فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۳، صفحه ۴۴۱-۴۲۷، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121097
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.3.6.1

مقالهٔ پژوهشی

بررسی بهینه‌سازی توزیع و حمل‌ونقل چوب خام با رویکردی بر حمل‌ونقل ریلی

صبا پیرو*[۱]، مجید لطفعلیان[۲]، کامران عادلی[۳]، تیبور پنتک[۴]

۱- دانش‌آموخته دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران (peyrovsaba@gmail.com)
۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (mlotfalian@sanru.ac.ir)
۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (kamranadeli@yahoo.com)
۴- استاد، دانشکده جنگلداری، دانشگاه زاگرب، زاگرب، کرواسی. (tpentek@sumfak.hr)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۳

چکیده

هدف اصلی این پژوهش یافتن یک سیستم بهینه توزیع و حمل‌ونقل چوب در کشور ایران با تأکید بر شبکه ریلی است. بدین منظور یک مدل توزیع و حمل‌ونقل سیمپلکس برای هفت گروه چوب خام در نرم‌افزار GAMS 24.1.3 ایجاد شد. الگوی مورد استفاده در این بهینه‌سازی از نوع حمل‌ونقل ساده است، افق برنامه‌ریزی یک‌ساله و روش حمل‌ونقل نیز به دو صورت جاده‌ای و جاده‌ای-ریلی است. نتایج نشان داد که بعد از بهینه‌سازی، در روش جاده‌ای-ریلی، ۶/۸۶ درصد معادل ۱۹۴۳۵۴ تن از کل چوب توسط شبکه ریلی و ۹۳/۱۴ درصد معادل ۲۶۳۷۰۹۳ تن توسط شبکه جاده‌ای جابجا می‌شود که هزینه کل حمل‌ونقل را به مقدار ۲۴/۰۲ درصد نسبت به شرایط موجود کاهش می‌دهد. در روش حمل‌ونقل جاده‌ای نیز هزینه کل ۲۲/۳۱ درصد نسبت به شرایط موجود کاهش می‌یابد. این کاهش هزینه در هر دو روش مربوط به توزیع بهینه چوب از مبادی توزیع به مبادی دریافت‌کننده و انتخاب مناسب ناوگان باری بر اساس وزن بار به تن و شعاع ارسال است. به‌صورتی‌که در شرایط بهینه مسافت حمل‌ونقل در روش جاده‌ای-ریلی ۴۵/۳۶ درصد و در روش جاده‌ای ۴۳/۴۲ درصد و تعداد بار نیز به‌ترتیب ۳۴/۷۷ و ۲۹/۰۴ درصد نسبت به شرایط قبل از بهینه‌سازی کاهش خواهد یافت. با توجه به مقدار بالای مصرف چوب در کشور و نیز اهمیت بهبود شاخص‌های بهره‌وری در زمینه هزینه جابه‌جایی بار به‌عنوان یکی از اهداف استراتژیک بخش حمل‌ونقل در سال‌های پیش‌رو، نیاز به شناخت و ایجاد زنجیره توزیع و حمل‌ونقل بهینه چوب امری قابل‌توجه است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم سیمپلکس، ناوگان باری، وزن بار، هزینه حمل‌ونقل.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۹۰۱۵۱۴۴۶۲

مقدمه

چوب و فرآورده‌های آن از دیرباز اهمیت اقتصادی زیادی در کشورهای جهان مانند ایران داشته و در دو دهه اخیر نیز با توجه به سیاست‌های توسعه صنعتی کشور، صنایع چوبی و سلولزی، رشد و توسعه قابل‌توجهی داشته است (Anonymous, 2020). با افزایش جمعیت و به‌تبع آن افزایش ساخت‌وساز، مقدار واردات چوب و مشتقات چوبی نیز افزایش‌یافته و از طرفی تقاضا برای چوب هم در ایران و هم در کشورهای دیگر به‌طور مستقیم به تقاضا برای مسکن وابسته است (Saeidian et al., 2015). افزون بر افزایش تقاضای مسکن در دو دهه‌ی اخیر، تغییر سبک زندگی و تمایل بیشتر به زندگی مدرن منجر به افزایش تقاضا برای چوب شده و این کالا به‌عنوان یکی از مواد خام اساسی در رونق صنایع کشور ایفای نقش می‌کند (Khorami Moghadam and Bakhshoodeh, 2007)؛ اما در این میان مسئله حیاتی در به‌صرفه بودن تجارت و کنترل قیمت چوب، شرایط اقتصادی بازار رسانی چوب و محصولات فرآوری شده از آن است (Rezaei et al., 2015). با توجه به ماهیت محصولات چوبی و حجیم بودن آن‌ها، قطعاً هزینه حمل‌ونقل بخش مهمی از قیمت فروش را در بازارهای هدف تعیین خواهد کرد؛ پس هر بخش از صنایع وابسته به چوب که از هزینه انرژی و حمل‌ونقل کمتری برخوردار باشد از امتیاز ویژه‌ای نسبت به رقبا برخوردار خواهد بود (Ghasemi Eghbash et al., 2018). در شرایط فعلی در ایران سهم هزینه‌های حمل‌ونقل از قیمت تمام شده کالا در حدود دو برابر میانگین جهانی است (جهان ۶ و ایران ۱۲ درصد). در این زمینه به‌دلیل سهم بالای حمل‌ونقل جاده‌ای در مسافت‌های بالا، بهره‌وری سیستم حمل‌ونقل وضع مطلوبی ندارد و بخش قابل‌توجهی از منابع کشور در این بخش اتلاف می‌شود که حمل‌ونقل چوب نیز از این امر مستثنا نیست (Anonymous, 2017). شایان‌ذکر است که در کشور ایران هزینه سوخت در گذشته با پرداخت یارانه‌های سنگین، پایین نگه داشته می‌شد، موضوع حمل‌ونقل سهم کمتری از هزینه‌های تولید را در بر می‌گرفت، ولی با اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، همچون کشورهای توسعه‌یافته، این موضوع اهمیت زیادی یافته است و افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها، محور اصلی برنامه‌ریزی در این بخش خواهد بود، از طرفی پراکنش نامناسب کارخانه‌های صنایع چوب، همچنین فاصله زیاد آن‌ها از مراکز توزیع سبب افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل آن به مراکز مصرف می‌شود (Etehadi Abari et al., 2014). با وجود منافع اجتماعی و اقتصادی حمل‌ونقل ریلی مانند ایمنی بالا، آلایندگی کم و صرفه‌جویی در زمان و هزینه، تقریباً تمامی چوب خام در ایران به‌صورت جاده‌ای حمل می‌شود (Elyasi, 2019). درحالی‌که دیگر کالاها تا ۱۲ درصد از طریق شبکه ریلی جابه‌جا می‌شوند (Anonymous, 2017). در نهایت اینکه سالانه حدود چهار میلیون تن چوب خام در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای بین‌شهری جابجا می‌شود (Anonymous, 2020). در نتیجه بحث حمل‌ونقل چوب در کشور حائز اهمیت است و برای توجیه اقتصادی شبکه حمل‌ونقل آن نیاز به برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی اقتصادی احساس می‌شود. با توجه به اینکه که عامل اصلی هزینه عرضه چوب، حمل‌ونقل آن است و از طرفی افزایش بیشتر سهم حمل ریلی بار، یکی از استراتژی‌های منتخب بخش حمل‌ونقل در نظام برنامه‌ریزی کشوراست. چالش اینجا است که با برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، تخصیص به‌گونه‌ای انجام شود که جابجایی کلی چوب به حداقل برسد و همگام با آن از حمل‌ونقل ریلی نیز بیشتر استفاده شود (Moad et al., 2016). این بهینه‌سازی باید با تمام نیاز مقاصد مطابقت کند و مبادی نیز با تمام ظرفیت خود به‌کار

گرفته شود (Palmgren, 2003). در پژوهش‌های انجام- شده در زمینه حمل‌ونقل چوب خام در ایران تحقیقات اندکی با تنوع محصول کم و در سطوح کوچک انجام شده است. Ghasemi Eghbash et al. (2018) با استفاده برنامه‌ریزی خطی به بهینه‌سازی حمل‌ونقل چوب به شهر خرم‌آباد از نظر هزینه، نوع وسیله حمل و منابع واردکننده چوب پرداختند. نتایج نشان داد در شرایط واقعی، انتخاب مسیر یا وسیله حمل‌ونقل نامناسب سبب پرداخت هزینه بیشتری نسبت به حالت بهینه‌شده است. Etehadi Abari et al. (2014) به‌منظور یافتن مسیرهای مناسب حمل چوب به سمت کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ و حداقل‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل ثانویه ۴۶ طرح جنگلداری واقع در چهار اداره کل گلستان، ساری، نوشهر و گیلان و ۳۸ کارخانه صنایع چوب و کاغذ را بررسی کردند. درنهایت با داشتن هزینه‌های کل برای هشت مسیر، تنها یک مورد به‌عنوان بهترین مسیر انتخاب شد. در خارج از کشور ایران انواعی از روش‌های بهینه‌سازی برای بهینه کردن توزیع و حمل‌ونقل چوب به‌کار برده شده است، مانند: Wang et al. (2020) یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی چندین زنجیره تأمین و حمل‌ونقل مواد اولیه زی‌توده برای ۱۳ ایالت در شمال شرقی ایالات‌متحده توسعه دادند. نتایج نشان داد که فاصله حمل‌ونقل، ظرفیت بارگیر و در دسترس بودن سیستم حمل‌ونقل حساس‌ترین عوامل مؤثر بر هزینه‌های تحویل بودند. Malladi et al. (2018) با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط به بهینه‌سازی عملیات حمل‌ونقل کوتاه- مدت انواع زی‌توده در یک کمپانی بزرگ در بریتیش کلمبیا کانادا پرداختند. نتایج نشان‌دهنده کاهش ۱۲ درصدی هزینه کل و نیز کاهش مقدار مصرف سوخت در مقایسه با مسیرهای تعیین‌شده توسط رانندگان بود. Han et al. (2018) با بهینه‌سازی لجستیک حمل‌ونقل مازاد مقطوعات جنگلی به شبکه جاده در یک سایت تحقیقاتی در کلرادو، توانستند هزینه‌های تدارکات را تا ۱۱ درصد نسبت به سیستم معمولی کاهش دهند. Lin et al. (2016) در پژوهشی یک رویکرد چندسطحی بهینه‌سازی کلونی مورچگان را برای حل مشکلات برنامه‌ریزی حمل‌ونقل جنگل محدود ارائه کردند و نتایج نشان‌دهنده کیفیت بالاتر و زمان کوتاه‌تر حمل‌ونقل در این روش است. این پژوهش در جستجوی راهکار بهینه برای حمل‌ونقل و توزیع چوب توأم با رویکردی بر حمل‌ونقل ریلی است که در سطح اقتصاد کلان بازار چوب ایران و در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی بین‌شهری صورت می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سطح کلان برای کشور ایران و مبتنی بر شبکه‌های زیرساختی موجود توسعه داده شد. در این تحقیق ۴۱۴ شهرستان موردبررسی و گروه‌بندی قرار گرفت و در نهایت ۸۹ مرکز اصلی متقاضی انواع چوب که سراسر کشور ایران را پوشش می‌دهند به‌دست آمد. این مراکز از ۷۲ مبدأ چوب دریافت می‌کنند. برای بررسی کارایی مدل تحقیق، چوب خام توزیع‌شده در سطح کشور در سال ۱۳۹۴ به‌عنوان نمونه موردبررسی و مقایسه قرار گرفت. هدف اصلی این تحقیق یافتن یک سیستم مناسب توزیع چوب است، به‌گونه‌ای که هزینه حمل‌ونقل این نوع کالا از نقاط مبدأ به نقاط مقصد، به کمترین مقدار ممکن کاهش یابد. برای نیل به این هدف با استفاده از برنامه‌ریزی خطی یک مدل حمل‌ونقل سیمپلکس ایجاد شد. در این بهینه‌سازی الگوی مورد استفاده از نوع الگو حمل‌ونقل ساده بوده و نیز افق برنامه‌ریزی یک‌ساله است. بدین منظور هفت گروه چوب خام شامل انواع تخته، چهارتراش، ورق‌های چوبی صنعتی، گرده‌بینه، چوب‌های تیری، هیزم و زغال

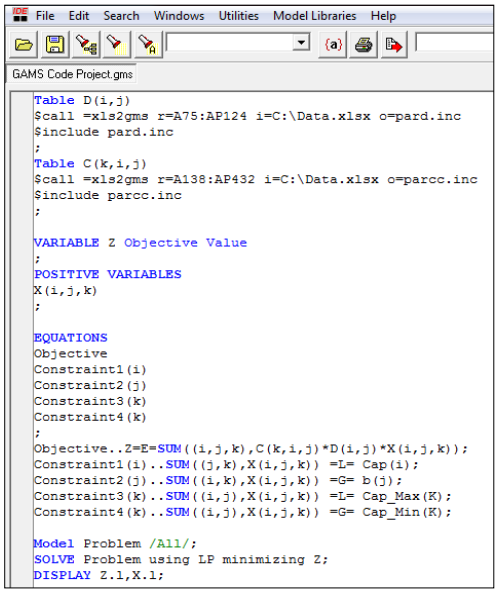
چوب درنظر گرفته شد، سپس مراکز عرضه این چوب‌ها بر اساس حجم معاملات انجام‌شده و نقش آنها در بازار مشخص شدند. همچنین مراکز تقاضا و حجم انواع چوب آلات موردنیاز آن‌ها در دوره زمانی موردنظر تعیین شدند. در گام بعدی فاصله تمامی راه‌های ارتباطی جاده‌ای و ریلی مجاز حمل بار موجود بین همه‌ی مراکز عرضه و تقاضا برحسب کیلومتر مشخص شد. سپس بارگیرهای ریلی و کامیونی مناسب و قابل‌دسترس در هرکدام از این مسیرها و نیز ظرفیت و هزینه تن-کیلومتر آن‌ها در فواصل و وزن‌های مختلف بار، مشخص شد (جدول‌های ۱، ۲ و ۳). بعد از مشخص کردن متغیرهای تأثیرگذار و محدودیت‌های موجود (رابطه‌های ۱ تا ۵)، مدل تحقیق در نرم‌افزار GAMS 24.1.3 اجرا شد. یک نمونه کد نویسی در این نرم‌افزار که مربوط به چوب-های چهار تراش در شبکه جاده‌ای است به شرح شکل ۱ است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود بعد از تعریف مجموعه اندیس‌ها، شاخص‌ها، جدول‌ها و متغیرهای مسئله، به تعریف و اعلام اسامی تابع هدف و محدودیت‌ها به همراه وابستگی‌شان به اندیس‌های متناظر (Equation Declaration) پرداخته شده و سپس مشخصات این معادلات (Equation Specification) تشریح شده است.اندیس‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در مدل حمل‌ونقل به شرح زیر است:

i = مبدأ ($R1*Rn$)
n = مجموعه مبادی توزیع چوب
j = مقصد (مشتری) ($C1*Cm$)
m= مجموعه مقاصد دریافت چوب
P= مجموعه انواع چوب
k= نوع وسیله نقلیه ($k1*k6$)
K= مجموعه وسایل نقلیه

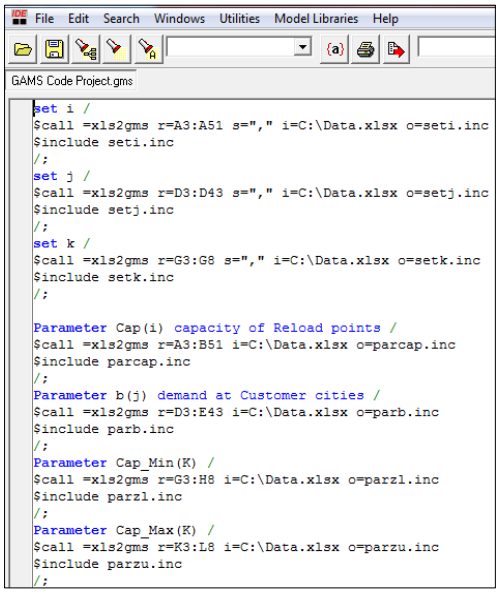
Z= کل هزینه حمل‌ونقل
$D(i, j)$ = فاصله از مبدأ i تا مقصد j (km)
Cap_{maxk}= حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه نوع k (تن)
Cap_{mink}= حداقل ظرفیت وسیله نقلیه نوع k (تن)
$Cap\ (i,p)$= ظرفیت مبدأ i از کالای p

$b\ (j,p)$= مقدار تقاضای مقصد (مشتری) j از کالای p
X_{ijkp}= مقداری از محصول p ام که توسط وسیله نقلیه k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود.
C_{ijkp}= هزینه ارسال (یک تن در یک کیلومتر) از محصول p توسط وسیله نقلیه k از مبدأ i به مقصد j (برحسب ریال).

الف a



ب b



شکل ۱- الف: مجموعه اندیس‌ها، شاخص‌ها، جدول‌ها و متغیرهای مسئله، ب: معادله و مشخصات آن

Figure 1. a) A set of problem indexes, parameters, tables, and variables, and b) Equation Declaration and Equation Specification

متغیر تصمیم (X_{ijkp}) مقداری از هر یک از انواع چوب که از مبدأ i به مقصد j در مسیر بهینه با وسیله نقلیه k حمل می‌شود را مشخص می‌کند. شکل ریاضی تابع هدف به‌صورت رابطه ۱ است. این تابع هدف شامل کاهش هزینه‌های توزیع و حمل‌ونقل انواع چوب خام از مبادی توزیع به مقاصد دریافت کننده است.

رابطهٔ (۱) $$minZ: \sum_{i}^{r}\sum_{j}^{c}\sum_{p}^{P}\sum_{k}^{K}(C_{ijpk}\, d_{ij}).X_{ijpk}$$

محدودیت مربوط به تقاضا (رابطه ۲) نشان می‌دهد که مقداری از محصول p ام که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید کمتر و یا برابر ظرفیت مبدأ i از کالای p باشد. محدودیت مربوط به عرضه (رابطه ۳) نشان می‌دهد که مقداری از محصول p ام که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید بیشتر و یا برابر مقدار تقاضای مقصد (مشتری) j از کالای p آن باشد.

رابطهٔ (۲) $$Cap_{ip}\sum_{j}^{c}\sum_{p}^{P}X_{ijpk} \leq$$

رابطهٔ (۳) $$D_{jp}\sum_{i}^{r}\sum_{p}^{P}X_{ijpk} \geq$$

محدودیت حداکثر ظرفیت بارگیر (رابطه ۴) نشان می‌دهد مقداری از چوب که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید کمتر و یا برابر حداکثر ظرفیت بارگیر k باشد. محدودیت مربوط به حداقل ظرفیت بارگیر (رابطه ۵) نشان می‌دهد مقداری از چوب که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید بیشتر و یا برابر حداقل ظرفیت بارگیر k باشد، زیرا در صورت عدم تکمیل حداقل ظرفیت بارگیر هزینه حمل تن کیلومتر افزایش می‌یابد.

رابطهٔ (۴) $$Cap_{max k}X_{ijk} \leq$$

رابطهٔ (۵) $$X_{ijk} \geq Cap_{min k}$$

تعرفه حمل‌ونقل بارگیرهای کامیونی بر اساس سال ۱۳۹۴ به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱- هزینه حمل‌ونقل بارگیرهای کامیونی

Table 1. Transportation cost by Truck loaders

نوع بارگیر (k) Loader type (k)	حداقل ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	حداکثر ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	بارگیر Loader	هزینه حمل یک تن بار در یک کیلومتر (ریال) transport prices–per ton-kilometer (Rial)			
				فاصله Distance			
				<1 00	100-200	200-500	>500
K1	1	2	وانت Pickup truck	18000	5500	3400	1850
K2	2	5	انواع خاور و کامیونت (اطاق‌دار، بغل‌دار معمولی و چادری، مسقف، کفی و ساده) Light Truck	9000	4500	2650	1800
K3	3	10	اطاق‌دار ایفا، کمپرسی خاور، اطاق‌دار بنز ۹۱۱ Benz L-series truck	7300	3000	2000	1350
K4	7	15	انواع ۴ و ۶ چرخ، کمپرسی، بغل‌دار، مسقف و کفی 6 wheel trucks	4200	2000	1200	800
K5	12	22	اطاق‌دار، مسقف، کمپرسی، بغل¬دار و کفی ۱۰ چرخ 10 wheel trucks	4300	1800	1100	680

ادامهٔ جدول ۱.

Continued table 1.

نوع بارگیر (k) Loader type (k)	حداقل ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	حداکثر ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	بارگیر loader	هزینه حمل ۱ تن بار در یک کیلومتر (ریال) transport prices-per ton-kilometer(Rial) فاصله Distance			
				<1 00	100-200	200-500	>500
K6	17	25	کمپرسی بغل‌دار، کانتینردار، مسقف، کمپرسی، بغل‌دار چادری، بغل‌دار معمولی و کفی ۱۲، ۱۴ و ۱۸ چرخ، کمرشکن ۶ محور و ... 12, 14 and 18 wheel trucks, Loaded Semi Trailer (Large Truck)	4500	1800	1100	680

معیارهای محاسبه کرایه حمل‌ونقل ریلی بار

تعرفه حمل ریلی از سه بخش اصلی تشکیل شده است: حق دسترسی به شبکه، حق مالکانه لکوموتیو و حق مالکانه واگن که در جدول ۲، سهم هریک از اجزاء به تفکیک نشان داده‌شده است.

جدول ۲- سهم هریک از اجزاء حمل‌ونقل ریلی

Table 2. Share of each rail transport component

حق مالکانه واگن Wagon property rights	لکوموتیو Locomotive	حق دسترسی Right of Way Access
34.1	37.1	28.8

بر اساس سیاست تعرفه‌ای، محاسبه وزنی کالا در شبکه حمل‌ونقل ریلی از ۱۰ تا ۶۰ تن به‌صورت جدول ۳ است و از ۶۰ تن به بالا، وزن واقعی، موردمحاسبه قرار می‌گیرد.

جدول ۳- محاسبه وزنی کالا در شبکه حمل‌ونقل ریلی

Table 3. Weight calculation in rail transportation network

وزن محاسباتی محموله (تن) Load weight (tons)	معیار وزنی (تن) Criterion weight (tons)	وزن محاسباتی محموله (تن) Load weight (tons)	معیار وزنی (تن) Criterion weight (tons)	وزن محاسباتی محموله (تن) Load weight (tons)	معیار وزنی (تن) Criterion weight (tons)
12>	10	27-31	30	47-51	50
13-16	15	32-36	35	52-55	55
17-23	20	37-40	40	55<	60
24-26	25	41-46	45	-	-

مسیرهای باری ریلی بین مراکز موردپژوهش بر اساس اطلاعات شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در پایان سال ۱۳۹۸ به‌روزرسانی شده است.

Rail routes between the research centers have been updated based on the information of the Railway Company of the Islamic Republic of Iran at the end of 2019.

نتایج

توزیع و حمل‌ونقل چوب قبل از بهینه‌سازی

مقدار کلی چوب خام جابجاشده موردبررسی بین مبادی و مقاصد موردپژوهش به شرح جدول ۴ است

که سهم شبکه ریلی بسیار ناچیز بوده و شامل ۱۵۰۰ تن از چوب‌های چهارتراش است. تناژ و هزینه حمل‌ونقل انواع چوب جابجا شده بین مبادی و مقاصد قبل از بهینه‌سازی به شرح جدول ۵ است. این اطلاعات از تحلیل بارنامه‌های ثبت‌شده در سازمان راهداری و حمل‌ونقل به دست آمد.

جدول ۴- مقدار کلی چوب خام حمل شده در کشور ایران -۱۳۹۴

Table 4. Total raw wood transported in Iran - 2015

روش حمل‌ونقل Transport method	وزن چوب خام (تن) Raw wood weight (tons)	درصد حمل‌ونقل چوب خام Percentage of transportation of raw wood
جاده‌ای Road transportation	2829947	99.94
ریلی Rail transportation	1500	0.06
کل Total	2831447	100

جدول ۵- وزن بار انواع چوب آلات جابجاشده بین مبادی و مقاصد موردپژوهش قبل از بهینه‌سازی

Table 5. Weight of wood transported from Supplier to customer before optimization

نوع چوب Wood type	حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation				حمل‌ونقل ریلی Rail transportation			
	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	تعداد بار Number of loading	هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	تعداد بار Number of loading	هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)
تیر Beams	42884	2483396	3699	21488.03	-	-	-	-
انواع تخته Lumber types	863006	38643968	43843	664489.98	-	-	-	-
ورق‌های چوبی صنعتی Industrial wooden sheets	581273	19947213	36054	288652.09	-	-	-	-
چوب‌های چهارتراش Cants	174400	6734022	9456	101537.49	1500	10560	26	950
ذغال چوب Charcoals	52508	7560979	9003	42499.59	-	-	-	-
چوب هیزم Wood fuels	60870	5887336	6146	42499.59	-	-	-	-
گرده بینه Logs	1055006	51915366	81962	550441.98	-	-	-	-
جمع Total	2829947	133172280	190163	1703753.07	1500	10560	26	950

توزیع و حمل‌ونقل چوب بعد از بهینه‌سازی

بهینه‌سازی توزیع و حمل‌ونقل چوب به دو صورت حمل‌ونقل جاده‌ای و حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای- ریلی انجام شد. در ادامه وضعیت توزیع چوب‌ها از مبادی به مقاصد در هر دو روش جاده‌ای و جاده‌ای- ریلی تشریح شده است.

حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی

با توجه به جدول ۶ بعد از بهینه‌سازی در روش تلفیقی جاده‌ای- ریلی ۶/۸۶ درصد معادل ۱۹۴۳۵۴ تن از کل چوب توسط حمل‌ونقل ریلی و ۹۳/۱۴ درصد معادل ۲۶۳۷۰۹۳ تن از کل چوب توسط حمل‌ونقل ریلی جابجا شده است. در این روش هزینه کل ۲۴/۰۲ درصد نسبت به شرایط واقعی کاهش یافته است.

جدول ۶- نتایج بهینه‌سازی حمل‌ونقل جاده‌ای- ریلی انواع چوب‌آلات بعد از بهینه‌سازی

Table 6. Results of road-rail transport optimization of wood after optimization

درصد کاهش Percentage of reduction	کل هزینه حمل‌ونقل (میلیون ریال) Total cost (million rials)	حمل‌ونقل ریلی Rail transportation		حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation		نوع چوب Wood type
		هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	
10.69	19191.61	-	-	1919.61	42884	تیر Beams
35.24	430356.70	12343.02	74200	418013.68	788806	انواع تخته Lumber types
31.94	196444.29	8701.17	34146	187743.12	547127	ورق‌های چوبی صنعتی Industrial wooden sheets
12.81	89355.40	3505.08	13870	85850.32	162030	چوب‌های چهارتراش Cants
41.33	24936.23	1224.23	6662	23712.00	45846	زغال چوب Charcoals
20.43	34371.02	315.60	1099	34055.42	59771	چوب هیزم Wood fuels
10.16	494496.86	15140.32	64377	479356.54	990629	گرده بینه Logs
24.75	1289152.11	41229.42	194354	1247923.69	2637093	جمع Total

حمل‌ونقل جاده‌ای

جدول ۷ نتایج بهینه‌سازی حمل‌ونقل جاده‌ای انواع چوب آلات بعد از بهینه‌سازی را نشان می‌دهد. در این شرایط هزینه کل ۲۲/۳۱ درصد نسبت به شرایط واقعی کاهش است.

هزینه‌های قبل و بعد از بهینه‌سازی

با توجه به جدول ۸، در شرایط بهینه، روش جاده‌ای- ریلی هزینه کل را ۲۴/۷۵ درصد و روش جاده‌ای هزینه کل را ۲۲/۳۱ درصد نسبت به شرایط واقعی کاهش داده است و تفاوت این دو روش حدود ۲/۵ درصد است.

جدول ۷- نتایج بهینه‌سازی حمل‌ونقل جاده‌ای انواع چوب‌آلات بعد از بهینه‌سازی

Table 7. Results of road transport optimization of wood after optimization

درصد کاهش Percentage of reduction	هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	نوع چوب Wood type
10.69	19191.60	42884	تیر Beams
31.66	454101.40	863006	انواع تخته Lumber types
31.44	197892.36	581273	ورق‌های چوبی صنعتی Industrial wooden sheets
5.46	96895.62	175900	چوب‌های چهارتراش Cants
38.58	26103.83	52508	ذغال چوب Charcoals
19.98	34566.38	60870	چوب هیزم Wood fuels
8.76	502196.04	1055006	گرده بینه Logs
22.31	1330947.26	2831447	جمع Total

جدول ۸- مقایسه هزینه حمل‌ونقل قبل و بعد از بهینه‌سازی

Table 8. Comparison of transportation costs before and after optimization

حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation		حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی Road-Rail transportation		قبل از بهینه‌سازی Before optimization	
درصد کاهش Percentage of reduction	هزینه حمل‌ونقل (میلیون ریال) Cost (million rials)	درصد کاهش Percentage of reduction	هزینه حمل‌ونقل (میلیون ریال) Cost (million rials)	هزینه حمل‌ونقل (میلیون ریال) Cost (million rials)	نوع چوب Wood type
10.69	19191.61	10.69	19191.61	21488.03	تیر Beams
31.66	454101.40	35.24	430356.70	664489.98	انواع تخته Lumber types
31.44	197892.36	31.94	196444.29	288652.09	ورق‌های چوبی صنعتی Industrial wooden sheets
5.46	96895.62	12.81	89355.40	102487.49	چوب‌های چهارتراش Cants
38.58	26103.83	41.33	24936.23	42499.59	ذغال چوب Charcoals
19.98	34566.38	20.43	34371.02	43197.91	چوب هیزم Wood fuels
8.76	502196.04	10.16	494496.86	550441.98	گرده بینه Logs
22.31	1330947.26	24.75	1289152.11	1713257.07	جمع Total

مسافت طی‌شده قبل و بعد از بهینه‌سازی

نتایج نشان داد که با بهینه‌سازی مسافت حمل‌ونقل در روش تلفیقی جاده‌ای-ریلی ۴۵/۳۶ درصد و در روش جاده‌ای ۴۳/۴۲ درصد نسبت به شرایط واقعی قبل از بهینه‌سازی کاهش می‌یابد (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه مسافت حمل‌ونقل قبل و بعد از بهینه‌سازی

Table 9. Comparison of transportation distasnces before and after optimization

قبل از بهینه‌سازی Before optimization	حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی Road-Rail transportation		حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation	
مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	درصد کاهش Percentage of reduction	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	درصد کاهش Percentage of reduction
2483396	1076568	56.65	1076568	56.65
38643968	24508585	36.58	24758076	35.93
19947213	9345925	53.15	9794202	50.9
6734022	4585925	31.9	5307510	21.18
7560979	1474721	80.5	1575612	79.16
5887336	2196309	62.69	2216449	62.35
51915366	29574007	43.03	30625008	41.01
133172280	72762040	45.36	75353425	43.42

تعداد بار قبل و بعد از بهینه‌سازی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده با بهینه‌سازی تعداد بارهای حمل‌ونقل در روش تلفیقی جاده‌ای-ریلی ۳۴/۷۷ درصد و در روش جاده‌ای ۲۹/۰۴ درصد نسبت به شرایط واقعی قبل از بهینه‌سازی کاهش می‌یابد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- مقایسه تعداد بار قبل و بعد از بهینه‌سازی

Table 10. Comparison of loading before and after optimization

قبل از بهینه‌سازی Before optimization	حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی Road-Rail transportation		حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation	
تعداد بار Number of loading	تعداد بار Number of loading	درصد کاهش Percentage of reduction	تعداد بار Number of loading	درصد کاهش Percentage of reduction
3699	1860	49.72	1860	49.72
43843	34219	21.95	36478	16.80
36054	24989	30.69	27232	24.47
9456	6735	28.78	8236	12.90
9003	3029	66.36	3446	61.72
6146	2905	52.73	3009	51.04
81962	50315	38.61	54684	33.28
190163	124052	34.77	134945	29.04

بحث

این پژوهش بهینه‌سازی شبکه توزیع و حمل‌ونقل چوب در ایران با دو رویکرد حمل‌ونقل جاده‌ای و حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی را مورد بررسی قرار داد. نتایج بیانگر موفقیت این بهینه‌سازی در هر دو روش بود، به‌گونه‌ای که در سال ۱۳۹۴، ۲۸۳۱۴۴۷ هزار تن چوب

خام با هزینه حمل‌ونقل ۱۷۰۳۷۵۳ میلیون ریال توزیع شده است و با بهینه‌سازی توزیع و حمل‌ونقل این هزینه می‌تواند در روش جاده‌ای–ریلی با ۲۴/۷۵ درصد کاهش به ۱۲۸۹۱۵۲ میلیون ریال و در روش حمل‌ونقل جاده‌ای با ۲۲/۳۱ درصد کاهش به ۱۳۳۰۹۴۷ برسد. در روش جاده‌ای–ریلی با وجود اینکه تنها ۶/۸۶ درصد (۱۹۴۳۵۴ تن) از کل چوب توسط شبکه ریلی حمل می‌شود، هزینه کل حدود ۲/۵ درصد بیشتر از روش جاده‌ای کاهش‌یافته و این عدد قابل‌توجه است. این کاهش هزینه در هر دو روش مربوط به توزیع بهینه چوب از مبادی توزیع به مقاصد و انتخاب مناسب ناوگان باری بر اساس وزن بار و شعاع ارسال است. با توجه به خطوط و ناوگان باری ریلی موجود در کشور، امکان انتقال درصد بیشتری از چوب خام وجود داشت که در این بهینه‌سازی، به‌علت گران‌تر شدن هزینه حمل در مسیرهای که فاصله ریلی به مقدار قابل‌توجهی بیشتر از فاصله جاده‌ای بود، حمل‌ونقل جاده‌ای ترجیح داده شد. در شرایطی که تفاوت فاصله ریلی و جاده‌ای خیلی قابل‌توجه نباشد به ازای افزایش تن کیلومتر بار، احتمال انتخاب شیوه حمل توسط جاده کاهش می‌یابد و ممکن است افزایش وزن و یا فاصله به‌تنهایی احتمال فوق را کاهش ندهد (Samimi et al., 2018). نتایج این تحقیق بیانگر این موضوع است که هزینه تحویل نسبت به فاصله حمل‌ونقل یا شعاع تهیه و ظرفیت ناوگان باری بسیار حساس است. Wang et al. (2020) شعاع تهیه زی‌توده، ظرفیت بارگیر و قیمت سوخت را مهم‌ترین عوامل مؤثر در کل هزینه تحویل دانست و بیان داشت که اگر بازار زی‌توده سلولزی به‌خوبی در سطح کشور توسعه یابد، قطار یک روش قابل‌استفاده برای کاهش هزینه حمل‌ونقل آن خواهد بود. نتایج تحقیقات Line et al. (2016) نشان داد که در حمل‌ونقل چوب خام، برای کامیون دو محدودیت اساسی وجود دارد: محدودیت وزن و ابعاد که توسط دولت‌ها تنظیم می‌شود و محدودیت قطار که معمولاً به‌جای وزن از نظر حجم است و انواعی از چوب که دارای حجم بالا و وزن کم هستند سبب محدودیت‌های اقتصادی برای حمل‌ونقل قطار شود. Visser et al. (2020) روش‌های متراکم سازی مانند بسته‌بندی برخی از انواع چوب را یک راه‌حل برای بهبود کارایی هزینه حمل‌ونقل ریلی آن معرفی کرد. نتایج این پژوهش نشان داد در مسافت‌های کوتاه حمل‌ونقل جاده‌ای ترجیح داده می‌شود که با نتایج تحقیقات Wang et al. (2020) هم‌خوانی دارد، به‌گونه‌ای که این محقق بیان داشت که حمل‌ونقل جاده–ای معمولاً به‌علت انعطاف‌پذیری آن برای مسافت کوتاه، ترجیح داده می‌شود، درحالی‌که از قطار می‌توان برای مسافت طولانی و وزن بالای چوب استفاده کرد. همچنین تعداد بار (جدول ۱۰) و مسافت طی شده قبل و بعد از بهینه‌سازی (جدول ۹) بیانگر کاهش قابل‌توجه مسافت حمل‌ونقل در هر دو رویکرد، به‌ویژه حمل‌ونقل ریلی است و این امر موفقیت این بهینه‌سازی و نیز انتخاب صحیح ناوگان باری در این پژوهش را نشان می‌دهد. امروزه اهمیت محیط‌زیست و نقش حیاتی آن در توسعه کشورها، مانند کشورهای جهان سوم، امری انکارناپذیر است (Gholizadegan et al., 2019)؛ از طرفی به‌دلیل هزینه‌های قابل‌توجه بخش حمل‌ونقل برای محیط‌زیست، مانند آلاینده‌های هوا، آلودگی صوتی و تخریب زیستگاه‌ها، توجه به برقراری تعادل بین آسیب‌های زیست‌محیطی و داشتن یک نظام حمل‌ونقل کارا از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به گسترش استفاده از وسایل نقلیه و افزایش پوشش زیرساخت‌ها، لازم است اقدامات مؤثری برای کاهش اثرها زیست‌محیطی حمل‌ونقل انجام شود (Anonymous, 2018) که با توجه به یافته‌های تحقیق فوق بهینه‌سازی شبکه توزیع و حمل‌ونقل یکی از این

مؤثرترین این اقدامات است. در طی ده‌ساله اخیر، سهم بخش حمل‌ونقل در مصرف فرآورده‌های نفتی در ایران افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است (Anonymous, 2018)، از طرفی بر اساس تحلیل منابع کلان انرژی کشور مقدار مصرف سوخت گازوئیل و تولید آلاینده‌های هوا به ازای هر تن کیلومتر در بخش جاده ۹/۵ برابر ریل است بنابراین افزایش سهم ریلی از حمل‌ونقل بار نیز تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در کاهش اثرهای زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل خواهد داشت (Samimi et al., 2018). Tahvanainen et al. (2011) بیان داشت که حمل‌ونقل ریلی یک گزینه امیدوارکننده، مقرون‌به‌صرفه و دارای محیط‌زیست سالم است؛ اما استفاده از این روش برای حمل‌ونقل چوب نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تر لجستیکی دارد زیرا واحدهای حمل‌ونقل محدود است و به‌علت اجاره‌ای بودن واگن‌ها زمان بارگیری زیادی وجود ندارد، این شرایط در ایران نیز وجود داشته و از طرفی بارگیری برخی از انواع چوب خام زمان‌بر است. افزایش هزینه‌های انرژی و تقاضا برای بهبود ایمنی ترافیک جاده‌ای به‌طورکلی موجب افزایش علاقه به حمل‌ونقل ریلی می‌شود ولی متأسفانه به‌دلایل استراتژیک مانند عدم پوشش‌دهی کافی ریلی در سطح کشور ایران، سرعت نامناسب حمل بار، عدم توسعه زیرساخت‌های اطلاعاتی حمل‌ونقل بار، فرسودگی و کمبود امکانات تخلیه و بارگیری در مبادی داخلی و اینکه ناوگان ریلی متناسب با خطوط ریلی افزایش پیدا نکرده است، سبب شده که حمل‌ونقل ریلی سهم کمی از حمل بار را در ایران برعهده داشته باشد (Shojaei et al., 2018) که حمل‌ونقل چوب نیز از این شرایط مستثنا نیست. بازارهای بالقوه حمل‌ونقل ریلی عبارت است از تمام نقاطی که به شبکه ریلی دسترسی دارند. بدیهی است در صورت توسعه شبکه ریلی کشور و افزایش قابلیت دسترسی نقاط دیگری از کشور، بازارهای جدیدی به بازارهای بالقوه افزوده خواهد شد (Kalantari and Razini, 2016). شایان‌ذکر است که نتایج این پژوهش می‌تواند با تغییرات اندکی در الگوریتم طراحی‌شده به تعداد کمتر و یا بیشتری از انواع گروه چوبی و نقاط عرضه و تقاضا تعمیم پیدا کند. از این‌رو هدایت پژوهش‌های بیشتر به سمتی که برای یافتن زنجیره بهینه توزیع چوب کشوری باشد موردنیاز برنامه‌ریزان و مدیران این حوزه خواهد بود. در بخش حمل‌ونقل نیز در حال حاضر در ایران، شبکه جاده‌ای در برخی مسیرها با حجمی بالاتر از ظرفیت خود روبه‌رو است، درحالی‌که شبکه ریلی، در بسیاری از مسیرها امکان استفاده از ظرفیت موجود را ندارد. از این‌رو لازم است سیاست‌ها و اقداماتی در زمینه افزایش به‌کارگیری ظرفیت ریلی در کشور در بخش حمل‌ونقل در نظر گرفته شود تا این عدم تعادل بین شیوه‌های حمل‌ونقل به کمینه مقدار خود برسد و این امر شامل حمل‌ونقل چوب به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی باری در کشور نیز می‌شود. بر اساس پژوهش‌های موجود، در ایران سهم هزینه‌های حمل‌ونقل از قیمت تمام‌شده کالا در حدود دو برابر میانگین جهانی است. در این زمینه هم به‌دلیل سهم بالای حمل‌ونقل جاده‌ای در حمل‌ونقل چوب در مسافت‌های بالا، بخش قابل‌توجهی از منابع کشور در این بخش اتلاف می‌شود. با توجه به مقدار مصرف چوب در کشور، نیاز به شناخت و ایجاد زنجیره توزیع حمل‌ونقل بهینه چوب امری ضروری است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت برنامه‌وبودجه سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای که ما را در انجام این تحقیق یاری و حمایت کردند صمیمانه تشکر می‌کنیم.

References

Anonymous, Association of Iran Wood Industries Employers. Import and export statistics of all types of wood, furniture, pulp, 2020.

Anonymous, Strategic plan of Iran's transportation sector. Ministry of Roads and Urban Development of the Islamic Republic of Iran, Deputy of Transportation, 2018; 47 p. (In Persian)

Anonymous, Ministry of Roads and Urban Development, Deputy Minister of Transportation, Review of policies, priorities and programs of the Ministry of Roads and Urban Development in the field of logistics. The third specialized logistics working group. 2017; 34 p. (In Persian)

Elyasi, M.; Mohammadi, M., Mirzaei H., Safardoust, A., Institutional Mapping of Innovation in the Railway Transport Industry. *Journal of Roshde Fanavari* **2019**, *15* (58), 30-38. (In Persian)

Etehadi Abari, M.; Majnounian, B., Chung, W., Abdi, E., Application of NETWORK 2000 in order to optimizing of truck transportation costs from forest to mills in Hyrcanian Forest. *Iranian Journal of Forest* **2014**, *5* (4), 349-360. (In Persian)

Ghasemi Eghbash, F.; Adeli, K., Namdari, S., Rezaei, A., Determining the most optimal network for transporting wood and its products to Khorramabad from an economic point of view, Presented at 15th National Conference Environmental Impact Assessment of Iran, Tehran, Iran. 2018. (In Persian)

Gholizadegan, V.; Alijanpour, A., Hajjarian, M., Banj Shafiei, A., Investigation on environmental knowledge of Urmia University students. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, *5* (1), 41-54.

Han, H.; Chung, W.; Wells, L.; Anderson, N., Optimizing biomass feedstock logistics for forest residue processing and transportation on a tree-shaped road network. *Forests* **2018,** *9* (3), 121.

Kalantari, H.; RAZINI, E., ranking the market for the railway commodity transport and proposing the target markets. *Iranian Journal of Trade Studies* **2017,** *21* (81), 149-180. (In Persian)

Khorami Moghadam, S.; Bakhshoodeh, M., Economic appraisal of timberwork in Gilan province, *Journal of Agricultural Economics* **2007**, *1* (3), 189-196. (In Persian)

Lin, P.; Contreras, M. A., Dai R., Zhang, J., A multilevel ACO approach for solving forest transportation planning problems with environmental constraints. *Swarm and Evolutionary Computation* **2016**, 28, 78-87.

Lin, T.; Rodríguez, L. F.; Davis, S.; Khanna, M.; Shastri, Y.; Grift, T.; Long, S.; Ting, K., Biomass feedstock preprocessing and long-distance transportation logistics. *Gcb Bioenergy* **2016,** *8* (1), 160-170.

Malladi, K. T.; Quirion-Blais, O.; Sowlati, T., Development of a decision support tool for optimizing the short-term logistics of forest-based biomass. *Applied Energy* **2018,** *216*, 662-677.

Moad, K.; François, J.; Bourrières, J.-P.; Lebel, L.; Vuillermo, M. In *A bi-level decision model for timber transport planning*, 6th Int conf Information systems, logistics and supply chain, 2016.

Palmgren, M.; Rönnqvist, M.; Värbrand, P., A solution approach for log truck scheduling based on composite pricing and branch and bound. *International Transactions in Operational Research* **2003,** *10* (5), 433-447.

Rezaei, A.; Adeli, K., Ghasemi Aqbash, F., Namdari, S., Application of research methods in operations in wood transportation,, 6th International Conference new ideas in Agriculture, Environment and Tourism, Ardabil, Institute for Supporters of the Ideal Environment, 2015; 9p. (In Persian)

Saeidian, K.; Adeli, K., Maleknia, R., Khosravi, SH.,Factors Affecting the Derivative Demand of Wood and Its Products from Housing Demand, Presented at 6th International Conference on Ideas in Agriculture, Environment and Tourism, Ardabil, Institute for Supporters of the Ideal Environment, 2015. (In Persian)

Samimi, A.; Kawamura, K.; Mohammadian, A. *A disaggregate analysis of rail-truck mode choice behaviors for freight shipments*; 2011.

Shojaei, S.; Hussein, A., Ajdari, A. A., An analysis of the real demand of the rail transport fleet in the country and the ability to build domestically. Deputy of Infrastructure Research and Production Affairs of Energy, Industry and Mining Studies (Industry Group), Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of IRAN. 2019; 29 p. (In Persian)

Tahvanainen, T.; Anttila, P., Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. *Biomass and Bioenergy* **2011,** *35* (8), 3360-3375.

Visser, L.; Hoefnagels, R.; Junginger, M., Wood pellet supply chain costs–A review and cost optimization analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2020,** *118*, 109506.

Wang, Y.; Wang, J., Schuler, J., Hartley, D., Volk, T., Eisenbies, M., Optimization of harvest and logistics for multiple lignocellulosic biomass feedstocks in the northeastern United States, *Journal of Energy* **2020**, 197, 117260

Optimization of wood distribution and transportation network with emphasis on rail transport

S. Peyrov[*1], M. Lotfalian[2], K. Adeli[3], T. Pentek[4]

1- Ph.D. student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. (peyrovsaba@gmail.com)
2- Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. (mlotfalian@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khoramabad, Iran. (kamranadeli@yahoo.com)
4- Professor, Department of Forest Engineering, Forestry Faculty of Zagreb University, Zagreb, Croatia. (tpentek@sumfak.hr)

Received: 28.07.2020 Accepted: 03.10.2020

Abstract

The main purpose of this study is determination of optimal wood distribution and transportation Network in Iran with emphasis on railways. For this purpose, a simple distribution and transportation model was created for seven groups of wood in GAMS 24.1.3 software. This transportation model is simple, the planning horizon is one year and the transportation method is both road and road-rail. The results showed that after optimization, in the road-rail method, 6.86% of total wood will be transported by rail network and 93.14% will be transported by road network. This method reduces the total cost of transportation by 24.02% compared to the actual conditions in the road transport method. In the road method, after optimization, the total cost is reduced by 22.31%. This cost reduction in both methods is related to the optimal distribution of wood from the distribution bases to the receiving bases and the appropriate selection of the cargo fleet based on the tonnage of the load and the radius of shipment. In the optimal transportation distance in the road-rail method 45.36% and in the road method 43.42% and the number of loads respectively 34.77 and 29.04% compared to the conditions Non-optimal will be reduced. Given the high rate of wood consumption in Iran and the importance of improving productivity indicators in the field of freight costs as one of the strategic goals of the transportation sector in the coming years, the need to recognize and create a chain of distribution and optimal transportation of wood is remarkable.

Keywords: Simplex Algorithm, Load tonnage, Cargo fleet, Transportation Cost.

[*] Corresponding author Tel: +989901514462