

کاربرد نرم‌افزار NETWORK 2000 برای بهینه‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل با کامیون از طرح‌های جنگل‌داری شمال ایران به کارخانه‌های صنایع چوب

مریم اتحادی ابری^{۱*}، باریس مجنونیان^۲، وودام چونگ^۳ و احسان عبدی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲ استاد گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۳ دانشیار گروه مدیریت جنگل دانشکده جنگلداری و حفاظت، دانشگاه مونتانا

^۴ استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۴)

چکیده

حمل‌ونقل ثانویه از جنگل به یارد کارخانه، از مؤلفه‌های اساسی هزینه در تولید چوب در مناطق مختلف جهان است. کوچک‌ترین افزایش بازدهی، به‌طور معنی‌داری هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. با بهینه‌سازی و انتخاب مسیرهای مناسب در عملیات حمل‌ونقل چوب از مراکز تولید، یعنی طرح‌های جنگلداری به کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ، می‌توان ضمن کاهش هزینه‌ها، بازده تولید و ارزش افزوده فرآورده‌ها را نیز افزایش داد. هدف از این تحقیق، یافتن مسیرهای مناسب حمل‌ونقل چوب توسط مجریان طرح‌های جنگل‌داری به سمت کارخانه‌ها و واحدهای صنایع چوب و کاغذ و حداقل‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل ثانویه است. به‌منظور تعیین هزینه‌های حمل‌ونقل ثانویه، در مجموع، ۴۶ طرح جنگل‌داری واقع در چهار اداره کل گلستان، ساری، نوشهر و گیلان و ۳۸ کارخانه صنایع چوب و کاغذ با استفاده از نرم‌افزار NETWORK 2000 بررسی شد. نتایج نشان داد که با فرض اینکه هر طرح جنگل‌داری بتواند به هر کدام از صنایع چوب و کاغذ، چوب حمل کند، در مجموع ۱۶۸۲ مسیر برای حمل‌ونقل چوب وجود خواهد داشت که کمترین هزینه، ۱۶۰۰ ریال بر مترمکعب و بیشترین هزینه، ۶۳۳۶۰۰ ریال بر مترمکعب است. با استفاده از نرم‌افزار NETWORK 2000، ۳۵۳ مسیر از بین ۱۶۸۲ مسیر، به‌عنوان مسیرهای بهینه (کمترین هزینه حمل‌ونقل) معرفی شد. نرم‌افزار برای هر طرح جنگل‌داری هشت مسیر تعیین کرده است که هر مسیر، به یکی از کارخانه‌های موجود در هشت صنعت فعال در صنایع چوب و کاغذ ختم می‌شود یعنی به‌کمک نرم‌افزار هر طرح جنگل‌داری می‌تواند یکی از کارخانه‌های موجود در هشت صنعت فرآورده‌های چوبی را انتخاب کند. در نهایت با داشتن هزینه‌های کل برای هر یک از این هشت مسیر، تنها یک مسیر به عنوان بهترین مسیر انتخاب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، حمل‌ونقل ثانویه، طرح جنگل‌داری، کارخانه‌های چوب و کاغذ، نرم‌افزار NETWORK 2000.

مقدمه و هدف

بهره‌برداری جنگل شامل مؤلفه‌های قطع و تبدیل چوب، کشیدن و جمع‌آوری چوب در کناره جاده، بارگیری فرآورده‌ها و حمل‌ونقل چوب است. بنابر آمار، بیش از ۶۰ درصد کل هزینه‌های مربوط به جنگل در قسمت بهره‌برداری صرف می‌شود، که این عدد در ایران به بیش از این مقدار هم می‌رسد. سنگینی فوق‌العاده هزینه‌ها، دلیل موجهی بر برنامه‌ریزی و مدیریت کار و ماشین‌آلات است (مجنونیان، ۱۳۶۸). آخرین مرحله از عملیات بهره‌برداری، حمل‌ونقل چوب است که در نتیجه آن فرآورده‌های چوبی از داخل جنگل به خارج یا به محل مصرف می‌رسند. در بعضی کشورها، عملیات خروج چوب با استفاده از کامیون یا راه‌آهن جنگلی یا مسیرهای آبی (رودخانه‌ها) صورت می‌گیرد ولی در ایران برای این‌کار اغلب از کامیون استفاده می‌شود، زیرا گزینه خط‌آهن به‌علت کوهستانی بودن (محدودیت شیب در خط‌آهن) و نیز احتیاج به باراندازی و بارگیری و انبارداری متعدد، منطقی نیست (ساریخانی، ۱۳۸۷). اقتصادی (۱۳۷۹)، با بررسی شبکه حمل‌ونقل محصولات و تعیین ماشین‌آلات مناسب در جنگل تحقیقاتی واز در مازندران، نتیجه گرفت که با تراکم طولی ۱۲/۸ متر در هکتار راه و درصد شبکه‌بندی ۶۰ درصد به‌دلیل شیب زیاد منطقه، شبکه‌بندی در وضعیت مناسبی نیست و از شبکه‌بندی فرعی برای تکمیل راه‌ها استفاده کرد و با این حساب، تراکم طولی راه به ۱۹/۵ متر در هکتار رسید. (Ghafarian & Sobhani 2007) مدلی برای تصمیم‌گیری در مورد حذف شاخه‌های غیرضروری بخش نم‌خانه با استفاده از نرم‌افزار NETWORK 2000 به‌منظور به‌حداقل رساندن هزینه کل استفاده کردند و هدفشان طراحی شبکه جاده با استفاده از برنامه‌ریزی‌ها و الگوریتم‌های ریاضی بود. جورغلامی و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه برنامه‌ریزی شبکه جاده جنگلی با در نظر گرفتن هزینه‌های جاده‌سازی و بهره‌برداری تحقیقی انجام دادند که یک روش تصمیم‌سازی در مورد طرح‌ریزی عملیات بهره‌برداری با استفاده از نرم‌افزار NETWORK 2000

است.

(Arian et al. 2007) مطالعه‌ای در مورد کارخانه‌های تولیدکننده محصولات چوبی در ایران داشتند و همچنین اطلاعاتی درباره صنایع مهم مصرف‌کننده محصولات چوبی به همراه ظرفیت تولید و مکان استقرارشان عرضه داشتند و بیان کردند که این کارخانه‌ها به‌دلیل کمبود عرضه موادخام از تمام ظرفیتشان استفاده نمی‌کنند، این مسئله برای صنایع تخته‌لایه و روکش که به مواد خام بیشتری نیازمندند، جدی‌تر است. (Murphy 2003) در تحقیق خود درباره کاهش تعداد کامیون‌ها در جاده از طریق بهینه‌سازی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل جنگل، یک مدل خطی صفر و یک را برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل جاده‌هایی که برای کامیون‌ها استفاده می‌شد، طراحی کرد. این مدل در جنگل‌های نیوزیلند استفاده شد. (Gronalt & Hirsch 2006) در مقاله خود درباره موضوع مسیریابی وسیله نقلیه حمل چوب‌آلات و فورمولاسیون و راه حل اکتشافی، یک مدل فورمولاسیون به نام TTVRP¹ توصیف کرده است. هدف این تحقیق، کاستن فاصله حرکت کامیون‌های خالی است همچنین به استانداردهای وزن نیز توجه شده است. (Flisberg & Liden 2007) در تحقیقشان به مسئله عمومی مسیریابی توجه کردند و بیان داشتند برای تصمیم‌گیری مسیرهای روزانه حمل‌ونقل کامیون‌ها در جنگل، باید مواردی مثل مکان برداشت و مقصد تخلیه بار، تولیدات متعدد، زمان‌های چند پیرودی، تغییر راننده‌ها، دپوهای متعدد و... در نظر گرفته شود. (Bredstorm & Ronnqvist 2007) یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی را طراحی کردند که شامل ترکیب جاده‌های کامیون‌رو و مشکلات برنامه‌ریزی و اضافه کردن محدودیت‌های موقتی است. محدودیت‌های موقتی سبب همزمانی ملاقات مشتری‌ها با وسایل نقلیه می‌شود. آن‌ها همچنین یک مدل ذهنی بهینه برای حل مشکلات واقعی پیشنهاد

انحصار در بازار مصرف فرآورده‌های چوبی می‌شود. حمل‌گرده‌بینه‌ها از دپو به محل تبدیل در صنایع یا سایر مقصدهای نهایی، بخش بزرگی از هزینه‌های فرآورده‌های چوبی را تشکیل می‌دهد. بنابراین عملیات حمل‌گرده‌بینه باید طوری برنامه‌ریزی و اجرا شود که هزینه‌های حمل به مقصد نهایی به حداقل برسد و فرآورده‌ها را تا حد امکان بدون از دست رفتن معنی‌دار حجم یا کاهش کیفیت به مقصد نهایی تحویل دهد. در این تحقیق، با توجه به این هدف، مسیرهای بهینه حمل‌ونقل با حداقل هزینه حمل‌ونقل ثانویه تعیین خواهد شد. شایان ذکر است که با توجه به اینکه در کشور ما هزینه سوخت تاکنون با پرداخت یارانه‌های سنگین، پایین نگه داشته می‌شد، موضوع حمل‌ونقل جاده‌ای سهم مهمی از هزینه‌های تولید را در بر نمی‌گرفت، ولی با اجرای قانون حذف یارانه‌ها، همچون سایر کشورها، این موضوع اهمیت زیادی می‌یابد و افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها، محور اصلی برنامه‌ریزی در این بخش خواهد بود. این تحقیق گامی کوچک در راستای افزایش بهره‌وری در این زمینه است. با افزایش هزینه‌های سوخت در آینده که پیش‌بینی‌پذیر است، ضرورت پرداختن به این موضوع در آینده بیشتر خواهد شد.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد بررسی

این تحقیق در طرح‌های جنگلداری شمال ایران به‌عنوان محل تولید فرآورده‌های چوبی و کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ به‌عنوان محل مصرف فرآورده‌های چوبی انجام گرفته است. این طرح‌های جنگلداری در چهار اداره کل گلستان، ساری، نوشهر و گیلان قرار دارند که در هر کدام از آن‌ها، به ترتیب ۱۲، ۱۴، ۹ و ۱۱ مجری طرح جنگلداری به فعالیت مشغولند که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند و در مجموع ۴۶ طرح جنگلداری را تشکیل می‌دهند. کارخانه‌های صنایع چوب در مجموع ۳۸ کارخانه است که در هشت صنعت نئوپان، فیبر، MDF، کاغذ، چوب‌بری، پارکت، روکش و تخته‌لایه فعالیت می‌کنند (جدول ۲).

دادند. Marshall (2005) مدل تئوری بهینه‌ای را معرفی کرد که هزینه‌ها در آن حداقل بود، ولی به دلیل فرضیه‌های مدل که معمولاً در جنگل‌پیش نمی‌آیند، کاربرد چندانی نیافت. Shen & Sessions (1989) یک مدل برنامه‌ریزی شبکه‌ای را در ایالات متحده توسعه دادند که هزینه‌های حمل‌ونقل را در حالتی که برنامه‌ریزی کامیون‌ها از کارخانه انجام می‌گیرد، کاهش می‌دهد. Dodd (1990) و Murphy (1990) یک مدل برنامه‌ریزی صحیح صفر و یک را برای شرکت‌های جنگل نیوزیلند تهیه کردند. Weintraub *et al.* (1996) یک مدل ذهنی^۱، ASICAM، را برای جنگل‌های شیلی توسعه دادند که البته در جنگل‌های جنوب آفریقا هم کاربرد دارد. Carlgern *et al.* (2000)، Ronnqvist *et al.* (1998) چند راه حل را برای برنامه‌ریزی کامیون‌ها در سوئد معرفی کردند. نرم‌افزار NETWORK 2000 که Chung & Sessions (2003) آن‌را توسعه داده‌اند، به‌منظور حل مسائلی شامل محصولات متفاوت، مقاصد مختلف (کارخانه‌ها) و دوره‌های زمانی متفاوت طراحی شده است و می‌تواند هزینه‌های ثابت و متغیر حمل‌ونقل را بهینه‌سازی کند. این نرم‌افزار سه الگوریتم متفاوت برای حل مسائل حمل‌ونقل را فراهم می‌کند که یکی از این الگوریتم‌ها، تکنیک‌های کوتاه‌ترین مسیر^۲ و اساس دو نرم‌افزار دیگر، الگوریتم‌های احتمال^۳ است. هزینه‌های حمل‌ونقل چوب‌آلات، بخش بزرگی از هزینه بهره‌برداری چوب را تشکیل می‌دهد. پراکنش نامناسب کارخانه‌های صنایع چوب به‌عنوان مراکز مصرف فرآورده‌های چوبی و همچنین فاصله زیاد کارخانه‌ها و واحدهای صنایع چوب، از مراکز تولید چوب از یک طرف سبب افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل فرآورده‌های چوبی از طرح‌های جنگلداری به مراکز مصرف و از طرف دیگر موجب

1. Heuristic
2. Shortest path algorithm
3. Simulated annealing and great deluge

جدول ۱- نام و موقعیت طرح های جنگل داری تحت بررسی

ردیف	حوزه اداره کل	مجریان طرح	علامت اختصاری	نام شهر	کاتین و هیزم (مترمکعب)	گرده بینه (مترمکعب)
۱	گلستان	تعاونی مهدی	GOL1	گرگان	۱۴۵۰۸	۱۸۵۵
۲	گلستان	تعاونی ایثار	GOL2	علی آباد	۳۵۳۶	۳۸
۳	گلستان	تعاونی انصار	GOL3	آزادشهر	۱۲۰۸	۱۹۱
۴	گلستان	شرکت شموشک	GOL4	گرگان	۳۳۱۰	۴۸
۵	گلستان	شرکت مالشک	GOL5	گرگان	۴۱۱۱	۵۸۰
۶	گلستان	شرکت بهارمونا	GOL6	لوه	۷۴۲۸	۱۸۹۱
۷	گلستان	نئوپان ۲۲ بهمن	GOL7	بهشهر	۲۲۹۵	۹۳۷
۸	گلستان	آریا توسکا	GOL8	لوه	۱۴۳۷۸	۲۴۵۷
۹	گلستان	شرکت ون گستر	GOL9	علی آباد	۴۰۸۰	۰
۱۰	گلستان	موسسه سیدالشهدا	GOL10	آزادشهر	۳۸۷۷۳	۴۸۳۸
۱۱	گلستان	شرکت ایستای سبز	GOL11	لوه	۱۲۶۴۱	۳۲۱۹
۱۲	گلستان	شرکت سرخدار	GOL12	علی آباد	۸۵۸۷	۱۰۸۳
۱۳	ساری	شرکت نکاچوب	S1	نکا	۶۲۱۸۴	۷۴۳۲۴
۱۴	ساری	فریم سنگده	S2	سوادکوه	۲۱۹۹۱	۲۰۳۹۷
۱۵	ساری	تعاونی کولا	S3	ساری کیاسر	۱۹۶۵	۵۲۶
۱۶	ساری	تعاونی مزده نقیب ده	S4	ساری کیاسر	۱۵۱۴	۱۳۷۰
۱۷	ساری	تعاونی آذر رود	S5	سواد کوه	۷۵۶۰	۱۴۷۲
۱۸	ساری	تعاونی کارسنگ رود	S6	سواد کوه	۴۰۱۷	۸۹۱
۱۹	ساری	تعاونی لغور ولویی	S7	سواد کوه	۴۸۴۸	۲۵۵۵
۲۰	ساری	سوردار انارستان	S8	چمستان نور	۱۲۵۴۰	۲۵۰۹
۲۱	ساری	شرکت جنگل های قدس	S9	کلاردشت	۹۶۳۴	۳۴۰۰
۲۲	ساری	چند منظوره خلیل بهشهر	S10	بهشهر	۳۱۷۷	۱۶۹۷
۲۳	ساری	چوب و کاغذ مازندران	S11	ساری	۱۲۵۰۲۹	۶۸۲۵۷
۲۴	ساری	تهیه و توزیع راه آهن شیرگاه	S12	سواد کوه	۸۷۴۰	۶۹۰۳
۲۵	ساری	دانشگاه مازندران	S13	مازندران	۱۵۶۰	۱۵۶۸
۲۶	ساری	ذغال سنگ البرز مرکزی	S14	سواد کوه	۴۶۷۴	۵۵۷
۲۷	نوشهر	شرکت تعاونی بنشکی	N1	رامسر	۱۴۰۴۰	۳۶۷۲
۲۸	نوشهر	شرکت تعاونی صفارود	N2	رامسر	۴۸۵۹	۱۲۳۹
۲۹	نوشهر	شرکت ایران چوب	N3	نوشهر	۱۶۳۳۹	۷۲۳۶
۳۰	نوشهر	کشت و صنعت طویی	N4	نوشهر	۳۲۴۹۶	۱۴۸۲۷
۳۱	نوشهر	شرکت آستان قدس رضوی	N5	کلاردشت	۳۳۱۷۸	۱۲۱۴۸
۳۲	نوشهر	شرکت خلارین	N6	کلاردشت	۹۸۶۱	۵۷۷۲
۳۳	نوشهر	شرکت پیوند هراز	N7	تنکابن	۱۱۴۱۳	۷۱۶۲
۳۴	نوشهر	دانشکده کرج	N8	نوشهر	۱۴۱۰	۱۵۸۳
۳۵	نوشهر	دانشکده تربیت مدرس	N9	رویان	۱۶۵۳	۱۶۳۳
۳۶	گیلان	سهامی جنگل سفارود	GI1	چوکا	۵۴۱۲۸	۵۲۹۶۱
۳۷	گیلان	بهره برداری لیل	GI2	چوکا	۳۷۷۹	۰
۳۸	گیلان	بهره برداری آستارا چای	GI3	آستارا	۳۰۶۰	۹۶۵
۳۹	گیلان	امیرالمؤمنین	GI4	رشت	۵۳۶۰	۰
۴۰	گیلان	تعاونی نارون	GI5	رودبار	۳۶۲۱	۴۶۱
۴۱	گیلان	بهره برداری قیصرکوه	GI6	چوکا	۳۰۱۶	۲۳۵
۴۲	گیلان	بهره برداری ملکرد	GI7	چوکا	۱۴۰۰۹	۲۴۴۱
۴۳	گیلان	بهره برداری نرماش	GI8	کلاچای	۳۶۴۱	۷۱۳
۴۴	گیلان	شرکت خاص راشسران	GI9	بیجار قزوین	۸۲۳۲	۲۳۳۶
۴۵	گیلان	احیا جنگل آستانه	GI10	املش	۶۹۴۶	۲۰۰۱
۴۶	گیلان	فیبر حسنرود	GI11	رودبار	۱۱۷۴	۱۶۲

جدول ۲- نام و موقعیت کارخانه‌های محصولات چوبی شمال ایران

ردیف	نوع صنعت	نام صنعت	علامت اختصاری	نام شهر	کاتین و هیزم (مترمکعب)	گردبینه (مترمکعب)
۱	نئوپان	چوب شمال	PBM1	گنبد	۵۰۳۰۰	
۲	نئوپان	شهید باهنر	PBM2	گرگان	۸۳۵۰	
۳	نئوپان	شמושک	PBM3	گرگان	۲۹۵۰۰	
۴	نئوپان	تخته فشرده شمال	PBM4	قائم‌شهر	۶۷۵۰۰	
۵	نئوپان	نکا چوب	PBM5	نکا	۳۰۳۰۷	
۶	نئوپان	نئوپان ۲۲ بهمن	PBM6	بهشهر	۲۶۶۰۰	
۷	نئوپان	آمل روکش	PBM7	آمل	۳۶۱۰	
۸	نئوپان	نئوپان فومنت	PBM8	فومن	۱۲۵۰۰	
۹	نئوپان	پویا چوب	PBM9	سواد کوه	۲۰۵۵۳	
۱۰	نئوپان	تخته فشرده ممتاز	PBM10	گرگان	۸۱۵۲۳	
۱۱	نئوپان	نئوپان صومعه‌سرا	PBM11	صومعه سرا	۷۳۰۰	
۱۲	فیبر	فیبر ایران	FBM1	بندر انزلی زیبا کنار	۵۲۰۰	
۱۳	فیبر	فیبر بابلسر	FBM2	بابلسر	۱۲۸۶۲	
۱۴	MDF	MDF چوب خزر	MDF1	چمستان نور	۱۲۳۰۰۰	
۱۵	MDF	پارس MDF	MDF2	تنکابن	۲۸۷۵	
۱۶	MDF	آرین سینا MDF	MDF3	ساری	۲۲۰۰	
۱۷	کاغذ	چوکا	PM1	چوکا	۳۹۳۶۴	۴۶۹۶۶
۱۸	کاغذ	مازندران	PM2	مازندران	۸۸۰۰۰	۱۶۵۰۰۰
۱۹	چوب‌بری	نکا چوب	WSM1	نکا		۵۹۶
۲۰	چوب‌بری	فریم	WSM2	فریم		۳۴۰۰
۲۱	چوب‌بری	اشباع تراورس	WSM3	شیرکاه		۱۲۴۰۰
۲۲	چوب‌بری	صنایع چوب اسالم	WSM4	اسالم		۴۲۰
۲۳	چوب‌بری	راش بینه	WSM5	گرگان		۳۰۰۰
۲۴	چوب‌بری	آمل روکش	WSM6	آمل		۱۸۰۰
۲۵	چوب‌بری	بابل روکش	WSM7	بابل		۴۳۰۰
۲۶	پارکت	بنیاد پارکت کشوری	PAM1	کرج		۲۰۰۰
۲۷	پارکت	پارکت پارفیکا	PAM2	شهریار		۳۵۰
۲۸	روکش	روکش چوبی	PAM3	فیروز کوه		۳۵۰۰
۲۹	روکش	بابل روکش	VIM1	بابل		۳۳۰
۳۰	روکش	روکش روستا	VIM2	تهران		۱۲۰۰
۳۱	روکش	آمل روکش	VIM3	آمل		۱۳۰۰
۳۲	روکش	راش بینه	VIM4	گرگان		۳۰۰
۳۳	روکش	خزر روکش	VIM5	آمل		۱۰۰۰
۳۴	تخته‌لایه	صنایع چوب رشت	PWM1	رشت		۱۸۰
۳۵	تخته‌لایه	نکا چوب	PWM2	نکا		۲۶۶۵
۳۶	تخته‌لایه	روکش چوبی ایران	PWM3	قزوین		۵۹
۳۷	تخته‌لایه	ایران چوب	PWM4	نور		۷۷۰
۳۸	تخته‌لایه	آمل روکش	PWM5	آمل		۷۲۰

شده است و با ضرب این قیمت در مسافت ها، هزینه حمل و نقل به دست می آید.

- نرم افزار NETWORK 2000

برای یافتن بهترین و کم هزینه ترین مسیر با استفاده از نرم افزار Network 2000، به داده های شبکه جاده نیاز است که شامل دو نوع داده sale و link است.

- روش ساختن Link Data برای برنامه Network 2000

هر لینک شامل From Node و To Node است، به همراه هزینه های حمل و نقل برای هر لینک که این هزینه حمل و نقل شامل دو نوع هزینه ثابت و متغیر است (شکل ۱). در واقع هر طرح جنگل داری به عنوان مبدأ مسیر حمل و نقل یک Entry Node است و کارخانه های صنایع چوب که مقصد مسیر هستند، به عنوان Destination Node تلقی می شوند.

- روش ساختن Sale Data برای برنامه Network 2000

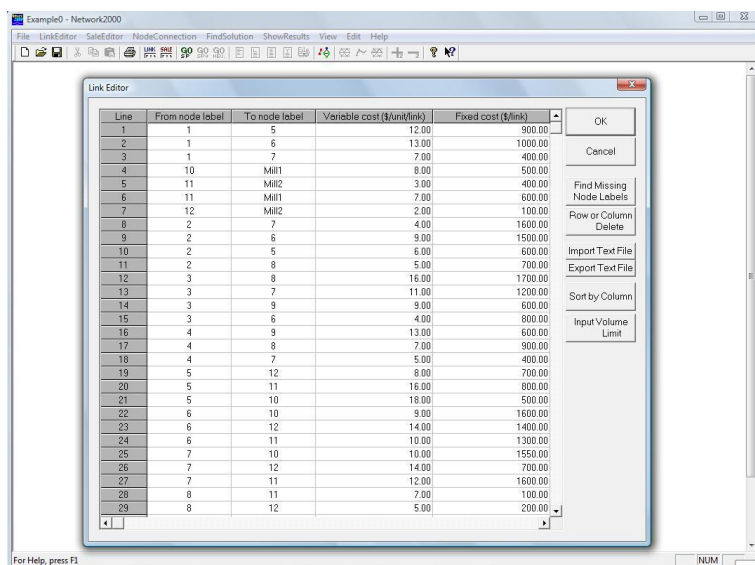
Sale Data شامل Entry Node، که همان طرح های جنگل داری است و Destination، که همان کارخانه های صنایع چوب و حجم چوب بر حسب مترمکعب و همچنین سال برداشت چوب است. منظور از سال برداشت این است که اگر برداشت در همان سال انجام گرفته باشد، سال صفر و اگر در سال قبل برداشت صورت گرفته باشد، سال اول و اگر دو سال قبل برداشت صورت گرفته باشد، سال دو در ستون مربوط به سال برداشت قرار می گیرد (شکل ۲).

همه طرح های جنگل داری (به جز سه طرح جنگل داری شرکت بهره برداری لیل، شرکت امیرالمؤمنین و شرکت ون گستر که گرده بینه تولید نمی کنند و فقط به ۱۶ کارخانه که فقط کاتین و هیزم مصرف می کنند، می توانند فرآورده های چوبی را ارسال کنند) هم گرده بینه و هم کاتین و هیزم تولید می کنند، بنابراین می توانند به تمام کارخانه های موجود، فرآورده های چوبی را ارسال کنند.

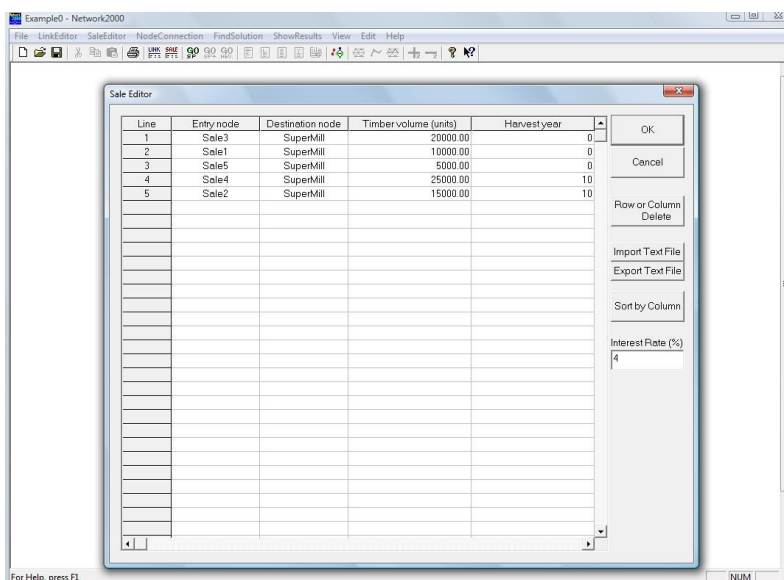
- بررسی مسافت ها و هزینه های حمل و نقل چوب بین طرح های جنگل داری و کارخانه های مصرف کننده چوب

در این تحقیق حمل و نقل چوب از دپو جنگل به کارخانه های مصرفی صورت می گیرد و وسیله حمل و نقل نیز کامیون در نظر گرفته شده است. با در دست داشتن موقعیت قرار گرفتن طرح های جنگل داری و موقعیت جغرافیایی آن ها روی نقشه، به عنوان مبدأ مسیر حمل و نقل و در دست داشتن مکان قرار گرفتن کارخانه های مصرف کننده فرآورده های چوبی، به عنوان مقصد حمل و نقل، مسافت بین هر کدام از ۴۶ طرح جنگل داری به ۳۸ کارخانه موجود به دست آمده است.

برای به دست آوردن هزینه های حمل و نقل و با توجه به اینکه این هزینه ها با مسافت رابطه مستقیم دارند، با داشتن مسافت بین طرح های جنگل داری و کارخانه های مصرف کننده چوب و داشتن هزینه حمل و نقل چوب به ازای هر مترمکعب در کیلومتر، این هزینه ها به دست می آید. هزینه حمل و نقل چوب با کامیون (شرکت حمل و نقل چوب امیرکبیر مازندران سال ۸۹) در جنگل های شمال ایران به طور متوسط ۸۰۰ ریال به ازای مترمکعب در هر کیلومتر محاسبه



شکل ۱- محیط نرم‌افزار Network 2000 برای وارد کردن داده‌های ارتباطی یا Link Data



شکل ۲- محیط نرم‌افزار Network 2000 برای وارد کردن داده‌های فروش یا Sale Data

نتایج فایل Routes

فایل Routes نشان‌دهنده بهترین مسیر حمل فرآورده‌های چوبی از هر طرح جنگل‌داری به هر کدام از کارخانه‌های موجود در هشت صنعت نئوپان، فیبر، MDF، کاغذ، چوب‌بری، پارکت، روکش و تخته‌لایه است. در واقع این فایل برای هر طرح جنگل‌داری (به جز سه طرح جنگل‌داری G4، G2، GOL9 که فقط سه مسیر دارند)، هشت مسیر ایجاد می‌کند که هر

نتایج

خروجی داده‌های NETWORK 2000 - خروجی نرم‌افزار NETWORK 2000 شامل سه فایل است: Routes, Links, Sales هر کدام از این سه فایل با استفاده از داده‌های موجود در قسمت Sale Data و Link Data به دست آمدند و هر سه فایل برای تجزیه و تحلیل خروجی نرم‌افزار لازمند.

یک از این مسیرها از طرح جنگل داری مورد نظر شروع و به یکی از کارخانه های موجود در این هشت صنعت ختم می شود. تمام طرح های جنگل داری به جز سه طرح جنگل داری که با علامت اختصاری GOL9, G2, G4 (گرده بینه تولید نمی کنند) نشان داده شده اند، گرده بینه، کاتین و هیزم تولید می کنند و چون کارخانه های موجود با توجه به صنعتی که در آن کار می کنند، گرده بینه یا کاتین و هیزم مصرف می کنند، همه طرح های جنگل داری می توانند به همه کارخانه ها، فرآورده های چوبی ارسال کنند و تنها عامل محدودکننده، مسافت بین طرح های جنگل داری و کارخانه هاست. به عبارت دیگر، هزینه های حمل و نقل تعیین کننده بهترین مسیر حمل فرآورده های چوبی است.

- بهترین و مناسب ترین کارخانه برای طرح های جنگل داری حوزه اداره کل گلستان

در این اداره کل ۱۲ طرح جنگل داری فعالیت می کنند. از میان همه این طرح های جنگل داری، بهترین کارخانه، کارخانه راش بینه گرگان است، به جز طرح جنگل داری ون گستر (GOL9) که برای آن، کارخانه نفوپان شهید باهنر، بهترین کارخانه برای حمل چوب محسوب می شود.

- بهترین و مناسب ترین کارخانه برای طرح های جنگل داری حوزه اداره کل ساری

در این اداره کل، ۱۴ طرح جنگل داری به فعالیت مشغولند که برای طرح جنگل داری نکا چوب، کارخانه نکا چوب، برای طرح های جنگل داری خلیل به شهر، تعاونی کولا تعاونی، مزده نقیب ده و دانشگاه مازندران، کارخانه بابل روکش، مشغولند. برای طرح های جنگل داری البرز مرکزی، کار سنگ رود، لفورولویی و فریم، کارخانه چوب بری فریم و برای طرح های جنگل داری شرکت جنگل های قدس و تعاونی سوردار انارستان، کارخانه تخته لایه ایران چوب، و برای طرح جنگل داری راه آهن شیرگاه کارخانه چوب بری شیرگاه در اولویت ارسال فرآورده های چوبی قرار دارند.

در این مسیرهایی که در فایل Routes آمده، آورده شده است، در واقع برای هر طرح جنگل داری، هشت مسیر پیشنهاد شده است که کمترین هزینه حمل و نقل را دارد. تنها تفاوت فایل Sales با فایل Routes این است که در فایل Sales یک ستون دیگر شامل هزینه های کل (هزینه های ثابت و هزینه های متغیر) هم وجود دارد. در واقع این فایل امکان می دهد که از بین هشت مسیری که برای هر طرح جنگل داری به عنوان مسیرهای بهینه آورده شده، بهترین مسیر بر اساس هزینه کل که در این فایل آمده است، انتخاب شود. با داشتن هزینه های حمل و نقل برای هر لینک، و با توجه به مسیر مورد نظر، هزینه های لینک های مورد نظر در هر مسیر به دست می آیند و با هم جمع می شوند و سپس عدد به دست آمده در حجم چوب موجود در هر طرح جنگل داری ضرب می شود تا هزینه کل برای هر مسیر به دست آید. در واقع برای به دست آوردن هزینه های کل حمل و نقل، حجم محصولات طرح های جنگل داری مورد نظر قرار می گیرد و برای اینکه تنها یک مسیر

- نتایج فایل Sales

در این فایل، همان مسیرهایی که در فایل Routes آمده، آورده شده است، در واقع برای هر طرح جنگل داری، هشت مسیر پیشنهاد شده است که کمترین هزینه حمل و نقل را دارد. تنها تفاوت فایل Sales با فایل Routes این است که در فایل Sales یک ستون دیگر شامل هزینه های کل (هزینه های ثابت و هزینه های متغیر) هم وجود دارد. در واقع این فایل امکان می دهد که از بین هشت مسیری که برای هر طرح جنگل داری به عنوان مسیرهای بهینه آورده شده، بهترین مسیر بر اساس هزینه کل که در این فایل آمده است، انتخاب شود. با داشتن هزینه های حمل و نقل برای هر لینک، و با توجه به مسیر مورد نظر، هزینه های لینک های مورد نظر در هر مسیر به دست می آیند و با هم جمع می شوند و سپس عدد به دست آمده در حجم چوب موجود در هر طرح جنگل داری ضرب می شود تا هزینه کل برای هر مسیر به دست آید. در واقع برای به دست آوردن هزینه های کل حمل و نقل، حجم محصولات طرح های جنگل داری مورد نظر قرار می گیرد و برای اینکه تنها یک مسیر

تصمیم‌گیری و ساخت تجهیزات دارند که در نهایت به کاهش هزینه‌های کلی حمل‌ونقل و کاهش تعداد کامیون‌ها در جاده منجر می‌شود. طی چند دهه اخیر، روش‌های زیاد و پراهمیتی ابداع شده است که به فرآیند تصمیم‌گیری کمک شایانی می‌کنند. یکی از این روش‌ها، استفاده از نرم‌افزار NETWORK 2000 است که در مواردی که چندین مسیر حمل با هزینه‌ها و حجم‌های متفاوت چوب وجود داشته باشد، به تصمیم‌گیری برای انتخاب بهینه‌ترین مسیر کمک می‌کند.

با فرض توانایی هر ۴۳ طرح جنگل‌داری شمال کشور برای ارسال چوب به هر کدام از ۳۸ کارخانه صنایع چوب، در مجموع ۱۶۸۲ مسیر برای حمل‌ونقل چوب وجود دارد که در بین آن‌ها کمترین هزینه ۶۳۳۶۰۰ ریال بر مترمکعب و بیشترین هزینه ۲۵۳۶۰۰ ریال بر مترمکعب است. با استفاده از نرم‌افزار NETWORK 2000 در مجموع ۳۵۳ مسیر از بین ۱۶۸۲ مسیر انتخاب شد که برای هر طرح جنگل‌داری (به جز سه طرح جنگل‌داری GOL9, G2, G4 که فقط به ۱۶ کارخانه می‌توانند چوب بفرستند) هشت کارخانه که از نظر هزینه حمل‌ونقل بهینه‌اند، مشخص شدند که در این صورت بیشترین هزینه ۳۸۰۰۰۰۰ ریال بر مترمکعب است و ۲۵۳۶۰۰ ریال بر مترمکعب در هزینه‌ها صرفه‌جویی شده است که همان‌طور که Macdonald *et al.* (2004) بیان می‌کند با کمترین افزایش بازدهی در حمل‌ونقل، هزینه‌ها به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد و همچنین با تعیین هزینه کل حمل‌ونقل (با در نظر گرفتن مقدار محصولات طرح‌های جنگل‌داری) هر یک از این هشت مسیر، امکان انتخاب تنها یک مسیر برای هر طرح جنگل‌داری به عنوان مسیر بهینه از نظر هزینه حمل‌ونقل به‌وجود می‌آید.

این تحقیق نیز همانند تحقیق Arian *et al.* (2007) به بررسی کارخانه‌های مصرف‌کننده فرآورده‌های چوبی پرداخته است، با این تفاوت که در تحقیق

- بهترین و مناسب‌ترین کارخانه برای طرح‌های جنگل‌داری حوزه اداره کل نوشهر

در این اداره کل، نه طرح جنگل‌داری فعالیت می‌کنند که برای طرح جنگل‌داری شرکت بنشکی و طرح جنگل‌داری شرکت صفارود، کارخانه صنایع چوب رشت و برای بقیه طرح‌های جنگل‌داری این اداره کل از قبیل شرکت ایران چوب، کشت‌و صنعت شمال، آستان قدس رضوی، شرکت خلارین، شرکت پیوند هراز، جنگل آموزشی خیرود (دانشکده منابع طبیعی کرج) و دانشکده تربیت مدرس، کارخانه تخته لایه ایران چوب نور در اولویت برای ارسال چوب‌آلات قرار می‌گیرند.

- بهترین و مناسب‌ترین کارخانه برای طرح‌های جنگل‌داری حوزه اداره کل گیلان

در این اداره کل، ۱۱ طرح جنگل‌داری فعالیت می‌کنند که برای طرح‌های جنگل‌داری شرکت صفارود، شرکت جنگل‌داری صفارود، شرکت فیبر حسن‌رود و شرکت بهره‌برداری قیصرکوه، کارخانه صنایع چوب اسالم، برای طرح‌های جنگل‌داری تعاونی آستارا چای، تعاونی نارون، تعاونی نرم‌ماش، شرکت جنگل آستانه و شرکت خاص راشستان، کارخانه صنایع چوب رشت، برای طرح جنگل‌داری شرکت بهره‌برداری ملکرد کارخانه چوب و کاغذ چوکا و برای شرکت بهره‌برداری لیل کارخانه فیبر ایران، برای تعاونی امیرالمؤمنین کارخانه پارس MDF در اولویت فرستادن چوب‌آلات قرار می‌گیرند.

بحث

در صنایع جنگل، حمل‌ونقل ثانویه از جنگل به یارد کارخانه، از مؤلفه‌های اساسی هزینه در تولید چوب است و کامیون‌های حمل چوب، نشانه هزینه مشهود برای فعالیت‌های جنگل‌داری صنعتی هستند. بنابراین در سراسر جهان صنایع جنگل علاقه زیادی به روش‌های کاری جدید، سیستم‌های پشتیبان

است که در این تحقیق، این موارد برای مسیریابی حمل‌ونقل بررسی نشده و فقط مبدأ مسیر (طرح‌های جنگل‌داری)، مقصد مسیر (کارخانه‌های مصرف‌کننده فرآورده‌های چوب) و حجم چوب‌آلات در نظر گرفته شده است. هرچند، (Bredstorm & Ronnqvist 2007) مدلی برای برنامه‌ریزی طراحی کردند که مانند نرم‌افزار NETWORK 2000 بر اساس هزینه‌های حداقل بود، به دلیل فرضیه‌های آن که در جنگل وجود نداشت کاربرد چندانی نداشت. نرم‌افزار NETWORK 2000 تنها ظرفیت تولیدات طرح‌های جنگل‌داری را مدنظر قرار می‌دهد ولی نمی‌تواند هم ظرفیت کارخانه‌ها و هم طرح‌های جنگل‌داری را همزمان در نظر بگیرد و این یکی از محدودیت‌های این نرم‌افزار است البته این نرم‌افزار، به‌طور دایم در حال گسترش و برطرف کردن این محدودیت‌هاست. استفاده از این سیستم‌ها که در ایران اولین تجربه تلقی می‌شود، در جهان هم به‌عنوان یک روش نو در حال توسعه است و این تحقیق به‌عنوان اولین گام در بومی‌سازی یکی از این روش‌های نوین بهینه‌سازی حمل‌ونقل و کاهش هزینه‌ها، قدم کوچکی برداشته است و می‌تواند شروعی برای تحقیقات بیشتر در آینده باشد تا بتوان با استفاده از ترکیب این نرم‌افزار و نرم‌افزارها و مدل‌های دیگر، رابطه بین مقدار فرآورده‌های طرح‌ها و ظرفیت کارخانه‌ها را همزمان در نظر گرفت و یا موارد و محدودیت‌های دیگر را نیز وارد نرم‌افزار کرد. شایان ذکر است با توجه به اینکه در ایران هزینه سوخت تا به حال با پرداخت یارانه‌های سنگین، پایین نگه داشته می‌شد، موضوع حمل‌ونقل جاده‌ای، سهم چندانی از هزینه‌های تولید را شامل نمی‌شد، ولی در صورت اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها همچون دیگر کشورها، این موضوع اهمیت زیادی خواهد یافت و افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها، سیاست اصلی در این بخش خواهد بود.

(Arian *et al.* 2007) تنها تعدادی از کارخانه‌ها و صنایع مهم مصرف‌کننده چوب به‌همراه مقدار مصرف چوب‌آلات و مکان قرارگیری آنها بررسی شده است، ولی در این تحقیق همه کارخانه‌های مصرف‌کننده فرآورده‌های چوبی که از محصولات طرح‌های جنگل‌داری شمال استفاده می‌کنند، به‌همراه مقدار مصرف و محل قرارگیری آنها بررسی شده است. نقدی (۱۳۸۳) در مورد حمل‌ونقل ثانویه، هم مسافت حمل و هم حجم بار طرح‌های جنگل‌داری را در نقش متغیر در نظر گرفته است، با این تفاوت که وسیله حمل در این تحقیق کامیون است ولی در تحقیق نقدی (۱۳۸۳) تریلی در نظر گرفته شده است.

(Ghafarian & Sobhani 2007) در زمینه به حداقل رساندن و بهینه‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل با استفاده از نرم‌افزار NETWORK 2000 تحقیق کردند، با این تفاوت که در تحقیق آن‌ها، هدف از کاهش هزینه حمل‌ونقل، طراحی شبکه جاده بهینه است، در صورتی که هدف این تحقیق، پیدا کردن بهترین مسیر حمل فرآورده‌های چوبی برای طرح‌های جنگل‌داری است. مدل خطی صفر و یک که (Murphy 2003) آن را برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل با کامیون طراحی کرده، فقط در مواردی در سطوح کوچک و متوسط کاربرد دارد و برای عملیات در مقیاس وسیع و پیچیده‌تر کاربرد ندارد، در صورتی که نرم‌افزار NETWORK 2000 در مواردی که سطح، وسیع‌تر و منطقه عملیات، گسترده‌تر است نیز کاربرد دارد.

در تحقیق (Gronalt & Hirsch 2006) در زمینه مسیریابی حمل‌ونقل چوب‌آلات، استانداردهای وزن و کاهش حرکت کامیون‌های خالی در نظر گرفته شده است. در تحقیق (Flisberg & Liden 2007)، برای تصمیم‌سازی حمل‌ونقل مواردی مثل تغییر راننده‌ها، دپوهای متعدد و زمان‌های مختلف در نظر گرفته شده

Dodd, M., 1990. Reducing transport costs through truck scheduling with the aid of a linear program. Decision schedule of forest, University of Canterbury, New Zealand, 82 pp.

Flisberg, P. & B. Liden, 2007. A hybrid method based on linear programming and tabu search for routing of logging trucks. Scandinavian Working Papers in Economics, *Computers and Operations Research*, 36(4): 16-28.

Ghafarian, R. & H. Sobhani, 2007. Optimization of an existing forest road network using NETWORK 2000, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28(2): 185-193.

Gronalt, M. & D. Hirsch, 2006. Timber transport vehicle routing problems: formulation and heuristic solution. Research Proceedings 2005, Springer Berlin Heidelberg New York, P: 61-66.

Macdonald, T., B. Rumimer, S. Taylor & J. Aalenzuel, 2004. Potential for shared log transport services, in Proceedings of the 24th Annual COFE Meeting, 115-120p.

Marshall, H.D., 2005. An investigation of factors affecting the optimal output log distribution from mechanical harvesting and processing systems. Ph.D. thesis, Oregon State University, 211 pp.

Murphy, G., 1990. Computer solutions to route scheduling can reduce trucking costs, *New Zealand Forest Industry*, 21(8): 21-29.

Murphy, G., 2003. Reducing trucks on the road through optimal route scheduling and shared log transport services, *Southern Journal of Applied Forestry*, 27(3): 198-205.

Ronnqvist, M., H. Sahlin & D. Carlsson, 1998. Operative planning and dispatching of forestry transportation, Linkoping Institution of Technology, Sweden, 31 pp.

Shen, Z. & J. Sessions, 1989. Log truck scheduling by network programming, *Forest Products Journal*, 39(10): 47-50.

Weintraub, A., R. Epstein, R. Morales, J. Seron & P. Travwroso, 1996. A truck scheduling system improves efficiency in the forest industries, *Interfaces*, 26: 1-12.

منابع

اقتصادی، علی، ۱۳۷۹. بررسی شبکه حمل و نقل محصولات و تعیین ماشین‌آلات مناسب در جنگل تحقیقاتی واز. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۳۰ ص.

جورغلامی، مقداد، احسان عبدی، وودام چونگ و باریس مجنونیان، ۱۳۹۰. برنامه‌ریزی شبکه جاده جنگلی با در نظر گرفتن هزینه‌های جاده‌سازی و بهره‌برداری، مجله جنگل ایران، ۳(۲): ۹۹-۱۰۷.

ساربخانی، نصرت‌الله، ۱۳۸۷. بهره‌برداری جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۷۷۶ ص.

مجنونیان، باریس، ۱۳۶۸. بررسی محل و موقعیت بهره‌برداری در سیستم تولید جنگل، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۳: ۱۰۲-۱۱۲.

نقدی، رامین، ۱۳۸۳. بررسی و مقایسه روش‌های بهره‌برداری تمام‌تنه و گرده‌بینه به منظور ارزیابی مدل مناسب شبکه جاده‌های جنگلی در حوزه نکاء. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۳۶ ص.

Arian, M., R.P. Vlosky & M.K. Zamani, 2007. The wood products industry in Iran, *Forest Products Journal*, 1(2): 6-13.

Bredstorm, D. & M. Ronnqvist, 2007. Combined vehicle routing and scheduling with temporal precedence and synchronization constraints, *European Journal of Operation Research*, 191: 19-30.

Carlgerm, C.G., M. Ronnqvist & D. Carlsson, 2000. Selection of sorting strategies in harvesting integrated with backhauling, Linkoping institute of Technology, Sweden, 410 pp.

Chung, W. & J. Sessions, 2003. NETWORK 2000. A program for optimizing large fixed and variable cost transportation problem, *Managing Forest Ecosystems*, 40(7): 81-86.

Application of NETWORK 2000 optimize truck transportation costs from forest to mills in Hyrcanian Forest

M. Etehad Abari^{1*}, B. Majnounian², W. Chung³, and E. Abdi⁴

¹ M.Sc. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

² Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

³ Associate Prof., College of Forestry and Conservation, University of Montana, USA

⁴ Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 26 January 2012; Accepted: 13 June 2012)

Abstract

Forest operations consist of all technical and administrative processes to develop technical structures and facilities. Transportation, is the stage where there is greatest potential for savings, is the subject of this research. The transportation of logs is performed in two stages; transport from forest to road sides and transport from road sides to terminals or customers (such as sawmills and pulp mills). The transportation of logs is very costly with a high percentage, in the range of 15 to 20%, of the cost of timber. From the public's perspective, logging trucks are perhaps the most visible sign of forest industries. The problem of planning the transportation from forest road sides to customers is complex. The goal of the transportation planning is to construct schedules for the trucks, such that all customer demands are satisfied on time with minimum trucking costs. From the forest industry's perspective, transporting logs from the forest to the mill is becoming the largest single component of wood supply costs for many suppliers around the world. Since transportation costs make up a large proportion of the overall costs, even small increases in efficiency can significantly reduce costs. There is, therefore, considerable interest by forest industries worldwide in new work procedures, decision support systems that can lead to reductions in overall transport costs and numbers of trucks on the road. This research objective is to develop transportation plan to minimize haul costs and determine the cost of secondary transportation from forest management to mills. This study has been carried out in forest management in Hyrcanian forest and mill that consume wood products in north of Iran. In order to determine the total cost of secondary transportation at total 46 forest managements and 38 mills are considered and are investigated by using NETWORK2000. The results show that if all forest managements can send their products (logs, pulpwood, fuelwood, and swan-lumber) to all mills there are 1748 routes for wood transportation that among them minimum cost is 1600 Rial/m³ and maximum cost is 633600 Rial/m³. With use of NETWORK 2000, in total 368 routes chosen among 1748 routes as optimal cost routes. In this case maximum cost is 380000 Rial/m³ and in this case 253600 Rial/m³ is saved and economized in transport costs.

Keywords: Forest management plan, NETWORK 2000, Optimization, Secondary forest transportation, Wood industry.

* Corresponding author

Tel: +982632223044

Email: metehadi@ut.c.ir