

在環境保育政策下林業行政管理之研究 —適中林道密度之研究⁽⁴⁾

羅紹麟⁽¹⁾ 林喻東⁽²⁾ 周源樹⁽³⁾

【摘要】本研究係在探討林道與多目標經營配合、林業人員對林道的意見以及運用目標規劃方法探討東勢林區管理處林道密度分配等。經研究得到以下幾點結論：1.林道功能已由伐木採運功能轉變為造林、林政及遊樂等多種功能。故林道所能提供功能雜異的程度來看，以前一條林道平均能提供2.06個用途，現在則提供2.71個用途，此意味著林道的用途較以往增加。2.東勢林管處之林道密度經目標規劃後，適中密度為木材採運5.64m/ha，水源涵養1.68m/ha，森林遊樂15.60m/ha。3.目前林道使用情形，一般均認為足夠；而林道的改善應以路面整平為優先。

【關鍵詞】林道密度、目標規劃

Studies on Forestry Administration under Environment Conservative Policy —Optimal Forest Road Density

Shaw-Lin Lo⁽¹⁾ Yui-Dung Lin⁽²⁾ Yuan-Shu Zhou⁽³⁾

(1) 國立中興大學森林系教授。

Professor, Department of Forestry, NCHU.

(2) 國立嘉義農專森林科講師。

Instructor Division of Forestry, NCIA.

(3) 國立中興大學森林系研究生。

Graduate student, Research Institute of Forestry, NCHU.

(4) 本研究承行政院農委會經費補助，特此致謝。

計畫編號為83科技-2.11-林-14(3)。

【 Abstract 】 We studied forest road problems from several aspects: (1) the forest road opinions from forest technicians.(2) the utilization of goal programming on allocation of forest road density in Dung -Hsui forest administration district.The results were shown as follows:(1) The primary purpose of building a forest road was under consideration of felling, but now, the function of forest road emphasis on silviculture, forest administration,conservation and recreation.(2) After the calculation of goal programming, the optimal road density on timber production is 5.64m/ha,on watershed protection is 1.68m/ha, on forest recreation is 15.60m/ha.(3) According to the results of questionnaire,the most important issue of forest road is to flatting the road surface.

【 Key words 】 Forest Road Density 、 Goal Programming

一、前 言

林道為森林資源經營管理上所必須具備的基本設施，舉凡森林資源的開發、造林撫育、防範森林火災、病蟲害防治及發展森林遊樂事業，均有賴於林道的開闢及維護，使得以上管理的工作能順利完成。

根據林道發展的歷史得知往昔林道的開設以伐木採運為主要目的，近年來在國土保安政策的指引下，國有林的伐木採運已經停頓，林道功能逐漸喪失原有目的，取而代之的是以環境保育觀念為主的更新造林、森林保護、森林遊樂、及各項林業行政管理之多目標現代化經營，因此有關林道如何在環境保育政策下配合森林多目標經營是當前值得研究的課題。

鑒於上述事實，本研究擬先探討本省林道發展的現況；其次從與林業人員的訪談中，瞭解其使用林道的情形，及其對林道重要性看法；最後再採用目標規劃的方法，將現有之林道密度做合理的分配，使林道能有效率地發揮其功能，以達成預期的各項目標。

二、前人研究

(一) 林道密度方面

姚鶴年氏(1969)在「林木採運規則」一書中指出，日本林業基本法中有關林道之規定為：
1.促進低開發地區的林道網。
2.改善林道貸款制度及稅賦法。
3.檢討先行投資辦法(國營方式)。
4.改善林道構造及管理規程。
5.檢討林道養護制度。
6.測定林道經濟效果。
7.研訂林道網適當密度。
8.其他林道規劃發展事宜。

姚鶴年氏(1975)在「臺灣需要林道網政策」中，指出站在全省經濟發展、水土保持及林地管理的立場，產業道路應與林道系統配合，不宜個自為政。林區內林道網的結構係以林道間距和林道密度為指標，而林道密度受到地形、地物、地質、土壤、氣象、植生....等諸多因

素的影響,其中以地形因子最重要,因此應由地形來決定最經濟的作業方式與林道密度。

吳順昭氏(1978)在「日本林道事業之現況與發展之研究」一文中指出,日本近年來為提高森林之開發價值,正全力投資興建林道,以期由林業建設促進農業發展及鄉村經濟及文化之振興。

吳順昭氏(1980)在「論現代化之林業經營與林道建設」一文中,指出林道的功能包括林產物、苗木、肥料的搬運外,尚可發揮撲滅森林火災、縮短林業人員住宿地點與作業地點間的距離、可分散伐採區域以便於擇伐作業的實施、有助於森林遊樂事業的推展。

陳周宏氏(1980)係以森林開發處之棲蘭山林區為對象。探討有關林道的興建、維護、災害與利用等基本問題。並分別利用南方康與Matthews的公式計算棲蘭山區的最適林道密度,其結果分別為20.65m/ha及22.73m/ha。

Hiroshi Kobayashi (1984)曾說明林道網路的目的,是在決定如何配置林道的路線,俾便有效的利用森林,運用林道密度的理論,以電腦為工具,以數量化的方式解決林道位置的計劃系統問題,並在合理的配置下益本比可達到最大化。

根據本研究室蒐集林道的資料,本省林學界對林道方面的研究篇幅不多。在1980年代以前是以介紹本省林業經營與林道建設的關係、介紹日本林道的概況等報告為主;在1980年代以後的研究偏重在工程技術的研究;而有關林道演進的歷史、政策的探討及其有關的法令之研究、林道密度研究及目標規劃在林道研究上的運用篇幅仍少,本篇報告擬從上述的幾個方向探討有關林道方面的問題。

(二) 目標規劃方面

作業研究(Operation Research)自第二次世界大戰發展到目前為止,其應用範圍已相當廣泛。在林業上是以線性規劃(Linear Programming)的應用最廣,其主要應用在森林經營計畫、林相改良和變更、土地利用規劃、伐木運材作業計畫、木材市場、森林調查、野生動物和森林遊樂經營、林產製造及工廠管理等方面。由於森林經營皆以多目標利用為原則,所以有關森林經營的多目標問題,可採用目標規劃來解決(王德春、蕭代基,1975)。因此,將其應用於林業之相關研究文獻,列舉如下:

1. 國外方面

(1) 一般森林經營問題

由Field (1973)首先應用於林業,而詳細的描述目標規劃的技術,並以一小塊林地經營為例證,同時考慮林木出售與小木屋租金收入,以及夏天假期與秋天狩獵活動之雙重目標。

另外,Schuler, Webster和Meadows (1977)明白指出經營多目標利用資源是件複雜的事情,而目標規劃正是提供一種決策和評估其替換關係的有效方法。其以一個10,000英畝的國有林地為經營的實驗區,以證明目標規劃可滿足各個不同目標的達成,使其價值達到極大化。

(2) 林木改良計劃

Porterfield (1976) 運用目標規劃找出苗木遺傳性狀的結合和選拔的強度，以使得基因改良儘可能地達到計畫目標。並由於改變林木改良計畫的組成，而產生大量的敏感性資訊，顯示目標規劃模式是富有彈性的。

(3) 森林收穫表問題

Kao和Brodie (1979) 描述目標規劃應用於林業，解決了各種不同測度單位的目標，如完全的規整、最大淨現值、相同收穫量等。並提供每個目標的最適解和考慮三個同等重要目標的折衷解，目標規劃克服了產生不可行項目和滿足多個最適替換的問題，以及考慮3個目標和最小化之權重差異。

另有Field, Dress和Fortson (1980) 說明線性規劃是一種最廣泛地應用於林木收穫表的模式，而目標規劃不同於線性規劃是其常用於分析多目標問題，如土地經營計畫。但是，若互補的使用線性規劃和目標規劃於林木收穫表中，則可改善敏感度測試和策略的選擇。

(4) 森林調查問題

Mitchell和Bare (1981) 描述可分離的目標規劃方法應用於多個目標之層級隨機取樣 (Stratified Random Sampling, SRS)，在此是應用於包含6個目標及14個層級的森林調查問題。

(5) 土地使用問題

Dane, Meador和White (1977) 提出土地使用計畫的九個步驟，以決定為了達成這些需求之複雜交互作用，並提供給決策者各種不同滿足水準的替代方案。

Arp和Lavigne (1982) 考慮林木收穫、散佈遊憩、發展遊樂及狩獵和野生動物經營四個目標於一筆11,070公頃的土地經營計畫中，並以一組土地利用容量係數，不同優先次序組和2-36年的計畫範圍來分析。其結果顯示，多目標使用之衝突可經由改變使用的優先次序或經由擴展計畫範圍從短期到中、長期來解決此一問題。

Mendoza, Bare和Campbell (1987) 描述多目標規劃在複雜的森林計畫中，其考慮的目標有林木資源、改善水質、保護野生動物及增加遊憩機會等方面，並扮演產生不同替代方案的重要角色。

2. 國內部分

(1) 線性規劃在森林經營上之應用

楊榮啓和陳源和 (1968) 首先應用線性規劃方法於森林經理計畫。其後，楊榮啓、陳源和及林文亮 (1978) 應用數學程式於編擬臺大實驗林林木收穫計畫。

劉浚明 (1991) 應用線性規劃求解等量伐採規劃問題。劉浚明及鍾旭和 (1993) 應用數學規劃方法建立臺灣杉非線性收穫模式。

(2) 王德春和蕭代基 (1975) 提到目標規劃用於解決森林經營多目標問題，其最適解只要儘

可能的接近預定的目標即可，而這種適應性非常適用於森林經營多目標的情況。尤其對於互競的目標，可按決策者主觀的要求，有效的分配資源。

(3) 土地使用規劃問題

蕭代基（1978）在其論文中提到利用目標規劃模式於森林土地使用上之規劃，並以台大溪頭實驗林為對象，考慮森林保護、遊樂、林木收穫及財政四個目標。

許秀英（1992）在其論文中亦是利用目標規劃模式於森林土地使用上之規劃。其對整個目標規劃過程作一詳盡的敘述，並將線性規劃與目標規劃作一比較，更以大埔事業區為對象，考慮國土保安、水源涵養、林木生產及森林遊樂四個目標。

李佳珍（1988）運用目標規劃方法，考慮環境保護、森林遊樂及木材收穫三項目標，探討森林資源多目標利用的最適分派。

林文亮（1992）之「生態環境保育之森林資源分配多目標數學規劃」論文中，以屏東林區管理處的荖濃溪及潮州二個林事業區為對象，先針對木材分期伐採材積及面積規劃，並加入了模糊集合觀念。

綜合上述，目標規劃在林業上的應用主要有林木改良計畫、森林收穫表、森林調查及土地使用計畫等問題，其中又以土地使用計畫應用的最多，而幾乎無人應用於林道規劃問題。但是，林道為森林多目標利用之手段，且各個目標間有互競或互補的關係存在，所以本研究嘗試以目標規劃的方法來研擬林道有效合理分配之可行性。

三、研究目的

1. 探討林道現況、林業人員對林道重要性的體認。
2. 採用目標規劃的方法，將現有之林道密度做合理的分配，使林道能有效率地發揮其功能，以達成預期的各項目標。

四、研究方法及理論

根據以上目的，本研究採用的方法及理論如下：

（一）蒐集及彙整資料：

有關現有林道概況的課題係以多方面蒐集及研讀有關林道方面的資料彙整而成，在蒐集資料的過程中，承蒙林務局林道課、電腦室及東勢、南投二林區管理處大力提供，特此致謝。

（二）問卷訪問：

本研究為瞭解林業人員對林道重要性的體認，特以東勢、南投兩個林管處為訪問對象，包括本處之治山、林政、育樂及作業四個課，以及其所轄之工作站(東勢林管處有雙崎、鞍馬山、麗陽及梨山四個工作站，南投林管處有台中、竹山、水里、埔里及丹大五個工作站)，針對其從業人員做全面性的調查。東勢林管處回收96份問卷，5份無效，南投林管處回收160份問卷，4份無效，合計有效問卷共247份。

問卷內容之設計偏向結構式問題，以自填方式調查，採現場回收，若因故無法現場回收，則煩請專人收齊寄回。將所得資料先以DBASE III或LOTUS建檔，再以SPSS+PC、STATGRAPHICS做統計分析，採全體樣本分析或東勢林管處及南投林管處個別分析，並加以比較其結果。

(三) 目標規劃理論

1. 目標規劃的基本觀念

(1) 意義、基本假設、理論基礎及一般式

1) 意義

目標規劃係由線性規劃所衍生的數學規劃方法，可有效地解決多元目標問題(Multiobjective Problem)。它結合了經營者的目標，有效地掌握資源，提昇資源的使用效率而產生經營計畫。並分析此計畫達成目標的程度，及瞭解其差距產生的原因，以作為改善的依據。從另一個角度來看，目標規劃係根據經營者的慾望，將各種不同的目標訂定優先順序與權數大小，以利研判達成預定目標的程度，並產生具體的數值供為比較、分析與選擇。(白健二，1989)

2) 基本假設

目標規劃的基本假設是承襲了線性規劃所考慮的假設(Bell, 1976)。線性規劃模型的基本假設有四點(高孔廉、張緯良, 1993)：

a. 可加性(Additivity)

活動之間相互獨立的，各個獨立活動其產出的總和必須等於個別產出相加。如：A方案要開10公里的林道，而B方案要開30公里的林道，若將A方案和B方案結合，則要開40公里林道。

b. 比例性(Proportionality)

就活動向量的限制條件部份來看，每一種生產活動其每單位產出所需之資源投入量均為固定，一定倍數的投入可以得到相同倍數的產出。如：1公尺的林道可運送50名遊客，則2公尺的林道可運送100名遊客。

c. 確定性(Deterministic)

模型中所有的參數均必須為已知且確定的數值，即資源供給、投入產出係數都已知且確定。如：1公尺的林道可運送50名遊客，這1及50均為已知且確定的數值。

d. 可分割性(Divisibility)

每一種生產活動均被認為是連續的，可以無限分割。如：林道長度可分割為0.1公尺，0.01公尺等。

3) 理論基礎

目標規劃並非求最佳解，而是求維持在某水準的滿意解，在追求資源應用的多目標成

果，以尋求目標與成果間的最小差距。

4)一般式

目標規劃方法首先為Charnes，Cooper和Ferguson於1955年由線性規劃發展出來，直到1961年Charnes和Cooper才開始使用目標規劃此一名詞。目標規劃之一般形式為：

$$\text{極小化：} Z = \sum ([W_i^+][D_i^+] + [W_i^-][D_i^-])$$

$$\text{受限於：} [A][X] - [I][D^+] + [I][D^-] = [G]$$

$$[B][X] \leq, =, \geq [C]$$

$$[X_j] \geq 0, j=1,2,\dots,n$$

$$[D_i^+], [D_i^-] \geq 0, i=1,2,\dots,m$$

$$[D_i^+] \times [D_i^-] = 0, i=1,2,\dots,m$$

式中

[X]：n*1的向量，表示n個決策變數。

[G]：m*1的向量，為m個目標的目標值。

[D⁺],[D⁻]：m*1的向量，分別表示大於或小於目標值的偏差（Deviation），稱為正、負差異變數。

[W⁺],[W⁻]：1*m的向量，分別表示決策者對於各目標每單位偏差的權數，也是有關於[D⁺],[D⁻]的優先順序因素。

[I]：m*m的單位矩陣（Identity Matrix）。

[A]：m*n的矩陣，表示m個目標與n個變數間的關係。

[B]：p*n的矩陣，表示n個決策變數與p個限制條件的關係。

[C]：p*1的向量，表示p個限制條件式的右端係數。

在明瞭了目標規劃的意義、基本假設、理論基礎及一般式之後，再將一些其他的重要觀念詳述如下：

(2) 差異變數（Deviation Variable）

目標規劃中的差異變數類似線性規劃中的虛變數（Slack Variable）和剩餘變數（Surplus Variable），由於差異變數的使用，使目標規劃模式在處理複雜的實際問題時，更具有彈性。且差異變數具有下列四項特性：

- 1) 以差異變數取代目標函數中之決策變數，可簡化目標函數，使模式能夠考慮更多更複雜的狀況。
- 2) 如果要求超出目標，則應求負差異變數[D_i⁻]極小；如果要求低於目標，則應求正差異變數[D_i⁺]極小；又如果要求目標之確切達成，則應求[D_i⁺] + [D_i⁻]極小。因[D_i⁺]與[D_i⁻]至少有一為零，故無法同時達到低於目標和超出目標兩種情形，即[D_i⁺] × [D_i⁻] = 0。

3)以單體法 (Simplex) 求解時,由於正、負差異變數的使用,可免除因限制條件不等式方向相反或同時含有等式限制條件,以致無法尋找起始可行解的問題。

4)差異變數的引用,可處理目標函數的變數衡量單位不一致之模式。

(3) 優先次序 (Priority) 與權數 (Weight)

1) 優先次序

優先次序因子是一序數的觀念,彼此間只有大小次序的關係,沒有數字比例的關係。可以數學式 $P_i \gg P_{i+1}$ 表示,是指 $P_i > n * P_{i+1}$, n 為任何值。而優先因子演算法 (Priority Factor Algorithm) 是獲得優先次序係數的良好方法,其可應用於電腦中運算 (Field, 1973)。

在多目標計畫中,對於特別目標需要考慮其重要性並安排其優先次序。在求算解答時,須從最優先的項目開始,逐項達成目標 (張家澤, 1979)。即使用優先次序去建立絕對優勢,也就是第一個目標未滿足之前不考慮第二個目標 (Lee, 1972)。例如:我們在林道多目標利用中,是以環境保護為最優先考慮,則必須滿足了這個目標,再逐項達成其他目標。

2) 權數

權數是使用在同一優先順序下之不同目標,依其輕重緩急,可考慮使用權數以利優先選擇。而權數值的決定,往往是考慮其機會成本或遺憾比率 (rate of regret) 作為權數 (張家澤, 1979)。

權數的變化,可以補償各種規劃單元的目標,以表示其相對價值。如此便可完全自由地以適當測度單位去測量每個目標,如元、立方公尺、公頃和遊客人次等 (Bell, 1976)。

(4) 替換關係 (trade-off)

Cohon和Marks (1975) 強調決策者要求在非劣等解組合內提供可行替換方案,而目標規劃模式內允許改變其目標值和權數的反覆運算。經由這些反覆運算的結果,會表示出一些替換關係,可以由經營者來決定方案的使用。

(5) 目標

設定目標的一個方式是利用目前計畫單元的產出,這表示是在理想的情況下,但可能並不真實。另外的方式是對於重要產出先以非常低的目標水準來解,看其有什麼樣的結果,然後利用這些產出或生物潛力,再由經營者或公共意見的投入,建構一些適當的目標水準 (Bell, 1976)。

2. 目標規劃模式設計的步驟

在張家澤 (1979) 的「目標規劃」一書中,將設計目標規劃模式的重點與步驟,說明如下:

(1) 決定有關變數與限制條件

設計目標規劃的第一個步驟是決策變數與資源限制量的決定。資源限制量係指限制條件

方程式右邊的常數，此項常數往往是資源或者計量化目標值，且與問題有關的決策變數必須在這個步驟裡全部決定。

(2) 限制條件的陳述

決策變數經選定後必須設計限制條件，限制條件代表變數間的系統或決策變數與目標間的關係。若某限制條件不含差異變數時，應設立含有差異變數之限制條件。若對目標及優先次序作進一步分析時，其有關的差異變數視其需要再分為更詳細的變數，以資配合。

(3) 目標函數的設立

配合經營目標的結構，設計目標函數。首先應對各差異變數指定優先次序，其優先次序依照經營目標的重要性來安排，然後對於同一優先次序差異變數再加入權數的運用。

此一設計目標規劃模式之步驟簡明易懂，為一般解決多目標問題之適當流程，頗值得參考。

3. 目標規劃與線性規劃之比較

目標規劃是由線性規劃所衍生出來的一種數學規劃模式，其一些基本假設條件和線性規劃相同，主要差異是在於模式的建立上。

目標規劃與線性規劃的差異主要在於變數、限制條件、測度單位、目標函數、目標重要性的考慮、求解目的（解的本質）、解的差異、解的數目及解值範圍等方面，茲列如表1。

表1. 目標規劃與線性規劃之比較

Table 1. The comparisons between goal programming and linear programming

	線 性 規 劃	目 標 規 劃
1. 變數	引用虛變數與人為變數	引用差異變數
2. 限制條件	資源限制或營運限制，只允許正差或負差存在	除資源限制外，正負差可同時雙向存在
3. 測度單位	決策變數之測度單位一致	可由不同測度單位組成
4. 目標函數	只能處理單一目標的規劃	可處理具衝突性的多目標規劃
5. 目標重要性的考慮	無	可同時考慮優先次序及權數大小
6. 求解目的（解的本質）	單一目標極值，最佳解	最能滿足其目標結構之方案，妥協解
7. 解的差異	能夠以數字為衡量單位之計數解（cardinal solution）	對解的喜好程度順序之序數解（ordinal solution）
8. 解的數目	限制條件互相衝突，可能無解	允許正負差異存在，保證有解存在
9. 解值範圍	最大化的產出值，值的範圍介於0 到任何可能的數之間	目標和產出之間最小化的差異，值的範圍位於我們的目標和任何可能的數之間

（資料來源：許秀英，1992）

由表1可明顯看出目標規劃適於多目標規劃的應用，而林道是屬於多功能性的，故對林道的規劃問題，亦是採用目標規劃模式來作規劃。

五、結果與討論

(一) 林道的意義及分類

1. 意義

根據林守誠氏在1972年時對林道所下的定義是：「供林產品運輸，以及管理上之交通連絡而設的道路」。但由於近些年來環保意識的抬頭及森林遊樂的興起，林道在林產品的運輸功能上已退居次要角色，而在為森林保育、森林遊樂及林業行政管理等提供服務性功能的角色反而益形重要。

2. 林道在陸地道路運輸體系上所佔的位置

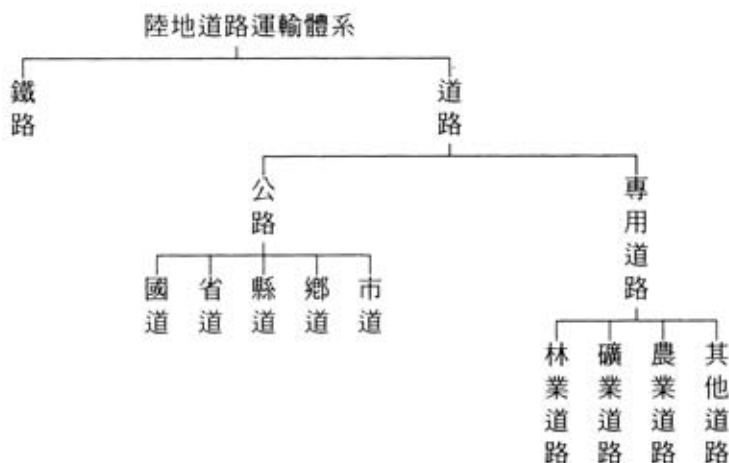


圖 1. 林道在陸地道路運輸體系上所佔的地位

Figure 1. The position of forest road on road transportation system

3. 本省林道的分類

(I) 傳統的分類係依交通工具及建築之性質區分：(朱盛東1976)

- A. 步道：專供人行使用，可供遊客及林務人員巡視林野之用，路寬約1公尺。
- B. 牛馬道：供牛馬負運木材之用，路面較步道寬。
- C. 橇道：在積雪的傾斜地區，以橇為運材工具，運用雪的滑力運材。

- D. 車道：供人力、獸力及鐵牛車輛所用的便道。
- E. 臺車軌道：在路基鋪上軌條，木材藉人力或木材本身的重量而滑行。
- F. 木馬道：為行駛木馬的道路，木馬構造與橇略同。
- G. 傾斜鋼軌索道：因地形之故，不能架設索道地點，且也不能依普通方式鋪設鐵軌的地方，可採用此種傾斜鋼軌索道，亦稱伏地索道。
- H. 運材卡車路：運材專用的卡車路，可分甲、乙、丙及臨時等四個等級。
- I. 森林鐵路：係將若干運材車箱編成一組列車，利用機關車拖動；滿載木材時，係運用順坡自動向下滑行，其速度可利用煞車系統控制之。
- J. 架空索道：大多於山間設置，係將鐵索架設於空中，保持適當的傾斜、曲度，以便運送木材及其他物品。

(2) 配合伐木採運業務的分類

民國78年7月林務局改制為公務機關以前，林道以配合伐木採運業務為主，分甲、乙、丙及及臨時林道等幾級，此外尚有配合森林遊樂發展的六級路面，有關其道路設計標準請參考表2及圖2：

表2.臺灣省林務局各級路面執行標準

Table 2. The standard of forest road

主要項目	設計標準					備註
	六級路面		林道			
	雙車道	單車道	甲種	乙種	丙種	
路幅(m)	7.50	6.00	5.00	4.50	4.00	以直線為準，未加寬。
縱坡度(%)	10.00	10.00	10.00	10.00	15.00	最大縱坡度。
平曲線(m)	25.00	25.00	20.00	15.00	10.00	最小半徑，山嶺區。
外側路肩(m)	1.00	1.00	0.50	0.50	0.30	路肩寬度含於路幅中。

資料來源：中華民國臺灣森林志(1993, p.437)

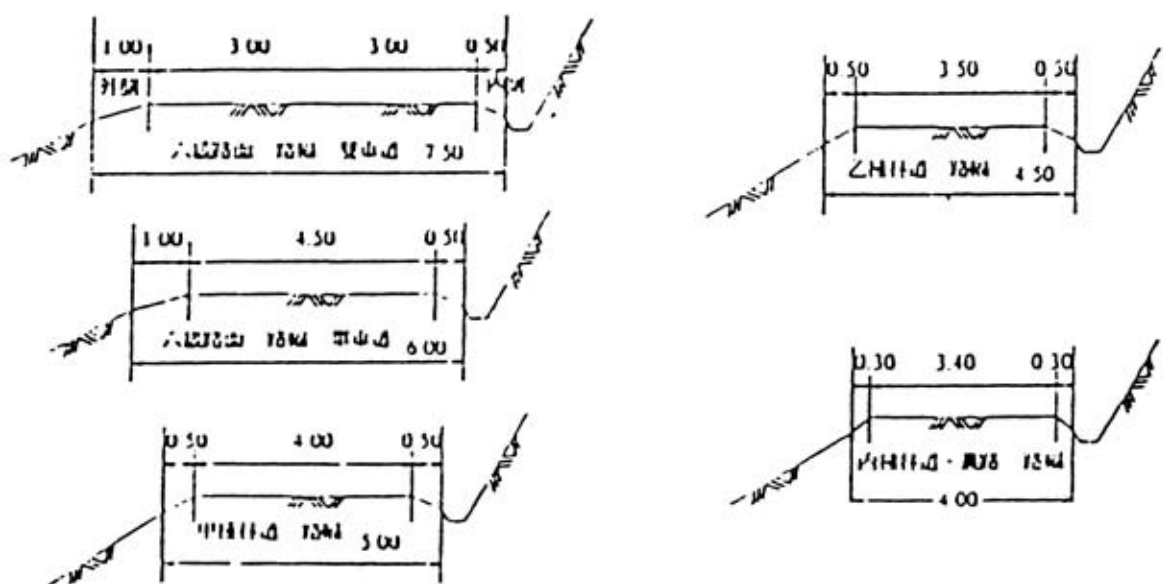


圖 2. 林道路面橫斷面之構成

Figure 2. Cross section of forest road surface

(3) 配合森林多目標經營的林道分類方式

民國78年林務局改制後，加強多目標森林經營，其所轄林道經檢討評估後，依重要性及改善維護優先順序分為主要林道、次要林道及一般林道，茲分述如下：

- A. 主要林道：是森林遊樂區及造林中心區的聯外道路。
- B. 次要林道：是造林中心區及一般造林業務而開設的道路。
- C. 一般林道：是造林及從事森林保護業務的路線。
- D. 臨時林道：為伐木採運業務而臨時開的便道。
- E. 六級公路：交通部公路路線設計標準之最低等級，惟其標準仍較林務局之甲種林道規範為高，是森林遊樂區聯外道路的主要規格。

(4) 伐木採運分類與多目標分類間的關係

根據吳順昭氏在「中華民國臺灣森林志」木材生產有關林道一節中指出：甲種林道適用於主要林道，乙種及丙種林道適用於次要林道，而丙種及臨時林道適用於一般林道，六級路面較甲種林道的標準還高。本研究特將兩種林道間的轉換，製成表3如下：

表3. 林務局在改制前後林道分類數量的演變

Table 3. The quantitative change of forest road under different road classification

改制前	改制後						合計	
	主要林道		次要林道		一般林道		條	%
	條	%	條	%	條	%		
六級路面	1	100.0					1	100.0
甲種林道	2	100.0					2	100.0
乙種林道	3	27.3	7	63.6	1	9.1	11	100.0
丙種林道	3	9.1	21	63.6	9	27.3	33	100.0
臨時林道	3	8.3	7	19.5	26	72.2	36	100.0
合計	12		35		36		83	

在改制前有86條林道，而表3僅有83條林道的原因：

- 在改制前原來巒大處的人倫林道的本線為丙種林道，而支線為臨時林道，但在改制後的資料將其合併計算為一條次要林道。
- 在改制前原來巒大處的丹大林道的本線為丙種林道，而支線為臨時林道，但在改制後的資料將其合併計算為一條次要林道。
- 改制前的楠濃處的梅蘭林道在改制後已無資料。
- 改制後的東勢處武陵便道(主要林道)、屏東處的美瓏山林道(次要林道)、大漢林道支線(次要林道)及臺東處的知本林道(主要林道)，在改制前均無資料。

由表3得知六級路面及甲種林道均全部(100%)規劃成主要林道，乙種及丙種林道均有63.6%規劃成次要林道，臨時林道有72.2%規劃成一般林道；大體上而言，林道由伐木採運轉變為多目標功能時，其分類原則的轉變誠如吳順昭氏所述，但是有部份林道仍根據其地形條件及其功能做了升級或降級的調整；在升級方面，例如乙種林道(27.3%)丙種林道(9.1%)及臨時林道(3.0%)規劃成主要林道；在降級方面，乙種林道(9.1%)規劃成一般林道。

(二) 林道現況

1. 林道長度及密度

本研究根據林務局林道課所提供的資料將改制前後各林區管理處的林道資料列於表4及表5如下：

表 4. 林務局在改制前的林道基本資料

Table 4. Basic information of forest road before institutional change of T.F.B

長度單位：公里

林區管理處	項 目													
	林地面積 (公 頃)	六級路面		甲種林道		乙種林道		丙種林道		臨時林道		合 計		林道密度 (公尺/公頃)
		數量	長度	數量	長度	數量	長度	數量	長度	數量	長度	數量	長度	
文山林管處	61276				2	30.0	1	13.7		1	1.0	4	44.7	0.73
竹東林管處	108498							6	115.8	12	122.2	18	238.0	2.19
大雪山林管處	59733			1	78.5	5	241.9					6	320.4	5.36
大甲林管處	79512					1	4.3			2	39.8	3	44.1	0.06
鹽大林管處	127128							2	113.1	7	195.9	9	309.0	2.43
埔里林管處	84496									7	246.2	7	246.2	2.91
玉山林管處	116835					1	4.2	1	45.0	4	68.0	6	117.2	1.01
楠濃林管處	129386			1	40.3			7	186.3			8	226.6	1.75
恆春林管處	89328							3	58.0	1	6.0	4	64.0	0.72
關陽林管處	171152	1	27.4			1	62.0	2	49.0	6	127.0	10	265.4	1.55
木瓜林管處	171791							2	99.8			2	99.8	0.58
玉里林管處	141551					1	37.0	3	127.0			4	164.0	1.16
關山林管處	227852							5	178.0			5	178.0	0.78
合 計	1572538	1	27.4	2	118.8	11	379.4	32	985.7	40	806.1	86	2317.4	1.47

資料來源：民國77年各林區管理處林道資料卡

表 5. 林務局在改制後的林道基本資料

Table 5. Basic information of forest road after institutional change of T.F.B

長度單位：公里

林區管理處	項 目									
	林地面積 (公 頃)	主要林道		次要林道		一般林道		合 計		林道密度 (公尺/公頃)
		數量	長度	數量	長度	數量	長度	數量	長度	
新竹林管處	162124	4	90.10	1	17.72	17	184.03	22	291.85	1.80
東勢林管處	138735	4	88.90	5	153.80	1	38.00	10	287.70	2.07
南投林管處	199378	1	10.63	8	289.00	4	33.71	13	333.34	1.67
嘉義林管處	139517	1	5.10	3	112.70	2	15.00	6	132.80	0.95
屏東林管處	196048	1	40.00	8	192.70	4	71.00	13	303.70	1.55
羅東林管處	175727	2	48.40	1	54.50	7	155.00	10	257.90	1.47
花蓮林管處	321197			7	311.45			7	311.45	0.97
臺東林管處	226548	1	25.00	4	152.00	1	32.00	8	209.00	0.92
合 計	1559274	14	308.13	37	1283.87	36	528.74	87	2120.74	1.36

資料來源：民國81年編訂之林務局各林區管理處轄內「林道網建設與維護」優先順序統計表

由民國77年各林區管理處的林道資料顯示，當時13個林區管理處總共有林道86條，總長度為2,317.40公里；而各林區管理處的林道長度長短不一，以大雪山林管處的320.4公里為最長，大甲林管處的44.1公里為最短。其全距(最大長度-最小長度)為276.3公里。

改制後的林務局有八個林區管理處，林道共有87條，總長度為2,120.74公里，最長者為南投林管處，有333.34公里；最短者嘉義林管處的132.80公里。其全距為200.54公里。

若將改制前後的林道長度做一比較，可發覺改制前的各林區管理處的林道長度差異較改制後為大，除了上述全距可證明外，前者的變異係數(標準偏差除以平均值)為0.548，後者為0.247，更可證明兩者間的差距。這種變異係數的差距意味著林務局在改制以後，其林道的分佈較改制以前均勻。

2. 林道用途

林道開設當初的目的和目前的用途間之差別，如表6所示。而林道功能雜異程度則列如表7所示。

表6. 林道用途表

Table 6. The functions of forest road

林區管理處	項 目									
	當初開設時用途					現 在 用 途				
	運材	造林	林政	遊樂	其他	運材	造材	林政	遊樂	其他
新竹林管處	4	2	2	2		3	21	21	6	
東勢林管處	5	1					9	11	3	
南投林管處	11	1			1	4	12	12	4	
嘉義林管處	5			1		2	5	8	3	
屏東林管處	12	11	9			3	12	12	3	
羅東林管處	9	5					8	3	2	2
花蓮林管處	8	7	6				8	6		
臺東林管處	4	5				4	5			
合 計	58	32	17	3	1	16	80	73	21	2
%	90.6	50.0	26.6	4.7	1.6	18.4	92.0	83.9	24.1	2.3

* 在林務局所提供的林道資料中，有填寫林道當初開設用途者有64條，而有填寫現在用途者有87條，因此本表中的百分比是根據實際有填寫的資料計算而得。

表 7. 林道功能雜異程度表

Table 7. The diversity of forest road function

用 途	提供功能數					加權平均
	1	2	3	4	5	
當初用途	29	16	5	14	0	2.06
現在用途	10	25	38	13	3	2.71

由表6得知當初開設該林道是爲了其能發揮伐木採運功能者有佔90.6%，能提供造林用途者佔50%，具有林政用途者佔26.6%；可是現階段林道具有運送木材功能者僅有18.4%，而具有造林及林政功能者分別越升至92.0%及83.9%，此外能提供遊樂功能的林道也增加至24.1%。若從林道所能提供功能雜異的程度來看(表7)，以前一條林道平均能提供2.06個用途，現在則能提供2.71個用途，其意味著林道的用途較以往增加。

(三)問卷調查結果討論

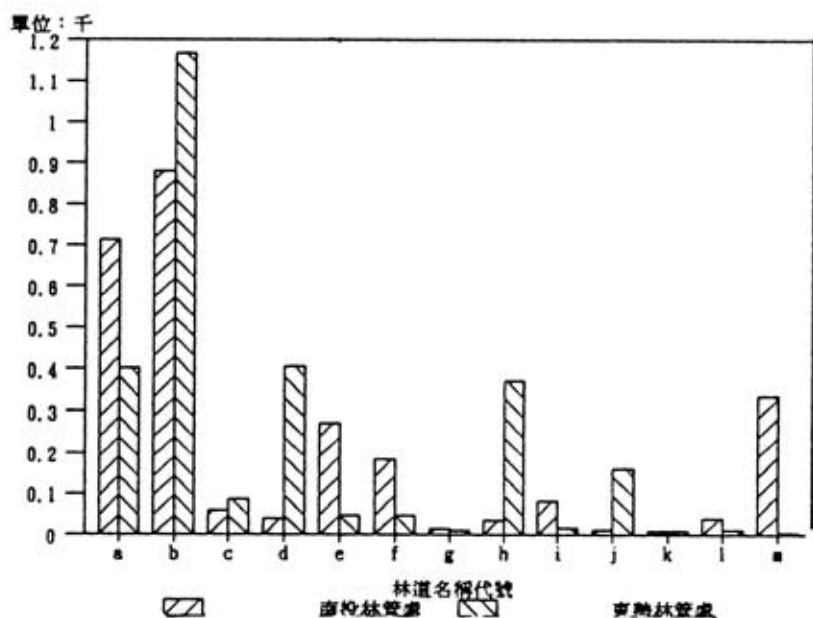


圖 3. 南投、東勢林管處各條林道之使用當量

Figure 3. The Use equivalence of every forest road of Nan-tou and Dung-hsi forest administration

問卷調查以南投和東勢二林區管理處的林業從業人員為對象，其結果討論如下：

1. 各條林道使用情形以其使用當量(使用當量=Σ(平均使用長度*年使用次數/林道長度))來表示(圖3)。南投林管處以丹大林道(b)之使用當量最大，人倫林道(a)次之，奧萬大林道(m)再次之，尖台林道(k)最小；而東勢林管處則以裡冷林道(b)之使用當量最大，140林道(m)最小。林道使用當量之大小，可作為林道改善或封閉之依據。倘若林道數量過多，則封閉林道以使用當量小者為優先；倘若林道數量不足，則改善林道以使用當量大者為優先考慮。
2. 就林道使用目的而言(圖4)，以巡山護管、造林撫育及辦理林政之每人平均使用次數較高，辦理遊樂次之，運材最少，表示目前多為巡山護管、造林撫育及辦理林政目的而使用林道。再依不同林管處比較之，雖然巡山護管、造林撫育及辦理林政三者次序略有不同，但經 χ^2 (Chi-square)齊一性檢定結果，其值為8.58，機率值0.0725大於0.05之顯著水準，不顯著，故二個林管處的看法無顯著差異。

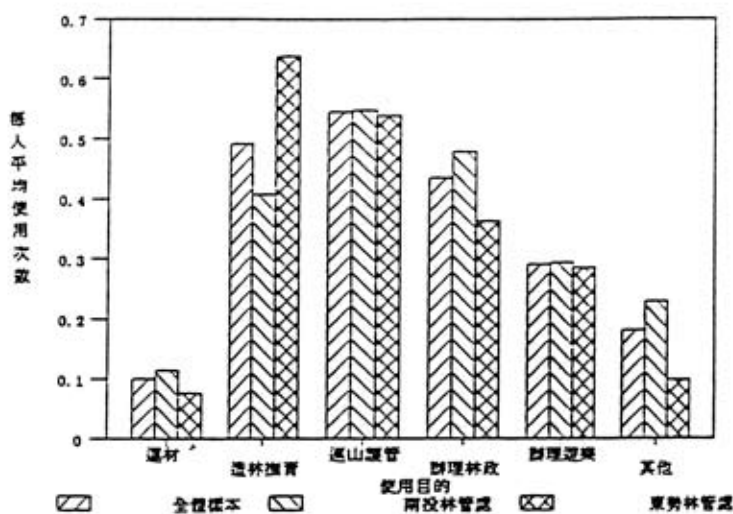


圖 4. 林道使用目的之次數比較

Figure 4. The comparison of frequency of different using purposes of forest road

3. 就林道改善項目之優先順序而言(圖5)，整體上是以路面整平為最優先，邊坡穩定次之，寬度拓寬再次之，長度延長最後。將南投及東勢兩個林管處分開比較，其結果相同，顯示大多數人認為林道使用安全性及維持暢通最重要。

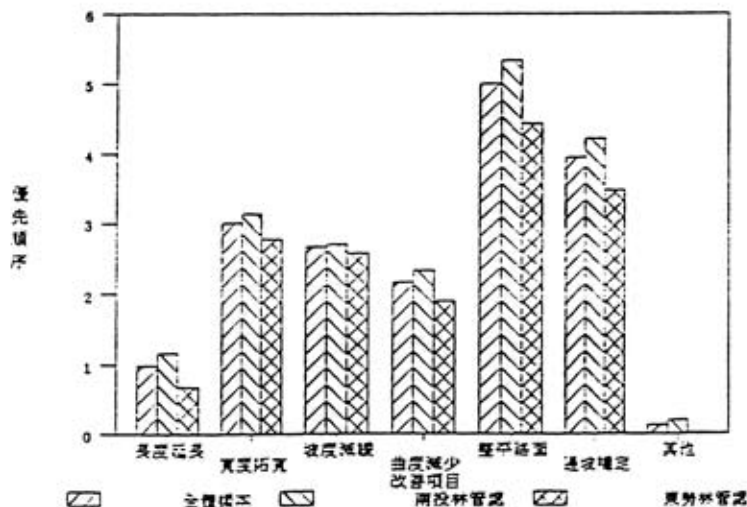


圖5. 林道改善項目之優先順序

Figure 5. The priority of improved items of forest road

4. 在林道各項業務之重要性方面(圖6)，以造林、保林、林政較重要，遊樂次之，運材最不重要。顯示目前林業機關是以造林、保林及林政業務為導向，符合環境保護之潮流。再將林道各項業務間之關係，以 χ^2 (Chi-square) 齊一性檢定，結果有顯著性差異(表8)，表示林道各項業務之重要性不一致。因此，再經配對比較之(表9)，就全體而言，造林、保林及林政三項之重要性一致，而運材及遊樂之重要性各異；就南投林管處而言，只有運材與其他四者之重要性不一致；就東勢而言，造林、保林及林政之重要性一致，而運材及遊樂之重要性各異。

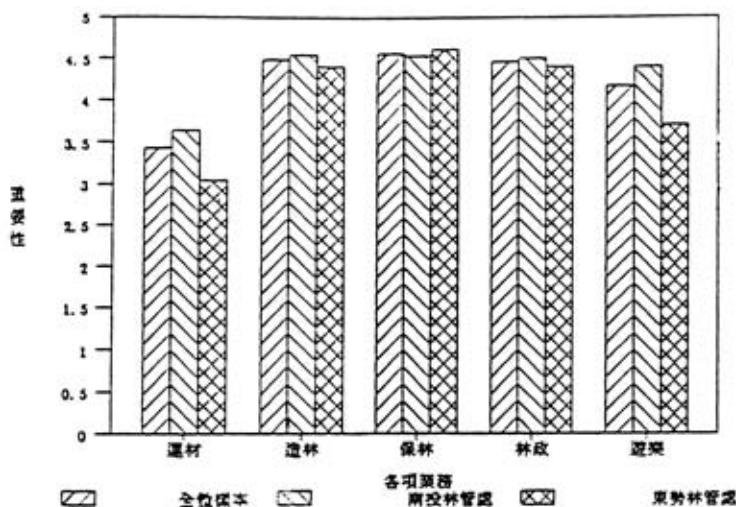


圖6. 林道各項業務之重要性

Figure 6. The importance of various affairs of forest road

表8. 林道各項業務之關係

Table 8. The relation of various affairs of forest road

	全體	南投	東勢
χ^2 值	208.13**	121.51**	135.07**
機率值	0.0000	0.0000	0.0000

註：**表示極顯著，看法不一致

表9. 全體、南投、東勢之林道各項業務重要性之卡方檢定

Table 9. The Chi-square test of various affairs of forest road

機關	全體				南投				東勢			
	造林	保林	林政	遊樂	造林	保林	林政	遊樂	造林	保林	林政	遊樂
運材	91.69** (0.0000)	104.11** (0.0000)	86.29** (0.0000)	34.60** (0.0000)	61.81** (0.0000)	54.58** (0.0000)	48.84** (0.0000)	35.40** (0.0000)	38.54** (0.0000)	51.32** (0.0000)	41.62** (0.0000)	16.45** (0.0025)
造林		1.79 (0.6175)	2.55 (0.4668)	19.34** (0.0007)		2.35 (0.5028)	2.99 (0.2245)	9.38 (0.0785)		5.89 (0.1172)	4.05 (0.2564)	19.29** (0.0007)
保林			4.83 (0.1849)	27.16** (0.0000)			1.67 (0.6426)	4.64 (0.3264)			5.30 (0.0707)	35.31** (0.0000)
林政				20.61** (0.0003)				6.78 (0.1479)				20.91** (0.0003)

註：**表示極顯著，看法不一致；()內為機率值

5. 有關林區管理處內林道數量多寡的問題(圖7)，普遍認為林道數量適中，不多不少，約佔受訪人數的50%；其次為不足，約佔30%；認為太多者最少，約佔3%左右。一般林業從業人員亦多考慮環境客觀因素及本身業務上使用亦感充足，所以大多數認為目前林管處內林道數量恰好，或有限制的開設。

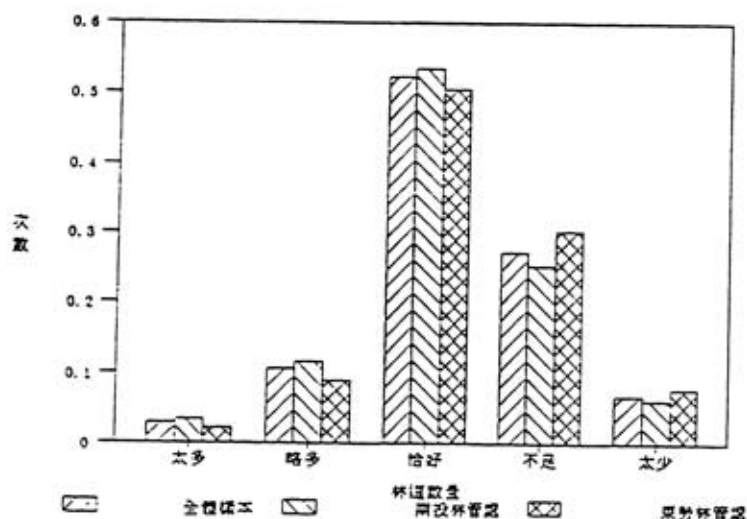


圖 7. 林道數量之意見

Figure 7. The opinions of forest road quantity

6. 將林道使用目的與林道各項業務重要性之關係，經 χ^2 (Chi-square) 齊一性檢定，結果只有對造林之重要性有顯著性差異(表10)，表示不同林道使用目的的人對造林業務重要性之看法不一致。因此，再經配對比較之，顯示除了造林撫育和運材、辦理林政及辦理遊樂三項有差異外，其餘看法一致(表11)。

表 10. 林道使用目的與林道各項業務重要性之關係

Table 10. The relationships between using purposes and affairs of forest road

	運材	造林	保林	林政	遊樂
χ^2 值	16.60	23.73*	12.00	7.55	11.88
機率值	0.4122	0.0222	0.4455	0.4782	0.7524

註：*表示顯著，看法不一致

表 11. 林道使用目的對造林重要性之關係

Table 11. The importance of different using purposes of forest road on silviculture

	造林撫育	巡山護管	辦理林政	辦理遊樂
運材	13.07** (0.0015)	7.09 (0.0690)	3.06 (0.3819)	3.60 (0.1650)
造林撫育		4.79 (0.1876)	13.43** (0.0038)	6.03* (0.0490)
巡山護管			3.19 (0.3640)	2.64 (0.4504)
辦理林政				1.44 (0.6957)

註：**表示達0.01極顯著水準，*表示達0.05顯著水準，()內為機率值

7. 將林道使用目的與林道數量之關係，經 χ^2 (Chi-square)齊一性檢定，結果不論全體或南投或東勢均不顯著，即不論是何種使用目的的人，其對林道數量的看法一致(表12)，均認為林道數量適中，不多不少。

表 12. 林道使用目的與林道數量之卡方檢定

Table 12. The Chi-square test between using purposes and quantity of forest road

	全體	南投	東勢
χ^2 值	8.7952	4.4653	17.4963
機率值	0.9216	0.9978	0.6542

8. 林道使用目的與林道改善項目優先順序之關係(表13)，整體而言，運材及巡山護管與長度延長有正相關，表示運材及巡山護管需可及性。造林撫育與寬度拓寬成負相關，表示寬度拓寬是其認為最不需要改善的，因其業務不需很寬之林道。再將各種林道使用目的對林道改善項目優先順序，經 χ^2 (Chi-square)齊一性檢定，結果均不顯著，即不論是何種使用目的的人，其對林道改善項目之優先順序的看法一致(表13)，以路面整平為最優先，邊坡穩定次之，寬度拓寬再次之，長度延長最後。

表 13. 林道使用目的與林道改善項目優先順序之關係

Table 13. The relationships between using purposes and improved items of forest road

	長度延長	寬度拓寬	坡度減緩	曲度減小	路面整平	邊坡穩定
運材	0.3182** (0.0000)	-0.0258 (0.6869)	-0.0096 (0.8804)	0.0378 (0.5547)	-0.1174 (0.0656)	-0.0693 (0.2777)
造林撫育	0.0895 (0.1611)	-0.1661** (0.0089)	-0.1144 (0.0728)	-0.0740 (0.2465)	-0.0085 (0.8939)	-0.0062 (0.9232)
巡山護管	0.1323 * (0.0378)	0.0810 (0.2047)	-0.0560 (0.3809)	-0.1016 (0.1113)	-0.0095 (0.8822)	-0.1097 (0.0853)
辦理林政	0.0700 (0.2734)	-0.0567 (0.3750)	0.0143 (0.8227)	0.0008 (0.9900)	-0.1155 (0.0699)	0.0734 (0.2504)
辦理遊樂	0.0559 (0.3817)	-0.0613 (0.3370)	-0.0358 (0.5750)	0.0697 (0.2752)	-0.0929 (0.1455)	0.0326 (0.6100)
χ^2 值	26.17 (0.3446)	15.16 (0.9159)	12.10 (0.9788)	20.59 (0.6626)	18.78 (0.7635)	16.26 (0.8785)

註：**表示達0.01極顯著水準，*表示達0.05顯著水準，()內為機率值，-表負相關，+表正相關

(六) 目標規劃理論在林道上的運用

1. 研究區概況

本次研究是以東勢林區管理處為對象，此林區位於本省中部，東經120° 43'至121° 26'，北緯24° 03'至24° 28'之間，東鄰立霧溪事業區(區界亦為花蓮縣界)，西南與巒大事業區毗連，南接埔里事業區、中興大學惠蓀實驗林場及南投縣仁愛鄉發祥、力行兩村山地保留地，北鄰南庄太平山、南澳及大安溪右岸等事業區(附圖一)。林地總面積138,644.74公頃佔本省國有林地總面積之7.42%，森林總蓄積28,170,048.40立方公尺，佔本省森林總蓄積之8.63%。其轄區內分大甲溪、八仙山及大安溪三個事業區，主要集水區有大甲溪及大安溪集水區，並有武陵、合歡山、八仙山及大雪山四個森林遊樂區。

2. 規劃步驟

(1) 規劃單元

以不同事業區配合現有之主要林道、次要林道及一般林道組成四個規劃單元，分別為大甲溪事業區—主要林道、八仙山事業區—主要林道、八仙山事業區—一般林道及大安溪事區—次要林道。

(2) 目標界定

由林務局林道課所提供的資料，依林道目前使用的用途，將其目標界定為木材採運、國土保安、水源涵養及森林遊樂四大目標，且假設四大目標間是完全獨立的。其目標值分列如下：

1)木材採運目標

由東勢林區經營管理暫行計畫中，民國八十六年預定採伐計畫材積為 $2,550.0M^3$ ，故設定其目標值為 $2,550.0M^3/yr$ 。

2)國土目標

A.德基水庫原來可用總容量為 $232 \cdot 10^6 M^3$ ，水庫壽命為113年(何智武，1974)，其年平均可淤砂量為 $2.0531 \cdot 10^6 M^3$ ，故設定其目標值為 $2053.1 \cdot 10^3 M^3/yr$ 。

B.石岡水壩無淤砂量方面之報告。

C.鯉魚潭水庫因剛完成第一期工程，亦無淤砂量方面之資料。

3)水源涵養

A.德基水庫主要用於發電，故發電需水量為其目標值。但因發電需水量與時間無相關性，因此民國八十六年的需水量是以過去營運發電的最大水量 $1548.56 \cdot 10^6 M^3$ 為其目標值，故設定其目標值為 $15485.6 \cdot 10^5 M^3/yr$ 。

B.石岡水壩主要供於給水、灌溉及工業用水，以其營運水量對時間進行迴歸分析，得迴歸式如下：

$$Y = -317.646 + 11.9033X \quad R^2 = 0.4573$$

其中，Y為需水量(單位： $10^6 M^3$)，X為需水年別，分析結果，需水量呈直線趨勢上昇，預測民國八十六年需水量為 $706.04 \cdot 10^6 M^3$ ，故設定其目標值為 $7060.4 \cdot 10^5 M^3/yr$ 。

C.鯉魚潭水庫因剛完成第一期工程，於民國八十二年十月開始營運，故水量資料不足。

4)遊樂目標

A.武陵森林遊樂區由台灣省林業統計之民國七十三年至八十二年之遊樂人數，經對時間進行迴歸分析，得迴歸式如下：

$$Y = -1091632 + 15118.993X \quad R^2 = 0.8194$$

其中，Y為遊客人數，X為年別，分析結果，遊客人數呈直線趨勢上昇，預測民國八十六年之遊客為208,601人次，故設定其目標值為208.6千人次/yr。

B.八仙山森林遊樂區由台灣省林業統計之民國七十五年及八十二年之遊客人數，經對時間進行迴歸分析，得迴歸式如下：

$$Y = -1888531 + 25122.559X \quad R^2 = 0.9741$$

其中，Y為遊客人數，X為年別，分析結果，遊客人數呈直線上昇，預測民國八十六年之遊客人數為272,009人次，故設定其目標值為272.0千人次/yr。

C.大雪山森林遊樂區由台灣省林業統計之民國七十五年及八十二年之遊客人數，經對時間

進行迴歸分析，得迴歸式如下：

$$Y = \exp(-11.5761 + 0.282839X) \quad R^2 = 0.7891$$

其中，Y 為遊客人數，X 為年別，分析結果，遊客人數呈指數型趨勢上昇，預測民國八十六年之遊客人數為 344,882 人次，故設定其目標值為 344.9 千人次/yr。

D. 合歡山森林遊樂區從民國七十八年起便無門票收入，其遊客人數統計不易，故不予列入。茲將上述目標值列如表 14。

表 14. 各項目標之目標值

Table 14. The values of various objectives

目 標	木材採運	國土保安	水源涵養		森林遊樂		
	(M ³)	德 基 (10 ³ M ³)	德 基 (10 ⁵ M ³)	石 岡 (10 ⁵ M ³)	武陵 (千人)	八仙山 (千人)	大雪山 (千人)
目標值	2550.0	2053.1	15485.6	7060.4	208.6	272.0	344.9

(3) 決策變數之設立

林道在不同規劃單元之下，再配合木材採運、國土保安、水源涵養及森林遊樂四項目標，而產生不同的決策變數 X_{ijk} ，如圖 8 所示。



圖 8. 設立決策變數

Figure 8. Setting decision variables

(4)估算林道之投入產出係數

各規劃單元之林道投入產出係數為每年每公里的預期投入值或產出值，其估算如下：

1)木材採運方面

大安溪事業區木材採運係數，由容許年採伐材積為 $47,214M^3$ ，林道長度為 $153.8km$ ，故單位長度可採伐材積為 $306.9831M^3/km/yr$ (東勢林區經營管理暫行計畫)。

2)國土保安方面

德基水庫之年平均淤砂量為 $1041.466 \cdot 10^3 M^3$ (吳宗寶，1994)，大甲溪事業區林道長度為 $4.4km$ ，故單位長度之輸砂量為 $236.6968 \cdot 10^3 M^3/km/yr$ 。

3)水源涵養方面

A. 德基水庫由民國七十三年至八十二年之流入量平均而得年平均水量為 $11000.93 \cdot 10^5 M^3$ ，大甲溪事業區林道長度為 $4.4km$ ，故單位長度之水量為 $2500.2114 \cdot 10^5 M^3/km/yr$ 。

B. 石岡水壩由民國七十三年至八十二年之流入量平均而得年平均水量為 $12614.154 \cdot 10^5 M^3$ ，八仙山事業區林道長度為 $122.5km$ ，故單位長度之水量為 $102.9727 \cdot 10^5 M^3/km/yr$ 。

4)森林遊樂方面

A. 武陵森林遊樂區由民國七十三年至八十二年之年平均遊客人數為 $80,089$ 人，林道長度為 $4.4km$ ，故單位長度之遊客人數為 18.2021 千人次/ km/yr 。

B. 八仙山森林遊樂區由民國七十五年至八十二年之平均遊客人數為 $83,589$ 人，林道長度為 $4.2km$ ，故單位長度之遊客人數為 19.9021 千人次/ km/yr 。

C. 大雪山森林遊樂區由民國七十五年至八十二年之平均遊客人數為 $55,863$ 人，林道長度為 $15km$ ，故單位長度之遊客人數為 3.7242 千人次/ km/yr 。

茲將上述各目標之投入產出係數列如表15。

表 15. 各目標之投入產出係數

Table 15. The input-output coefficients of various objectives

集水區	大甲溪事業區			八仙山事業區				大甲溪事業區
	主要			主要		一般		次要
林道種類								
林道利用方式 變數代號	國土保安 X ₁₁₂	水源涵養 X ₁₁₃	森林遊樂 X ₁₁₄	水源涵養 X ₂₁₃	森林遊樂 X ₂₁₄	水源涵養 X ₂₃₃	森林遊樂 X ₂₃₄	木材採運 X ₃₂₁
木材採運材積 (M ³ /km/yr)								306.9831
德基水庫輸砂量 (10 ³ M ³ /km/yr)	236.6968							
德基水庫逕流量 (10 ⁵ M ³ /km/yr)		2500.2114						
石岡水壩逕流量 (10 ⁵ M ³ /km/yr)				102.9727		102.9727		
武陵森林遊樂區人次 (千人/km/yr)			18.2021					
八仙山森林遊樂區人次 (千人/km/yr)					19.9021		19.9021	
大雪山森林遊樂區人次 (千人/km/yr)					3.7242		3.7242	
總長度 (km)		4.4		84.5		38.0		153.8

(5) 目標規劃模式

利用上述所得之目標值、變數及投入產出係數，編擬成目標規劃模式如下：

1) 目標函數

$$\text{Min } Z = -0 \cdot D_{11} + 1 \cdot D_{12} + 1 \cdot D_{21} - 0 \cdot D_{22} - 0 \cdot D_{31} + 1 \cdot D_{32} - 0 \cdot D_{41} + 1 \cdot D_{42} - 0 \cdot D_{51} + 1 \cdot D_{52} - 0 \cdot D_{61} + 1 \cdot D_{62} - 0 \cdot D_{71} + 1 \cdot D_{72}$$

D₁₁: 木材採運材積之正偏差

D₁₂: 木材採運材積之負偏差

D₂₁: 德基水庫輸砂量之正偏差

D₂₂: 德基水庫輸砂量之負偏差

D₃₁: 德基水庫水量之正偏差

D₃₂: 德基水庫水量之負偏差

D₄₁: 石岡水壩水量之正偏差

D₄₂: 石岡水壩水量之負偏差

D₅₁: 武陵森林遊樂區遊客量之正偏差

D₅₂: 武陵森林遊樂區遊客量之負偏差

D₆₁: 八仙山森林遊樂區遊客量之正偏差

D₆₂: 八仙山森林遊樂區遊客量之負偏差

D₇₁: 大雪山森林遊樂區遊客量之正偏差

D₇₂: 大雪山森林遊樂區遊客量之負偏差

木材採運材積若為正偏差，則為歡喜，其係數為「-」，負偏差為「+」

輸砂量若為正偏差，則為遺憾，其係數為「+」，負偏差為「-」

水量若為正偏差，則為歡喜，其係數為「-」，負偏差為「+」

遊客量若為正偏差，則為歡喜，其係數為「-」，負偏差為「+」

此目標函數式只考慮遺憾部份，求遺憾最小，故遺憾部份之係數為 1，而歡喜部份則為 0。

2) 限制式

A. 目標限制式

a. 木材採運方面：每年全區木材採運材積之目標限制式

$$306.9831X_{321} - D_{11} + D_{12} = 2550.0$$

b. 國土保安方面：每年全區輸砂量之目標限制式

$$236.6968X_{112} - D_{21} + D_{22} = 2053.1$$

c. 水源涵養方面：每年全區水量之目標限制式

$$2500.2113X_{113} - D_{31} + D_{32} = 15485.6$$

$$102.9727X_{213} + 102.9727X_{233} - D_{41} + D_{42} = 7060.4$$

d. 森林遊樂方面：每年全區遊樂人數之目標限制式

$$18.2021X_{114} - D_{51} + D_{52} = 208.6$$

$$19.9021X_{214} + 19.9021X_{234} - D_{61} + D_{62} = 272.0$$

$$3.7242X_{214} + 3.7242X_{234} - D_{71} + D_{72} = 343.9$$

B. 條件限制式

規劃單元長度限制：每一規劃單元各有一個長度限制式。

$$X_{112} + X_{113} + X_{114} = 4.4$$

$$X_{213} + X_{214} = 84.5$$

$$X_{233} + X_{234} = 38.0$$

$$X_{321} = 153.8$$

以上模式，共有22個變數(包括8個決策變數，14個偏差變數)，以及12條方程式(包括1條目標函數，7條目標限制式及4條條件限制式)。

3. 目標規劃結果討論

將目標規劃模式應用LINDO套裝軟體求解之後，其結果分述如下：

(1) 將最適解的差異變數、目標值及折衷解列表16。

表16. 差異變數、目標值及折衷解

Table 16. Deviation variables, objective values and compromise solutions

目 標	木材採運 材積 M ³	德基水庫 輸砂量 10 ³ M ³	德基水庫 水量 10 ⁵ M ³	石岡水壩 水量 10 ⁵ M ³	武陵遊樂區 遊客量 千人	八仙山遊樂區 遊客量 千人	大雪山遊樂區 遊客量 千人
目標值	2550.0	2053.1	15485.6	7060.4	208.6	272.0	344.9
折衷解	47514.0	0.0	11000.9	7060.4	0.0	1073.4	201.9
差異變數	44964.0	-2053.1	-4484.7	0.0	-208.6	801.4	-143.0

由表16可知，規劃結果顯示石岡水壩水量恰好達到目標值；木材採運材積比目標值多44964.0M³，八仙山森林遊樂區之遊客量比目標值多801.4千人；德基水庫輸砂量比目標值少

2053.1*10³M³，德基水庫水量比目標值少4484.7*10⁵M³，武陵遊客量比目標值少208.6千人及大雪山遊客量比目標值少143.0千人。

(2) 將其資源之分配情形，即決策變數，列如表17。

表 17. 資源分配情形

Table 17. The allocation of resources

決策變數	X ₁₁₂	X ₁₁₃	X ₁₁₄	X ₂₁₃	X ₂₁₄	X ₂₃₃	X ₂₃₄	X ₃₂₁
解 值	0	4.4	0	68.6	15.9	0	38	153.8

由表17我們可看出，大甲溪事業區之主要林道，全部4.4km均用於水源涵養目標；八仙山事業區之主要林道有68.6km用於水源涵養目標及15.9km用於森林遊樂目標，而一般林道全部38.0km均用於森林遊樂目標；大安溪之一般林道全部153.8km均用於木材採運目標，如此分配才可使整體目標的總遺憾最小。

(3) 將其林道長度分別除以其面積，大安溪事業區之經濟林地面積27,253.23ha，大甲溪事業區之水源涵養林面積48,684.23ha，八仙山事業區之水源涵養林面積18,301.81ha，及八仙山事業區之森林遊樂區面積3,443.60ha。結果顯示，木材生產之林道密度為5.64m/ha，水源涵養之林道密度為1.68m/ha，森林遊樂之林道密度為15.60m/ha。

六、結論

- (一) 林道由伐木採運轉變成多目標功能時，其分類的轉變係依照甲種林道適用於主要林道，乙種及丙種林道適用於次要林道，而丙種及臨時林道適用於一般林道的原則進行之；但是有部份林道仍根據其地形條件及其功能做了升級或降級的調整。
- (二) 當初開設該林道是為了其能發揮伐木採運功能，可是現階段林道具造林、林政及遊樂等功能。若從林道所能提供功能雜異的程度來看，以前一條林道平均能提供2.06個用途，現在則能提供2.71個用途，其意味著林道的用途較以往增加，更具有多功能性。
- (三) 在森林經營的範疇裡，無論是從事伐木、造林、森林遊樂，甚至國土保安等各項業務，皆以林道為溝通的橋樑，因此在擬訂森林經營計畫時，林道網須配合以上各項業務的推展做統籌的規劃。
- (四) 東勢林管處之林道經規劃結果，林道密度以森林遊樂之15.60m/ha最高，木材採運之5.64m/ha次之，水源涵養之1.68m/ha最低。
- (五) 目前林道使用情形，一般均認為足夠。林道的改善應以路面整平為優先；林道的重要性是以造林、保林及林政較為重要；而以巡山護管、造林撫育及辦理林政為主要使用目的。

七、參考文獻

1. 王德春、蕭代基 1975 線性規劃在林業上之應用 臺灣林業 3(10):4-6。
2. 水利局 1984-1994 臺灣省建設統計—第二輯水利工程。
3. 中華林學會 1993 中華民國臺灣森林志 頁437 中華林學叢書936號。
4. 白健二 1989 作業研究 頁355-378 華泰書局。
5. 朱盛東 1976 森林土木工學 頁103-105 林務局玉山山區管理處發行。
6. 李國忠等 1991 臺灣木材供需—產業需求 森林資源與經濟論文集 頁216。
7. 李佳珍 1988 臺灣森林資源經營管理之研究—林務局大甲林區之個案分析 國立中興大學農業經濟研究所碩士論文 共47頁。
8. 何智武 1974 臺灣中部地區河川流動力與輸砂估算數學模式之初步研究 中華水土保持學報5(2):127-139。
9. 周 楨 1957 臺灣之太平山林場 臺灣銀行季刊9(2):124-135。
10. 周 楨 1957 臺灣之八仙山林場 臺灣銀行季刊9(2):136-155。
11. 周 楨 1957 臺灣之阿里山林場 臺灣銀行季刊9(2):156-173。
12. 林守誠 1975 森林土木工學 國立中興大學印 頁161-163。
13. 林務局 1991 林業法規彙編 林務局編印。
14. 林文亮 1992 生態環境保育之森林資源分配多目標數學規劃 國立臺灣大學森林學研究所博士論文 共111頁。
16. 姚鶴年 1975 論臺灣需要林道網政策 臺灣林業1(6):1-2。
17. 姚鶴年 1969 林木採運規則 橫貫公路森林開發處叢書 頁74-84。
18. 洪鴻儒 1993 農業道路之興修與改善工作報告 水土保持局 頁1-10。
19. 吳順昭 1980 論現代化之林業經營與林道建設 臺灣林業6(2):1-3。
20. 吳順昭 1978 日本林道事業之現況與發展之研究 中華林學季刊 11(4):49-74。
21. 吳順昭 1992 中華民國臺灣森林志 頁437-438 中華林學會編印。
21. 吳宗寶 1994 德基水庫集水區之河相與輸砂特性研究 國立中興大學水土保持所碩士論文 頁70。
22. 高孔廉、張緯良 1993 作業研究 頁19-58 五南圖書出版公司。
23. 許秀英 1992 目標規劃應用於大埔事業區多目標土地使用規劃之研究 國立中興大學森林研究所碩士論文 共73頁。
24. 張家澤 1979 目標規劃 頁1-96 中興管理顧問公司。
25. 焦國模 1981 林政學 頁286-288 臺灣商務印書館。
26. 陳周宏 1980 棲蘭山林區的林道體系及其利用之研究 臺灣大學森林研究所碩士論文 共120頁。

27. 楊榮啓、陳源和 1968 使用電子計算機計算森林經理計劃的數學模擬法 中華農學會報第六十四期 頁89-107。
28. 楊榮啓、陳源和、林文亮 1978 應用數學程式編擬臺大實驗林林木收穫計劃之研究 國立臺灣大學農學院實驗林印行 頁63-122。
29. 臺灣省林務局東勢林區管理處 1991 東勢林區經營管理暫行計劃共258頁。
30. 劉浚明 1991 線性規劃求解等量伐採規劃問題 中華林學季刊 24(1):53-57。
31. 劉浚明、鍾旭和 1993 臺灣杉非線性收穫模式之建立 中華林學季刊 26(2):39-49。
32. 蕭代基 1978 森林土地使用規劃—目標規劃模式之應用 國立臺灣大學森林研究所碩士論文 共108頁。
33. Arp,P.A. ,and D.R.Lavigne. 1982. Planning with goal programming: A case study for multiple-use of forest land. *The Forestry Chronicle*. 58(2):225-232.
34. Bell,E.F. 1976. Goal programming for land use planning. USDA General Technical Report. PNW-53 12pp.
35. Charnes,A. ,and W.W.Cooper. 1961. Management models and industrial applications of linear programming. Vol I. New York:John Wiley & Sons. 471pp.(引用自Field,1973)
36. Dane,C.W. ,N.C.Meador. ,and J.B.White. 1977. Goal programming in land-use planning *Journal of Forestry*. 75(6):325-329.
37. Field,D.B. 1973. Goal programming for forest management. *Forest Science*. 19(2):125-135.
38. Field,R.C. ,P.E.Dress ,and J.C.Fortson. 1980. Complementary linear and goal programming procedures for timber harvest scheduling. *Forest Science*. 38(1):121-133.
39. Hiroshi Kobayashi. 1984. Planning System for Road-Route Locations in Mountainous Forests *J. Jap. For. Soc.*66(8):p
40. Kao,C. ,and J.D.Broide. 1979. Goal programming for reconciling economic ,even-flow ,and regulation objectives in forest harvest scheduling. *Canada Journal of Forestry Research*. 9:525-531.
41. Lee,S.M. 1972. Goal programming for decision analysis. Auerbach Publ. Philadelphia. 387pp.(引用自許秀英,1992)
42. Mendoza,G.A. ,B.B.Bare ,and G.E.Campbell. 1987. Multiobjective programming for generating alternatives: A multiple-use planning example. *Forest Science*. 33(2):458-468.
43. Mitchell,B.R. ,and B.B.Bare. 1981. A separable goal programming approach to optimizing multivariate sampling designs for forest inventory. *Forest Science*. 27(1):147-162.
44. Porterfield,R.L. 1976. A goal programming model to guide and evaluate tree im-

provement programs. Forest Science. 22(4):417-530.

45. Schuler, A. T., H. H. Webster, and J. C. Meadows. 1977. Goal programming in forest management. Journal of Forestry. 75(6):320-324.
46. Winston W.L. 1991. Introduction to mathematical programming applications and algorithms. p.121-197. PWS-KENT Publishing Company BOSTON.

