

اثر مونه‌بندی روی تصاویر ماهواره‌ای قبل از نمونه‌برداری خوشه‌ای در افزایش دقت برآورد مشخصات کمی جنگل (مطالعه موردی: باینگان، کرمانشاه)

عادل نوری^۱، بهمن کیانی^{۲*}، محمدحسین حکیمی^۳ و محمدحسین مختاری^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد
^۲ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد
^۳ استادیار گروه مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۰/۲۰؛ تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۳/۱۳)

چکیده

در تحقیق حاضر از مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری خوشه‌ای برای برآورد مشخصات کمی جنگل‌های بلوط در بخش باینگان کرمانشاه استفاده شد. ابتدا مونه‌بندی روی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ انجام گرفت و منطقه به چهار مونه از نظر NDVI تقسیم شد. تعداد نمونه مورد نیاز برای کل جنگل، با نمونه‌برداری اولیه و براساس دقت محاسبه و با توجه به ناهمگنی بین مونه‌ها تقسیم شد. در مجموع ۳۴ خوشه پنج‌نمونه‌ای شامل ۱۷۰ قطعه نمونه ۹۰×۹۰ متر در سطح ۳۰ هزار هکتار از جنگل به صورت تصادفی برداشت شد. نتایج محاسبات با مونه‌بندی نشان داد که تراکم جنگل‌های منطقه مورد مطالعه ۱۴۹/۴۹، پایه، تاج‌پوشش ۱۳۶۷/۶۲ متر مربع (۱۳/۶۷ درصد) و سطح مقطع ۳/۲۱ متر مربع در هکتار با اشتباه نمونه‌برداری به ترتیب ۱/۷۴، ۲/۶۵ و ۳/۱۴ درصد است. اما در حالت بدون مونه‌بندی تراکم، تاج‌پوشش و سطح مقطع در هکتار جنگل به ترتیب ۲۲۱/۸، ۲۰۱۳/۵ و ۴/۷۷ با اشتباه نمونه‌برداری به ترتیب ۹/۱۱، ۹/۱۴ و ۹/۳۳ درصد بود. بنابراین اشتباه نمونه‌برداری با مونه‌بندی بسیار کمتر از روش خوشه‌ای بدون مونه‌بندی بود، اگرچه برآوردهای انجام گرفته از مشخصات کمی جنگل نیز کمتر بودند. این تفاوت به واسطه نقش زیاد مونه نخست در محاسبه میانگین جنگل بوده که مساحت (وزن) زیاد اما تراکم و تاج‌پوشش کم داشته است. مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری تعداد نمونه مورد نیاز برای رسیدن به خطای ۱۰ درصد را ۸۰-۶۶ درصد کاهش داد. بر این اساس و با توجه به ناهمگنی موجود در ترکیب، تراکم و پوشش جنگل‌های غرب کشور، می‌توان گفت استفاده از مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری موجب افزایش دقت شده و در کارهای اجرایی نیز قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تاج‌پوشش، تراکم، زاگرس، سطح مقطع، نمونه‌برداری.

مقدمه

روابط مشخصی بین جنگل و مردم شکل گرفته است (Heidari et al., 2011). هر چند امروزه جنگل‌های زاگرس به علت قطع بی‌رویه و چرای مفرط اغلب به حالت مخروبه درآمده‌اند، بیشتر فرم شاخه‌زاد را تشکیل داده‌اند و مساحت آنها حدود پنج میلیون هکتار است (Marvi Mohajer, 2006). با توجه به

جنگل‌های زاگرس به لحاظ بوم‌شناختی و اقتصادی جزو مهم‌ترین زیست‌بوم‌های جنگلی کشور هستند. این جنگل‌ها در بیشتر مناطق با جای دادن جمعیت زیاد در خود به یک منبع حیاتی برای امرار معاش نیز تبدیل شده‌اند. به همین سبب مجموعه

روش منظم تصادفی از دقت بیشتری برخوردار بوده و مناسب‌تر است. همچنین (Fallah et al., 2012) به‌منظور بررسی و تعیین روش نمونه‌برداری مناسب برای جنگل‌های بلوط یاسوج با توجه به مشخصه دقت آماربرداری و صحت برای مشخصه سطح تاج‌پوشش در هکتار، چهار روش آماربرداری منظم تصادفی با قطعات نمونه مستطیلی، خط نمونه، نواری و نمونه‌برداری با مونه‌بندی را انتخاب و عملکرد آنها را در جنگل بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده از روش خط نمونه دارای کمترین مقدار اشتباه نمونه‌برداری و بیشترین صحت بودند، بنابراین روش خط نمونه مناسب‌ترین روش در این‌گونه جنگل‌ها معرفی شد. در پژوهش (Amini et al., 2016) نیز روش خوشه‌ای با روش تصادفی منظم در آماربرداری جنگل‌های ساری بررسی شد و نتایج نشان داد که روش خوشه‌ای برای برآورد تراکم و بررسی ساختار جنگل مناسب‌تر است. همچنین مونه‌بندی براساس تیپ جنگلی را به‌منظور دستیابی به نتایج صحیح‌تر پیشنهاد کردند.

در پژوهش (Talavitie et al., 2006) جهت برآورد وضعیت توده‌های سالم و ناسالم جنگل‌های هلسینکی فنلاند، روش آماربرداری خوشه‌ای با روش تصادفی قطعه‌نمونه‌ای مقایسه شد که در نتیجه آن کارآمدی روش خوشه‌ای از نظر دقت برآوردها ثابت شد. در آماربرداری ملی جنگل‌های سوئیس، اجرای آماربرداری ترکیبی دو و چندمرحله‌ای به‌صورت خوشه‌ای مناسب‌تر تشخیص داده شده و اجرا شد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش خوشه‌ای هزینه را کاهش می‌دهد و داده‌ها با دقت بیشتری نسبت به روش پیشین به‌دست می‌آیند (Brassel & Lischke, 2001). در آماربرداری سراسری کشور صربستان نیز برای تفکیک تیپ‌ها از روش طبقه‌بندی استفاده شده و سپس آماربرداری با روش خوشه‌ای انجام گرفته است. فاصله بین خوشه‌ها در شبکه مربع‌شکل چهار کیلومتر و فاصله قطعات نمونه هر خوشه ۲۰۰ متر بود. نتایج مناسب‌تر بودن

شرایط سخت محیطی و اجتماعی موجود، امروزه مدیریت صحیح این جنگل‌ها اهمیت زیادی دارد. لازمه مدیریت و برنامه‌ریزی اصولی نیز داشتن اطلاعات کمی و کیفی مناسب از زیرمجموعه مدیریت است. آماربرداری جنگل تأمین این اطلاعات را که مربوط به مشخصات کمی جنگل به‌ویژه تراکم، تاج‌پوشش و سطح مقطع می‌شوند، به عهده داشته و در این میان نقش اساسی دارد.

آماربرداری جنگل به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد. برای کسب و جمع‌آوری اطلاعات می‌توان تمام سطح را اندازه‌گیری کرد که این روش به‌علت هزینه بسیار زیاد و صرف وقت بیش از اندازه در مناطق وسیع صحیح نیست و به جای آن معمولاً از روش‌های نمونه‌برداری استفاده می‌شود. روش خوشه‌ای یکی از این روش‌هاست که برای مناطق وسیع توصیه شده و در آن به‌جای یک قطعه نمونه چندین قطعه نمونه در یک قسمت از منطقه مورد بررسی، برداشت می‌شود. مطلوب این است که واریانس داخل خوشه‌ها حداکثر و واریانس بین آنها حداقل باشد (Yim et al., 2015). از این‌رو فواصل قطعات نمونه در خوشه‌ها باید به‌اندازه‌ای باشد که اطلاعات آنها تا حد ممکن مشابه نباشد. طبقه‌بندی نیز از جمله تکنیک‌هایی است که با کاهش واریانس داده‌ها (Aune-lunder & Strand, 2014) و در نهایت اشتباه نمونه‌برداری، به افزایش دقت منجر می‌شود و از طرف دیگر با گرفتن میانگین وزنی دسترسی به میانگین واقعی جمعیت را میسر می‌سازد (Goslee & Walker, 2014).

از جمله تحقیقات انجام گرفته در خصوص به‌کارگیری روش‌های مونه‌بندی و خوشه‌ای در نمونه‌برداری جنگل، می‌توان به (Akhavan et al., 2001) اشاره کرد که روش نمونه‌برداری با مونه‌بندی را به‌منظور برآورد موجودی حجمی در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که نمونه‌برداری با مونه‌بندی نسبت به نمونه‌برداری با

امکان‌پذیر نیست و مستلزم افزایش تعداد یا فاصله قطعات نمونه است که در مورد اول هزینه‌های گزافی در پی دارد و مورد دوم نیز به از دست دادن بخش مهمی از اطلاعات موجود در فواصل قطعات نمونه و دشواری کار میدانی منجر خواهد شد. در پژوهش پیش رو، هدف برآورد مشخصات کمی جنگل‌های بلوط زاگرس در منطقه باینگان کرمانشاه و بررسی تأثیر مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری در افزایش دقت نمونه‌برداری بوده است. استفاده از روش خوشه‌ای به سبب وسعت زیاد منطقه و طبقه‌بندی قبل از نمونه‌برداری به منظور کاهش خطای نمونه‌برداری بوده است. این توقع وجود دارد که علاوه بر افزایش دقت نمونه‌برداری، برآورد مناسبی از مشخصات کمی جنگل در واحد سطح به دست آید و تعداد نمونه مورد نیاز برای رسیدن به دقت معین به طور چشمگیری کاهش یابد.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

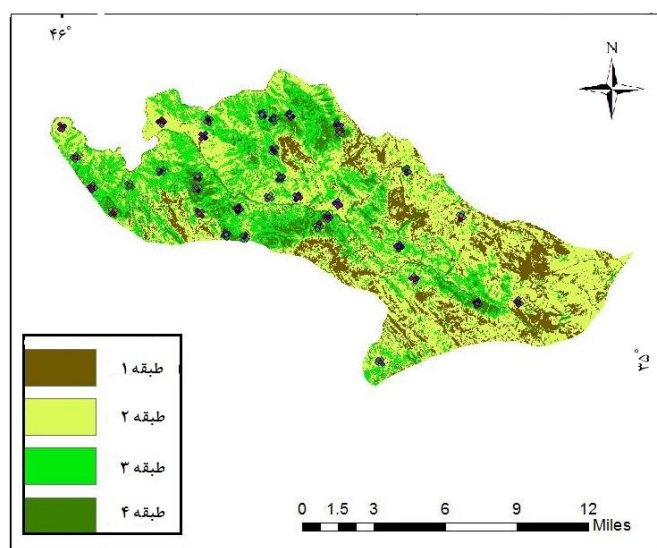
این تحقیق در منطقه باینگان کرمانشاه با مساحت ۳۰۰۰۰ هکتار در محدوده طول جغرافیایی $34^{\circ}18'$ تا $34^{\circ}24'$ و عرض جغرافیایی $49^{\circ}38'19''$ تا $49^{\circ}41'35''$ شمالی با دامنه ارتفاعی ۱۲۵۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا انجام گرفت (شکل ۱). متوسط بارندگی سالیانه در این منطقه $570/6$ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه 12 درجه سانتی‌گراد است و براساس منحنی آمبروترمیک، پنج ماه خشک در منطقه وجود دارد. پوشش غالب منطقه جنگل بلوط است و گونه‌های مهم آن شامل بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، کیکم (*Acer monspessulanum* SubSp.)، بنه (*Cineroscens* Boiss.)، گلابی وحشی (*Pyrus glabra* Boiss.) و زالزالک (*Crataegus aronia* L.) هستند (Safari et al., 2010).

این روش را نسبت به روش منظم تصادفی نشان داد (Bankovic, 2009).

امروزه استفاده از سنجش از دور در نمونه‌برداری جنگل جایگاه ویژه‌ای دارد. براساس نتایج تحقیقات اگرچه استفاده از این روش برای طبقه‌بندی جنگل قبل از نمونه‌برداری گاه به تولید تعداد زیادی طبقه یا از چشم دور ماندن تیپ‌های نادر منجر می‌شود، باز هم کارایی آن بسیار زیاد و شایان توجه است (Goedickemeier et al., 1997). بررسی Thompson (2000) در جنگل‌های تاسمانی نشان داد که مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری در مقایسه با روش تصادفی ساده، تعداد نمونه مورد نیاز را برای رسیدن به دقت یکسان به مقدار ۳۷ درصد کاهش می‌دهد که این مسئله به خوبی هزینه‌های طبقه‌بندی را جبران می‌کند. در تحقیق Zhu et al. (2014) به منظور برآورد مقدار و پراکنش سطوح جنگلی تخریب‌شده در کشور برزیل نیز مشخص شد که نمونه‌برداری با مونه‌بندی دقت بیشتری نسبت به روش‌های تصادفی ساده و تصادفی منظم داشته است.

جمع‌آوری داده در زیست‌بوم‌های طبیعی به‌طور معمول بسیار پرهزینه است. در بسیاری از موارد به‌ویژه اگر مونه‌بندی براساس متغیرهای جغرافیایی انجام گرفته باشد، هزینه نمونه‌برداری از طریق کاهش تعداد نمونه مورد نیاز، کمتر خواهد بود. از طرفی مونه‌بندی یکی از روش‌هایی است که دقت نمونه‌برداری به روش تصادفی را افزایش می‌دهد. این کار به دو صورت قبل و بعد از نمونه‌برداری اجرائی است. مونه‌بندی پس از نمونه‌برداری تنها زمانی انجام می‌گیرد که شناختی از منطقه وجود ندارد و معیاری برای انجام مونه‌بندی در دسترس نیست (Tarpey, 2012).

نمونه‌برداری در جنگل‌های زاگرس با توجه به ناهمگنی و تنوع بالا در ترکیب، تراکم و تاج‌پوشش نیازمند طبقه‌بندی قبل از نمونه‌برداری است. از طرفی برای سطوح وسیع استفاده از روش تصادفی منظم



شکل ۱- نقشه طبقه‌بندی‌شده بخش باینگان و محل قرارگیری خوشه‌ها

برابرسینه تا دقت میلی‌متر با نوار قطرسنج اندازه‌گیری شد. در نهایت تعداد، تاج‌پوشش و سطح مقطع برابرسینه در واحد سطح برای هر قطعه نمونه محاسبه شد. برای هر طبقه ضریب تغییرات صفات مورد بررسی محاسبه شد و تعداد نمونه مورد نیاز برای رسیدن به اشتباه نمونه‌برداری ۱۰ درصد از رابطه ۱ به‌دست آمد (Kiani, 2017):

$$n = \frac{T^2 \times CV_t^2 \%}{E^2} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه n تعداد نمونه مورد نیاز برای کل جنگل، E درصد اشتباه مجاز، T مقدار جدول استیودنت به ازای درجه آزادی $(n-1)$ و CV_t ضریب تغییرات کل است که حاصل جمع ضریب تغییرات تمامی طبقات می‌باشد. برای اختصاص تعداد نمونه محاسبه‌شده به هر یک از طبقات از رابطه ۲ استفاده شد:

$$n_j = n \times \frac{CV_j}{CV_t} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه n تعداد نمونه محاسبه‌شده، CV_j ضریب تغییرات نمونه j ، n_j تعداد نمونه در نمونه j و

شیوه اجرای پژوهش

نخست محدوده بخش باینگان براساس اطلاعات و نقشه‌های موجود در نرم‌افزار Google Earth مشخص و پلی‌گون‌بندی شده و در محیط ArcGIS مرز آن بسته شد. برای طبقه‌بندی قبل از نمونه‌برداری، از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ متعلق به جولای ۲۰۱۵ و از باندهای ۷-۱ استفاده شد. با توجه به زمین مرجع بودن تصاویر لندست ۸ این تصاویر با نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر Google Earth مقایسه شدند و از نبود خطای هندسی اطمینان به‌عمل آمد. در مجموع چهار طبقه براساس شاخص NDVI (کمتر از ۰/۱۷، ۰/۱۷-۰/۲۶، ۰/۲۶-۰/۳۴ و بیش از ۰/۳۴) مشخص شد؛ طبقه اول مربوط به خاک و دیگر طبقات دارای پوشش گیاهی بودند. به‌منظور تعیین واریانس صفات و محاسبه تعداد نمونه مورد نیاز، نمونه‌برداری اولیه انجام گرفت. به این صورت که در هر طبقه چهار نقطه به‌صورت تصادفی مشخص شد و در هر نقطه یک خوشه شامل پنج قطعه نمونه ۹۰×۹۰ متر به فواصل ۲۰۰ متر و به شکل صلیبی برداشت شد. در هر یک از قطعات نمونه تمامی درختان موجود اندازه‌گیری شدند. قطر تاج با متر نواری تا دقت سانتی‌متر و قطر

$$S_{\bar{x}_T} = \sqrt{\sum_{j=1}^M \left[\left(\frac{N_j}{N} \right)^2 \times S^2_{\bar{x}_j} \right]} \quad \text{رابطه ۸}$$

در این روابط \bar{X}_T میانگین کل جنگل، \bar{X}_j میانگین نمونه j و N_j تعداد نمونه قابل برداشت در آن نمونه هستند. همچنین N تعداد نمونه قابل برداشت کل جنگل، $S_{\bar{x}_j}$ اشتباه معیار هر نمونه و $S_{\bar{x}_T}$ اشتباه معیار کل جنگل هستند. در واقع عامل وزن در این محاسبات نسبت تعداد نمونه قابل برداشت (مساحت) هر نمونه به تعداد نمونه قابل برداشت کل (مساحت کل جنگل) است. اشتباه آماربرداری و حدود اعتماد در روش نمونه‌بندی با روابط متداول قابل محاسبه‌اند. شایان ذکر است که در استفاده از جدول t استیودنت درجه آزادی برابر $n-m$ خواهد بود که در آن n تعداد نمونه برداشت شده و m تعداد نمونه‌ها هستند. برای تعیین سودمندی نمونه‌برداری با نمونه‌بندی در مقایسه با روش خوشه‌ای بدون نمونه‌بندی از رابطه ۹ استفاده شد (Thompson, 2000).

$$Deff = \frac{Var_s}{Var_c} \times 100 \quad \text{رابطه ۹}$$

در این رابطه $Deff^1$ ضریب سودمندی، Var_s واریانس روش خوشه‌ای در حالت با نمونه‌بندی و Var_c واریانس روش خوشه‌ای بدون نمونه‌بندی هستند، البته به جای آنها از اشتباه معیار یا اشتباه نمونه‌برداری نیز می‌توان استفاده کرد. هرچه مقدار عدد به‌دست‌آمده کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده سودمندی بیشتر نمونه‌برداری با نمونه‌بندی خواهد بود، زیرا مقدار کمتر این شاخص به این معناست که برای رسیدن به دقت یکسان تعداد نمونه کمتری در اثر نمونه‌بندی مورد نیاز است. برای مثال اگر ضریب سودمندی ۲۰ درصد باشد، نشان‌دهنده کاهش ۸۰ درصدی در تعداد نمونه مورد نیاز برای رسیدن به دقت معین خواهد بود. به عبارتی با ۲۰ درصد قطعات نمونه برداشت‌شده نیز

CV_i ضریب تغییرات کل هستند. در واقع به نمونه‌هایی که تنوع و در نتیجه واریانس بیشتری داشتند، تعداد نمونه بیشتری تعلق گرفت. بر این اساس در نمونه ۲ به مساحت ۱۷۱۴۵/۳۶ هکتار تعداد ۱۲ خوشه شامل ۶۰ قطعه نمونه، در نمونه ۳ به مساحت ۹۱۲۱/۹۱ هکتار تعداد ۱۴ خوشه شامل ۷۰ قطعه نمونه و در نمونه ۴ به مساحت ۲۸۴۳/۱۱ هکتار تعداد ۸ خوشه شامل ۴۰ قطعه نمونه مشخص شد و نمونه‌برداری نهایی انجام گرفت. برای انجام محاسبات روش خوشه‌ای از روابط ۳ تا ۶ به شرح زیر استفاده شد (Zobeiry, 2007):

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n_j} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\bar{X}_{CE} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n \times m} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j}{m} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$S_{x_{CE}} = \sqrt{\frac{[\sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij})^2] - [2\bar{X}_{CE} \times \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}) \times n_j] + [\bar{X}_{CE}^2 \times \sum_{j=1}^m n_j^2]}{n(m-1)}} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$S_{\bar{x}_{CE}} = \sqrt{\frac{S_{x_{CE}}^2}{n \times m}} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این روابط \bar{X}_j میانگین خوشه، \bar{X}_{CE} میانگین جنگل، $S_{x_{CE}}$ انحراف معیار، $S_{\bar{x}_{CE}}$ اشتباه معیار کل، i نمایه برای هر عضو، j نمایه برای هر خوشه، n تعداد اعضای خوشه و m تعداد خوشه هستند. برای محاسبات روش نمونه‌بندی ابتدا میانگین حسابی برای هر نمونه محاسبه شد و اشتباه معیار نیز از روابط متداول به‌دست آمد. سپس میانگین کل و اشتباه معیار برای جنگل به‌صورت وزنی و به‌ترتیب از روابط ۷ و ۸ محاسبه شد (Zobeiry, 2007):

$$\bar{X}_T = \sum_{j=1}^M \left(\frac{N_j}{N} \times \bar{X}_j \right) \quad \text{رابطه ۷}$$

¹ Deff = Design Effectiveness

می‌توان به همین دقت رسید، البته همگنی جنگل و نحوه پراکنش قطعات نمونه در این میان اهمیت زیادی خواهد داشت.

نتایج

آماره‌های توصیفی متغیرهای تعداد، تاج‌پوشش و سطح مقطع در هکتار برای ۱۷۰ قطعه نمونه

برداشت‌شده در قالب ۳۴ خوشه در سرتاسر منطقه، در جدول ۱ آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در مورد تمامی صفات مورد بررسی اشتباه نمونه‌برداری کمتر از حد مجاز است، تراکم متوسط جنگل ۲۲۱/۸۳ پایه در هکتار، تاج‌پوشش ۲۰/۱۳ درصد و سطح مقطع ۴/۷۷ مترمربع در هکتار بوده است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد بررسی در منطقه تحقیق (بدون نمونه‌بندی)

آماره	رویة زمینی (متر مربع در هکتار)	تاج‌پوشش (متر مربع در هکتار)	تراکم (تعداد در هکتار)
میانگین	۴/۷۷	۲۰۱۳/۵۱	۲۲۱/۸۳
واریانس	۱۲/۳۹	۲۱۱۸۵۰۴/۰۲	۲۵۵۲۸/۱۵
انحراف معیار	۳/۵۲	۱۴۵۵/۵۰	۱۵۹/۷۷
اشتباه معیار	۰/۲۷	۱۱۱/۶۳	۱۲/۲۵
اشتباه نمونه‌برداری	۰/۴۴	۱۸۴/۱۹	۲۰/۲۱
درصد اشتباه نمونه‌برداری	۹/۳۳	۹/۱۴	۹/۱۱

در ۱۷۰ قطعه نمونه برداشت‌شده در مجموع ۳۰۶۳۹ درخت از گونه‌های مختلف اندازه‌گیری شد که براساس نتایج به‌دست‌آمده بلوط ۶۰/۴ درصد، کیکم ۱۴ درصد، بنه ۱۳ درصد، زالزالک ۷/۳ درصد، گلایی وحشی ۴ درصد و آلوچه وحشی ۱/۳ درصد ترکیب را به خود اختصاص دادند. آماره‌های توصیفی به تفکیک نمونه در جدول ۲ آورده شده است. همان‌گونه که مشخص است، در نمونه ۲ کمترین و در نمونه ۳ بیشترین تنوع وجود دارد. شایان ذکر است که نمونه ۱ مناطق بدون پوشش گیاهی (طبقه خاک) بوده است.

محاسبه میانگین جنگل به‌صورت وزنی انجام گرفت. شایان ذکر است که برای تعمیم نتایج به کل

منطقه لازم است نمونه نخست که در طبقه‌بندی براساس NDVI فاقد پوشش گیاهی شناخته شده است نیز در نظر گرفته شود، از این‌رو بخش پایین جدول به این مورد اختصاص یافته است. همچنین این نمونه ۵۴۶۸/۷۳ هکتار وسعت داشته است. نظر به اینکه تنها شامل خاک بوده و وسعت آن بیش از ۳-۴ پیکسل بود، نمونه‌برداری در آن صورت نگرفت و به‌عنوان یک طبقه مجزا مشخص شد. دخالت دادن این طبقه در محاسبات، میانگین جنگل را برای تمام صفات ۱۶ درصد کاهش داد، اما نسبت به حالتی که فقط مناطق واجد پوشش مدنظر قرار گرفتند، موجب افزایش اشتباه نمونه‌برداری البته به مقدار ناچیز شد (جدول ۳).

جدول ۲- آماره‌های توصیفی به تفکیک مونه‌ها

مونه	تعداد خوشه و قطعه نمونه	آماره	رویه زمینی (متر مربع در هکتار)	تاج پوشش (متر مربع در هکتار)	تراکم
۲	۱۲ خوشه ۶۰ قطعه نمونه	میانگین	۱/۳۱	۵۸۲/۲۳	۶۱/۱۳
		انحراف معیار	۰/۴	۱۲۷/۷۹	۱۰/۱۲
		کمینه	۰/۶۷	۳۲۳/۱۸	۴۳/۲۱
		بیشینه	۲/۱۹	۱۰۱۷/۴۲	۹۱/۳۶
۳	۱۴ خوشه ۷۰ قطعه نمونه	میانگین	۴/۵۸	۱۹۲۵/۲۱	۲۱۳/۱۷
		انحراف معیار	۰/۸۸	۳۳۹/۷	۱۹/۸۶
		کمینه	۲/۶۷	۱۲۴۷/۵۸	۱۷۵/۳
		بیشینه	۶/۸۲	۲۸۷۴/۰۲	۲۶۱/۷
۴	۸ خوشه ۴۰ قطعه نمونه	میانگین	۱۰/۲۸	۴۳۱۴/۹۷	۴۷۸/۰۵
		انحراف معیار	۰/۲۴	۹۳/۹۵	۸/۰۱
		کمینه	۷/۲۴	۳۱۸۷/۳۶	۳۶۶/۶۷
		بیشینه	۱۴/۲	۵۶۸۸/۴۵	۵۶۱/۷۳

جدول ۳- نتایج محاسبات برای مشخصات جنگل در روش مونه‌بندی

تعمیم	آماره	رویه زمینی (متر مربع در هکتار)	تاج پوشش (متر مربع در هکتار)	تراکم
مناطق دارای پوشش	میانگین	۳/۲۱	۱۳۶۷/۶۲	۱۴۹/۴۹
	اشتباه معیار	۰/۰۵	۱۸/۴۵	۱/۳۲
	اشتباه نمونه برداری	۰/۰۸۴	۳۰/۵۲	۲/۱۹
	درصد اشتباه	۲/۶۳	۲/۲۳	۱/۴۶
کل منطقه	میانگین	۲/۷	۱۱۵۱/۳	۱۲۵/۸۵
	اشتباه معیار	۰/۰۴۳	۱۵/۵۳	۱/۱۱
	اشتباه نمونه برداری	۰/۰۸۵	۳۰/۶	۲/۲
	درصد اشتباه	۳/۱۴	۲/۶۵	۱/۷۴

به دقت ۱۰ درصد صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. این کاهش به‌واسطه کمتر شدن اشتباه نمونه برداری است.

نتایج بررسی سودمندی روش مونه‌بندی در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که مونه‌بندی ۸۰-۶۶ درصد در تعداد نمونه مورد نیاز برای رسیدن

جدول ۴- بررسی سودمندی روش مونه‌بندی

مشخصه	سودمندی	تعداد قطعه نمونه برداشت شده	صرفه‌جویی در برداشت قطعه نمونه
تعداد در هکتار	۱۹/۰۹	۱۷۰	۱۳۷
تاج پوشش در هکتار	۲۹	۱۷۰	۱۲۱
سطح مقطع در هکتار	۳۳/۶۵	۱۷۰	۱۱۳

بحث

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، اشتباه نمونه‌برداری در روش خوشه‌ای با مونه‌بندی نسبت به روش خوشه‌ای بدون مونه‌بندی بسیار کمتر به دست آمده است. همچنین برآوردهای انجام گرفته از تراکم، تاج‌پوشش و سطح مقطع در هکتار به ترتیب ۳۲/۶، ۳۲/۰۷ و ۳۲/۷ درصد نسبت به روش خوشه‌ای بدون مونه‌بندی کمترند. این تفاوت به واسطه نقش زیاد مونه نخست در محاسبه میانگین جنگل است که وسعت (وزن) زیاد اما تراکم و تاج‌پوشش کم داشته است. این در حالی است که Fallah et al. (2012) در برآورد تاج‌پوشش جنگل‌های بلوط زاگرس درصد خطای آماربرداری در روش نمونه‌برداری با مونه‌بندی را بیشتر از روش منظم تصادفی به دست آوردند. البته در پژوهش مذکور از مونه‌بندی پس از نمونه‌برداری استفاده شده، در حالی که در مطالعه حاضر، مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری انجام گرفته است.

در پژوهش Akhavan et al. (2001) نیز به منظور برآورد موجودی حجمی در جنگل‌های خیرود از روش مونه‌بندی استفاده شد. نتایج نشان داد که روش مونه‌بندی نسبت به روش منظم تصادفی از دقت بهتری برخوردار است و اشتباه آماربرداری در این روش کمتر است که با نتایج تحقیق حاضر تطبیق دارد. در واقع مونه‌بندی موجب کاهش اشتباه نمونه‌برداری می‌شود. البته در تحقیق مذکور بیان شده که مونه‌بندی پس از نمونه‌برداری با توجه به داشتن هزینه برابر با روش منظم تصادفی از یک طرف و هزینه‌بردار بودن تهیه عکس‌های هوایی به منظور طبقه‌بندی از طرف دیگر، نسبت به مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری ارجحیت دارد. در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی استفاده شد که با توجه به رایگان بودن تصاویر ماهواره‌ای لندست و زمان کمتر مورد نیاز برای طبقه‌بندی روی آنها نسبت به عکس هوایی، این مشکل بارز نخواهد بود.

در تحقیق حاضر با توجه به وسعت منطقه و تنوع

زیاد توپوگرافی و در نتیجه پوشش گیاهی، انتخاب یک محدوده به‌عنوان معرف به‌نحوی که به‌عنوان شاهد برای مقایسه صحت روش‌ها استفاده شود، میسر نبود. البته باید توجه داشت که یک محدوده برای مثال ۵۰ هکتاری که در بیشتر تحقیقات مورد آماربرداری ۱۰۰ درصد قرار گرفته و به‌عنوان شاهد استفاده شده است، هرگز معرف یک جنگل وسیع نیست. در هر صورت میانگین برآوردی روش مونه‌بندی همواره به میانگین واقعی نزدیک‌تر است که این مسئله در تحقیقات متعدد از جمله Fallah et al. (2012) به اثبات رسیده است، زیرا فلسفه روش مونه‌بندی این است که به طبقات مختلف براساس میانگین متغیرهای مورد بررسی وزن متفاوت می‌دهد و میانگین وزنی محاسبه شده به میانگین واقعی جنگل نزدیک‌تر است. در مواردی که روش مونه‌بندی صحت کمتر از دیگر روش‌ها نشان داده مشکل بیشتر به نحوه انتخاب منطقه شاهد برمی‌گردد که واقعاً معرف کل جنگل نیست و با افزایش سطح جنگل و ناهمگنی توده‌ها این مشکل حادتر نیز می‌شود. Amini et al. (2016) نیز در تحقیق خود روش خوشه‌ای با طبقه‌بندی را در برآورد تعداد در هکتار جنگل‌های راش و ممرز در جنوب ساری را ارزیابی کردند. براساس نتایج، برآورد میانگین تعداد درخت در هکتار در مقیاس کل جنگل با استفاده از نمونه‌برداری خوشه‌ای با نتایج آماربرداری ۱۰۰ درصد تنها ۴ درصد اختلاف داشت، در حالی که برآورد روش منظم تصادفی نسبت به شاهد ۱۵/۶ درصد اختلاف نشان داد. بر این اساس روش خوشه‌ای با مونه‌بندی برای برآورد تعداد درخت در هکتار نسبت به روش منظم تصادفی مناسب‌تر معرفی شد.

در پژوهش Negahdarsaber & Abbasi (2012) در برخی از مشخصه‌های کمی جنگل‌های بنه در استان فارس با روش خوشه‌ای بررسی شد. محاسبه اشتباه نمونه‌برداری به دو صورت یکی برای قطعات نمونه و دیگری برای خوشه‌ها انجام گرفت که به ترتیب برابر با

در تحقیق حاضر حداکثر ۸۱ درصد برای برآورد تراکم جنگل، حداقل ۶۶ درصد برای برآورد سطح مقطع در هکتار و به طور متوسط ۷۲ درصد صرفه جویی ایجاد می‌کند. البته شرط لازم برای چنین نتیجه‌گیری در هر منطقه این است که روش پایه (در اینجا تصادفی خوشه‌ای با قطعات نمونه دارای مساحت ثابت) تعداد نمونه کافی داشته باشد.

در اثر مونه‌بندی مقادیر اشتباه معیار کمتر از روش خوشه‌ای بدون مونه‌بندی بوده‌اند که این مسئله سودمندی روش مونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. این سودمندی به شکل کاهش تعداد نمونه مورد نیاز برای رسیدن به دقت مشخص نمایان شده و موجب کاهش هزینه‌ها می‌شود. بر این اساس و با توجه به ناهمگنی موجود در ترکیب، تراکم و پوشش جنگل‌های غرب کشور، استفاده از روش مونه‌بندی موجب افزایش دقت نمونه‌برداری به روش خوشه‌ای خواهد شد و در کارهای اجرایی نیز قابل توصیه است.

۱۴ و ۲۸/۸۹ درصد بود. بر این اساس نتیجه‌گیری شد که اشتباه نمونه‌برداری در روش خوشه‌ای زیادتر از روش تصادفی منظم است. اما باید توجه داشت که در تحقیق مذکور هر خوشه در یک منطقه بوده و معرف همان منطقه است. بهتر است برای محاسبه حدود اطمینان میانگین کل جنگل همان اشتباه ۱۴ درصد در نظر گرفته شود، زیرا هدف استفاده از روش خوشه‌ای کاهش کار میدانی به منظور پیمودن فواصل قطعات نمونه است (McRoberts et al., 2015).

نتایج بررسی سودمندی روش مونه‌بندی نشان داد که انجام مونه‌بندی بین ۶۶ تا ۸۰ درصد در تعداد نمونه مورد نیاز برای رسیدن به دقت ۱۰ درصد صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. در بررسی (2000) Thompson در منطقه تاسمانی مشخص شد که استفاده از مونه‌بندی، حداکثر ۶۹ درصد و به طور متوسط ۳۱ درصد در تعداد نمونه مورد نیاز برای نمونه‌برداری جنگل صرفه‌جویی ایجاد می‌کند و گاهی مونه‌بندی با اشتباه بیشتری همراه بوده و برعکس تعداد نمونه مورد نیاز را افزایش داده است. این مقدار

References

- Akhavan, R., Zobeiry, M., & Namiranian, M. (2001). A study of stratification method using for volume estimation in Kheyrood forest. *Iranian Journal of Natural Resources*, 54(3), 235-245.
- Amini, M., Amini, R., Sagheb-Talebi, Kh., & Khorankeh, S.A. (2016). Tree density and stand structure estimation by stratified cluster and systematic random sampling methods. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(4), 719-731.
- Aune-lunder, L. & Strand, G.H. (2014). Comparison of variance estimation methods for use with two-dimensional systematic sampling of land use/land cover data. *Environmental Modelling & Software*, 61, 87-97.
- Bankovic, S. (2009). *The National Forest Inventory of the Republic of Serbia*, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic Serbia, Forest Directorate, Belgrade.
- Brassel, P., & Lischke, H. (2001). *Swiss National Forest Inventory: Method and models of the second assessment*, WSL Swiss Federal Research Institute Publication.
- Fallah, A., Zobeiri, M., Rahimipour Sisakht, A., & Naghavi, H. (2012). Investigation on four sampling Methods for canopy cover estimation in Zagros oak forests (Case study: Mehrian forests of Yasuj city). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(2), 194-203.
- Goedickemeier, I., Wildi, O., & Kienast, F. (1997). Sampling for vegetation survey: some properties of a gis-based stratification compared to other statistical sampling methods. *Coenoses*, 12(1): 43-50.

- Goslee, K., & Walker, S. (2014). *Strengthening forest carbon accounting systems in Cross River State, Nigeria: Sample design and work*, Governors' Climate and Forests Task Force.
- Heidari, M., Namiranian, M., Zobeyri, M., Ghahramani, L., Khosropoor, E., Etemad, S., Rezaei, D. & Zabihollahi, S. (2011). Investigating north Zagros forests in relation with elevation from sea level and providing management solutions to protect (Case study: Balkeh, Baneh), *Regional Conference on Forests and Environment as Insurance of Sustainable Development*, 27-28 April, Islamic Azad University, Booshehr, Iran.
- Kiani, B. 2017. *Forest Biometrics, sampling designs and measurement methods in forest sciences*, Tehran: Pelk Publications.
- Marvi Mohajer, M.R. (2006). *Silviculture*, Tehran: University of Tehran Publications.
- McRoberts, R.E., E.O. Tomppo & Czaplewski, R.L. (2015). *Sampling designs for national forest assessments*, Knowledge reference for national forest assessments, FAO, pp 23-40.
- Negahdarsaber, M.R. & Abbasi, A.R. (2012). Some quantitative characteristics of wild Pistachio (*Pistacia atlantica* subsp. *mutica*) in Fars province of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(3), 420-428.
- Safari, A., Shabanian, N., Erfanifard, S.Y., Heidari, R.H. & Purreza, M. (2010). Investigation of spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan forests, Kirmanshah). *Iranian Journal of Forest*, 2(2), 177-185.
- Talavitie, M., O. Leino, & Holopalnen, M. (2006). Inventory of sparse forest populations using adaptive cluster sampling. *Silva Fennica*, 40(1), 101-108.
- Tarpey, TH. (2012). *Statistical modeling for environmental data*, Department of Mathematics and Statistics, Wright State University, ES/STT 714, 13-18.
- Thompson, D.N. (2000). Stratified sampling based on photo-interpreted forest types reduces the cost of strategic forest inventory. *Tasforests* 12, 77-82.
- Yim, J.S., M.Y. Shin, Y. Son & Kleinn, Ch. (2015). Cluster plot optimization for a large area forest resource inventory in Korea. *Forest Science and Technology*, 11(3), 139-146.
- Zhu, Sh., H. Zhang, R. Liu, Y. Cao & Zhang, G. (2014). Comparison of sampling designs for estimating deforestation from Landsat TM and MODIS imagery: A case study in Mato Grosso, Brazil. *The Scientific World Journal*, 919456, 10 p.
- Zobeiry, M. (2007). *Forest Biometry*, Tehran: University of Tehran Publications.



Effect of pre-stratification on increasing the precision of cluster sampling method to estimate forest attributes (Case study: Bayangan, Kermanshah)

A. Nouri¹, B. Kiani^{*2}, M.H. Hakimi³, and M.H. Mokhtari³

¹M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Yazd, Yazd, I. R. Iran

²Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Yazd, Yazd, I. R. Iran

³Assistant Prof., Department of Desert Management, Faculty of Natural Resources, University of Yazd, Yazd, I. R. Iran

(Received: 9 January 2017, Accepted: 3 June 2017)

Abstract

In this study a pre-stratification was applied to estimate quantitative attributes of oak forests by cluster sampling method in Bayangan district, Kermanshah province. Firstly stratification was conducted according to NDVI on landsat-8 images and four strata were determined. Sample size was computed according to allowable error and samples were allocated to three strata with regard to their heterogeneity. Totally 34 five-plot clusters include 170 samples with 90×90 meter dimensions were measured in 30000 ha area of study area. Crown diameter and diameter at breast height (DBH) were measured and finally density, crown cover and basal area per unit area were computed. Results of stratified sampling showed 149.5 tree, 1367.6 m².ha⁻¹ (13.67 percent) and 3.21 m².ha⁻¹ for density, crown cover and basal area respectively. While this measures for cluster sampling without stratification were 221.8, 2013.5 and 4.77 respectively. This was due to high acreage (weight) but low density and crown cover in the first strata with huge effect on forest mean. Error percent was 1.74, 2.65 and 3.14 for pre-stratification status and 9.11, 9.14 and 9.33 for cluster sampling without stratification. It can be said that pre-stratification can decrease sample size from 66 to 80 percent. We conclude that with regards to heterogeneity of Zagros forests in type, density and crown cover, pre-stratification can improve precision of cluster sampling and is recommended for general inventories.

Keywords: Basal area, Crown cover, Density, Sampling, Zagros.

