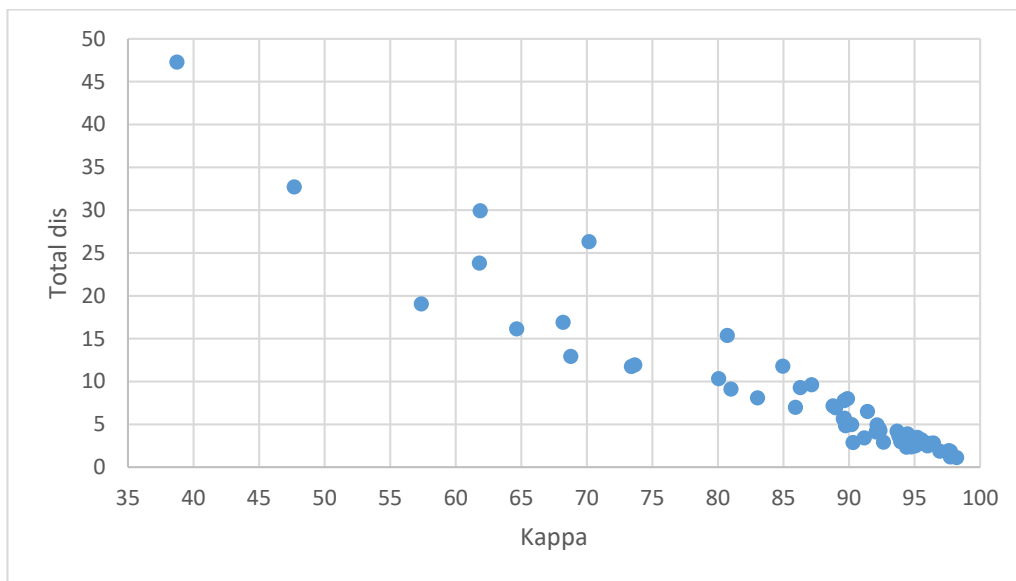
جدول ۲. مقادیر همبستگی بین معیارهای متداول و جدید ارزیابی طبقه‌بندی تصاویر

ماهواره	Kappa & Allocation Disagreement	Kappa & Quantity Disagreement	O.A. & Allocation Disagreement	O.A. & Quantity Disagreement	Kappa & Total Disagreement	O.A. & Total Disagreement
All Images	-0.82	-0.86	-0.80	-0.75	-0.95	-0.96
Landsat 8	-0.84	-0.96	-0.86	-0.95	-0.97	-0.98
RapidEye	-0.50	-0.97	-0.56	-0.95	-0.98	-0.98
Worldview 3	-0.87	-0.70	-0.87	-0.69	-0.96	-0.96

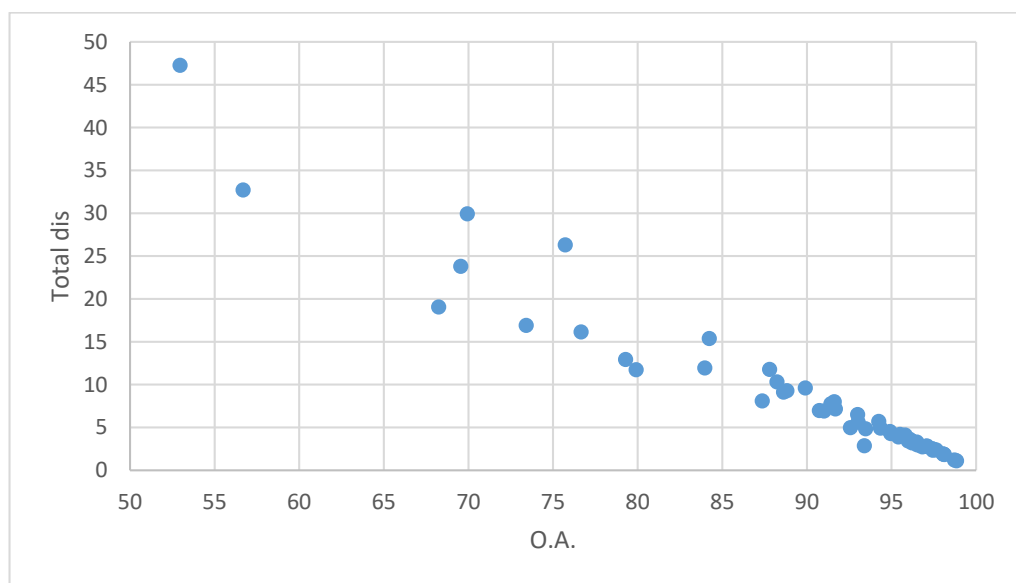
برای تصاویر به تفکیک سنجنده نیز همبستگی بالایی با پارامترهای متداول دقت نشان داده است. در جدول ۲ در حالی که همه تصاویر در آنالیز همبستگی شرکت کرده‌اند (سطر اول) کمترین ضریب همبستگی بین دقت کلی و مغایرت کمی با مقدار ۰,۷۵- و بیشترین ضریب همبستگی بین ضریب کاپا و مغایرت کمی با مقدار ۰,۸۶- اتفاق افتاده است. با توجه به نحوه محاسبه ضرایب کاپا و دقت کلی، و همچنین پارامتر مغایرت کلی، ضریب همبستگی بالایی بین این معیارها وجود دارد (به ترتیب ۰,۹۵- و ۰,۹۶-). شکل‌های ۲ و ۳ نمودار، پراکندگی دو معیار متداول نسبت به معیار مغایرت کلی برای همه تصاویر مورد آزمایش را نشان می‌دهند. همبستگی منفی بالایی بین این دو معیار کاملاً مشاهده می‌شود.

نتایج آنالیز همبستگی به دست آمده برای کل تصاویر، نشان می‌دهد که در بسیاری موارد همبستگی بالایی بین پارامترهای متداول و پارامترهای جدید وجود دارد. همبستگی بالا بین این دو دسته پارامتر ارزیابی دقت، به این معنی است که از لحاظ رفتاری بسیار مشابه یکدیگر هستند. به عبارت دیگر، با تغییر مقدار یکی از پارامترهای دقت متداول مقدار پارامترهای مغایرت نیز تقریباً به همان تناسب تغییر می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت دو پارامتر جدید معرفی شده توسط Pontius Jr و Millones، کاملاً مجزا از کاپا و دقت کلی نیستند و تفاوت رفتاری جدی ندارند. این موضوع به خصوص برای پارامتر مغایرت کلی، برای همه تصاویر با ضریب همبستگی ۰,۹۶ پررنگ تر است. پارامتر مغایرت کلی،

بررسی مقایسه‌ای معیارهای متداول ارزیابی دقت و معیارهای مغایرت...



شکل ۲. پراکندگی مقادیر پارامترهای کاپا (/.) و مغایرت کلی (./). وجود یک همبستگی منفی بالا بین این دو معیار کاملاً مشاهده می‌شود.



شکل ۳. پراکندگی مقادیر پارامترهای دقت کلی (./) و مغایرت کلی (./). وجود یک همبستگی منفی بالا بین این دو معیار کاملاً مشاهده می‌شود.

است، دقت کلی نیز چنین رفتاری را از خود نشان داده است و بالعکس، یعنی با کم شدن میزان همبستگی ضریب کاپا، مقدار همبستگی دقت کلی نیز کم شده است. در میان سنجنده‌های مورد آزمایش، ضرایب کاپای محاسبه شده برای سنجنده RapidEye کمترین همبستگی را با معیار مغایرت تخصیصی داشته است

اگر بخواهیم در جدول ۲ بر اساس تصاویر سنجنده‌های مختلف مورد آزمایش، مقادیر همبستگی را تحلیل کنیم اولین مورد قابل مشاهده، مشابهت رفتاری دو پارامتر دقت کلی و ضریب کاپا است. به این معنی که برای هر سه سنجنده مورد مقایسه، هر جا ضریب کاپا با مقادیر مغایرت کمی و تخصیصی همبستگی بالایی داشته

سنجنده WorldView3 نتایج دقیقاً برعکس بوده و میزان همبستگی برای مغایرت تخصیصی، بیشتر از مقدار همبستگی مغایرت کمی با دو پارامتر کاپا و دقت کلی است. در تصاویر با قدرت تفکیک بالای WorldView3 تعریف کلاس‌های بیشتری ممکن است و به همین خاطر تداخل کلاس‌ها نیز امکان بیشتری دارد. لذا توزیع خطاها در ماتریس ابهام یکنواخت‌تر است و به همین دلیل مغایرت تخصیصی، دقیق‌تر محاسبه می‌شود. لذا همبستگی این پارامتر نیز بالاتر از مغایرت کمی شده است. در این تحقیق، به منظور اعتبارسنجی نتایج به دست آمده، از یک داده مرجع شبیه‌سازی شده نیز استفاده شده است. داده مرجع استفاده شده، یک ماتریس به ابعاد ۲۰۰*۲۰۰ پیکسل و حاوی ۷ کلاس است. به این صورت عملاً یک نقشه مرجع واقعیت زمینی با ۷ کلاس تولید شده است. برای بررسی رابطه پارامترهای جدید و متداول ارزیابی طبقه‌بندی در تکرارهای منظم، به صورت تصادفی درصدی از داده مرجع تغییر داده شد و با استفاده از داده مرجع اصلی، پارامترهای کاپا، دقت کلی و مغایرت کلی، محاسبه شد. جدول شماره ۳، مقادیر این پارامترها را متناسب با درصد پیکسل‌های دارای برچسب اشتباه نشان می‌دهد.

(۵، ۰-). با توجه به جدول شماره ۱، متوجه می‌شویم که این موضوع مربوط به وجود مقادیر صفر بیشتر در ستون مغایرت تخصیصی برای این سنجنده، نسبت به دو سنجنده دیگر است. همانطور که از معادله شماره ۶ مشخص است محاسبه این پارامتر وابسته به مقادیر صفر در ماتریس ابهام است. لذا در صورتی که برخی کلاس‌ها در ماتریس ابهام هیچگونه تداخلی با یکدیگر نداشته باشند آنگاه به سلول مربوط به آن کلاس‌ها مقدار صفر تعلق می‌گیرد و در نتیجه مقدار مغایرت تخصیصی آن‌ها نیز صفر می‌شود. در صورتی که مقدار کاپا یا دقت کلی اینگونه نخواهند بود. نتیجه عملی این موضوع، پایین آمدن مقدار ضریب همبستگی دو معیار متداول ارزیابی دقت با مقدار مغایرت تخصیصی است؛ که برای سنجنده RapidEye دقیقاً این اتفاق افتاده است. مقدار همبستگی مغایرت کلی با دو پارامتر متداول، برای هر سه سنجنده بالاست (حداقل ۰،۹۶-). در مقابل یک اتفاق جالب در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود. داده‌ها برای دو سنجنده OLI Landsat و RapidEye نشان می‌دهند که مغایرت تخصیصی نسبت به مغایرت کمی، همبستگی کمتری با دو پارامتر دقت کلی و کاپا نشان داده است. در صورتی که در تصاویر مربوط به

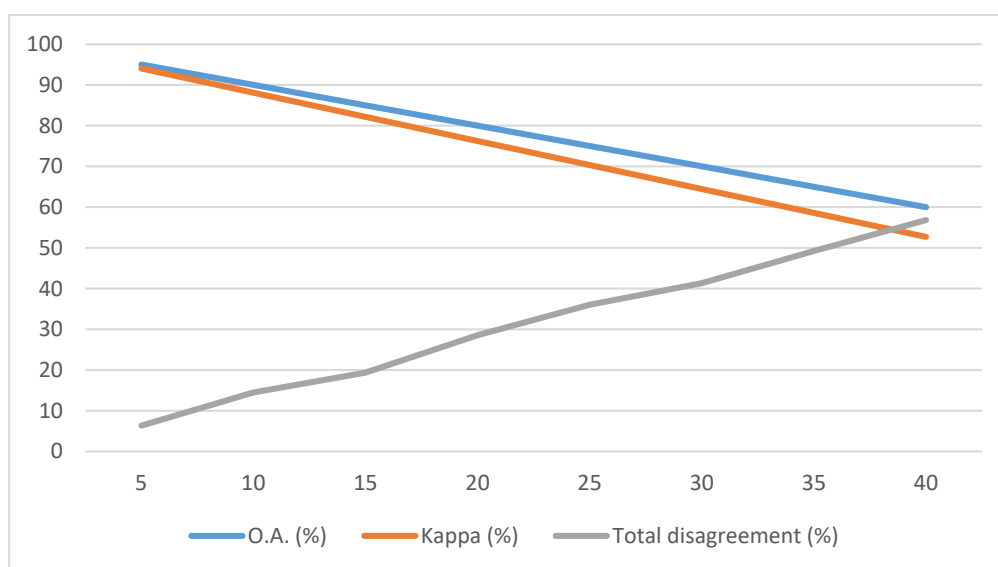
جدول شماره ۳. درصد پیکسل‌های با برچسب تغییر داده شده در نقشه مرجع به همراه مقادیر پارامترهای متداول و مغایرت کلی مربوطه

درصد تغییرات / پارامتر	5	10	15	20	25	30	35	40
Overall Accuracy (%)	95.00	90.00	85.00	80.00	75.00	70.00	65.00	60.00
Kappa (%)	94.03	85.80	82.14	76.22	70.32	64.43	58.57	52.70
Total Disagreement (%)	6.37	14.50	19.36	28.57	36.01	41.32	49.22	56.80

بررسی مقایسه‌ای معیارهای متداول ارزیابی دقت و معیارهای مغایرت...

پارامتر متداول از یکدیگر، مشاهده می‌شود که تغییرات کاپا و دقت کلی در تناسب با تغییرات پارامتر مغایرت کلی است و همبستگی بالایی بین این پارامترهای ارزیابی دقت و مغایرت نتایج طبقه‌بندی تصاویر مشاهده می‌شود.

شکل ۴، نتیجه حاصل از این اعتبارسنجی را نشان می‌دهد. محور افقی این نمودار، درصد تغییرات داده مرجع و محور عمودی مقادیر مربوط به سه پارامتر دقت کلی، کاپا و مغایرت کلی را نشان می‌دهد. در این شکل، علاوه بر تبعیت کامل دو



شکل ۴. نمودار تغییرات پارامترهای دقت کلی، کاپا و مغایرت کلی با تغییرات داده مرجع شبیه‌سازی شده است. محور افقی درصد تغییرات داده مرجع و محور عمودی مقادیر مربوط به پارامترهای مذکور است.

۴- نتیجه‌گیری

پارامترهای متداول و جدید ارزیابی دقت شده و در نهایت بین مقادیر چهارگانه پارامترهای مذکور، میزان همبستگی محاسبه شد. در این تحقیق، نتایج حاصل از طبقه‌بندی و همچنین اعتبارسنجی نتایج با استفاده از داده شبیه‌سازی شده، نشان می‌دهد که برخلاف ادعاهای ارائه کنندگان پارامترهای مغایرت کمی و مغایرت تخصیصی، این پارامترهای جدید، مستقل از پارامترهای متداول نیستند. تنها تفاوت بین پارامترهای معرفی شده توسط Pontius Jr و Millones با پارامتر کاپا، در نحوه گزارش دقت طبقه‌بندی بر اساس مغایرت است. نتایج تحقیق نشان داد که تغییر قدرت تفکیک تصاویر، اثر جدی روی نتایج رفتاری این دو دسته پارامتر

ارزیابی دقت نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای، مرحله‌ای ضروری برای تشخیص ارزش طبقه‌بندی انجام شده است. برخی محققان معتقدند، پارامترهای متداول ارزیابی دقت طبقه‌بندی، مانند کاپا و دقت کلی، علی‌رغم کاربردهای فراوانی که در کارهای تحقیقاتی دارند، دارای معایبی هم هستند؛ از این رو پارامترهای جدید ارزیابی دقت، توسط محققان مختلف بیان شده است. در این تحقیق، به بررسی دو نمونه از این پارامترهای جدید به نام مغایرت کمی و مغایرت تخصیصی پرداخته شد. به این منظور، نتایج طبقه‌بندی نظارت شده روی مجموعه‌ای از تصاویر توسط

classified map: Simulation analysis. Paper presented at the Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), 2012 First International Conference on.

Hashemian, M., Abkar, A. & Fatemi, S., 2004, **Study of sampling methods for accuracy assessment of classified remotely sensed data**, Paper presented at the International congress for photogrammetry and remote sensing.

Li, W. & Guo, Q., 2014, **A new accuracy assessment method for one-class remote sensing classification**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensin.

Marpu, P. R., Wijaya, A. & Gloaguen, R., 2008, **Soft classification and assessment of kalman filter neural network for complex landcover of tropical rainforests**, Paper presented at the Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008. IGARSS 2008. IEEE International.

MASELLI, F., Rodolfi, A. & Conese, C., 1996, **Fuzzy classification of spatially degraded Thematic Mapper data for the estimation of sub-pixel components**, International Journal of Remote Sensing, 17(3), 537-551 .

Mathers, P., 1999, **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: John Wiley & Sons.**

Persello, C. & Bruzzone, L., 2010, **A novel protocol for accuracy assessment in classification of very high resolution images**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.

ندارد. تنها در مواردیکه ماتریس ابهام در اثر عدم توزیع یکنواخت خطا، دارای عناصر صفر زیاد باشد، میزان پارامتر مغایرت تخصیصی، همبستگی کمتری با پارامترهای متداول دارد. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان عنوان کرد که پارامترهای کاپا و دقت کلی به منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای، علی‌رغم ایراداتی که به آن‌ها وارد است، همچنان معتبر هستند و در صورتیکه خطای طبقه‌بندی خواسته شود، می‌توان از پارامترهای مغایرت نیز در کنار آن‌ها استفاده نمود.

۵- منابع

Congalton, R.G. & Green, K., 2008, **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices: CRC press.**

El-Aziz, M. A. E.-A., 2004, **Evaluation of soft classifiers for remote sensing data .**

Emami, H., 2005, **Introducing correctness coefficient as an accuracy measure for sub pixel classification results.**

Foody, G.M., 2002, **Status of land cover classification accuracy assessment**, Remote sensing of environment, 80(1), 185-201 .

Foody, G. M. & Arora, M.K., 1996, **Incorporating mixed pixels in the training, allocation and testing stages of supervised classifications**, Pattern Recognition Letters, 17(13), 1389-1398 .

Gu, J., Sun, G., Pan, Y. & Fan, D., 2012, **Accuracy assessment based on the distribution of the classified errors on**

- Warrens, M.J., 2015, **Relative quantity and allocation disagreement measures for category-level accuracy assessment**, International Journal of Remote Sensing, 36(23), 5959-5969 .
- Wilkinson, G.G. 2005, **Results and implications of a study of fifteen years of satellite image classification experiments**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43(3), 433-440 .
- Yan, G., Mas, J.F., Maathuis, B., Xiangmin, Z. & Van Dijk, P., 2006, **Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches—a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China**. International Journal of Remote Sensing, 27(18), 4039-4055 .
- Yi, L. & Zhang, G., 2012, **Object-oriented remote sensing imagery classification accuracy assessment based on confusion matrix**, Paper presented at the Geoinformatics (GEOINFORMATICS), 2012 20th International Conference on.
- Zhang, J. & Foody, G., 1998, **A fuzzy classification of sub-urban land cover from remotely sensed imagery**, International Journal of Remote Sensing, 19(14), 2721-2738 .
- Zhou, G., Wu, B. & Li, M., 2011, **Improved accuracy assessment indices for object-based high resolution remotely sensed imagery classification**, Paper presented at the Image Analysis and Signal Processing (IASP), 2011 International Conference on.
- Pickard, B., Gray, J., & Meentemeyer, R. (2017). Comparing Quantity, Allocation and Configuration Accuracy of Multiple Land Change Models. Land, 6(3), 52 .
- Pontius Jr, R. G. & Millones, M., 2011, **Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment**, International Journal of Remote Sensing, 32(15), 4407-4429 .
- Pontius, R. G., 2000, **Quantification error versus location error in comparison of categorical maps**, Photogrammetric Engineering and remote sensing, 66(8), 1011-1016 .
- Richards, J.A., 2013, **Remote sensing digital image analysis: Springer**.
- Story, M. & Congalton, R.G., 1986, **Accuracy assessment: a user's perspective**, Photogrammetric Engineering and remote sensing, 52(3), 397-399 .
- Strahler, A.H., Boschetti, L., Foody, G.M., Friedl, M.A., Hansen, M.C., Herold, M., . . . Woodcock, C.E., 2006, **Global land cover validation: Recommendations for evaluation and accuracy assessment of global land cover maps**, European Communities, Luxembourg, 51(4).(
- Sui, C., Tian, Y. & Xu, Y., 2014, **An Unsupervised Band Selection Method Based on Overall Accuracy Prediction**, Paper presented at the Pattern Recognition (ICPR), 2014 22nd International Conference on.



سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
Vol.10, No.4, Winter 2019 Iranian Remote Sensing & GIS
55-68

A Comparative study of the traditional accuracy assessment and disagreement measures of the classification of remote sensing imagery

Dadjoo M.¹, Fatemi Nasrabadi B.^{2*}

1. Student master of Remote sensing, Department of Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan
2. Assistant Professor, Department of Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan

Abstract

Evaluation of the image classification results is very important in the remote sensing projects. So far, many indices have been presented to assess the accuracy of image classification, though Kappa coefficient and Overall accuracy are the most famous ones. Some researchers have criticized these two parameters, and have presented new parameters for evaluation of the classification results. In this paper, the relation between two new accuracy assessment parameters (presented by Pontius & Millones) and traditional accuracy assessment parameters (Overall accuracy and kappa coefficient) is studied. These two new parameters are called “Quantity disagreement” and “Allocation disagreement” which report disagreement between ground truth and classification data. In order to apply the comparative study on the traditional and new disagreement measures, supervised maximum likelihood classification was applied on 57 satellite images with different spatial resolutions. Then, Kappa and Overall accuracy as traditional accuracy parameters and Quantity disagreement and Allocation disagreement as new measures were computed for each classified image and then the correlation coefficients of the both measures were calculated. The results show a high correlation between new parameters and traditional ones in negative direction irrespective the spatial resolution. In this way, the disagreement do not provide new information about the classification results to the user, and only if there is any request for classification error, the new disagreement parameters can be used along with the traditional ones.

Key words: Accuracy Assessment, Classification, Disagreement, Overall accuracy, Traditional Parameters.

*Correspondence Address: Hezar Jarib Avenue, University of Isfahan, Faculty of Civil Engineering and Transportation, Department of Geomatics Engineering, 81746-73441, Isfahan, Iran, Tel: +98 31 37935332, Fax: +98 31 37935231, Email: sb.fatemi@eng.ui.ac.ir, ORCID: 0000-0002-1769-7196