

林道開設에 있어서 投資效果를 最大로 하는 林道配置프로그램 開發^{1*}

朴相俊^{2*} · 孫斗權²

Development of Computer Program for the Arrangement of the Forest-road Network to Maximize the Investment Effect on the Forest-road Construction^{1*}

Sang-Jun Park^{2*} and Doo-Sik Son²

要 約

林道開設上的 기술적인 問題와 현장애로를 해소하기 위하여 林道の 직접적인 效果인 集材費와 開設費를 중심으로 投資效果를 最大로 하는 林道網 配置프로그램을 開發하였다. 프로그램은 Windows 95/98을 운영체제로 하고 Microsoft Visual Basic 5.0을 사용하여 전체 인터페이스 設計와 計算 프로그램을 작성하였으며, 인터페이스는 계층적인 構造로 設計하고 GUI의 形態로 提供하였다.

프로그램 개발에 사용한 입력데이터는 Map데이터(地理情報데이터)로서 數値地形圖(DTM), 計劃區域區分圖, 山林機能區分圖, 林內 道路網圖와 콘트롤데이터(計算用 條件因子 데이터)인 林相別 木材生産量 및 勞動投入量, 地形別 集材費, 地形別 林道單價, 勞動單價, 林道 및 作業道 迂回率, 步行距離係數, 步行速度 등을 사용하였다.

개발된 프로그램은 현재의 林道開設費로 향후 伐採까지의 適正 林道密度와 林道開設延長距離를 파악할 수 있다. 또한 林道路線配置를 프로그램화하여 직접적 經濟效果인 林業的 效果를 제일 우선적으로 생각하여 最適의 林道路線이 配置할 수 있으며, 종전의 주관적인 林道路線配置보다는 많은 要因에 의하여 林道網이 決定되고 좀 더 과학적이고 이론적인 林道路線配置가 가능하므로 投資效果를 最大로 하는 林道路線配置 計劃法을 提示할 수가 있다. 또한 林道路線配置計算에서 林道路線마다의 配置優先順位가 프로그램상에서 決定되므로 林道路線配置 計劃을 施業計劃과 병행해서 決定할 수 있다.

ABSTRACT

The object of this study is to develop a computer program for the arrangement of the forest-road network maximizing the investment effect in forest-road construction with factors such as terrains, forest physiognomy, management plan, logging system, cost of forest-road construction, capacity of inputted labour, capacity of timber production and so on.

The operating system developed by this study is Korean Windows 95/98 and Microsoft Visual Basic ver. 5.0. User interface was designed as systematic structure, it is presented as a kind of GUI(graphic user interface).

The developed program has result of the most suitable forest-road arrangement, has suitable forest-road density calculated with cost of logging, cost of forest-road construction, diversion ratio of forest-road, cost of walking in forest. And the most suitable forest-road arrangement was designed for forest-road

¹ 接受 2001年 3月 16日 Received on March 16, 2001.

審查完了 2001年 7月 25日 Accepted on July 25, 2001.

² 慶北大學校 林學科 Department of Forestry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea.

* 본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 연구개발비에 의하여 수행되었음.

* 연락처자 E-mail : sjupark@bh.knu.ac.kr

arrangement network which maximized investment effect through minimizing the sum of cost of logging and cost of forest-road construction.

Input data were divided into map data and control data. Digital terrain model, division of forest-road layout plan, division of forest function and the existing road network are obtained from map data. On the other hand, cost of logging related terrain division, diversion ratio of forest-road and working road, cost of forest-road construction, cost of walking, cost of labor, walking speed, capacity of inputted labor, capacity of timber production and total distance of forest-road are inputted from control data. And map data was designed to be inputted by mesh method for common matrix.

This program can be used to construct a new forest-road or vice forest-road which compensate already existing forest-road for the functional forestry.

Key words : arrangement of the forest-road network, cost of logging, cost of forest-road construction, forest-road density, microsoft visual basic

緒 論

山林의 효율적인 경영과 관리를 위해 林業의 機械化가 시급히 요구되고 있어 集材機能 등을 높이는 효율적인 林道網(forest-road network) 配置가 필요하다. 또한 임업노동자의 부족과 林業에 대한 投資를 기피하는 현실에서 林業의 産業化를 위해서 林道는 절대적으로 필요한 事業이다. 과거의 林道配置는 산촌의 마을과 마을을 연결하는 道路로 이용되거나 담당자의 경험에 의해서 적당하게 林道網을 配置해 왔지만 林業 目的으로 林道를 이용하기에는 부족하고 보완할 점이 많다.

한편, 林道開設에는 많은 費用이 소요되고 특히 일단 開設된 林道路線의 변경은 매우 어려우므로 林道路線配置는 충분한 검토가 필요하며 地形, 林相, 施業計劃, 山林作業시스템 등을 고려하여 最適의 林道路線을 配置해야 한다. 그러나 현재 林道事業에서 測量作業後의 設計作業은 일부 소프트웨어를 사용하여 圖面을 작성하고 있으나 林道路線配置作業은 林道開設地의 상황과 개설목적에 따른 작업자의 판단에 크게 의존하고 있는 실정이므로 林道路線配置作業에 주관적인 판단이 많이 개입된다. 또한 일일이 사람의 손에 의해 작업이 이루어지므로 부적절한 林道網이 형성되는 경우가 있으며 많은 노력과 시간적·경제적으로 비효율적이므로 林道事業 現場에서 어려운 점이 많다. 더욱이 林道路線選定の 잘못으로 인해 林道の 주요 機能인 木材生産과는 아무 상관이 없는 道路로 전략할 수 있으며, 民願이 제기되고 林道開設後의 維持補修費가 더 많이 소요되는 현상도 있다.

따라서, 林道開設現場의 기술적인 문제 및 임

도사업의 進山化 및 효율적인 林道網을 구축하기 위한 最適의 林道配置法을 제시하기 위한 林道路線配置 프로그램의 개발이 요구되고 있다.

林道配置에 관한 연구는 適正 林道密度의 算出과 林道網의 配置(車斗松과 李峻雨, 1992; 車斗松과 曹丘鉉, 1994; 車斗松 등, 1995; 李俊雨, 1992), 환경친화적 정책구현을 위한 林道路線選定 및 평가프로그램 개발(산림청, 1999; 李丙斗와 鄭主相, 2000), 산림정보시스템 구축을 위한 응용전산모델 개발에서 林道設計作業의 성력화를 위해 현지 측량작업의 결과를 토대로 횡단면도, 종단면도, 평면도 등을 나타내는 임도설계프로그램 개발(정주상과 정우담, 1995) 등의 연구가 진행되어 왔으나, 林道 開設費 投資에 대한 集材效果를 최대화하는 林道路線網 配置에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

한편, 외국에서의 林道配置에 관한 연구는 Matthews(1942)에 의한 林道密度 및 林道間隔理論이 發表된 이래로 많은 연구가 발표되어 왔다. 특히, 우리나라와 같이 山岳地가 많은 日本에서 平賀(1972)는 電算手法에 의한 林道網 計劃法에 있어서 4개의 별구형상패턴과 돌입형, 단순환형, 복순환형의 3개의 林道網 形態를 제시하고 전산기를 이용한 最適의 林道網과 平均集材距離 등을 算定하는 방법을 제시하였다. 小林(1983)는 山岳林의 林道網配置計劃法에서 地形的 制約, 山林機能, 施業條件 등을 고려하여 費用便益費에서 林道投資效果를 최대화하는 林道路線配置計劃法을 제시하였다. 日本 林野廳(1990)에서 電算化를 통해 PC용 林道配置시스템의 實用化를 위해 DOS용 林道配置프로그램을 작성한 바 있다. 또한 日本에서 林道設計

圖는 측량결과만을 이용하여 완전한 전산화작업으로 작성되고 있고 林道配置作業에서도 일부 電算化作業이 이루어지고 있다(林道研究會編, 1993).

또한, 林道는 林業의 機能과 公益의 機能의 效果가 最大가 되도록 林道網이 配置되어야 한다. 특히 林道の 林業的 機能에서 직접적인 효용인 集材費의 輕減은 林道の 가장 큰 機能이며 集材費 輕減과 林道開設費를 最小로 하는 林道路線網이 構築되어야 한다(Matthews, 1942; 南方 등, 1985).

본 연구에서는 地形, 林相, 施業計劃, 山林機能 등의 자료에 의해 우리나라 실정에 맞는 林道路線 配置作業의 電算化를 위하여 林道開設의 投資效果를 最大로 하는 最適 林道路線配置를 위한 프로그램을 개발하였다.

研究 方法

1. 프로그램 開發에 사용한 理論

본 프로그램개발에 사용된 理論은 林道の 직접적인 效果를 근간으로 林道開設費의 投資에 따른 集材費의 費用便益費를 最大로 하기 위한 投資效果를 最大로 하는 小林(1983, 1997)의 林道路線配置 計劃法이다. 이 投資效果를 最大로 하는 林道路線配置理論을 적용시키기 위해서 適正 林道密度 및 延長距離 算出, 數值地形모델(Digital Terrain Model, DTM)에서 계산하는 最急傾斜와 方向算出, 最急傾斜를 이용한 山林利用學의 地形指數의 算定 및 判別 등 基本의 地形因子 把握을 위한 理論도 사용하였다(中島, 1968; 小林, 1983; 1997).

1) 林道の 投資效果 算出法

投資效果를 最大로 하는 林道路線配置 計劃法은 計劃對象 林地內의 樹種, 齡級, 蓄積 등의 施業條件은 동일로 하고 地形도 균일한 平坦地로 하며, 集材는 土場까지 직선적으로 行해지고, 또 土場은 開設 林道區間의 中점에 設置하는 것으로 한다.

林道の 投資效果 算出은 林道の 開設에 따라서 便益을 받는 區域, 즉 利用區域을 대상으로 林道開設 前·後의 集運材費用의 減少額이 林道開設費보다 많을 때, 그 林道는 投資效果가 있다고 判정한다. 林道の 投資效果 算出을 위한 費用便益費는 다음 식 (1)로서 算出되며, 이것으로 어느 구간의 林道를 開設함으로 인해 費用便益費가 計算되고 그 投資效果算出이 가능하다(小林, 1983; 1997).

$$KR_i = TKI_i / TR_i =$$

$$\sum_{j=1}^m (C_S \cdot V_j \cdot (X_j - X'_j) - C_H \cdot V_j \cdot l_i) / C_R \cdot l_i \quad (1)$$

단, KR_i : 林道(l_i)區間의 開設에 의한 費用便益費, TKI_i : 集運材費用의 減少額, TR_i : 林道開設費, m 은 林道(l_i)의 利用區域에 포함된 그리드수, C_S : 單位距離 및 單位材積當 集材單價, V_j : j 그리드에서 出材量, X_j : B점에서 j 그리드까지의 集材距離, X'_j : 林道(l_i)을 開設했을 때의 集材距離, C_H : 單位距離 및 單位材積當 運材單價, C_R : 單位距離當 林道開設費用이다.

2) 適正 林道密度와 延長距離 算出

본 프로그램에 사용된 林道密度算出式은 식 (2)와 같은 南方(1977)의 最適 林道密度理論이다.

$$d + do =$$

$$50 \sqrt{\frac{\alpha \cdot v \cdot (1+\eta)(1+\eta')}{r} + \frac{k \cdot (1+\eta) \cdot C_w \cdot N_w}{500 \cdot V_w \cdot r}} \quad (2)$$

여기서, d 는 林道密度(m/ha), do 는 林內의 公道密度(m/ha), α 는 集材費單價(원/m³·m), v 는 木材生産量(m³/ha), η 는 林道迂回率, η' 는 作業道迂回率, r 는 林道開設單價(원/m), k 는 步行距離係數, C_w 는 勞賃單價(원/hr·人), N_w 는 勞動投入量(人/ha), V_w 는 步行速度(km/hr)이다.

林道路線配置 計劃區域內의 延長距離는 식 (2)에서 計算된 林道密度에 計劃區域의 面積을 곱한 것이다. 여기서 對角線 방향으로 延長할 경우에는 $\sqrt{2}$ 배의 距離補正을 실시하며 평면모델을 전체로 하였으므로 標高差에 의한 延長距離의 증가는 計算하지 않는다.

3) 地形指數의 算定 및 判別

林道密度 算出과 林道路線配置 計劃을 위한 費用 算出에서 地形區分은 중요한 因子이다. 즉, 각 그리드내의 地形等級에 따라 費用算出 등 여러 가지 算出式에 적용되는 인자값이 각기 다르므로 이들 그리드에 대한 地形等級 구분은 필요하다. 따라서 本 프로그램 개발에는 數值地形모델(DTM)로부터 地形等級 區分을 위하여 山林利用學의 地形指數를 算定하고 判別하였다. 地形指數는 DTM의 最急傾斜와 높은 相關關係를 가지므로 DTM의 最急傾斜로부터 地形指數 推定式은 다음 식(3)을

적용하였다(小林, 1983)

$$Y = 1.527X + 9.533 \quad (3)$$

단, Y는 推定 地形指數(%), X는 DTM에 있어서 각 그리드 단위의 最急傾斜(%)이다.

4) 最適 林道路線配置 計劃法

林道路線配置 計劃法은 林道開設費 投資에 대한 集材效果를 最大로 하는 林道路線配置計劃法(小林, 1983, 1997)을 적용하였으며, 그 計劃法의 기본적인 순서는 다음과 같다.

① 林道路線配置 計劃區域에 1/25,000~1/50,000 등 해당하는 축척의 地形圖에 0.5~1cm간격의 적당한 메쉬로 덮고 數值地形모델을 작성한다.

② 상기의 메쉬에 들어간 地形圖로부터 기점위치, 기존 林道の 위치, 경계, 하천 등 필요로 하는 데이터를 읽고 기초데이터로 한다.

③ 計劃區域內의 그리드를 集材點으로 하고 각 그리드로부터 기존 林道까지의 最短距離를 구하고 最短距離메트릭스를 만든다.

④ 기존 林道上的 1그리드를 선택하여 이것을 기점으로 한다. 이것으로부터 한 방향으로 1그리드간격만 林道를 延長한다.

⑤ 이 그리드로부터 林道上的 그리드를 제외하고 계획구역내의 모든 그리드까지의 거리를 계산하고 距離메트릭스를 만든다.

⑥ ③에서 구한 最短距離메트릭스와 ⑤의 距離메트릭스를 비교하고 거리가 단축된 그리드수를 ④에서 延長한 林道の 利用區域으로 한다. 利用區域內의 그리드에 대해서 便益費 및 投資效果를 계산하고 ④에서 選點한 그리드간의 投資效果로 한다.

⑦ 더욱이 다른 방향에 대해서 ⑥을 계산하고 ④에서 선정된 林道上的 그리드로부터 각방향에 延長한 林道中에 최대의 投資效果로 되는 방향(그리드)을 선택한다.

⑧ ④로 되돌아와서 더욱이 林道上的 타 그리드로부터 ④~⑦까지의 순서를 실행하고 이하 林道上的 모든 그리드에 대해서 같은 작업을 반복한다.

⑨ 林道上的 모든 그리드에 대해서 ⑧의 순서가 종료하면 각 그리드중에서 최대의 投資效果를 가진 그리드를 찾는다. 이 그리드의 最大投資效果를 가진 구간이 다음의 開設區間으로서 결정되고

기존 林道로서 추가한다.

⑩ 이하 ④로 되돌아가서 같은 순서를 반복하고 잇달아 차례로 路線을 연장해 나간다.

⑪ 林道密度에서 계산한 目標 開設延長距離로 되면 종료한다.

2. 入力데이터의 종류와 작성법

본 프로그램에 사용하는 입력데이터는 크게 地形圖上에서 얻는 맵(Map)데이터와 理論值 및 실제 작업자가 파악하여 입력하는 콘트롤데이터로 나눌 수 있다. 맵데이터는 기본 地形因子데이터로서 수치데이터에 位置情報를 부여한 地理情報 데이터로서 數值地形모델도(DTM), 計劃區域區分圖, 山林機能區分圖(林相區分圖), 林內道路網圖 등이다. 콘트롤데이터는 林道密度 計算式과 林道路線配置의 費用便益費 計算 등에 사용되는 條件因子로서 數值데이터이며, 林相別 木材生産量(林木蓄積), 林相別 勞動投入量, 地形別 集材費, 地形別 林道單價, 勞動單價, 林道 및 作業道 迂回率, 步行距離係數, 步行速度 등이다. 入力데이터의 주요한 資料는 地形圖와 道路網圖, 山林管理 데이터, 林相圖, 山林調查簿, 그리고 기존 연구결과 등을 이용한다.

맵데이터는 전부 共通化한 位置情報를 가지지 않으면 계산을 할 수가 없으므로 공통사이즈의 그리드마스크로 메쉬모델화를 시켜야 한다. 따라서 각 圖面은 共通縮尺의 圖面에서 작성된 것이 이상적이고 본 프로그램에서는 1/25,000의 地形圖를 기본적인 圖面으로 사용하고 있으나, 보다 大縮尺의 圖面을 사용하면 정밀도가 높아진다.

數值地形모델(DTM)의 데이터의 작성은 아주 간단하여 地形圖에 소정의 메쉬를 덮어서 메쉬교점의 標高值를 읽어 입력하며, 計劃區域 區分圖는 林道를 開設할 지역을 몇 개의 구역으로 나누는 것으로서 구역마다 번호를 붙여서 수치로 나타내며 DTM작성시 地形圖에 덮은 메쉬에 구역번호를 넣어 입력한다.

山林機能區分圖는 林道計劃區域內의 山林을 機能別로 구분하는 것으로서 林相區分 데이터를 말하며, 人工林과 天然林, 保存林, 非生産林 등으로 나누고 이에 맞는 木材生産量과 施業에 따른 勞動投入量이 결정된다. 山林機能 區分圖 작성은 DTM과 계획구역 구분도와 동일하며 메쉬에 번호를 붙여서 數值로 나타내어 입력한다.

林內道路網圖는 道路位置데이터로서 計劃區域

內와 주변의 기존 道路(林道와 公道)網圖를 작성하는 것이다. 기본적으로 계획구역내에 있는 도로로서 集材作業에 사용가능한 도로와 사용 불가능한 도로로 나누고 이를 林道와 公道로 지정하여 구분한다. 道路網圖 作成은 계획구역별로 도로에 기점과 종점을 향해 번호를 붙인다.

콘트롤레이터는 林道密度와 林道路線配置 計算時에 필요한 因子로서 맵데이터에서 나타난 기초 데이터를 기준으로 제한인자를 입력한다.

林相別 木材生産量과 勞動投入量은 主伐의 蓄積量과 造林에서 伐採까지 투입되는 전체 노동량을 말하며 이것은 山林機能區分圖에서 분류한 林相區分圖에 맞게 木材生産量(m^3/ha)과 勞動投入量(인/ha)을 入力한다.

地形別 集材費와 林道單價는 地形指數 값에 의해 구분된 山林利用學的 地形區分에 따라 集材에 소요되는 費用(원/ $m^3 \cdot m$)과 林道開設單價(원/m)를 말한다. 또한 勞動單價는 산림작업시에 소요되는 人件費(원/hr)로서 시간당 勞賃費를 입력한다.

林道 迂回率과 作業道 迂回率은 도로의 굴곡정도를 나타내는 指標로서 山林利用學的 地形區分에 따라 입력한다. 또 步行距離係數와 步行速度는 적용한 林道密度理論에 사용되는 係數로서 地形區分에 따른 步行係數와 速度(km/hr)를 적용한다.

3. 프로그램의 알고리즘과 開發環境

본 林道路線配置 프로그램의 알고리즘을 보면, 먼저 林道를 配置할 計劃區域을 결정한 뒤에 메쉬법을 이용하여 數値地形모델(DTM)을 작성하고 林道配置 計劃區分, 森林機能區分, 既存의 道路網 등을 수집된 地形圖와 營林計劃書, 山林調查簿 등에서 읽어 파일로 만들고 適正 林道密度와 最適 林道配置를 위한 地形區分資料, 山林施業因子 등 콘트롤레이터를 입력·작성한다. 이들 입력자료가 입력되면 프로그램상에서 傾斜와 方向의 地形因子를 분석하고 이 傾斜를 이용하여 각 그리드에 대해 山林利用學的 地形指數를 算出하고 地形을 區分한다. 다음 프로그램상에서 산출된 지형구분 결과와 콘트롤자료를 이용하여 計劃區域別 適正 林道密度 및 延長距離를 算出한다. 여기서 산출된 연장거리를 입력하든가 임의의 연장거리를 콘트롤자료에 입력하여 最適 林道路線配置 計算을 실행시킨다. 이때 프로그램상에서

투자효과를 최대로 하는 임도노선배치가 산출된다. 끝으로 이들 결과를 검토·평가하여 再計算 尤무를 판단하고 地形圖에 이미지화 한다.

林道配置프로그램의 구성은 크게 基礎資料 입력 프로그램과 1차적인 基礎資料 算出프로그램, 2차적인 林道密度 및 延長距離 計算프로그램과 林道路線配置 計算프로그램, 그리고 결과보기와 인쇄 프로그램으로 되어 있다. 이들 프로그램은 먼저 DTM작성 자료와 콘트롤자료인 施業因子 등의 각종 자료 입력프로그램과 입력된 자료를 이용하여 傾斜와 方向을 算出하고, 또 算出된 傾斜를 이용한 山林利用學的 地形指數의 算出·判別하는 1차 계산프로그램, 그리고 계산된 1차적인 데이터와 입력된 施業因子 및 콘트롤자료를 이용하여 林道密度 및 延長距離와 投資效果를 最大로 하는 林道配置網을 계산하는 2차 계산프로그램으로 구성하였다. 끝으로 이들의 각종 계산결과와 林道路線配置의 이미지사진을 볼 수 있는 결과보기 및 인쇄 프로그램으로 구성되어 있다.

프로그램 開發環境은 한글 Windows 95/98을 運營體制로 하고 시스템환경은 Pentium II 이상의 CPU에서 최소 메모리 32MB, 최소 하드디스크 20MB이상에서 실행되도록 개발하였다. 프로그램의 전체적인 인터페이스의 설계와 계산 프로그램의 작성은 개인컴퓨터시스템에서 일반적으로 많이 사용하는 Basic언어인 한글판 Microsoft Visual Basic 5.0을 사용하였다.

사용자 인터페이스는 계층적인 구조로 설계하여 GUI(Graphic User Interface)의 形態로 제공하였으며, 인터페이스의 設計도 일반적으로 사용자의 수준에 맞게 쉽게 이해할 수 있는 上位概念에서 보다 상세한 下位概念으로 계속 이동하면서 자료를 入力하고 결과를 出力할 수 있도록 하였다. 또 대부분의 項目은 마우스를 사용하여 선택할 수 있도록 하였다. 入力이 필요한 項目도 직접 입력하는 형태와 리스트에서 선택하는 형태의 두 가지 방법으로 제공하여 사용자의 편리성을 최대한 제공하였으며 다중윈도우(Multiple Window)와 메뉴(Menu), 도구자(Tool bar)에 의한 命令實行, 範圍指定 등을 지원하도록 하였다. 메뉴는 일반적인 Windows 스타일인 화면상단의 풀다운 메뉴(Pull-down Menu)로써 각각의 메뉴를 선택하면, 그 메뉴에 해당하는 하위 팝업 메뉴(Sub-Pop up Menu)가 나타나도록 하였다(Figure 1).

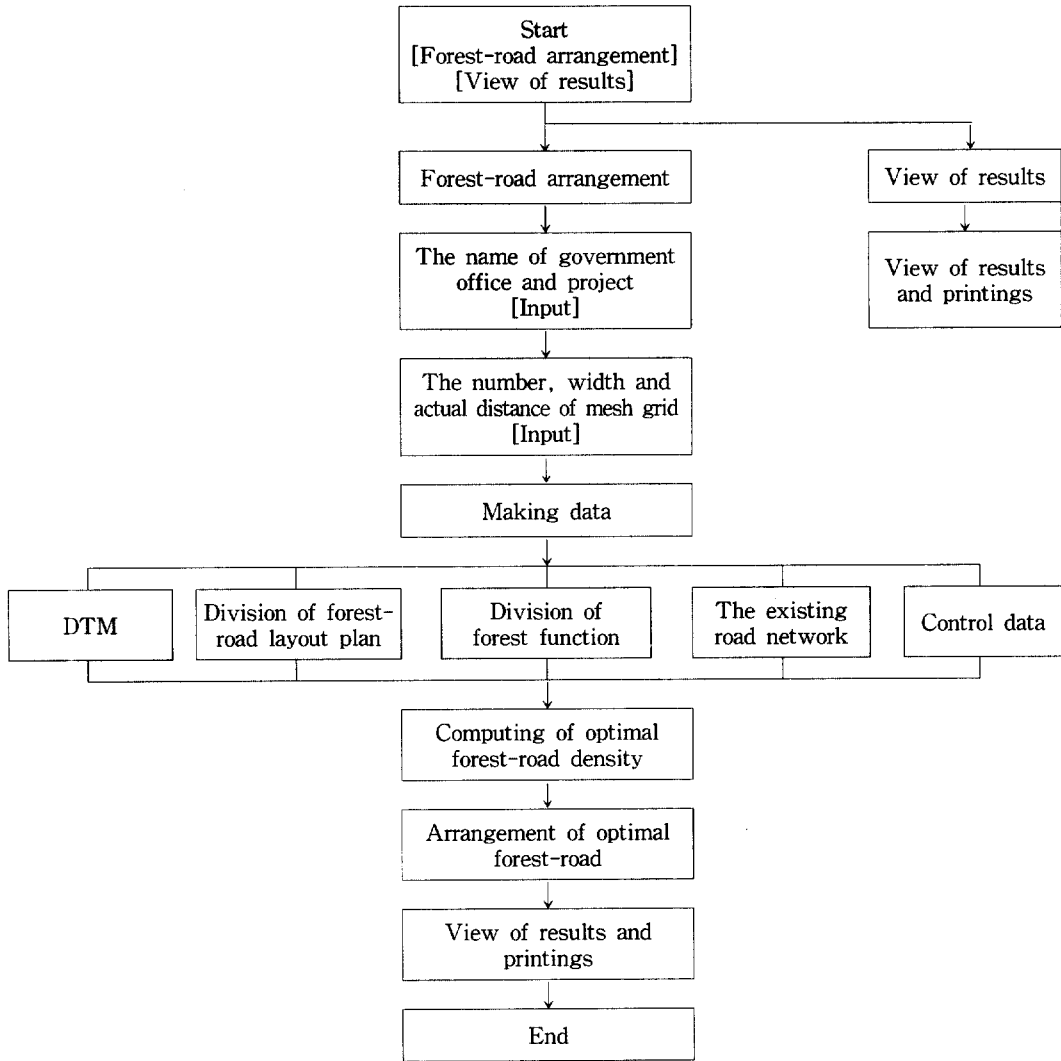


Figure 1. The program interface of systematic structure.

結果 및 考察

1. 프로그램의 構成

본 프로그램의 초기화면은 일반적인 Windows 스타일로서 버튼형식의 메뉴가 나오며 본 林道配置 프로그램인 「숲속으로 가는 길」의 문자로고와 林道配置와 결과보기의 선택버튼이 나타난다. 여기서 새로운 林道配置作業을 實行하기 위해 다음의 하위메뉴로 갈 수 있고 또 이미 實行하여 저장해둔 結果를 보고 印刷을 할 수 있다(Figure 2).

프로그램의 초기화면에서 林道配置버튼을 클릭하여 林道配置 프로그램을 시작하면 먼저 林道配

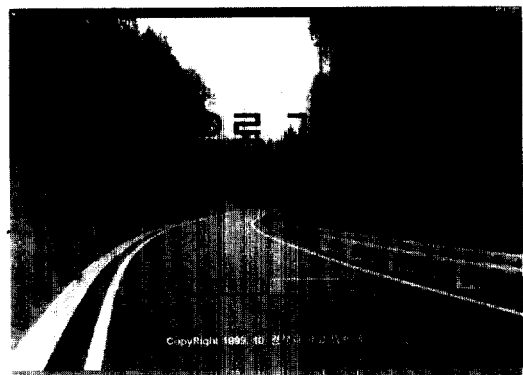


Figure 2. Initial screen of the program.

名은 키보드로 입력하고 입력한 내용은 데이터 입력 메인윈도우에 자동으로 나타나도록 하여 다시 확인할 수가 있다. 또 입력된 林道事業名은 파일 저장시에 자동으로 파일명으로 된다. 내용을 입력한 후에 다음버튼을 마우스로 클릭하면 다음단계인 하위메뉴로 이동하여 계속 프로그램을 실행할 수 있고 이전버튼을 클릭하면 다시 초기화면으로 되돌아간다(Figure 3).

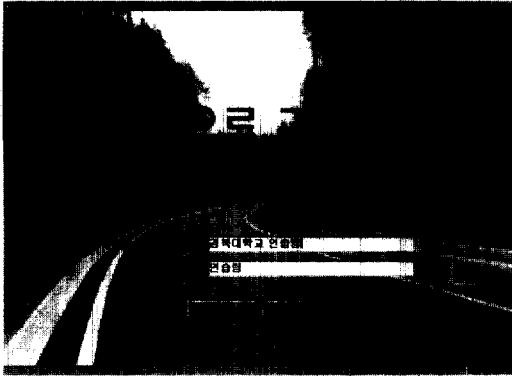


Figure 3. Input screen of the name of government office and project.

Figure 3에서 事業遂行機關名과 事業名을 입력한 후에 다음단계를 선택하면 매패터에서 메쉬의 그리드 數 및 幅과 實際距離를 입력하는 윈도우가 나타나며 이는 林道配置計劃區域을 메쉬로 나눈 가로 및 세로의 그리드 數를 입력하고 地形圖上의 메쉬 1그리드폭의 實際距離를 m단위로 入力한다. 여기서 入力한 내용은 다음단계에서 데이터 입력 메인윈도우에 나타나며 다시 확인할 수 있다. 또 앞의 機關名과 事業名의 내용을 변경하기 위해 앞단계의 윈도우로 가기 위한 이전버튼과 다음메뉴로 가기 위한 다음버튼이 있다(Figure 4).

Figure 4에서 다음단계를 選擇하면 각종 메뉴를 選擇·實行하여 데이터 入力·修正을 할 수 있는 메인 윈도우가 나타나며 일반적인 윈도우스타일로 作成하여 使用性和 便利性 등을 도모하였다(Figure 5).

메인 윈도우는 일반적인 Windows style인 두가지 메뉴시스템을 지원하도록 하였다. 첫 번째는 화면상단의 풀다운 메뉴로써 각각의 메뉴를 선택하면 그 메뉴에 해당하는 下位 팝업메뉴가 단축키와 함께 나타나서 命令을 實行시킬 수 있다(Figure 6). 두 번째는 아이콘형식의 메뉴로서 메뉴창에 있는 각종 下位 팝업메뉴중에서 選擇과 實

行의 便利性和 實用性を 높이기 위해 주요한 메뉴를 아이콘(Icon)형태로 만들어 놓았다(Figure 7). 이 아이콘을 마우스로 클릭하면 선택한 메뉴에 해당하는 下位 메뉴가 다시 화면 위에 나타난다.



Figure 4. Input screen on mesh grid data.

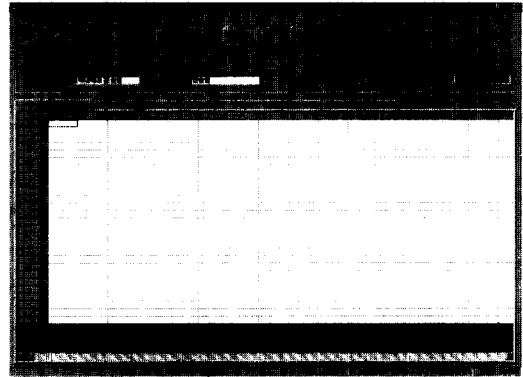


Figure 5. Main window for selection of menu and data input.

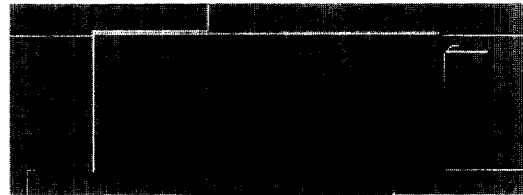


Figure 6. Menu selection and menu window for performance of the program.



Figure 7. Icons for the main menu selection and performance of the program.

메인 윈도우에서는 각종 파일관리와 자료입력, 결과보기, 출력, 도움말 등의 메뉴를 選擇·實行하고 각종 命令을 實行할 수 있으며, 앞에서 入力한 林道事業機關名 및 事業名, 그리드의 數 및 幅의 入力데이터가 나타나도록 하여 이를 確認·修正할 수가 있다. 그리고 각종 기초데이터를 入力·修正할 수 있다. 이 윈도우는 탭(Tab)형식으로 되어 있어서 하나의 윈도우에서 모든 데이터를 入力·修正할 수 있고 林道密度計算과 林道路線配置計算을 實行시킬 수 있다.

파일메뉴를 선택하면 새로만들기, 불러오기, 저장하기, 종료의 메뉴가 있으며 이들의 役割을 實行시킬 수 있다. 자료입력메뉴를 선택하면 數值地形圖, 計劃區分圖, 機能區分圖, 道路網資料, 콘트롤자료의 하위메뉴가 나타나고, 이들을 選擇하면 신규파일작성, 파일불러오기, 저장하기, 확인의 하위메뉴가 있어서 이들의 命令을 實行시킬 수 있다. 결과보기메뉴에는 林道密度計算과 林道配置計算을 實行한 후에 그 結果를 볼 수가 있도록 한 메뉴로서 地形方向, 山林利用學的 地形指數, 計劃區域別 適正 林道密度 및 林道配置結果, 配置結果林道와 地圖를 결합한 이미지결과를 볼 수가 있다. 출력메뉴는 결과보기메뉴에서 볼 수 있는 결과들을 출력하고 또 計算에서 나타난 텍스트결과와 이를 그래프화 한 結果, 자료입력메뉴에서 입력된 각종 입력데이터 등을 出力할 수가 있다. 도움말메뉴에서는 본 프로그램에 대한 약간의 情報를 볼 수 있다.

메인 윈도우에서의 데이터 입력은 Microsoft Excel 형식으로 나타냈으며, 상단에 있는 각각의 메뉴선택 탭을 클릭하면 數值地形圖, 林道配置計劃區分圖, 山林機能區分圖, 道路網資料, 콘트롤資料를 入力하는 윈도우가 각각 나타난다. 특히, 콘트롤資料 入力윈도우에는 지형구분, 시업코드, 계획구역별로 각각의 제한인자와 조건지정 인자가 입력되도록 되어 있다(Figure 8).

計算된 각종 결과보기와 印刷는 상단의 메뉴선택 탭에서 결과보기와 출력으로 할 수 있으며 인쇄아이콘으로도 印刷할 수 있다(Figure 9). 또한 이미 저장해 놓은 결과들은 다시 프로그램을 실행하지 않고도 언제든지 結果를 보고 인쇄할 수 있도록 앞의 Figure 2의 프로그램 초기화면에서 결과보기 버튼을 配置하여 각종 결과를 보고 또 인쇄도 할 수 있도록 하였다(Figure 10).

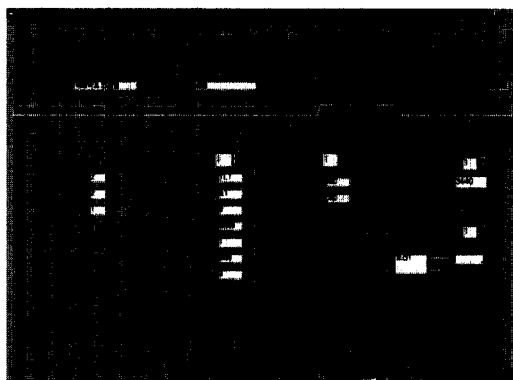


Figure 8. Window for inputting control data.

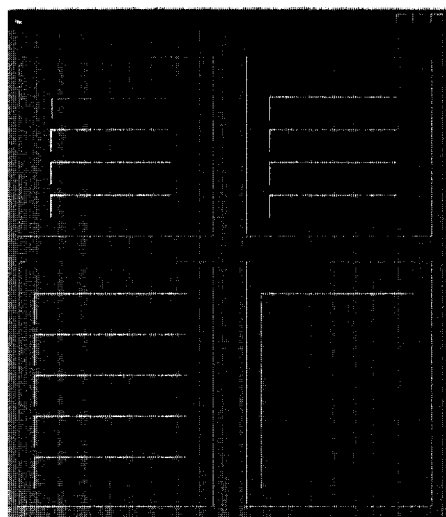


Figure 9. Window for printing the results.

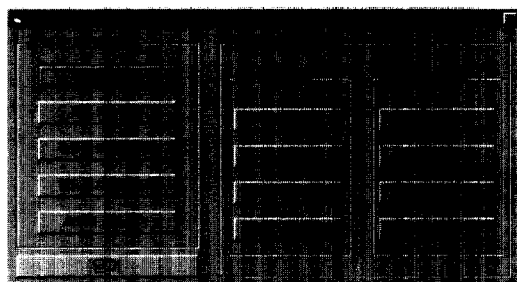


Figure 10. Window for view of results and printing.

2. 適用例

1) 適用 對象地 및 데이터

본 연구에서 開發된 프로그램은 경상북도 청송군 현동면 월매리 소재 慶北大學校 附屬 演習林 2개 임

반 약 556ha를 대상으로 적용성 檢討를 實施하였다.

適用 對象地의 地況과 林況은 해발 1,124m의 보현산과 1,100m의 면봉산을 主嶺으로 한 高山地帶로서 傾斜가 급하고 험준한 山地이다. 年平均氣溫은 13℃ 前後, 年平均降水量은 1,053mm이고, 林相은 針葉樹가 21%, 闊葉樹가 32%, 混濶林이 47%로서 대부분 소나무와 참나무류의 混濶林으로 이루어져 있고 낙엽송과 잣나무 등의 人工林이 8%이고 92%가 天然林이며 山頂上 部位는 草地로서 未立木地이다. 林分의 齡級은 3영급이하의 山林이 14%, 4영급이 44%, 5영급이상인 42%로서 대부분 4齡級 이상의 山林이다. ha당 平均林木蓄積은 小班別 최저 약 8m³에서 최고 약 159m³이며 平均林木蓄積은 약 45m³이다.

林道施設은 演習林內의 산복부를 중심으로 약 2.5km 開設되어 있고 演習林과 國有林의 경계를 따라 계곡부로 약 1km의 林道가 開設되어 있다. 또한 計劃區域은 適用 對象地가 계곡부를 중심으로 크게 2개의 林班으로 나누어져 있으므로 林班別로 2개의 計劃區域으로 나누었다.

適正 林道密度 및 最適 林道配置 計算에 사용한 地形區分과 山林機能區分에 따른 施業코드별 콘트롤데이터의 각 인자값은 적용 대상지의 營林計劃書 등에서 얻은 기본적인 資料를 이용하였다. 주요한 적용 인자값을 보면, 林道開設 延長距離는 計劃區域 1에서 3,440m, 計劃區域 2에서 3,929m이며, 計劃區域 1과 2에서 지형 I에서 IV까지 各地形別 集材費用(won/m³·m)은 각각 11.7, 7.6, 4.6, 3.4이고 임도개설비(원/m)는 30,000, 50,000, 70,000, 100,000이다. 또한 勞動單價는 2,500(원/hr), 林相別 勞動投入量과 木材生産量은 針葉樹 人工林이 450(명/ha), 300(m³/ha), 闊葉樹 天然林이 320(명/ha), 180(m³/ha), 混濶林이 300(명/ha), 200(m³/ha)을 適用하였다. 입력데이터에서 國內에서 얻을 수 없는 지형별 이론적인 資料는 日本의 資料를 適用하였다(小林, 1983, 1997).

이상의 데이터를 適用하여 適用 對象地의 方向을 算出한 結果, 8개 方向이 모두 나타났으며, 이는 山地의 溪谷과 稜線이 많아 谷密度가 크다는 것을 의미하며 매우 험준한 林地라는 것을 나타낸다. 또한, 適用 對象地의 地形을 구분한 結果, 대부분 地形等級이 IV(급준)로서 아주 급한 山岳地라는 것을 알 수 있었다. 여기에서 판별된 각 그리드별 地形區分 結果는 林道密度 및 林道路線配置 計算에 이용되며, 이때 地形別 區分되어 入力

한 콘트롤데이터가 각각 이 區分에 맞게 適用되어 計算된다. 따라서 각 그리드의 地形等級別 集材費와 林道開設費는 다르게 計算된다.

2) 適正 林道密度計算 結果

Figure 11은 適用 對象地內의 林道配置計劃地 區分別로 適正 林道密度 및 延長距離를 계산한 것이다. 計劃區域 1에서의 適正 林道密度는 약 15.2m/ha이고 계획구역에 대한 延長距離는 약 3,440m인 것을 알 수 있다. 計劃區域 2에서의 適正 林道密度는 약 12.5m/ha이고 延長距離는 약 3,929m라는 것을 알 수 있다. 이 결과로 現在의 林道開設費로 향후 伐採까지의 適正 林道密度와 林道開設延長距離를 파악할 수가 있으며, 앞으로 林道計劃時에 基礎資料로 利用할 수가 있다.

| [임도 밀도 계산 결과] | |
|---|-----------|
| 1.. 계획구역 :1 | |
| 계획단 Grid수 :145 | |
| 계획단 평균 노동 투입량 (인): 286,1379 | |
| 계획단 평균 목재 생산량 (m ³): 174,2069 | |
| 적정 임도 밀도 (m/ha) | :15.18395 |
| 적정 그리드 구간수 (개) | :25 |
| 적정 연장거리(우회율 고려) (m): | 3440.114 |
| 2.. 계획구역 :2 | |
| 계획단 Grid수 :211 | |
| 계획단 평균 노동 투입량 (인): 294,3284 | |
| 계획단 평균 목재 생산량 (m ³): 183,2836 | |
| 적정 임도 밀도 (m/ha) | :12.50915 |
| 적정 그리드 구간수 (개) | :24 |
| 적정 연장거리(우회율 고려) (m): | 3928.655 |

Figure 11. Result of optimal forest-road density.

3) 最適 林道配置計算 結果

앞에서 계산된 適正 林道密度와 延長距離를 콘트롤데이터에 입력하고 전체 콘트롤데이터를 작성하여 계획구역별로 最適의 林道路線配置를 計算하였다(Figure 12). Figure 12의 그래픽결과를 실제 地形圖에 오버랩시켜 이미지화하여 地形圖上에서 직접 林道配置結果를 볼 수 있도록 하였다(Figure 13). 最適 林道路線配置 計算에서는 기존의 林道を 公道로 적용하여 이 公道를 중심으로 林道路線이 配置되도록 하였다. 또한 林道路線配置 計算은 林班別로 計劃區域을 설정시켜 配置되도록 하였다.

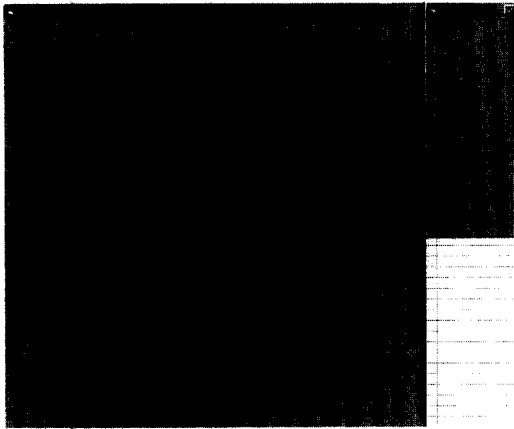


Figure 12. Graphic window of optimal forest-road arrangement.

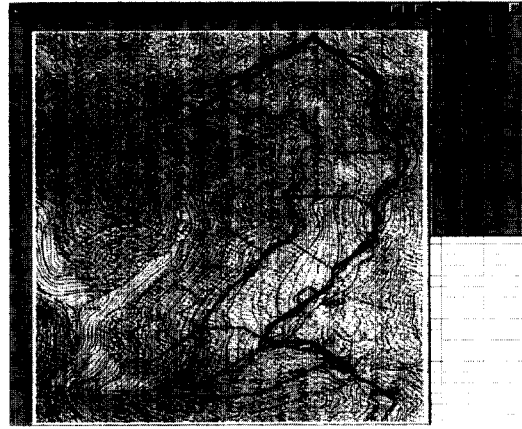


Figure 13. Image screen of optimal forest-road arrangement.

그 결과 Figure 12와 Figure 13에서 보듯이, 크게 林道路線配置가 計劃區域別로 林道가 配置되어 있고 계곡부의 既存 林道を 중심으로 路線을 配置하므로서 地形을 중심으로 나누어져 있는 林班別로 林道가 均등히 配置되어 있는 것을 볼 수 있다. 특히 Figure 13에서 보듯이 林道路線選定者에 의해 인력으로 配置된 산복부의 既存 林道路線과는 확연히 다른 것을 볼 수 있다. 여기서 林道路線配置 結果를 林相圖와 비교해 본 결과, 앞으로 伐採 등의 山林施業이 많은 地域을 통과하고 있고 林班에 넓게 끌고루 配置되어 있으므로 林道利用도를 높이고 集材距離를 짧게 하여 集材費를 輕減시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

또한 여기서 나타난 林道路線配置 結果는 프로그램상에서 投資效果가 최대로 되는 우선순위로 林道路線이 配置되므로 인쇄결과화면(Figure 9)에서 그 결과를 인쇄하여 향후 林道路線配置 計劃을 施業計劃과 병행해서 결정할 수가 있다.

結 論

林道開設現場에서의 애로사항을 해소하고 適正 林道網配置法을 提示하여 보다 효율적인 林道配置作業을 실시하며 林道網 配置作業을 컴퓨터로 實施하여 林道事業에 있어서도 資料 및 事業의 電算化와 情報化를 構築할 수 있도록 適正 林道密度 및 林道路線配置 계산 프로그램을 開發하였다. 프로그램의 인터페이스는 계층적인 構造로 設計하고 GUI의 形態로 提供하였으므로 使用者의 便利性을 최대한 提供할 수 있다.

프로그램에 사용한 이론은 集材費와 林道開設費, 迂回率과 步行費用을 포함한 最適 林道密度理論과 林道開設前의 集材費와 林道開設後의 集材費의 便益費가 最大로 되도록 하여 林道開設費 投資에 대한 集材效果가 最大로 되는 林道配置理論이다.

따라서 개발된 프로그램은 現在의 林道開設費로 향후 伐採까지의 適正 林道密度와 林道開設延長距離를 파악할 수 있으며 앞으로 林道計劃의 基礎資料로 이용할 수 있다. 또한 林道路線配置를 프로그램화함에 있어서 간접적 經濟效果의 評價가 어렵고 곤란하므로 직접적 經濟效果인 林業의 效果를 제일 우선적으로 생각하여 地形, 林相, 施業計劃, 山林機能, 既存의 道路網 등을 최대한 고려하여 最適의 林道路線이 配置되도록 하였다. 더욱이 종전의 주관적인 林道路線配置 計劃보다는 많은 要因에 의하여 林道網이 결정되고, 좀 더 과학적이고 이론적인 林道路線配置가 가능하며 投資效果를 最大로 하는 林道路線配置 計劃法을 提示할 수 있다. 또한 프로그램상에서 林道路線마다 投資效果가 최대로 되는 우선순위를 나타내도록 결정해 놓았으므로 林道路線配置 計劃時에 施業計劃과 병행해서 路線을 결정할 수 있다.

본 研究에서 開發된 林道路線配置 프로그램은 향후 현장 적용측면에서 좀더 수정·보완이 되어야 하겠지만 新設林道 뿐만 아니라 기존에 林道가 開設되어 있는 山林에서도 노선의 보완·수정에 사용할 수가 있으며, 林道路線配置에 경험이 적은 사람도 컴퓨터의 조작으로 합리적인 林道路線配置를 할 수 있다. 또한 지금까지 실시하여 온

작업자 중심의 임도노선 선정방식과는 다르게 集材效果와 投資效果를 最大로 하는 이론적 근거를 바탕으로 좀 더 林業의 機能이 고려된 林道路線選定作業에 기여할 수 있다고 사료되며 林道事業에서 費用節減效果와 보다 효율적이고 능률적인 事業을 실시할 수 있으리라 기대한다.

引用文獻

- 산림청. 1999. 환경친화적 녹색임도 정책구현을 위한 임도노선 선정 및 평가프로그램의 개발. 산림청 연구용역보고서, pp. 153.
- 李丙斗·鄭主相. 2000. GIS를 이용한 環境親和的 林道路線選定 프로그램의 開發. 韓國林學會誌 89 (3): 431-439.
- 李峻雨. 1992. 數值地形모델을 이용한 林道網配置모델의 開發. 韓國林學會誌 81 (4): 363-371.
- 정주상, 정우담. 1995. 林道설계자동화를 위한 전산모델의 개발. 한국임학회지 84 (3): 333-342.
- 車斗松·李峻雨. 1992. 最適林道配置計劃에 관한 研究. 韓國林學會誌 81 (2): 139-145.
- 車斗松·曹丘鉉. 1994. 機械化集材作業을 위한 路網整備에 관한 研究(II)-適正林道間隔 및 林道密度-. 韓國林學會誌 83 (3): 299-310.
- 車斗松·金鍾閔·鄭道鉉. 1995. 山岳地形에 적합한 適正路網整備에 관한 研究. 林業研究院 山林科學論文集 52: 176-185.
- 小林洋司. 1983. 山岳林における林道網計劃法に關する研究. 宇都宮大學農學部學術報告 特輯 38, 日本. pp. 101.
- 小林洋司. 1997. 森林基盤整備計劃論. 日本林道協會, 日本. pp. 205.
- 南方 康·酒井秀夫·伊藤幸也. 1985. 複合的路網の整備目標. 東京大學演習林報告 74: 81-96.
- 林野廳. 1990. 林道配置システムの實用化に關する調査報告書. 林野廳, 日本. pp. 179.
- 中島 巖. 1968. 林分地形の數量解析について. 日本林業講演集 79: 30-32.
- 林道研究會編. 1993. 林道開設の實踐. 日本林道協會. pp. 151.
- 平賀昌彦. 1972. 電算手法による林道網計劃法に關する研究. 林業試驗場研究報告 245: 79-158.
- Matthews, D.M. 1942. Cost control in the logging industry. McGraw-Hill, New York, U.S.A. pp. 374.