

فرا تحلیل متغیر حجم سرپای جنگل در جنگل های راش هیرکانی

محمد اسماعیل پور*^۱ و کیومرث سفیدی^۲

۱- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر، ایران. (m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir)

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. (kiomarssefidi@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۲

چکیده

مقدمه و هدف: پژوهش های متعددی برای برآورد حجم سرپای در جنگل های راش هیرکانی انجام شده است؛ به طوری که نتایج متفاوتی از این پژوهش ها حاصل شده است. فراتحلیل یک روش آماری کمی برای ترکیب نتایج مجموعه ای از پژوهش های جداگانه است، پژوهش هایی که همه درباره یک موضوع مشخص هستند. در روش های فراتحلیل با جمع آوری داده های چند پژوهش، تعداد نمونه های مورد بررسی بیشتر و بنابراین دامنه تغییرات و احتمالات کوچک تر می شود، در نتیجه اهمیت یافته های آماری افزایش می یابد. در فراتحلیل، اگر بین مقالات مورد استفاده، همگنی وجود داشته باشد از مدل با اثرهای ثابت و اگر بین مقالات مختلف ناهمگنی (متنوع) وجود داشته باشد، از مدل با اثرهای تصادفی برای ترکیب کردن مقالات مختلف استفاده می شود. از این رو در یک فراتحلیل، مجموعه ای از پژوهش ها در جنگل های راش هیرکانی بررسی شد. در این پژوهش علت وجود تفاوت در حجم سرپای توده در مناطق مختلف جنگل های هیرکانی نیز استدلال هایی بیان شده است. این اولین پژوهش فراتحلیل در زمینه حجم سرپای در راشستان های هیرکانی است.

مواد و روش ها: پژوهش های مرتبط با موضوع حجم سرپای در پایگاه های ملی و بین المللی بدون محدودیت زمانی تا زمستان ۱۴۰۱ جستجو شدند. در این پژوهش پس از بررسی دقیق مقالات متعدد، از داده های (میانگین، انحراف معیار و تعداد نمونه) ۱۸ پژوهش اصیل مرتبط با متغیر حجم سرپای در جنگل های راش هیرکانی استفاده شد. این پژوهش ها در مجلات *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*، *European Journal of Forest Research* و *Natural Areas Journal* و (تحقیقات جنگل و صنوبر ایران (هفت پژوهش)، پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل (سه پژوهش)، بوم شناسی جنگل - های ایران (سه پژوهش)، جنگل و فرآورده های چوب (یک پژوهش) و پژوهش و توسعه جنگل (یک پژوهش)) چاپ شده بودند. در این پژوهش، فقط برآورد حجم سرپای (نه رویش حجم سرپای) در نظر گرفته شد. در برخی از موارد داده های مورد نیاز مانند انحراف معیار در مقالات چاپ شده وجود نداشت که این

دسته از مقالات از روند فراتحلیل خارج شدند یا در موارد خیلی کم با دسترسی به داده‌های خام نویسندگان، مورد محاسبه قرار گرفت. این داده‌ها به نام‌های مختلف از قبیل حجم سرپا، حجم سرپای توده، حجم سرپای جنگل و رویش حجمی در جنگل‌های با ویژگی‌های ساختاری متفاوت در این مقالات وجود داشت. به دلیل معنی‌دار شدن آزمون کوکران کیو ($P \leq 0.05$) و مقادیر بیشتر از ۷۵ درصد برای آماره I^2 ، از مدل اثرهای تصادفی برای فراتحلیل استفاده شد. برای یافتن منبع ناهمگنی بین پژوهش‌ها، تحلیل زیرگروه بر اساس مناطق جغرافیایی (استان) و ترکیب توده انجام شد. نتایج یک فراتحلیل را می‌توان در قالب یک نمودار انباشت نشان داد که عمومی‌ترین و رایج‌ترین روش نمایش اندازه‌های اثر است. در این پژوهش از نرم‌افزار Comprehensive meta-analysis ver. 3 استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین حجم سرپای توده با توجه به معنی‌دار شدن آزمون کوکران کیو و شاخص I^2 بر اساس مدل اثرهای تصادفی ۳۸۶/۸۰۵ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۳۳۴/۹۲۰-۴۳۸/۶۸۹) برای جنگل‌های راش هیرکانی برآورد شد. کم‌ترین و بیش‌ترین این مقدار به ترتیب به مقدار ۲۵۲/۳ و ۶۸۵ سیلو در هکتار در جنگل‌های مازندران بود. بیشترین پژوهش در مکان‌های مختلف جنگل‌های راش در استان مازندران انجام شد. تحلیل زیرگروه بر اساس استان (مناطق جغرافیایی) نشان داد بیشترین این مقدار بر اساس مدل تصادفی در جنگل‌های استان گیلان به مقدار ۴۲۴/۴۵ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۲۷۷/۴۳۸-۵۷۱/۴۶۹) است. کمترین آن به مقدار ۲۸۵/۶۳۸ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۱۶۷/۲۶۴-۴۰۴/۰۱۳) بر اساس مدل تصادفی در جنگل‌های استان گلستان برآورد شد. فراتحلیل حجم سرپا در جنگل‌های هیرکانی بر اساس ترکیب گونه درختی نشان داد بیشترین این مقدار بر اساس مدل تصادفی برای تیپ خالص راش به مقدار ۳۹۴/۲۷۲ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۲۷۷/۶۸۸-۵۱۰/۴۱۷) است. کمترین آن به مقدار ۳۸۵/۱۴۷ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۳۲۵/۹۴۹-۴۴۴/۳۴۴) برای تیپ راش آمیخته به دست آمد. طبق نتایج این فراتحلیل، حجم سرپا در جنگل‌های راش هیرکانی در تیپ خالص راش به اندازه ۹/۱۲۵ سیلو در هکتار بیشتر از تیپ راش آمیخته است.

نتیجه‌گیری کلی: میانگین حجم سرپا در جنگل‌های راش هیرکانی در حدود ۳۸۶ سیلو در هکتار برآورد شد. بیشترین این مقدار در جنگل‌های گیلان در حدود ۴۲۴ سیلو در هکتار است. بیشترین این مقدار برای تیپ خالص راش به مقدار ۳۹۴ سیلو در هکتار است. بر این اساس، در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای حفظ پایداری و تحمل مناسب توده، توصیه می‌شود حجم سرپای توده در حد میانگین حفظ شود. برآورد مقدار میانگین مشخصه‌های ساختاری در بزرگ مقیاس اطلاعات کمی از وضعیت ساختاری جنگل‌ها برای اتخاذ سیاست مناسب و نزدیک به واقعیت را فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: جنگل کهن‌رست، راش شرقی، ساختار جنگل

حجم خشک‌دار در حد متوسط (۳۵/۲۹۳ مترمکعب در هکتار) برآورد شد. بر این اساس توصیه شد که نگهداشت حداقل ۳۵ مترمکعب در هکتار خشک‌دار در جنگل‌های هیرکانی مدیریت شده می‌تواند تضمینی برای حفظ کارکردهای زیستی این درختان باشد (Sefidi and Esmailpour, 2022). پژوهش‌های متعددی برای برآورد این متغیر مهم در جنگل‌های هیرکانی انجام شده است (Etemad et al., 2017; Sefidi et al., 2019; Sagheb Talebi et al., 2019). به طوری که نتایج متفاوتی از این پژوهش‌ها حاصل شده است. با توجه به تعدد نتایج حاصله و اختلافات موجود در برآورد حجم سرپای در جنگل‌های راش هیرکانی، فراتحلیل می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در این زمینه فراهم کند. این پژوهش با هدف تعیین میانگین حجم سرپای در راشستان-های هیرکانی (تیپ خالص راش و تیپ راش آمیخته) انجام گرفت تا تصویری روشن‌تر بر مبنای مجموعه‌ای از پژوهش‌ها به دست آید. در این پژوهش در خصوص علت وجود تفاوت در حجم سرپای توده در مناطق مختلف جنگل‌های هیرکانی نیز استدلال‌هایی بیان شده است. این اولین پژوهش فراتحلیل در زمینه حجم سرپای در راشستان‌های هیرکانی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش پس از بررسی دقیق مقالات متعدد، در نهایت از داده‌های (میانگین، انحراف معیار و تعداد نمونه) ۱۸ پژوهش اصیل مرتبط با متغیر حجم سرپای در جنگل‌های راش هیرکانی استفاده شد (جدول ۱). سه پژوهش در مجلات خارج از کشور (شامل: *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*، *Forest Research* و *Natural Areas Journal*) و ۱۵ پژوهش در مجلات داخل کشور (تحقیقات جنگل و

جنگل‌های راش شمال ایران یکی از مهم‌ترین جوامع گیاهی است که به دلیل داشتن ترکیب گیاهی پویا و متنوع و خاک‌های حاصلخیز و با توجه به مساحت بسیار بزرگ مناطق خشک و نیمه‌خشک در ایران، از نظر اکولوژیکی بسیار دارای اهمیت هستند (Ghanbari Motlagh et al., 2021). برآورد مشخصه‌های کمی توده‌های جنگلی مانند برآورد متغیر حجم سرپای در مناطق جنگلی اهمیت زیادی برای آگاهی از وضعیت جنگل و نحوه عملکرد آن، برآورد مقدار تولید، پیش‌بینی و مدل‌سازی فشارهای وارده به جنگل، مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل دارد (Azizi et al., 2010). برآورد مداوم حجم سرپای توده-های جنگلی برای کمی‌سازی و نظارت بر چرخه کربن در جنگل و امنیت زیست‌محیطی ضروری است (Chen et al., 2020). با این حال، عوامل محیطی مؤثر بر رشد حجم در جنگل در مقیاس‌های مختلف، نوع تیپ و جوامع گیاهی متفاوت است (Sefidi et al., 2016). فراتحلیل یک روش آماری کمی برای ترکیب نتایج مجموعه‌ای از پژوهش‌های جداگانه است، پژوهش‌هایی که همه درباره یک موضوع مشخص هستند (Pigott, 2012). در روش‌های فراتحلیل با جمع‌آوری داده‌های چند پژوهش، تعداد نمونه‌های مورد بررسی بیشتر و بنابراین دامنه تغییرات و احتمالات کوچک‌تر می‌شود، در نتیجه اهمیت یافته‌های آماری افزایش می‌یابد (Mansouri et al., 2017). در فراتحلیل، اگر بین مقالات مورد استفاده، همگنی وجود داشته باشد از مدل با اثرهای ثابت و اگر بین مقالات مختلف ناهمگنی (متنوع) وجود داشته باشد، از مدل با اثرهای تصادفی برای ترکیب کردن مقالات مختلف استفاده می‌شود. در یک فراتحلیلی، مجموعه‌ای از پژوهش‌ها درباره حجم خشک‌دار در جنگل‌های هیرکانی بررسی شد. میانگین

شاخص I^2 برای ارزیابی ناهمگنی بین پژوهش‌ها و انتخاب مدل مناسب برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. به دلیل معنی‌دار شدن آزمون کوکران کیو ($P \leq 0.05$) و مقادیر بیشتر از ۷۵ درصد برای آماره I^2 ، از مدل اثرهای تصادفی برای فراتحلیل استفاده شد. در این پژوهش از مدل اثرهای تصادفی به جای مدل اثر ثابت استفاده شد (Pigott, 2012). برای برآورد میانگین حجم سرپا با توجه به معنی‌دار شدن شاخص I^2 از مدل اثرهای تصادفی استفاده شد. برای یافتن منبع ناهمگنی بین پژوهش‌ها، تحلیل زیرگروه بر اساس مناطق جغرافیایی (استان) و ترکیب درختی انجام شد. نتایج یک فراتحلیل را می‌توان در قالب یک نمودار انباشت نشان داد که عمومی‌ترین و رایج‌ترین روش نمایش اندازه‌های اثر است. در این پژوهش از نرم‌افزار Comprehensive meta-analysis ver. 3 استفاده شد.

نتایج

مشخصات بررسی‌های حجم سرپا توده وارد شده به مرحله کمی فراتحلیل در جدول ۱ ارائه شده است. بیشترین پژوهش در مکان‌های مختلف جنگل‌های راش در استان مازندران انجام شد.

صنوبر ایران (هفت پژوهش)، پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل (سه پژوهش)، بوم‌شناسی جنگل‌های ایران (سه پژوهش)، جنگل و فرآورده‌های چوب (یک پژوهش) و پژوهش و توسعه جنگل (یک پژوهش) چاپ شده بودند. برای شناسایی پژوهش‌های مرتبط، جستجو در پایگاه‌های ملی و بین‌المللی بدون محدودیت زمانی تا زمستان ۱۴۰۱ انجام شد. در این تحقیق از متغیر حجم سرپا استفاده شد و میانگین، انحراف معیار و تعداد نمونه از مقالات استخراج شد. این داده‌ها به نام‌های مختلف از قبیل حجم سرپا، حجم سرپای توده، حجم سرپای جنگل و رویش حجمی در جنگل‌های با ویژگی‌های ساختاری متفاوت در این مقالات وجود داشت. در این پژوهش، فقط برآورد حجم سرپا (نه رویش حجم سرپا) در نظر گرفته شد. در برخی از موارد داده‌های مورد نیاز مانند انحراف معیار در مقالات چاپ شده وجود نداشت که این دسته از مقالات از روند فراتحلیل خارج شدند یا در موارد خیلی کم با دسترسی به داده‌های خام نویسندگان، مورد محاسبه قرار گرفت. در مواردی هم بر اساس داده‌های مقاله، امکان محاسبه برخی از شاخص‌ها مانند انحراف معیار میسر بود، که انجام شد. از آزمون کوکران کیو و

جدول ۱- مشخصات بررسی‌های حجم سرپا وارد شده به فراتحلیل

Table 1. Characteristic of studies on stand volume analyzed by the meta-analysis

تیپ توده Stand type	استان Province	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	تعداد نمونه Sample size	انحراف معیار Standard deviation	میانگین حجم	
							نویسنده (گان) و سال Authors and year	توده سرپا (سیلو در هکتار) Mean of stand volume (sylve/h)
راش آمیخته Mixed beech	مازندران Mazandaran	560-1220	50.55	36.38	15	130	428	Azizi et al., 2010

ادامهٔ جدول ۱.
Continued table 1.

تیب توده Stand type	استان Province	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	طول جغرافیایی longitude	عرض جغرافیایی Latitude	تعداد نمونه Sample size	انحراف معیار Standard deviation	میانگین حجم توده سرپا (سیلو در هکتار) Mean of stand volume (sylve/h)	نویسنده (گان) و سال Authors and year
راش آمیخته Mixed beech	مازندران Mazandaran	560-1220	50.55	36.38	72	149	381	Azizi et al., 2010
خالص راش Pure beech	مازندران Mazandaran	1000-2000	51.32	36.27	15	47.3	252.3	Sefidi et al., 2013
خالص راش Pure beech	مازندران Mazandaran	-	-	-	85	132.1	382.9	Kalbi et al., 2014
خالص راش Pure beech	مازندران Mazandaran	-	-	-	15	121.3	372.2	Kalbi et al., 2014
راش آمیخته Mixed beech	گلستان Golestan	220-1010	54.21	36.43	95	141.2	294.6	Noorian et al., 2014
راش آمیخته Mixed beech	گلستان Golestan	220-1010	54.21	36.43	17	119.6	300.6	Noorian et al., 2014
راش آمیخته Mixed beech	مازندران Mazandaran	-	51.43	36.27	75	78.2	386	Sefidi et al., 2014
خالص راش Pure beech	مازندران Mazandaran	850-1220	51.32	36.27	3	160	685	Sefidi, 2015
راش آمیخته Mixed beech	مازندران Mazandaran	1000-2000	51.32	36.27	36	34.9	540.5	Moridi et al., 2015
راش آمیخته Mixed beech	مازندران Mazandaran	760-1780	-	-	359	130.2	309.8	Hamidi et al., 2016

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

نویسنده (گان) و سال	میانگین حجم توده سرپا (سیلو در هکتار)	انحراف معیار	تعداد نمونه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	استان	تیپ توده
Authors and year	Mean of stand volume (sylve/h)	Standard deviation	Sample size	Latitude	longitude	Elevation (m)	Province	Stand type
Hamidi et al., 2016	354.4	151.4	359	-	-	760-1780	مازندران	راش آمیخته Mixed beech
Sefidi and Mohadjer, 2016	350.3	30.1	3	36.27	51.32	-	مازندران	راش آمیخته Mixed beech
Mohammadi et al., 2016	262.9	108.6	409	36.38	54.24	220-1200	گلستان	راش آمیخته Mixed beech
Etemad et al., 2017	629.2	69.78	3	36.27	51.32	900-1300	مازندران	راش آمیخته Mixed beech
Kakavand et al., 2017	331.5	23.97	3	36.27	51.32	-	مازندران	راش آمیخته Mixed beech
Sefidi et al., 2019	550	58.3	3	37.23	48.42	1200	گیلان	راش آمیخته Mixed beech
Hassanzad Navroodi et al., 2019	308.7	138.9	87	37.37	48.44	800-1050	گیلان	راش آمیخته Mixed beech

این مقدار به ترتیب مربوط به Sefidi et al. (2013) به مقدار ۲۵۲/۳ سیلو در هکتار در جنگل‌های مازندران و Sefidi (2015) به مقدار ۶۸۵ سیلو در هکتار در جنگل‌های مازندران بود.

میانگین حجم سرپا با توجه به معنی‌دار شدن آزمون کوکران کیو و شاخص I2 بر اساس مدل اثرهای تصادفی ۳۸۶/۸۰۵ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۳۳۴/۹۲۰-۴۳۸/۶۸۹) برای جنگل‌های راش هیرکانی برآورد شد (جدول ۲). کم‌ترین و بیش‌ترین

جدول ۲ - میانگین حجم سرپای حاصل از مطالعات مختلف در جنگل های راش هیرکانی بر اساس مدل اثر تصادفی

Table 2. Mean of stand volume from different studies in Hyrcanian beech forests based on a random effect model.

ناهمگنی Heterogeneity	وزن (مدل تصادفی) Weight (random model)	وزن (مدل ثابت) Weight (fixed model)	سطح احتمال Probability level	مقدار Z Z-value	حد بالا Upper limit	حد پایین Lower limit	واریانس Variance	خطای استاندارد Standard error	میانگین Mean	نویسنده (گان) و سال Authors and year
	5.38	0.59	0.000	12.75	493.7	362.2	1126.66	35.56	428	Azizi et al., (2010)
	5.74	2.15	0.000	21.69	415.4	346.5	308.37	17.56	381	Azizi et al., (2010)
	5.81	4.45	0.000	20.65	276.2	228.3	149.21	12.21	252.3	Sefidi et al. (2013)
	5.78	3.23	0.000	26.72	410.9	354.8	205.29	14.32	382.9	Kalbi et al. (2014)
	5.44	0.68	0.000	11.88	433.5	310.8	980.91	31.32	372.2	Kalbi et al. (2014)
	5.78	3.16	0.000	20.33	323.0	266.2	209.89	14.48	294.6	Noorian et al. (2014)
	5.5	.79	0.000	10.36	357.4	243.7	741.70	29.01	300.6	Noorian et al. (2014)
	5.84	8.14	0.000	42.74	403.6	368.3	81.53	9.03	386	Sefidi et al. (2014)
	3.43	0.08	0.000	7.41	866.0	503.9	8533.33	92.37	685	Sefidi (2015)
	5.87	16.62	0.000	92.92	551.8	529.0	33.83	5.81	540.4	Moridi et al. (2015)
	5.86	14.06	0.000	45.08	323.2	296.3	47.22	6.87	309.8	Hamidi et al. (2016)
	5.85	10.39	0.000	44.34	370.0	338.7	63.87	7.99	354.4	Hamidi et al. (2016)
	5.74	2.2	0.000	20.15	384.3	316.2	302.00	17.37	350.3	Sefidi and Mohadjer (2016)
	5.87	23.01	0.000	48.94	273.4	252.3	28.85	5.37	262.8	Mohammadi et al. (2016)
	5.18	0.41	0.000	15.61	708.1	550.2	1623.08	40.28	629.2	Etemad et al. (2017)
	5.79	3.47	0.000	23.95	358.6	304.3	191.52	13.83	331.5	Kakavand et al. (2017)
	5.37	0.59	0.000	16.34	615.9	484.0	1132.96	33.66	550	Sefidi et al. (2019)
	5.78	2.99	0.000	20.72	337.8	279.4	221.88	14.89	308.6	Hassanzad Navroodi et al. 2019
			0.000	140.3	366.6	356.5	6.63	2.57	361.6	ثابت Fixed
			0.000	14.61	438.6	334.9	700.77	26.47	386.8	تصادفی Random
98.91										شاخص I ² I ² index

به معنی دار شدن آزمون کوکران کیو و شاخص I^2)، تحلیل زیرگروه‌ها انجام شد. کم‌ترین آن به مقدار ۲۸۵/۶۳۸ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۴۰۴/۰۱۳-۱۶۷/۲۶۴) بر اساس مدل تصادفی در جنگل‌های گلستان برآورد شد.

نتایج حاصل از فراتحلیل حجم سرپا بر اساس مناطق جغرافیایی (استان) در جدول ۳ آمده است. در این پژوهش، بیشترین این مقدار بر اساس مدل تصادفی در جنگل‌های گیلان به مقدار ۴۲۴/۴۵ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۵۷۱/۴۶۹-۲۷۷/۴۳۸) برآورد شد. از آنجایی که جامعه آماری همگن نیست (با توجه

جدول ۳ - فراتحلیل متغیر حجم سرپا براساس مناطق جغرافیایی

ناهمگنی			با در نظر گرفتن اندازه اثر و ۹۵ درصد بازه اطمینان				گروه‌ها	
Heterogen			Effect size and 95 percent interval				Groups	
P value	df	مقدار کیو Q value	حد بالا Upper limit	حد پایین Lower limit	خطای استاندارد Standard error	تخمین Estimation	تعداد پژوهش Number of studies	مدل تصادفی Random model
			404.013	167.264	60.396	285.638	3	گلستان Golestan
			571.469	277.437	75.01	424.453	2	گیلان Guilan
			462.180	346.255	29.574	404.215	13	مازندران Mazandaran
0.182	2	3.403						بین کل Between total
			463.032	285.48	45.295	374.265	18	کلی Total

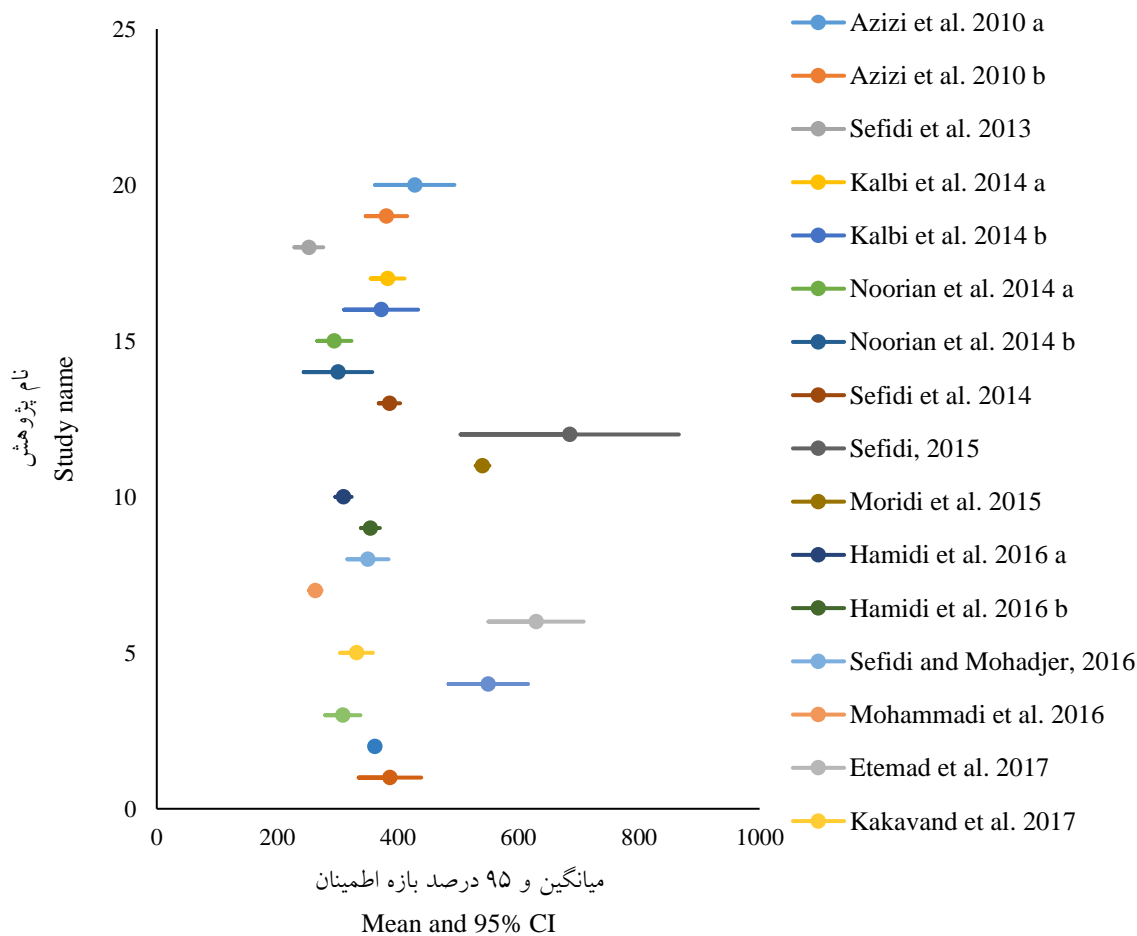
طبق نتایج این فراتحلیل، حجم سرپا در جنگل‌های راش هیرکانی در تیپ خالص راش به اندازه ۹/۱۲۵ سیلو در هکتار بیشتر از تیپ راش آمیخته است. طول بازه اطمینان برای مدل ثابت ۱۰/۰۹ با میانگین ۳۶۱/۶۳ و طول بازه اطمینان برای مدل تصادفی ۱۰۳/۷۷ با میانگین ۳۸۶/۸۰۵ بود. کوچکترین طول بازه اطمینان برای پژوهش (Mohammadi et al., 2016) با میانگین ۲۶۲/۸۸ و بزرگترین طول بازه اطمینان برای پژوهش (Sefidi (2015) با میانگین ۶۸۵ محاسبه شد (شکل ۱).

نتایج حاصل از فراتحلیل حجم سرپا در جنگل‌های راش هیرکانی بر اساس ترکیب گونه درختی در جدول ۴ آمده است. در این پژوهش، بیشترین این مقدار بر اساس مدل تصادفی برای تیپ خالص راش به مقدار ۳۹۴/۲۷۲ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۵۱۰/۴۱۷-۲۷۷/۶۸۸) محاسبه شد. کم‌ترین آن به مقدار ۳۸۵/۱۴۷ سیلو در هکتار (بازه اطمینان ۹۵ درصد: ۳۲۵/۹۴۹-۴۴۴/۳۴۴) برای تیپ راش آمیخته به دست آمد.

جدول ۴- فرا تحلیل حجم سرپای براساس ترکیب درختی

Table 4. Meta-analysis of stand volumes based on tree species composition

ناهمگنی			با در نظر گرفتن اندازه اثر و ۹۵ درصد بازه اطمینان				گروه‌ها	
Inheterogeneity			Effect size and 95 percent interval				Groups	
P value	df	مقدار کیو Q value	حد بالا Upper limit	حد پایین Lower limit	خطای استاندارد Standard error	تخمین Estimation	تعداد پژوهش Number of studies	مدل تصادفی Random model
			510.417	277.688	59.483	394.272	4	راش خالص Pure beech
			444.344	325.949	30.203	385.147	14	راش آمیخته Mixed beech
0.891	1	0.019						بین کل Between total
			439.800	334.234	26.931	387.017	18	کلی Total



شکل ۱- نمودار انباشت (نمودار جنگلی) حجم سرپای در جنگل‌های راش هیرکانی با استفاده از مدل تصادفی
Figure 1. Forest plot of stand volumes in Hyrcanian beech forests using a random model

بحث

۴۲۴/۴۵ سیلو در هکتار برآورد شد. این مقدار حاصل تحلیل زیرگروه‌ها بوده و بدیهی است که جنگل‌های گیلان دارای شرایط رویشگاهی، توپوگرافیکی، ارتفاعی و اقلیمی مختلفی هستند و در مناطق مختلف نتایج متفاوتی مورد انتظار است. لازم به ذکر است دو پژوهش از جنگل‌های گیلان شرایط ورود به این فراتحلیل را داشتند که هر دو مربوط به تیپ آمیخته راش یکی در غرب گیلان (حدود ۱۲۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا) و دیگری در جنگل‌های ناو اسالم گیلان (حدود ۲۸۰ تا ۲۱۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا) بودند. از آنجایی که جامعه آماری همگن نیست (با توجه به معنی دار شدن آزمون کوکران کیو و شاخص I^2)، تحلیل زیرگروه‌ها انجام شد. کم‌ترین آن به مقدار ۲۸۵/۶۳۸ سیلو در هکتار بر اساس مدل تصادفی در جنگل‌های گلستان برآورد شد. در پژوهشی با استفاده از تحلیل زیرگروه‌ها بیان شد بیشترین مقدار حجم خشکه‌دار بر اساس مدل تصادفی مربوط به جنگل‌های گلستان به مقدار ۵۰/۵۲۰ مترمکعب در هکتار است (Sefidi and Esmaeilpour, 2022). مطابق با نتایج پژوهشی در جنگل‌های گلستان، بیشترین مقدار حجم سرپا (۶۵۷ سیلو در هکتار) برای مرحله تحولی اولیه راشستان‌های دست‌نخورده (از نظر فراوانی آمیختگی گونه‌ها دارای ۹۲/۷ درصد گونه راش، ۶/۸ درصد گونه ممرز و ۰/۵ درصد ملج)، مربوط به مناطق شرقی هیرکانی یعنی جنگل‌های شصت‌کلاته بود (Sagheb Talebi et al., 2019). تفاوت در انباشت حجم سرپا در مناطق مختلف بر اساس تفاوت در شرایط رویشگاهی قابل توجیه است. با این حال با تغییر در مقدار بارش و میانگین دمای هوا غلبه گونه راش در مناطق شرقی هیرکانی کمتر شده و بر تنوع گونه‌ای درختی افزوده می‌شود. لازم به ذکر است یکی از مهم‌ترین علت‌های وجود این اختلاف تفاوت در تیپ متفاوت جنگل‌ها است. به عبارت دیگر، در جنگل‌های

این پژوهش اولین پژوهش فراتحلیل در زمینه حجم سرپای جنگل‌های راش هیرکانی است. جنگل‌های هیرکانی دارای کارکردهای مختلفی از قبیل ترسیب کربن، تولید چوب، تفرج و غیره بوده و نیاز به یک مدیریت یک‌پارچه و همه‌جانبه دارند و برای اجرای صحیح این مدیریت نیاز به وجود انواع اطلاعات مناسب است (Hamidi et al., 2016). یکی از مهم‌ترین کارکردهای جنگل‌ها تأمین مواد سلولزی مورد نیاز در صنایع مرتبط است که اغلب براساس حجم چوب سرپا در جنگل‌ها تحلیل می‌شود. به عبارت دیگر، ارزیابی اقتصادی جنگل‌ها و محصولات چوبی اغلب با شاخص حجم سرپا انجام می‌شود. در یک برنامه‌ریزی دقیق، دانستن حجم موجودی سرپا الزامی است (Bayat and Gorzin, 2019). از این رو آگاهی از حجم سرپا بر اساس داده‌های فراتحلیل می‌تواند منجر به ارزیابی مناسب از وضعیت جنگل‌ها شود. بر اساس پژوهش‌های انجام شده و مرتبط با میانگین حجم سرپا در جنگل‌های راش هیرکانی ناهمگنی واضحی مشاهده می‌شود (با توجه به معنی دار شدن آزمون کوکران کیو و شاخص I^2 (۹۸/۹۱۵) (جدول ۲)، علت آن می‌تواند تفاوت در وضعیت متفاوت جنگل‌ها در مناطق مختلف باشد. حجم سرپا در یک رویشگاه تحت تأثیر عوامل متعددی مانند نوع گونه‌های درختی، شرایط رویشگاه، اقلیم منطقه، سن توده، نوع مدیریت جنگل و مرحله تحولی توده جنگلی است (Harmon and Sexton, 1996). با این حال وجود شرایط مختلف محیطی در جنگل‌های کوهستانی هیرکانی می‌تواند سبب تفاوت در حجم سرپای توده شود. در جنگل‌های شمال ایران، عوامل فیزیوگرافی بر زی توده درختی تأثیر دارد (Mosavi et al., 2022). در این پژوهش، بیشترین مقدار حجم سرپا بر اساس مدل تصادفی در جنگل‌های گیلان به مقدار

با ارتفاع از سطح دریا همبستگی دارد که به دلیل فقدان داده دقیق در این بررسی، فرارگرسیون مورد توجه قرار نگرفت. در فراتحلیل برآورد حجم سرپای توده در جنگل‌های راش هیرکانی مهم این است که داده‌ها از مناطق متنوعی به دست آمده باشد. عمده جنگل‌های راش هیرکانی در مناطق میان‌بند هستند و بهتر است که در بین مجموعه مقالات وارد شده در فراتحلیل، از همه این مناطق داده‌ای وجود داشته باشد. پیشنهاد می‌شود انحراف معیار و متغیرهای مستقل دیگر برای هر پژوهش گزارش شود تا امکان بررسی دقیق‌تر دلایل این ناهمگنی از طریق تحلیل زیرگروه و فرارگرسیون فراهم شود. همه مقالات مرتبط با موضوع این پژوهش مورد بررسی دقیق قرار گرفت و برخی به دلیل فقدان اطلاعات مانند انحراف معیار و تعداد نمونه از روند فراتحلیل خارج شدند.

نتیجه‌گیری کلی

میانگین حجم سرپای در جنگل‌های راش هیرکانی در حد ۳۸۶/۸ سیلو در هکتار برآورد شد. بیشترین این مقدار در جنگل‌های گیلان به مقدار ۴۲۴/۴۵ سیلو در هکتار است. بیشترین این مقدار برای تیپ خالص راش به مقدار ۳۹۴/۲۷۲ سیلو در هکتار است. در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای حفظ پایداری و تحمل مناسب توده، توصیه می‌شود حجم سرپای توده در حد میانگین در راشستان‌ها حفظ شود. برآورد مقدار میانگین مشخصه‌های ساختاری در بزرگ مقیاس اطلاعات کمی از وضعیت ساختاری جنگل‌ها برای اتخاذ سیاست مناسب و نزدیک به واقعیت را فراهم می‌آورد.

آمیخته در مواردی حضور پایه‌های قطور از درختان افرا پلت می‌تواند به افزایش حجم توده منجر شود، با این حال در این توده‌ها جایگزینی پایه‌های قطور راش با ممرز و یا دیگر گونه‌های با رویش قطری کمتر منجر به کاهش حجم سرپای خواهد شد. در پژوهشی نشان داده شد که حجم در هکتار در توده‌های راش خالص نسبت به توده‌های راش آمیخته بیشتر است (Kanmehr et al., 2022). در این پژوهش، با کنار هم قراردادن میانگین‌های حجم سرپای، میانگین حجم سرپای ۳۸۶/۸۰۵ سیلو در هکتار برای تیپ خالص راش و تیپ راش آمیخته در جنگل‌های هیرکانی برآورد شد. این مقدار حجم سرپای در جنگل‌های راش هیرکانی با توجه به اینکه از بررسی مجموعه‌ای از پژوهش‌های به دست آمده و استفاده از تعداد زیاد پژوهش‌ها، از خطا و واریانس بین مناطق می‌کاهد، می‌تواند تا حدودی تضمین‌کننده مقدار کمی آن در جنگل‌های طبیعی باشد. هدف این پژوهش فراتحلیلی تعیین میانگین حجم سرپای در راشستان‌های هیرکانی بود که این مقدار حجم سرپای برآورده شده می‌تواند در نتیجه عملیات پرورشی مانند روشن کردن یا نتیجه تأثیر حفاظت یا عوامل دیگر باشد. در این پژوهش، تمامی پژوهش‌های مورد استفاده، مربوط به توده‌های راش جنگل‌های شمال ایران بودند. پیشنهاد می‌شود در یک پژوهش، علاوه بر مشخصه حجم سرپای، دیگر مشخصه‌های مربوطه مانند ارتفاع از سطح دریا، تعداد درختان در هکتار و ترکیب توده به‌طور دقیق گزارش شود تا بتوان از داده‌های موجود در این مقالات چاپ شده در تحقیقات فراتحلیلی استفاده کرد. حجم سرپای توده در واحد سطح در جنگل‌های شمال ایران

Forest and Poplar Research 2010, 1, 143-151. (In Persian)

References

Azizi, Z.; Najafi, A.; Fatehi, P.; Pirmavaghar, M.; Forest stand volume estimation using satellite IRS_P6 (LISS_IV) data (Case study: Lirehsar, Tonekabon). *Iranian Journal of*

Bayat, M.; Gorzin, F.; Ten-year assessment of forest growth using permanent sample plots (Case study: Gorazbon District in Kheyroud Forest, Mazandaran province). *Journal of*

- Environmental Science and Technology* **2019**, *21*, 127-138. (In Persian)
- Chen, L.; Ren, C.; Zhang, B.; Wang, Z.; Multi-sensor prediction of stand volume by a hybrid model of support vector machine for regression kriging. *Forests* **2020**, *11*, 296.
- Etemad, V.; Moridi, M.; Delfan Azary, M.; Kakavand, M.; Quantitative and qualitative evaluation of deadwoods in mixed beech-hornbeam stands in the optimal stage (Case study: Kheyrood forest, Nowshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, *25*, 397- 386. (In Persian)
- Ghanbari Motlagh, M.; Babaie Kafaky, S.; Mataji, A.; Akhavan, R.; Prelude on estimation of carbon reserves in beech forests of northern Iran, *Human and Environment* **2021**, *57*, 1-15. (In Persian)
- Hamidi, SK.; Fallah, A.; Bayat, M.; Hosseini Yekani, S.A; Determining the Forest Volume Growth using Permanent Sample Plots (Case Study: Farim Forest, Jojadeh District). *Ecology of Iranian Forests* **2016**, *4*, 1-8. (In Persian)
- Harmon, M.E, Sexton, J. *Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems*, U.S.A. LTER Publication, Seattle, Washington. **1996**; p 73.
- Hassanzad Navroodi, I.; Ahmadzadeh, H.; Bonyad, A.E.; A Study on the Accuracy and Precision of Estimation of the Number, Basal Area and Standing Trees Volume per Hectare Using of some Sampling Methods in Forests of Nav Asalem. *Ecology of Iranian Forests* **2019**, *7*, 1-10. (In Persian)
- Kakavand, M.; Marvi-Mohadjer, M.R.; Sagheb-Talebi, K.; Sefidi, K.; Moridi, M.; Abbasian, P.; Quantity and quality of deadwood in the mid-successional stage in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands (Case study: Kheyrood forest, Nowshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, *24* (4), 612-622. (In Persian)
- Kalbi, S.; Fallah, A.; Shataei Joybari, S.; Estimation of forest biophysical properties using SPOT HRG data (Case Study: Darabkola Experimental Forest). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2014**, *20*(4), 117-133. (In Persian)
- Kanmehr, A.; Hojati, S.M.; Mahmoodi, M.; Study of tree quantitative and qualitative characteristics and soil fertility in pure and mixed stands of beech and hornbeam. *Forest Research and Development* **2022**, *8*, 81-95. (In Persian)
- Mansouri, A.; Norouzi, S.; Yekta Kooshali, M.H.; Azami, M.; The relationship of maternal subclinical hypothyroidism during pregnancy and preterm birth: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility* **2017**, *19*, 69-78. (In Persian)
- Mohammadi, J.; Shataei, S.; Namirianian, M.; Eslami, V.; Assessing Effect of Ground Sampling Intensity on Estimating Forest Quantitative Characteristics Using Fusion of Airborne Laser Scanner Data and Ultra Cam-D Images. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2016**, *23*, 155-180. (In Persian)
- Moridi, M.; Sefidi, K.; Etemad, V.; Stand characteristics of mixed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in the stem exclusion phase, northern Iran. *European Journal of Forest Research* **2015**, *134*, 693–703.
- Mosavi, S.N.; Eshagh-Nimvari, M.; Kazemnejad, F.; Effects of physiographical factors on biodiversity and tree biomass in Nowshahr forests. *Forest Research and Development* **2022**, *8*, 279-292. (In Persian)
- Noorian, N.; Shataee, S.; Mohammadi, J.; Yazdani, S.; Estimating forest structural attributes by means of ASTER imagery and CART algorithm (Case study: Shastkolateh forest, Gorgan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, *3*, 434-446. (In Persian)
- Pigott, T. D. *Advances in meta-analysis*, Springer, **2012**; p 170.
- Sagheb Talebi, K.H.; Parhizkar, P.; Hassani, M.; Amanzadeh, B.; Hemmati, A.; Khanjani Shiraz, B; Preliminary results of survey on stand structure in permanent research plots of Hyrcanian intact beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests. *Journal of Forest and Poplar Research* **2019**, *2*, 163-179.
- Sefidi, K.; The influence of forest histories on dead and habitat trees in the old growth forest in northern Iran. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* **2015**, *9*, 1019- 1023.
- Sefidi, K.; Esmaeilpour, M.; Meta-analysis of dead tree volume variable in Hyrcanian forests. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, **2022**, *29*(2), 121-136. (In Persian)
- Sefidi, K.; Marvi mohadjer, M.R.; Dynamic of coarse woody debris among stand

- developmental stages of mixed beech (*Fagus orientalis*) forests. *Forest Research and Development* **2016**, 2, 17-32. (In Persian)
- Sefidi, K.; Marvie Mohadjer, M.; Etemad, V.; Mosandl, R.; Late successional stage dynamics in natural Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in northern Iran (Case study: Gorazbon district of Kheiroud-Kenar experimental forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, 22(2), 270-283.
- Sefidi, K.; Marvie Mohadjer, M.; Mosandl, R.; Copenheaver, C.A.; Coarse and fine woody debris in mature oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests of northern Iran. *Natural Areas Journal* **2013**, 33, 248-255.
- Sefidi, K.; Sagheb Talebi, K.; Noubahar, S.; Qualitative and quantitative evaluation of habitat and dead trees in the developmental old-growth phase in the oriental beech forests. *Journal of Forest and wood product* **2019**, 3, 215-226. (In Persian)

Meta-analysis of stand volume variable in Hyrcanian beech forests

Mohammad Esmailpour*¹ and Kiuomars Sefidi²

1- Assistant Professor, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, I. R. Iran. (m.esmailpour@tabrizu.ac.ir)

2- Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I. R. Iran. (kiomarssefidi@gmail.com)

Received: 10 March 2023 Accepted: 07 May 2023

Abstract

Background and objectives: Several studies have been conducted to estimate stand volume in Hyrcanian beech forests (pure and mixed beech stand type), so that different results have been obtained from these studies. Meta-analysis is a quantitative statistical method for combining the results of a set of separate studies that are all about a specific topic. In meta-analysis, by collecting data from many studies, the number of samples increases and therefore the range of changes becomes smaller, as a result, the importance of statistical findings increases. In meta-analysis, if there is homogeneity between the articles used, the model with fixed effects is used, and if there is heterogeneity between different articles, the model with random effects is used to combine different articles. Therefore, in a meta-analysis, a series of researches in Hyrcanian beech forests were examined. In this research, some arguments have been made about the reason for the difference in the stand volume in different areas of the Hyrcanian forests. This is the first meta-analysis research in the field of stand volume in Hyrcanian beech forests.

Methodology: Researches related to the topic of stand volume were searched in national and international databases without time limit until the winter of 2022. In this research, after a detailed review of numerous articles, the data (mean, standard deviation and number of samples) of 18 original studies related to the stand volume variable in Hyrcanian beech forests were used. These researches were published in the International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, European Journal of Forest Research, and Natural Areas Journal, Iran's Forest and Poplar Research (seven researches), Wood and Forest Science and Technology Researches (three researches), Iranian Forest Ecology (three studies), Forest and Wood Products (one study) and Forest Research and Development (one study) were published. In this research, only the estimation of stand volume (not growth of stand volume) was considered. In some cases, the required data, such as standard deviation, were not available in the published articles, so these articles were excluded from the meta-analysis process, or in few cases, they were calculated by accessing the raw data of the authors. These data had different names such as stand volume, forest stand volume, and growth stand volume in forests with different structural characteristics in these articles. Due to the significance of the Cochran Q test ($P \leq 0.05$) and values greater than 75% for the I^2 statistic, the random effects model was used for meta-analysis. To find the source of heterogeneity between studies, subgroup analysis was performed based on geographical regions (province) and stand composition. The results of a meta-analysis can be shown in the form of a forest plot, which is the most general and common method of displaying effect sizes. In this research, the software Comprehensive meta-analysis ver. 3 was used.

Results: According to the significance of the Cochran Q test and the I^2 index, the average stand volume was estimated to be 386.805 sylve/h (95% confidence interval: 334.92-438.68) for Hyrcanian beech forests based on the random effect model. The lowest and highest amounts were 252.3 and 685 sylve/h respectively in the forests of Mazandaran. Most of the research was done in different places of beech forests in Mazandaran province. The subgroup analysis based on the province (geographical regions) showed that the highest value is based on the random model in the forests of Guilan province with the amount of 424.45 sylve/h (95% confidence interval: 277.57-438.46). The lowest was estimated as 285.63 sylve/h (95% confidence interval: 167.26-404.01) based on the random model in the forests of

* Corresponding author

Tel: +989387949030

Golestan province. The meta-analysis of standing volume in the Hyrcanian forests based on tree stand composition showed that the highest value was based on the random model for the pure type of beech at the amount of 394.272 sylve/h (95% confidence interval: 277.510-688-417). The lowest value of 147/38 sylve/h (95% confidence interval: 325.94-444.34) was obtained for mixed beech type. According to the results of this meta-analysis, the volume of stands in the Hyrcanian beech forests in the pure type of beech is 125.9 sylve/h more than in the mixed type of beech.

Conclusion: The average volume of stands in Hyrcanian beech forests was estimated at about 386 sylve/h. The highest amount in the forests of Guilan is about 424 sylve/h. The highest amount is 394 sylve/h for the pure type of beech. So, in management plans to maintain the stability and proper tolerance of the stand, it is recommended to keep the volume of the stand at the average level. Estimating the average value of structural characteristics on a large scale provides quantitative information on the structural condition of forests to adopt a suitable and realistic policy.

Keywords: Forest structure, Old growth forest, Oriental beech.