

## 목재수확계획을 위한 집재거리 계산방법중 포인트그리드방법과 버퍼링방법의 비교분석

박수규<sup>1\*</sup> · 강진우

영남대학교 산림자원학과

## Comparison of a Point-Grid-Method and a Buffering-Method to Calculate Skidding Distance for Timber Harvest Planning

Soo-Kyoo Park<sup>1\*</sup> and Gun-Uh Kang

Department of Forest Resources, Yeungnam University, Gyongsan 712-749, Korea

**요 약:** 본 연구는 목재수확작업에서 GIS를 이용하여 실제 평균집재거리를 산출하기 위한 과정으로 최단 평균집재거리 계산방법 중에서 포인트그리드방법과 버퍼링방법을 비교분석하기 위하여 국립산림과학원 산림생산기술연구소의 시험림을 대상으로 조사하였다. 조사면적은 264.9 ha, 임도밀도는 32.67 m, 임도간격은 306.1 m였으며, 양방향집재일 경우 임도망보정계수(Kn)는 1.53이고, 이론적인 평균집재거리는 72.52 m로 조사되었다. 포인트그리드방법을 이용한 최단평균집재거리는 149.57 m, 버퍼링방법을 이용한 최단평균집재거리는 139.68 m이며, 집재거리보정계수(Kr)는 2.15, 전체보정계수(Kg)는 3.29이고, 실제평균집재거리는 251.51 m로 산출되었다. 경사도 55% 이하의 완·중경사지에 동양트랙터를 투입할 경우 집재경비는 경사도 25% 이하에서는 11,808원, 25~55%에서는 12,336원으로 계산되었으며, 급경사지역인 경사도 55% 이상에서 Koller 303을 투입할 경우 집재경비는 10,020원으로 계산되었다.

**Abstract:** The investigation was accomplished on the test area in Forest Practice Research Center in order to compare Point Grid method with Buffering method in process of the calculation of the Actual Mean Skidding Distance with the GIS aided harvesting method. the investigation site amounted to 264.9 ha in area and 32.67 m in the road density, 306.1 m in road spacing. the Net Correction Factor (Kn) was 1.53 in both sides skidding. the theoretical mean skidding distance was 72.52 m. the shortest mean skidding distance amounted to 149.57 m with point grid method and 139.68 m with Buffering method. skidding distance correction factor (Kr) was 2.15. actual mean skidding distance amounted to 251.51 m and factor of wood assortment skidding (Kg) was 3.29. when the tractor (Dongyang) and tower yader (Koller 303) are used on investigation site, the logging cost is calculated 11,808 Won with Tractor below 25% slope and 12,336 won with Tractor between 25~55% slope, 10,020 won with Tower Yarder more than 55% slope.

**Key words :** skidding distance, point grid method, buffering method, opening-up

### 서 론

우리나라의 산림은 III, IV 영급이 많은 면적비율을 차지하고 있어서 지속적으로 간벌이 필요하며, 임금상승이나 기타 사회적인 여건으로 인해 산림작업기계화의 필요성이 점점 더 중요시되고 있다. 이러한 필요성에 따라 다양한 임업기계가 개발·보급되고 있으며, 최근에는 임업경영의 효율성을 높이기 위한 목재수확계획에 관한 연구도 많이 진행되고 있다(Lüthy, 1998; Sonntag, 1998; Schöpfer, 2003).

목재수확을 위해 임업기계를 투입할 경우 집재거리는 작업경비에 큰 영향을 미치는 요소 중의 하나이다. 따라서 지형에 따라 다양한 목재수확장비가 투입될 수 있기 때문에 집재장비의 선택에 따른 집재비용의 변화를 예상하거나, 정확한 공정산출을 위하여 집재거리는 매우 중요한 기초자료가 된다.

차두송과 조구현(1994)은 적정임도밀도를 산출하기 위한 연구에서 임도간격의 1/4을 평균집재거리로 계산을 하였으며, 차 등(1999)은 적정임도밀도 산출을 위하여 차량계 집재시스템과 가선계 집재시스템의 평균집재거리를 각각 100 m, 250 m를 적용하였고, 산림공학(1997)에서는 최단평균집재거리와 실제평균집재거리를 구별하지 않고 일

\*Corresponding author  
E-mail: pskyoo@hotmail.com

괄적으로 사용하고 있다. 정도현 등(2005)은 산지지형 및 특성을 고려한 임도밀도 산정에 있어서 평균집재거리는 150 m로 적용하였고, 우리나라의 산지경사도별 임도 및 집재거리우회계수에 대한 자료가 없어서 우리나라와 산지 조건이 유사한 일본의 연구사례를 이용하였다.

집재거리를 산출하기 위하여 유럽에서 기존에 사용되고 있는 계산방법들을 바탕으로 최근에 임업분야에서 이용되고 있는 GIS기법을 활용한 포인트그리드방법과 버퍼링방법을 비교분석하여 임도개설과 목재수확계획의 기초 자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 조사지역

### 1. 조사지역

본 연구를 위한 조사지역은 국립산림과학원 산림생산기술연구소의 시험림으로써 21임반부터 29임반까지를 선정하였다. 조사지의 행정구역상 위치는 경기도 남양주시 진접읍 부평리 및 장현이고, 지리적 위치는 북위 37°43'39"에서 37°45'07" 사이, 동경 127°10'12"에서 127°11'45"사이이며, 전체 면적은 264.9 ha 이다.

### 2. 재료

디지털수치지형도(1/5,000)와 집재방법에 영향을 줄 수 있는 산림조사부, 경사도, 임도망도, 임소반도를 디지털화하여 컴퓨터에 입력하였다. 지도간의 위치오차는 수치지형도를 기준으로 보정하여 일치시켰다.

임도는 수치지형도와 임도망도에 나와 있는 임도를 이용하고, 수치지형도와 임도망도에 기록이 누락된 임도는 GPS수신기(마젤란 X)를 이용하여 추가로 기록하였으며, 기록되어진 임도는 ESRI사에서 개발한 공간분석소프트웨어 ARC/INFO와 ARC/VIEW를 사용하여 임포팅 및 위치보정을 한 후 집재거리를 계산하였다.

임소반도는 산림생산기술연구소에서 보유하고 있는 지도를 디지털화하여 이용하였다.

## 연구방법

### 1. 산림개발도(E%, Opening-up Percent)

산림개발도는 전체 산림지역이나 산림경영지역에서 집재가능한 면적의 비율이다(Dietz *et al.*, 1984). 현실에서 산림개발도는 항상 100% 보다 작으며, 이러한 수치상의 표시는 이상적인 모델과 실제 임도배치망과의 차이를 나타내며 임도배치의 질적인 척도를 나타낸다.

이 지표를 계산하기 위해서는 우선적으로 임도를 따라 양쪽 방향으로 집재 가능한 넓이를 의미하는 집재폭(Corridor)의 결정이 필수적이다. 이 지표는 주어진 경영상

표 1. 산림개발도를 계산하기 위한 경사도별 집재폭(Corridor).

경사(%)	집재방향	집재폭(m)
25 % 이하	양방향	200
25 % 이상	양방향	300, 600, 900

황(경사, 투입기계의 집재거리 등)에 따라 유동적으로 달라질 수 있으며, 이러한 유동성으로 인해 산림개발도를 산출할 때에는 구체적인 상황에 따라 결정되어진 집재폭(Corridor)은 항상 명확하게 명시되어야 한다.

$$\text{산림개발도 } E\% = \frac{\text{집재가능면적}}{\text{전체면적}} \times 100$$

산림개발도는 다양한 방법으로 계산될 수 있으며, Backmund(1966)는 임도간격의 평균을 산림개발도를 계산하기 위한 집재폭으로 사용하였다.

실제적으로는 지형특성과 투입기계에 따라 집재폭을 조절할 수 있으며, Sonntag(1998)은 평균임도간격을 사용하지 않고 환경사지에서는 양방향집재 200 m, 주행불가지형에서는 하향집재 60 m, 상향집재 100 m를 집재폭으로 사용하였다. Jaeger(1995)는 환경사지에서는 양방향집재 150 m, 주행불가지형에서는 Sonntag과 동일하게 적용하였다.

본 연구에서 환경사지는 Sonntag(1998)이 제시한 집재폭을 적용하였고, 중경사지와 급경사지는 한국의 임도 및 기계로 개설 상황과 임업기계보급상황을 고려하여 가선 집재를 기준으로 집재폭을 선정하였으며, 차후에 중少淪, 타워야더가 개발 또는 수입되어 질 수 있는 것을 고려하여 집재폭을 여러 가지로 선정을 하였다. 산림개발도를 계산하기 위한 집재폭 선정은 현지 상황에 따라 산주가 결정할 수 있다.

### 2. 기존의 집재거리 계산방법

집재거리를 계산하기 위한 이론적인 방법은 19세기부터 개발되어 왔으며, Kuonen(1983)과 Dietz(1984)가 체계적으로 정리를 하였다.

임도개설 상황과 임도배치의 적절함을 표현하기 위하여 다양한 수치들이 양적·질적인 지표로 사용되어 지고 있는데, 헥타당 평균적인 임도길이를 나타내는 임도밀도(RD, Road Density)와 평균임도간격을 나타내는 임도간격(RS, Road Spacing)이 대표적인 양적지표이다. Segebaden(1964)은 평균집재거리(SD, Skidding Distance)를 여러 가지로 분류 및 정의하였다.

이론적 평균집재거리(SDt, Theoretical Mean Skidding Distance)는 이상적인 임도배치모델에서 특정 면적 내에 일정하게 흩어져 있는 무수히 많은 점들에서부터 임도까지의 각각의 평균거리를 나타낸다.

$$SDt = \frac{RS}{4} = \frac{2500}{RD} : \text{완경사지}$$

$$SDt = \frac{RS}{2} = \frac{5000}{RD} : \text{급경사지}$$

최단평균집재거리(SDs, Shortest Mean Skidding Distance)는 실제 임도망에서 임내에 균등하게 놓인 많은 수의 점들에서 임도까지의 최단거리를 말한다.

$$SDs = Kn * SDt = Kn * 2500/RD$$

$$= Kn * RS/4 : \text{양방향 집재}$$

$$SDs = Kn * 5000/RD = Kn * RS/2 : \text{단방향 집재}$$

$$Kn = \frac{100}{E\%back} = \text{임도망보정계수}$$

(Net Correction Factor, Vcorr: Segebaden)

$$E\%back(\text{Backmund에 의한 산림개발도}) = \frac{100}{Kn}$$

실제평균집재거리(SDa, Actual Mean Skidding Distance)는 실제 임도망에서 임내에 균등하게 놓인 많은 수의 점들에서 임도까지 실제 집재되는 거리들의 평균이다.

$$SDa = Kr * SDs = Kr * Kn * SDt$$

$$= (Kr * Kn * 2500)/RD$$

Kr : 집재거리보정계수(Skidding Distance Correction Factor, Tcorr: Segebaden)

$$SDa = (Kg * 2500)/RD = (Kg * RS)/4$$

Kg : 전체보정계수(factor of wood assortment skidding: Lünzmann)

### 3. GIS를 이용한 집재거리 계산방법

최근에는 컴퓨터와 관련된 여러 가지 기술적인 발전과 함께 컴퓨터를 이용한 집재거리 계산방법이 개발되고 임업분야에 시도되고 있으며, 이러한 새로운 기술들(GPS, GIS, CAD, 수치지형도, 리모트센싱 등)이 적용되면서 결과가 더욱 정확해지고 있다.

집재거리를 계산하기 위해서는 목재수확작업에 적합한 예상투입기계를 선정하여야 하는데, 경사도 25% 이하에서 트랙터를 이용하여 집재를 할 경우 입목에서 집재로를 따라 임도까지의 거리가 집재거리이며, 경사도 25%에서 55% 사이에서는 입목에서 기계로(Skidding Trail)를 따라 임도까지의 거리가 집재거리이다. 또한 55%이상은 가선집재를 기준으로 입목에서 임도까지의 가선거리가 집재거리가 된다.

평균집재거리를 계산하는 방법으로 포인트그리드방법(Jaeger, 1995)과 버퍼링방법(Hentschel, 1999)이 이용되고 있다.

#### 1) 포인트그리드방법

포인트그리드방법의 기본이론은 많은 점들을 조사지에

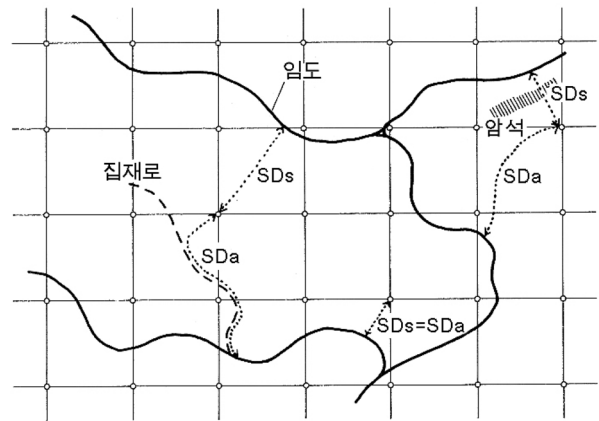


그림 1.2 가지 집재거리(Dietz et al., 1984, 151 pp.).

균일하게 분포시키고 각 점에서 임도까지의 평균거리의 합이 평균집재거리가 되는 것이다.

최단평균집재거리는 현지 상황을 고려하지 않고 입목에서 임도까지의 최단 이동거리를 의미하며, 실제평균집재거리는 현지 상황을 고려하여 실제로 입목이 벌채되어 임도까지 운반되어지는 이동거리를 의미한다.

포인트그리드방법에 의한 최단평균집재거리의 계산법은 아래와 같다.

$$SDs = \frac{\sum E}{Z}$$

E : 각 점에서 임도까지의 최단거리

Z : 전체 점들의 갯수

#### 2) 버퍼링방법

버퍼링방법은 바이에른 산림청(Schlaghamersky, 1985)에서 처음 사용되었으며, 이 방법은 일정한 집재폭을 임도에서부터 여러 개 만들어 각 집재폭의 중간거리와 면적/전체면적을 곱하여 각각의 값들을 합친 값이다.

버퍼링방법에서 최단 평균집재거리를 계산하기 위한 공식은 다음과 같다.



그림 2. 버퍼링방법.

$$SDs = \sum_{i=1}^n Di$$

A : 각각의 집재폭에서 SDs

B : 각각의 집재폭들의 면적 합

$$C : \sum_{j=1}^k Bj$$

$$D = \frac{B}{C}$$

### 조사지의 개설임도에 대한 평가

#### 1. 임도밀도와 임도간격

임도밀도와 임도간격 그리고 임도길이는 개설임도를 평가하는 가장 기본적인 지표로서 조사지에서는 조사지면적 264.9 ha, 임도길이는 8,655.6 m, 임도밀도는 32.67 m, 임도간격은 306.1 m로 조사되었다.

#### 2. 산림개발도

1) Backmund에 의한 산림개발도(E%back)

Backmund에 의한 산림개발도 계산법에서는 임도간격의 1/2이 집재폭이기 때문에 153.1 m를 집재폭으로 계산한 결과, 전체면적 264.9 ha 중에서 집재가능면적이 174.73 ha로써 산림개발도(E%back)는 65.6%이다. Backmund의 평가방법에 의하면 임도망배치는 “적절하다”로 분류되고, 이 경우 임도망보정계수(Kn)는 1.53이다.

2) 기술적 산림개발도(E%tech)

이 방법은 기본적으로 기술적인 측면 또는 경영적인 측면에서 투입되는 집재기계의 최대집재거리를 집재폭으로 정한다. 지금까지 유럽에서는 다양한 거리가 주장되고 있지만, 유럽과는 다른 지형적인 특성과 기술적인 특성으로 인해 연구방법에 설명되어진 바와 같이 25% 이하의 경사지에는 200 m, 25% 이상에는 300 m, 600 m, 900 m의 밴드를 이용하여 계산하였다.

25% 이하의 경사지임에도 불구하고 완경사지 주변으로 트랙터가 주행할 수 없는 급경사지가 둘러싸여 있는 지역은 실제로 트랙터가 접근할 수 없는 지역이므로 25% 이상의 경사급으로 분류하였다.

집재폭이 600 m 이상일 경우 25% 이상의 경사급에서 전 지역이 집재가능지역으로 계산되었고, 기술적인 집재

표 2. 기술적 산림개발도.

	집재폭 200 m + 300 m	집재폭 200 m + 600 m	집재폭 200 + 900 m
평균 집재폭(m)	235.01	263.03	263.03
E%tech	88.71	99.28	99.28

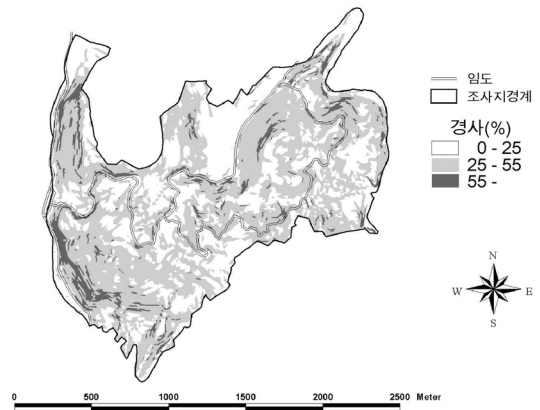


그림 3. 조사지 경사도 구분.

가능비율은 600 m와 900 m가 동일한 비율로 나타났다.

#### 3. 집재거리

1) 이론적 평균집재거리와 최단 평균집재거리

연구방법에서 이미 설명되어진 바와 같이 3가지 개념의 집재거리는 단계적으로 서로 밀접한 연관성이 있고 노망배치의 상황을 판단할 수 있는 질적지표로 이용된다. 3가지 종류의 집재거리(이론적 평균집재거리, 최단 평균집재거리, 실제 평균집재거리) 중에 이론적인 평균집재거리와 최단 평균집재거리는 표와 같이 계산되었다.

2) GIS를 이용한 최단 평균집재거리

최단 평균집재거리를 구하기 위한 계산에 결정변수는 샘플수이다. 필요한 샘플수는 Kuonen(1983)이 제시한 것을 따랐고, 실제 평균집재거리를 구하기 위한 계산에서도 사용하였다. 본 조사지의 면적은 약 264 ha 정도이고, 점들 간의 간격을 170 m로 할 경우 94개의 샘플수가 나온다.

본 연구에서는 Kuonen이 제시한 샘플수 이외에도 포인트그리드를 위한 점들 간의 간격과 버퍼링을 위한 집재폭 간격에 10 m, 50 m를 추가로 계산하였다.

표 3. 이론적 평균집재거리와 최단 평균집재거리.

	이론적평균집재 거리 SDt(m)	임도망보정 계수 Kn	최단평균집재 거리 SDs(m)
양방향집재	76.52	1.53	117.08
단방향집재	153.05	1.48	234.17

표 4. 포인트그리드방법과 버퍼링방법에 의한 최단 평균집재거리 계산결과 비교.

간격(m)	최단평균집재거리(m)	
	포인트그리드방법	버퍼링방법
10	132.35	134.50
50	133.71	133.22
170	139.68	149.57

**표 5. 조사지역에서의 실제 평균집재거리.**

경사도(%)	SDa(m)	Kr	Kg
< 25	142.08		
25 - 55	278.17		
> 55	209.17		
전체	251.51	2.15	3.29

SDa = (Kg\*2500)/RD

Kr: 집재거리보정계수, Kg: 전체보정계수

**표 6. 경사도별 실제평균집재거리에 따른 평균집재경비.**

경사도(%)	~25	25~55	55~
집재기계	트랙터	트랙터	타워야더
평균실제집재거리(m)	142.08	278.17	209.17
평균집재경비(원/)	11808	12336	10020

표 4는 포인트그리드방법과 버퍼링방법에 의한 계산결과를 비교하였다.

3) 실제 평균집재거리

실제 평균집재거리에 대한 계산 적용은 25% 이하의 경사에서는 트랙터집재를 전제조건으로 샘플점에서 집재로를 통하여 임도까지의 거리를 계산하였으며, 25%~55%는 샘플점에서 기계를 통하여 임도까지의 거리를 계산하였다. 또한 55% 이상은 가선집재를 전제조건으로 샘플점에서 임도까지의 직선거리를 집재거리로 계산을 하였다. 계산결과는 표 5와 같다.

**집재경비계산**

조사지역을 경사도별로 구분하고, 강릉 임업기계훈련원에서 운영하고 있는 임업기계지원센터(임업기계훈련원, 2005)에서 대여하고 있는 동양트랙터와 콜라 K303을 예상투입기계로 선정하여 실제평균집재거리에 따른 평균집재경비를 산출하였다.

집재경비를 산출하기 위하여 임소반지도와 경사도지도를 GIS소프트웨어를 이용하여 중첩한 후 경사별로 각각의 소반에 대하여 완·중경사지는 트랙터생산성(노재후와 김재원, 1988), 급경사지는 타워야더생산성(노재후 등, 1988)을 적용하였으며, 필요한 임황은 산림조사부에 기록된 자료를 이용하여 계산을 하였다.

지속가능한 산림경영을 전제로 임목축적을 지속적으로 증가시키고자 연년생장량의 30%를 연간 평균 벌채량으로 계산을 하였으며, 각 소반별 연간 평균 벌채량의 평균은 헥타당 3.9이다.

**결 론**

집재거리는 목재수확을 시행하기 위하여 계획을 세우

는 단계에서 경영적인 측면으로 볼 때 매우 중요하다. 이것은 목재수확작업을 위한 경비계산뿐만 아니라 경영지에 투입 가능한 기계를 선정하는 과정과 최적임도밀도를 결정할 때에 중요한 의사결정변수로 작용한다. 본 연구에서 Kuonen(1983)에 제시한 샘플수를 이용할 경우 실제 평균집재거리는 251.51 m로 산출되었으며, 포인트그리드방법을 이용한 최단 평균집재거리는 149.57 m, 버퍼링방법을 이용한 최단 평균집재거리는 139.68 m로 산출되었으며, 두 가지 계산방법에 따른 차이는 9.89 m이다.

작업지에 대한 공간정보가 충분할 경우에 포인트그리드방법의 장점은 집재불가지역이 발생할 경우 우회하는 집재노선에 대하여 정확한 노선선정이 가능하고 동시에 우회하는 거리를 정확하게 측정할 수 있다. 대상지에 포인트의 간격이 좁을수록 계산된 평균집재거리가 실제 평균집재거리에 근접하지만 반대로 집재거리를 계산하기 위하여 많은 시간이 소요된다.

버퍼링방법은 빠르고 간편하게 계산할 수 있지만, 각 집재폭의 모양이 직사각형이 되는 경우는 극히 드물고 일반적으로 사다리꼴모양인데도 불구하고 각 집재폭의 평균 집재거리가 획일적으로 중간에 위치한 거리를 계산에 사용함으로써 계산된 평균집재거리가 실제 평균집재거리보다 높게 나오거나 낮게 나온다.

두 가지 집재거리 계산방법 중에서 소규모지역에 정확한 결과가 필요할 경우에는 포인트그리드방법을 이용하는 것이 유리하고, 대규모지역에 빠른 결과를 원할 경우에는 버퍼링방법이 시간을 절약할 수 있는 점에서 유리하다.

이번 연구에서 계산된 결과에 의하면 최단평균집재거리를 계산하기 위한 적정 샘플간격은 작을수록 정확해지지만 시간적으로 많은 시간이 소요되며, 포인트그리드방법과 버퍼링방법 두 가지 모두 50 m와 10 m 샘플간격에서 최단 평균집재거리의 결과가 큰 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있다.

통계학적으로 정확한 샘플수 또는 샘플간격들은 차후에 지속적으로 연구가 이루어져야 할 것으로 보이며, 평균집재거리들에 대한 보정계수들도 지속적으로 자료를 축적하여 현장에서 활용할 수 있도록 하여야 할 것이다.

**감사의 글**

이 연구는 2006년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임.

**인용문헌**

1. 노재후, 김재원. 1984. 환경인자가 기계톱 벌목작업능률에 미치는 영향에 관한 연구. 임업연구원 연구보고서

- 31: 1-19.
2. 노재후, 김재원. 1988. 로깅부기의 사용방법 및 타당성 연구. 임업연구원 연구보고서 36: 135-144.
  3. 노재후, 김재원, 김사일. 1988. 로그라인 집계공정 및 경제성에 관한 연구. 임업연구원 연구보고서, 36: 154-165.
  4. 노재후, 김재원, 박문섭. 1988. 케이블 크레인의 국내적 용가능성에 관한 연구. 임업연구원 연구보고서, 36: 145-153.
  5. 우보명 외 18명. 1997. 산림공학. 광일문화사. 서울. pp. 454.
  6. 임업기계훈련원. 2005. 임업기계지원센터. <http://www.forestcenter.org>
  7. 산림청. 2000. 산림과 임업기술, III[산림경영]. 산림청. 대전. pp. 755.
  8. 차두송, 조구현. 1994. 기계화 집계작업을 위한 노망정비에 관한 연구(II) - 적정임도간격 및 임도밀도 -. 한국임학회지 83(3): 299-310.
  9. 차두송, 김종윤, 정도현. 1999. 간선임도와 지선임도의 적정 임도밀도 계산에 관한 연구. 산림과학논문집 60: 33-40.
  10. BACKMUND, F. 1966. Kennzahlen für den Grad der Erschließung von Forstbetrieben durch autobefahrbare Wege. Forstw. Cbl. pp. 342-354.
  11. BRANZ, H. 1991. Möglichkeiten der Entwicklung und des Einsatzes von Forstschleppern in der Republik Korea. Technische Zusammenarbeit Bundesrepublik Deutschland-Republik Korea 87.2076.5-01.100 Koreanisch-Deutsche Waldbewirtschaftung.
  12. DIETZ, P., KNIGGE, W. and LÖFFLER, H. 1984. Walderschließung. Verlag Parey Hamburg, Berlin, pp. 426.
  13. FAO. 1992. Cost control in forest harvesting and road construction. FAO Forestry Paper 99. Food and Agriculture Organisation of the United Nation. Rome. pp. 106.
  14. Hentschel, S. 1999. Funktionenbezogene Optimierung der Walderschließung im Göttinger Stadtwald unter Einsatz Geographischer Informationssysteme. Dissertation, Universität Göttingen, pp. 126.
  15. JACKE, H. 2005. Vorlesungsscript für 2004. Universität Göttingen. pp. 15.
  16. JAEGER, D. 1995. Planung und Bewertung von Baumaßnahmen in der freien Landschaft unter Einsatz Geographischer Informationssysteme und computergestützter interaktiver Planungsmethoden (CAD) am Beispiel der integrierten Erschließungs- und Projektplanung von Waldwegen. Cuvillier Verlag Göttingen; Dissertation Universität Göttingen, pp. 181.
  17. KUONEN, V. 1983. Wald- und Güterstrassen. Eigenverlag des Verfassers. pp. 743.
  18. LÜNZMANN, L. 1968. Der Erschließungskoeffizient, eine Kennzahl zur Beurteilung von Waldwegenetzen und seine Anwendung bei Neuplanungen. Forstwiss. Cbl., pp. 237-248.
  19. LÜTHY, D. 1998. Entwicklung eines "Spatial Decision Support"-Systems (SDSS) für die Holzernteplanung in steilen Geländebeziehungen. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule. Zürich. pp. 266.
  20. SCHÖPFER, W., KÄNDLER, G. and STÖHR, D. 2003. Entscheidungshilfen für Forst- und Holzwirtschaft-zur Abschlussversion von HOLZERNT. Forst und Holz, Nr. 18: 545-550.
  21. SEGEBADEN, G.V. 1964. Studies of Cross-Country Transport Distances and Road-Net Extension. Studia Forestalia Suecica, Nr. 18, Stockholm, pp. 69.
  22. SONNTAG, G. 1998. Analyse und Vorschläge zur Optimierung eines bestehenden Fahrwegenetzes als Konsequenz veränderter Holzernteverfahren am Beispiel eines süddeutschen, großen Privatwaldbetriebs. Dissertation, Universität Göttingen, pp. 178.
  23. YANG, S.H. 1992. Zur Planung der Walderschließung in der Republik Korea. Dissertation, Universität München, pp. 163.

---

(2008년 9월 1일 채택; 2008년 12월 5일 접수)