

步道環境衝擊研究之回顧

林秀娟*

國立台灣師範大學地理系博士候選人

梁宇暉

美國北卡州立大學公園遊憩與觀光管理學系副教授

徐勝一

國立台灣師範大學地理系教授

摘要

本文主要是在回顧國外步道遊憩資源衝擊研究文獻，其中以研究成果較多的美國與澳洲之研究內容，瞭解國外在此研究的主題與方法，並以土壤與植群的環境衝擊作為探討的焦點。目的在透過對國外重要的步道環境衝擊研究之文獻回顧，以瞭解國內的步道衝擊研究的主題及方法與國外研究的差異，並整理步道環境衝擊研究所運用的指標，歸納影響衝擊的指標與因子的種類，進而提出可供國內相關研究者，在進行步道環境衝擊研究時的參考，與未來可能的研究方向。本文提出國內未來可以加強的研究方向有：(1)研究法的改進與新方法的提出。(2)結合科技應用在步道調查。(3)步道鋪面類型對生態或遊客的影響。

關鍵字：步道、遊憩衝擊、研究法、指標、因子

*通訊作者：林秀娟

Email：89423001@ntnu.edu.tw



Review of Studies on Trail Environmental Impacts

Lin, Hsiu-Chuan

PhD. Candidate, Department of Geography, National Taiwan Normal University

Leung, Yu-Fai

Associate Professor, Department of Parks, Recreation and Tourism Management, North
Carolina State University

Hsu, Sheng-I

Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University

Abstract

This paper provides a review of available literature on trail recreation resource impacts most of them in the United States and Australia, with a primary focus on research within vegetation and soil. The purpose of this review is to understand trail impact issues and method in the United States, Australia, and, most important of all, Taiwan. The index which is designed to measure trail impacts in my paper will be collated. This collated index and the types of variables will be also analyzed accordingly. The paper concludes with a discussion of the impact indicators and suggested areas for future research. Based on the information reviewed, the author suggests the following areas for future research : 1) the refinement of methods, such as new indicators or index, 2) the application of technologies into trail research, 3) the environmental impacts resulted from the trail surfacing.

Keywords: trail, recreational impact, research method, indicator, factor



壹、前言

全球旅遊活動中以自然為基礎的觀光活動成長了 20%(World Tourism Organization, 1998)，因為快速成長的觀光與遊憩活動，使得全球最大產業之一的觀光遊憩產業，尤其在自然地區的生態永續發展正面臨著嚴峻的挑戰。步道具有提供人類體驗自然與進行遊憩活動的重要功能，步道的發展與使用最被經營者和遊客所關注(Leung and Marion, 1996)。唯步道沿線之環境每因遊憩使用而造成各種不同型態與程度的衝擊，導致步道惡化(trail deterioration)的現象，不但破壞了遊憩環境品質，也影響其遊憩體驗。因此，步道沿線的環境衝擊，已經成為各生態旅遊地經營管理上重要的課題(劉宗勇，2003)。

有鑑於國外學術上對步道遊憩衝擊之研究開始較早，並且已有許多成果可供藉鏡，而台灣在此方面也已經累積些許的研究成果，但相較於國外的研究數量，國內在這方面還是明顯不足的。而國內外步道遊憩衝擊的研究均指出，步道遊憩資源衝擊主要以土壤與植群的影響最為顯著(Cole, 2004；Sun and Walsh, 1998)，本文主要聚焦在土壤與植群因遊憩活動引起的環境衝擊探討，藉由國外相關研究成果的瞭解，有助於國內此方面研究的進行。因此，本文目的以目前能蒐集到的文獻，藉由有較多研究成果的國外文獻，其中美國及澳洲較多，與國內相關的步道環境衝擊研究之文獻回顧，提出對國內未來可能的研究議題與方向建議。整理之研究成果可提供國內相關研究時之參考。

貳、遊憩衝擊相關研究

一、國外步道遊憩衝擊研究

(一)研究主題與方向

遊憩生態學開始在 1920 年代~1930 年代，早期屬於遊客影響的觀察，有關遊憩活動與環境間相互關係之研究，而沒有大量發展，至 1960 年代的時候，研究大多是描述性的，並以來自英美兩國為主，直到 1960 年代後期，美國原野地的戶外健行大為盛行，連帶其他機動與非機動性的遊憩活動加入，使得原野地面臨巨大的遊憩壓力。而其中推動事務投入最多的政府機關是美國林務署(USFS)，其次是國家公園署(NPS)、土地管理局(BLM)等單位，在 1960 年代後期到 1970 年代的初期，這些單位受到政府部門的全力支持去負責管理自然區域，在 1960 年代早期，大部分顯著的研究發展都在美國。到 1970 年代，這時原野中步道的破壞與管理開始受到研究的注意。關於步道劣化的相關研究遲至 1970 年代才陸續被提出，類似的研究同時在世界各不同地區被發表(劉儒淵，1993a)。到 1980 年代中期到 1990 年代，遊憩生態學的發展更為擴大及多樣化，而 2000 年進入技術整合期及研究的新方法提出，Leung and Marion (2000)將遊憩生態研究，各時期主要的發展整理如表 1。

遊憩衝擊主要的研究問題與主題，包括(1)遊憩衝擊的類型(2)遊憩衝擊的顯著程度(3)使用量與衝擊量的關係(4)造成衝擊問題的原因(5) 隨時間的經過，衝擊狀況的改善或



惡化 (6)遊客與基地管理行動的成效(7)衝擊研究與評估在方法上的改進(Leung and Marion, 2000)；Sun and Walsh(1998)則指出澳洲在遊憩環境衝擊的研究成果，約分為(1)環境衝擊(2)影響環境衝擊的原因(3)管理策略(4)研究方法。如表 2 所示美國與澳洲，對未來研究方向的建議，可以瞭解近期的研究方向，是在科技的應用與研究法的改進上。這也顯示因為科技的發達，跨領域的合作研究與技術的更新，是近期環境衝擊的研究發展趨勢，相較於早期研究，現在有許多不同學科領域背景研究者投入環境衝擊之研究，使得國際之間的合作與交流也更頻繁，學術進入整合時期。

表 1 遊憩生態研究發展表

時間	發展/事件
2000s	新方法提出；整合期
1990s	研究法改進；新願景主題；國際研究增加
1980s	管理架構整合
1970s	研究興盛期
1960s	使用與衝擊快速增加期
1940-50s	第一個科學研究在美國
1930s	第一個踐踏實驗科學研究在英國
1920s	早期觀察與問題描述

資料來源：Leung and Marion(2000)

表 2 遊憩環境衝擊研究方向建議

美國(Leung and Marion, 2000)	澳洲(Sun and Walsh, 1998)
1.基礎的過程與因子	1.對具有遊憩吸引力的資源之遊憩衝擊研究。
2.長期研究的重要	2.環境敏感性的資源是重點研究的目標之一。
3.衝擊評估與監測之設計與精確議題	3.不同活動與植群之間使用程度與衝擊的量化關係研究，例如使用時間、使用分佈等。
4.管理的有效性	4.查明基地承載量，或是遊憩活動與植群環境的分界。
5.新的區域、活動與技術，例如GPS、GIS之運用	5.研究法的改進與新方法的提出。
6.需要人員與經費的持續投入	6.區別遊憩活動與非遊憩使用所引起的環境生態衝擊，提供科學方式的研究。

(二)澳洲與美國步道衝擊研究之差異

Sun and Walsh(1998)比較澳洲研究成果與美國研究，差異如下：(1)研究量落後於美國，可能的原因是澳洲人口密度比美國小。(2)大部分的研究都在高山與次高山地區環境，只有少數在低海拔的森林；而美國研究地區有高山、次高山、海岸、沙丘、河流、



森林、草地、湖泊等多種環境。(3) 澳洲很少作關於使用程度、使用量臨界點、衝擊量與使用量的關係,但是美國這方面有 Waston et al.(1993)曾模擬在不同使用型式下的環境衝擊狀況。

二、國內遊憩衝擊研究

本研究整理截至 2008 年 6 月,國內有關遊憩資源衝擊方面的期刊、論文及研究報告,可以分為以下幾項研究主題:

(一) 遊憩據點或步道沿線之植群與土壤衝擊程度的調查研究

這方面的研究包括了步道沿線植群與土壤性質方面的衝擊程度、環境因子的相關分析,及相關改善策略建議等(王相華,1988;黃英塗、劉儒淵,1989;陳昭明等,1989;林國銓,1989;林國銓等,1991;陳彥伯,1991;錢學陶、楊武承,1992;劉儒淵,1989,1992,1993a,1993b,1995,1999,2002,2004a,2005;林秀娟,1996;彭育琦,1997;陳嘉男,1998;謝思怡,2000;張森永,2004;邱鶴斌,2006;黃國書,2007;張勝雄等,2007)。關於這方面的研究發現,步道寬度愈寬則植群覆蓋減少率(cover reduction, CR)與植物高度降低率會愈高(劉儒淵,1992;洪怡萍,2003;林晏州,2003;邱鶴斌,2006;黃萬侯,2007)。而步道沿線土壤與植群衝擊範圍以前段最爲嚴重,影響寬度範圍在步道兩側 3 公尺,其它的則在步道鋪面邊緣外側 2 公尺範圍內(彭育琦,1997)。在步道地形上,步道坡度與邊坡坡度,會與植相變異度(FD)、植群衝擊指數(Index of Vegetation Impact, IVI)、根系裸露度有顯著的相關(邱鶴斌,2006)。

(二) 遊客對於遊憩衝擊可接受改變限度(LAC)之調查研究

「可接受的改變限度」(limit of acceptable change, LAC),這方面的研究以環境管理上,使用者能接受環境改變的程度(陳昭明等,1989;楊武承,1991;黃琬琿,1995;黃志堅,2000;吳孟娟、林晏州,2002;洪怡萍,2003等),多以問卷調查方式,或問卷當中以不同的步道兩旁土壤裸露程度(或植被覆蓋度)的相片,詢問遊客對於土壤裸露度或植被覆蓋度(遊憩衝擊指標)之可接受改變限度。研究結果顯示遊客對於步道旁「植被覆蓋度」的最低可接受限度(LAC)爲 60%(邱鶴斌,2006;王相華,1988;陳昭明等,1989);也有研究結果提出遊客對步道旁土壤裸露,最低可接受限度是 40%的土壤裸露(吳孟娟、林晏州,2002)。洪怡萍(2003)研究指出 40%遊客認爲步道兩側不應有任何程度的土壤裸露,遊客認爲 25%以上的土壤裸露是無法接受的。劉儒淵(2005)的研究顯示,遊客與管理人員對遊憩衝擊程度之觀感有所差異。以上不同地點結果顯示出,遊客對不同地區其 LAC 會有所不同。

(三) 登山步道遊憩承載量

此外,也有若干登山步道遊憩承載量評定之報告出爐(林晏州,2003;劉儒淵,2002等)。玉山國家公園高山步道之最適遊憩承載量爲每年不超過 16,962 人,遊憩區步道之最適遊憩承載量則爲每星期不超過 3,290 人(林晏州,2003)。



(四) 步道劣化與步道土壤沖蝕

關於步道劣化的研究多指出，步道沖蝕是普遍出現的環境衝擊問題(劉儒淵，1993a，1995，2000；蘇敬智，2005；邱鶴斌，2006；黃國書，2007等)；而劉儒淵(1995，2000，2004a)與劉吉川(2004)則是國內少數針對步道劣化進行土壤沖蝕之長期調查與監測報告。劉吉川(2004)在北大武山國家步道的研究指出，步道坡度與土壤流失量成正相關，而坡度愈陡則步道加寬愈顯著。邱鶴斌(2006)的研究結果則認為，造成土壤流失的主因為步道坡長，步道坡度只是助因。其他研究發現步道凹陷深度與步道坡度為正相關(黃國書，2007)，影響沖蝕深度原因有步道坡度、步道坡長和施工遺痕(蘇敬智，2005)。

(五) 步道社會心理衝擊方面

步道社會心理衝擊的研究議題，主要是在探討使用者與環境衝擊問題之間的關係，以及遊客對環境衝擊的遊憩體驗與知覺。這方面的研究可分為：對環境衝擊地的付費意願研究(陳凱俐、陳子英，1998)、衝擊解說對環境衝擊的認知的研究(曾宇良，1999)、遊憩衝擊認知與遊憩體驗的研究(楊文燦、鄭琦玉，1995；林昱光，1997；楊文燦、施而惠，2000；鄭肇家，2004；林晉毅，2003)等。

參、步道衝擊研究與方法

一、相關名詞定義

以下為相關文獻對主要的步道衝擊名詞之定義如下：

- (一) 步道衝擊(Trail impact)：Leung and Marion (1996)以一般步道使用後會產生的狀況分類，提出步道衝擊所產生的步道問題，包括：破壞行為(depreciative behavior)、步道分生(multiple treads, trail proliferation)、平行小徑(parallel multiple treads)、植物覆蓋減少或植物組成改變(vegetation cover loss or compositional change)、土壤壓實(soil compaction)、步道加寬(soil widening)及步道沖蝕(trail erosion)。
- (二) 步道惡化(Trail deterioration)：包括步道分生(trail proliferation)問題與植群衝擊評估，這些研究包含了步道的形式及步道對自然地景造成的衝擊(Bayfield, 1986)。
- (三) 步道劣化(Trail degradation)：針對步道表面使用的影響，研究問題包含土壤壓實(soil compaction)、步道加寬(soil widening)及步道沖蝕(trail erosion)。
- (四) 步道沖蝕(trail erosion)：造成土壤沖蝕的主因是水與風，遊客踐踏不會直接造成土壤沖蝕現象，但是踐踏會間接增強沖蝕現象的發生(Hammit and Cole, 1998)。

二、步道衝擊研究方法

(一) 步道衝擊研究方法

回顧以往國內外有關遊憩活動，對步道沿線生態衝擊之研究，常以下列方式進行(Burden and Randerson, 1972；劉儒淵，1989)：



1. 既成事實之分析(after-the-fact analysis)
2. 對改變現象作長期監視(monitored of change through time)
3. 模擬試驗(simulation experiment)

上述之研究方法，均以環境實體為調查對象，包括天然植群、土壤、野生動物、空氣及水資源等，觀察之樣品採用遭受衝擊、未遭受衝擊或遭受不同使用量及衝擊之樣區，加以對照比較。

(二) 步道評估方法與指標

步道衝擊評估可描述出資源狀況與步道衝擊問題，告知大眾步道的狀況，分析步道衝擊與造成原因之間的關係，評估步道狀況的改變與管理行動的有效性，可作為管理單位確認與選擇適當的管理行動。Marion and Leung (2001)敘述兩種步道評估方法：

1. 點抽樣法(the point sampling method)：屬於系統抽樣，能取得步道之衝擊項目的平均概況，但不能知道更精確的狀況是其缺點，例如衝擊項目的位置與衝擊的序列狀態等。依據步道衝擊評估目的，選擇適當之指標項目，例如：步道剖面面積、最大沖蝕深度、步道寬度、樹根及岩石裸露、土壤抗穿透性(soil penetration resistance, SPR)等五項步道衝擊指標(Nepal and Way, 2007)；步道剖面面積(cross-sectional area, CSA)(Olive and Marion, 2009)。近期關於步道衝擊研究上所用到的指標如表3，顯示近期研究上對土壤指標項目，以步道寬度、土壤裸露與沖蝕深度(或面積)為明顯的環境衝擊指標，植群指標項目，有樹根裸露、樹根密度、植群干擾與植群型態等。本文將國內有關步道衝擊影響因子的研究，其所用的衝擊指標與因子整理如表4，植群覆蓋度減少率(CR)、土壤硬度增加率(SHI)、植相變異度(FD)、土壤裸露度等，為步道研究上較常使用的環境衝擊指標。相較之下，土壤沖蝕量、指標植物高度為國內較少使用的衝擊指標。

2. 問題評估法(the problem assessment method)：屬一種普查法，能取得步道問題的位置、長度與設施維護有效與否的狀況，但不能分析因子之間的相關性是其缺點，指標項目包括三類：(1)清單指標：起點、終點、使用形式、步道寬。(2)衝擊指標：土壤沖蝕分級、樹根裸露、步道加寬、步道分生、土壤泥濘等步道問題的問題長度。(3)設計與維護指標：以非常有效、部分有效、無效，評估維護設施的有效性，例如導流棒(waterbars)、排水坡降(drainage dips)等(Leung and Marion, 1999a; Mende and Newsome, 2006)。國內近期幾個以普查法的步道衝擊評估研究，例如黃國書(2007) 步道衝擊評估之指標項目為樹根裸露、岩石裸露、步道分生、路面泥濘、路面逕流、步道過寬、路面凹陷過深等七項。黃萬侯(2007)對遊憩步道之衝擊指標項目為步道加寬、分生步道、植物根裸露等三項。



表 3 國外近期步道環境衝擊研究之指標

研究者	Nepal (2003)	Potito and Beatty (2005)	Chatterje (2007)	Nepal and Way (2007)	Olive and Marion (2009)	Allen (2009)	Pettebone et al. (2009)
指標							
步道退化分級	*						
土壤裸露		*		*			
土壤壓實			*				
土壤抗穿透性				*			
土壤質地			*				
土壤滲透率			*				
樹根密度			*				
剖面面積				*	*		
最大沖蝕深度				*			*
步道寬度				*			*
樹根及岩石裸露				*			
土壤干擾						*	
植群干擾						*	
植群密度						*	
植群型態						*	
生物土壤外殼						*	
土壤體積密度						*	

註：*表示選用之指標

表4 國內研究步道環境衝擊指標

衝擊指標	方法*	研究者**
植物覆蓋度	fm	1.2.4.9.14.15.17.22
土壤硬度增加率	fm	2.3.7.8. 9.10.11.12.13.15.16.17.18.19.22
土壤沖蝕量	fm	7.8.19
土壤沖蝕深度	fm	9.16.18.20
土壤裸露度	fm	1.4.5.9.20.21
指標植物高度	fm	2.7.10.15
覆蓋度減少率	fm	3.7. 8.9.10.11.12.13.15.19.22
植相變異度	fm	3.7. 8.9.10.11.13.15.19
根系裸露	fm/fo	2.4.19.20.21

資料來源：本研究整理

註：*fm-測量調查； fo-觀察調查

**研究者：1.曹正偉(1995) 2. 王相華(1988) 3. 黃英塗、劉儒淵(1989) 4. 林國銓等(1991) 5. 楊武承(1993) 6. 陳彥伯(1991) 7. 劉儒淵(1992, 1993) 8. 劉儒淵(1995) 9. 林秀娟(1996) 10. 彭育琦(1997) 11. 陳嘉男(1998) 12. 陳凱俐、陳子英(1998) 13.謝思怡(2000) 14. 吳孟娟(2002) 15. 洪怡萍(2003) 16. 劉吉川(2004) 17. 張森永(2004) 18. 蘇敬智(2005) 19.邱鶴斌(2006) 20.黃國書(2007) 21.黃萬侯(2007) 22.張勝雄等(2007)

(三) 衝擊指數

指數(index)通常是指 2 個以上的指標(indicators)所組合的數學組合值，用來簡單傳達評估結果，整理歸納遊憩衝擊指數可分為四群(Leung and Marion, 2000)：

- (1)衝擊密度指數：用來代表環境受害的嚴重性，例如植群覆蓋度減少率(Cole, 1978)。
- (2)空間品質的指數：用來表示衝擊的範圍與分佈，例如步道面積指數(Cole,1997)。
- (3)基地資源狀況指數：以綜合指數群表示基地資源衝擊的狀況，例如 Stohlgren and Parsons(1992)提出的綜合衝擊指數。
- (4)對衝擊敏感的環境指數：用來表示環境的敏感性，例如：耐久性指數(Cole,1993b)。



近期一些步道衝擊研究上所運用的評估指數，例如植物抵抗力指數(resistance index)用來代表植物種類對踐踏具有抵抗力程度(Liddle, 1997； Hill and Pickering, 2007)；空間指數(special index) 用來代表步道空間網絡型式(Li et al., 2005)；覆蓋度差異指數(difference in cover index) 用來代表外來種植物覆蓋度變化程度(Potito and Beatty, 2005)；土壤衝擊指數(soil impact indexes, SII)用來代表遊客活動踐踏對土壤之影響程度(Qiang, 2006)。而國內在步道遊憩衝擊的研究上，有劉儒淵(1993a)所提出的植群衝擊指數(index of vegetational impact, IVI)，將植物覆蓋度降低率、植相變異度及指標植物的高度降低率三者平均，作為綜合性的植群衝擊程度評估。

(四)指標與指數運用

指標與指數多運用在步道的衝擊評估與監測，選定作為衝擊監測的指標必須符合(1)可直接觀測(2)容易觀測(3)與經營目標有直接相關(4)對使用情形具有相當的敏感性等四個條件(Graefe et al., 1986)。因此，各項植群與土壤衝擊調查項目，到底該選用何者作為衝擊監測指標最為簡易可行，又能充分反應出衝擊的程度，常令研究者或經營者難以取捨。就調查監測之實用性與所需之技術而言，各有其優缺點，其中植群覆蓋度減少率(CR)、土壤裸露寬度，因在野外調查時可以很容易地直接觀測，統計上也較為簡便，因此最常被選定供為操作「可接受的改變限度」(limit of acceptable change, LAC)之指標。但其缺點則是忽略了當地植物組成的變化，當遊憩衝擊改變環境時，新的環境給較具再拓殖(recolonization)能力之植物生長的機會，而取代了原生的植物，但 CR 之調查結果可能無法充分反應出此項衝擊的程度。而此點採用植相變異度(FD)之變化，則可補其不足，但是此指標須具備植物種類鑑識的能力，統計分析過程也較為繁複，需具有專業技術者才能操作，如欲供為衝擊評估與監測的指標，不若 CR 來得簡便和實用。但如果以自然資源保育為主要經營目標時，其天然植群之變異無疑的應受到高度的關切，則 FD 指標，當列為重要的考量因素之一。至於土壤硬度增加率(SHI)，雖可應用儀器簡易地直接測量，但若調查樣區之表土流失或地表為石礫地則無法進行量測比較，因此 SHI 較適合作為輔助性的步道衝擊評估指標(劉儒淵，2004b)。

如表 3 所示，這些指標主要反映土壤流失、植群的改變、步道的惡化程度，而分析這些指標的優缺點：(1)「步道退化分級」之優點是將步道環境條件分類後，有利於管理上的採用；缺點是分級的方式缺乏客觀性。(2)「土壤裸露」之優點是直接反應問題且容易操作；缺點是對有落葉層之環境，可能不易區別其裸露是因人為干擾或自然形成。(3)「土壤壓實」之優點也是容易操作；缺點為地表為石礫地則無法進行量測。(4)「土壤質地」之優點是考量到土壤特性的區分，作為觀測的變項，但缺點是需具有土壤質地的判別技術者，才能操作。(5)「土壤滲透率」之優點是反應出土壤對水的滲透性，具有科學性；但可能的缺點是需要儀器與專業技術者操作。(6)「剖面面積」之優點是以指標的變化量可以反應出土壤流失的



變化程度，利於環境管理的長期監測；缺點為剖面面積的測量與計算需費時費力，不適合用在大面積範圍與太多樣點的調查。(7)「最大沖蝕深度」之優點為方便操作；缺點是無法計算土壤流失量。(8)「樹根及岩石裸露」之優點為以觀察方式方便操作；缺點是調查項目的操作定義太過主觀。(9)其它指標 e.g.土壤干擾、植群干擾、植群密度、植群型態等，優點是提出一些新的觀測變項；但可能的缺點是較不具普遍性。

衝擊指數與研究主題的特殊性相關，如前所述國外針對不同主題的評估指數，例如「植物抵抗力指數」便於評估出較耐遊憩衝擊的植物種類，可提供環境管理與規劃之資訊，「空間指數」便於評估出步道規劃的路線型式對衝擊的影響，有助於環境規劃運用，「覆蓋度差異指數」方便運用在對外來植物種的環境監測，具有生態研究之意義。而國內在衝擊指數方面的提出較少，如前述「植群衝擊指數(IVI)」(劉儒淵，1993a)可運用在評估與監測戶外遊憩區之衝擊效應，唯在國內各生態旅遊地，遊客比較容易察覺的是步道沿線地被植物的消失與土壤裸露所造成的視覺衝擊，但是對植物種類的改變通常不會察覺。尤其遊客主要的活動範圍之土地使用分區大多不屬於「生態保護區」，步道沿線植物種類的變化對經營管理單位而言，並不若土壤裸露或植群覆蓋度的改變來得重要，調查 CR 的操作技術甚為簡易，大部分的現場工作人員都能勝任(劉儒淵，2004b)。因此，管理上單獨採用「植群覆蓋度」為指標因子，以 CR 之大小作為判別步道衝擊程度之指標應屬可行。

三、步道衝擊研究調查法

(一) 重複測量(replicable measurements)

以系統或逢機取樣設定若干永久樣點，定期精確的觀測步道情況改變之定量調查法。例如豎立固定樁連續觀測步道橫段面積之改變(Cole, 1983)。

(二) 快速測量取樣(rapid survey samples)

步道沿線每隔若干距離，選取數個樣區做快速的測量調查法。其中根據樣本設計的不同，又區分為問題導向調查(problem-based rapid survey)與樣本導向調查(sampling-based rapid survey)，「問題導向調查」之研究者需找出步道衝擊路段，測量衝擊長度與發生問題的次數，這樣方法提供步道問題長度及問題發生的頻率；「樣本導向調查」則是一種有系統性的調查方式，沿著步道前行，每隔一段固定距離進行調查項目，這樣的調查法提供了系統性的步道寬與步道沖蝕量等資料(Monz, 2000)。樣本點的抽樣設計有「系統樣本抽樣」(systematic sampling, SS)與「空間平衡的概率抽樣」(Spatially Balanced Probability, SBS)，SBE是以點抽樣為基礎，考量母體空間統計上的效率取樣，是一種較為彈性的取樣方式，比較SBS與SS在抽樣設計的效率性差異，在取樣間隔100m情況下，兩者結果沒有顯著差異，但是SBS可以在取樣點數較少的情況下獲得相同的精確水準(Pettebone et al., 2009)。

Hawes et al. (2006)將樣本抽樣法 (Sampling-based approach)分為距離間隔抽樣法(Distance-based sampling)與時間間隔抽樣法(Time-based sampling)，方法內容敘述如下。

1. 距離間隔抽樣法(Distance-based sampling)



(1) 抽樣間隔距離

步道研究多採用此方法，研究者多以50-500m間隔距離抽樣(Bratton et al., 1979； Calais and Kirkpatrick, 1986； Cole, 1983； Farrell and Marion, 2002)。而國內抽樣間距多在此範圍，例如：邱鶴斌(2006)對里龍山自然步道採用200m間隔距離；洪怡萍(2003)對合歡山步道採用每隔50m的間隔距離。抽樣間距小於50公尺的，有蘇敬智(2005)針對太魯閣國家公園內合歡山群峰7條步道，採用30m間隔距離。

(2) 抽樣間隔精確度

Leung and Marion (1999b)採用「重新抽樣數值模擬方法」(re-sampling simulation method)來檢驗抽樣間隔(sampling interval)對於步道衝擊評估結果準確性的影響，結果顯示抽樣間隔距離小於100m，會產生較好的精確度。Hawes et al.(2006)以「改良距離間隔抽樣法」來檢驗抽樣間隔(sampling interval)的準確性，以兩種方法評估步道衝擊，並比較其有效性與精確性，結果顯示在95%±10%信賴水準內的系統抽樣方法，建議步道長度2km以下，應採取20m抽樣間隔，步道長2 - 5 km，應採取50m抽樣間隔，而步道長度大於5km，應採取100m抽樣間隔。

2. 時間間隔抽樣法(Time-based sampling)

沿著步道走當每1分鐘計時器響時，便停下以目測步道深及寬，並記錄於調查單上，此方法為較不費力的調查法。但是因為目測的精確度不足，而較少研究採用(Hawes et al., 2006)。

(三) 普查法(Census-based approach)

普查法操作的方法是先設計調查清單，列出調查項目並將各調查項目訂定不同的程度分級與描述，在實地調查時記錄調查項目之數量與等級，最後以百分比統計各單項因子之衝擊量(Leung and Marion, 1999b)。

(四) 觀測法(Reconnaissance approach)

以描述性的方式去訂定衝擊的等級，例如以拍攝相片做為衝擊狀況評估(Lynn and Brown, 2003； Vistad, 2003； Kim and Shelby, 2006)。

(五) 管理有效性的調查法(trail management survey)

評估步道管理與維護的有效性，可以顯示出有效果的步道設施與維護良好的步道管理效能 (Mende and Newsome, 2006)。就經營管理方面，步道狀況的調查可提供管理單位瞭解步道的問題，並找出有問題的區域來檢測經營管理的有效性，如表5所示國外有四種方式進行管理有效性的調查與檢測。



表 5 檢測經營管理的有效性的調查法

調查型式	方法與目的描述	研究者
步道清單	文件記錄一般自然性質(例如：位置、長度、	Cole(1983)
	步道特徵及其他步道狀況。	Williams and Marion(1992)
指定工作組	確認踏面缺點以規定的工程解法提供經費	Williams and Marion(1992)
	與設備估計。	Demrow and Safisbury(1998)
步道狀況監測	系統性的程序評估步道狀況並監測趨勢,瞭	Leung and Marion(1999a)
	解步道退化與評估管理行動的有效性。	Marion and Leung (2001)
使用評估	步道使用量與狀況評估。	Hollenhorst et. al. (1992)

資料來源：Marion and Leung(2004)

四、調查與研究法之選擇

根據劉吉川(2008)認為步道衝擊的調查、評估與研究方法的選擇，應視其研究的目的，決定其所要蒐集的研究資料(表6)，不是一個研究只用一種方法，有可能是綜合二種或以上的去執行一個研究。目的—資料—方法是高度相互關聯的，並且附帶會對調查所需的人力及訓練、調查所需的時間、器具與費用等會有所不同。

表6 不同調查目的之調查方法

目的	資料的意涵	方法	缺點
粗略瞭解步道整體狀況	惡化狀況之等級	勘查一等級評估法	評估者間的差異
步道整體狀況並比較多條步道	● 一條步道需有一個最後的綜合指數	● 勘查一等級評估法 ● 權重、加總	● 調查時相當費時
瞭解步道衝擊在空間上的變化	● 型式 ● 衝擊量 ● 發生地點 ● 長度與面積	● 取樣(點)法 ● 普查法	● 調查時間非常費時
瞭解步道衝擊在時間上的變化	● 兩個時間點以上的調查 ● 定期調查	● 取樣(點)法	● 調查期限長達數年 ● 調查工作需標準化 ● 不同評估者有差異
評估步道維護成效	● 型式 ● 數量 ● 頻率	● 取樣(點)法 ● 普查法	

資料來源：劉吉川(2008)

肆、步道衝擊影響因子

一、國外研究

分析環境與使用因子，可以提供管理者有價值的資訊在步道設計、選線與步道維護的決定，並作有效的遊客管理策略(Nepal, 2003；Giles, 2002)，國外關於步道劣化的研究者都強調環境因子與使用因子，很少提到管理因子對步道劣化的影響(洪怡萍，2003)，國外在研究步道環境衝擊之影響因子方面，Leung and Marion(1996)曾整理影響步道劣化的自然環境因子、方法與部分研究結果，自然環境因子包括(1)地理及氣候(2)地形與地勢(3)土壤(4)植群；而本文加上非自然因子即使用者因子與管理因子後，補充綜合整理如表 7。



使用者因子方面，一般研究常針對使用者活動型式(user type)、使用者的行為(user behavior)及使用量(amount of use)探討(Cole, 2004)。國外步道的使用活動型式(user type)，包括車輛(4W)、山區自行車(mountain bike)、騎馬(horse riding)、登山(mountain-climbing)、健行(hiking)、跑步(running)、賞景散步(walking)等。而這些活動對環境的衝擊，車輛比騎馬大，山區自行車比健行活動大，要使山區自行車活動對環境土壤與植群的衝擊達到最小化，需透過適當的步道位置、設計、管理 (Goeft and Alder, 2001)，設計與管理也是自行車使用者認為影響環境衝擊的主要因素(Symmonds et al., 2000)。Törn et al.(2009)比較健行、騎馬、滑雪板三種活動類型之步道，對植物環境造成的衝擊，明顯反應在植物覆蓋的差異，還有步道寬度與深度。而步道管理因子方面，指的是步道本體上的人為管理措施，包括步道與設施。

二、國內研究

本文歸納國內有關步道衝擊影響因子的研究，如表 8 顯示，目前國內有關步道衝擊影響因子的研究，主要以環境因子影響的探討居多，遊客使用因子次之，關於規劃設計與經營管理因子的研究則較少，國內針對衝擊影響因子的分析是近幾年才有若干的研究，國內研究步道衝擊的影響因子，主要以環境因子群佔最多數量，其中土壤與植群為最多最主要項目。使用者因子上，以遊客量為主，遊客密度及遊客行為較少。管理因子上以步道寬度及材質種類為主，步道旁的服務設施較少成為研究考量的因子。

三、國內外影響步道環境衝擊因子之比較

步道問題主要是土壤流失與使用者活動對土壤與植群的干擾為主要議題，國內多數研究者探討的因子，有步道坡度、植物種類、遊客量、步道寬度、步道鋪面；相較於國外，國內研究上較少被探討的因子有步道排列、坡向夾角、步道位置、鄰近水源、土壤質地、土壤型、土壤 pH 增加率、植群密度、演替階段、活動型式等因子較少被研究者探討。分析因子的選擇，除了與研究目的有關，環境的條件是最主要的，這關係到一手資料的調查收集，需要耗費人力與時間的程度，選擇適當有效的因子，實際牽涉到研究上必須考量操作的方法、測量的工具、田野調查的人力與時間、研究經費的限制、研究者的專業技術等條件。比較國內外因子之選擇，相同的因子是國內多參考國外之研究，將其運用在國內環境，驗證因子的有效結果，並運用在環境資源的管理與建議上，例如步道坡度、邊坡坡度、土壤硬度、植物種類等因子。不同的因子是國外步道活動較多元化，例如活動型式因子(有車輛、山區自行車、騎馬等) (Olive and Marion, 2009)，而國內步道活動類型的探討較少。另外，步道本體的差異，國外步道研究主要為無鋪面之土路或岩石路，因此較少有步道設施的探討，而國內研究在設施因子上，有部分的研究成果。

研究因子之選擇，反應出研究者的專業技術背景與研究地點的特殊性，例如對高山環境地點，海拔高度因子與氣候因子的運用。基於自然與遊憩活動的因素複雜，尋找潛在可能影響的因子，與瞭解因子與衝擊結果之間的相互關係，也是目前研究的一個重要方向。



表 7 國外步道衝擊之影響因子

環境	因子	方法*	研究結果
地理及氣候	海拔高度	fm/ fo	高海拔步道沖蝕較嚴重(Marion,1994 ; Nepal, 2003)
	季節	fm/ fo	夏天步道沖蝕最嚴重(Burde and Renfro,1986)
	降雨	fm/ fo	高降雨率與土壤流失有顯著影響(Olive and Marion, 2009)
地形與地勢	步道坡度	fm/ fo	與土壤流失正相關(Dixon et al., 2004)
	步道邊坡度	fm/ fo	登山者偏好走邊坡較緩一側(Marion,1994)
	步道排列	fm	步道方向與山坡坡向一致者劣化程度較嚴重(Bayfield, 1973)
	坡向夾角	fm	坡向夾角對土壤流失有顯著影響(Olive and Marion, 2009)
	步道位置	fm	在步道上坡面步道寬度大(Leung,1992)
	鄰近水源	fm/ fo	在下坡面土壤潮濕處步道寬度較大(Marion,1994)
	土壤	土壤質地	fm/ fo
土壤型		fo	有機質含量與泥濘程度成正相關(Bryan,1977 ; Meyer, 2002)
土壤溼度		fm/ fo	與步道寬度、沖蝕程度成正相關(Bayfield,1986)
滲透容量		fm	與步道寬度成正相關(Burde and Renfro,1986)
含石率		fm	與步道凹陷程度成負相關(Bryan,1977)
粗造度		fm/ fo	與步道寬度成負相關(Bayfield,1973)
植群		植群型	fm
	植物種	fm	蕨類植物對踐踏密度的抵抗力較低(Hill and Pickering, 2009).
	植群密度	/fo	密度較大之植群能集中登山者於步道上(Bright,1986)
	演替階段	fm	成熟林內步道較演替中森林者嚴重(Bratton et al.,1979)
		fm	
使用	因子	方法	研究結果
使用者	活動型式	fo	遊客量因為環境與設計因子，有不當的使用類型出現(Farrell and Marion, 2002)
			使用型式對步道土壤流失有影響(Olive and Marion, 2009)
	使用行爲	fo	使用者不在原步道行走(Sun and Liddle, 1993)
	使用者數量	fm	步道的使用者數量是遊憩壓力的主要因素(Coleman,1981)
		fm	高使用量會造成植物與土壤損害(Cole, 1983)
			使用者活動頻率對衝擊的影響遠大於其強度(Cole, 2004)
步道管理	因子	方法	研究結果
步道	步道寬度	fm	步道的使用者數量是步道寬度的主要因素(Dixon et al., 2004)
	步道年齡	fo	步道年齡三年與十年以上的步道，兩者在植物覆蓋度差異指數未達顯著差異(Potito and Beatty, 2005)
設施	步道鋪面	fo	礫石子和硬鋪面的步道邊緣明顯具有土壤裸露及明顯外來植物種(Hill and Pickering, 2006)
	步道表面設施	fo	導流棒可能導致多重路徑的發展但確實有助於減少土壤流失(Grab and Kalibbala, 2008)

資料來源：修改自Leung and Marion,1996及本研究補充整理

註：*fm-測量調查； fo-觀察調查



表8 國內研究步道衝擊影響因子

環境	因子	方法*	研究者**
氣候	海拔高度	fm	16
	光度	fm	2.13.16
	季節	fo	12.13.16
	降雨	fm	16.18
地形與地勢	步道坡度	fm	5.9.14.15.16.17.19.20.21
	步道邊坡度	fm	5.9.15.16.17.19
	步道坡長	fm	18.19.
	步道走向方位角	fm	16
土壤	土壤容量	fm	2.
	抗穿透強度	fm	4.
	含石增加率	fm	19
	ph值增加率	fm	18.19
	含水降低率	fm	18.19
	土壤硬度	fm	2.3.7.8. 9.10.11.12.13.15.16.17.18.19.22
植群	植物種類	fo	1.2.4.9.13.15.17.20
	樹勢損害	fo	2.
	上層樹木健康狀況	fo	4.
	冠層覆蓋度	fm	19
	刮痕	fo	4.
使用者	因子	方法	研究者
遊客	遊客量	fm	5.9.13.14.16.19.18.22
	遊客密度	fm	6.9.13
	遊客行爲	fo	1.9
步道管理	因子	方法	研究者
步道	步道寬度	fm	5.14.16.17.18.19.20.21
	步道鋪面	fo	5.13.14.15.18.19.21
管理設施	服務設施	fo	1.9

資料來源：本研究整理

註：*fm-測量調查； fo-觀察調查

**研究者：1.曹正偉(1995) 2.王相華(1988) 3.黃英塗、劉儒淵(1989) 4.林國銓等(1991) 5.楊武承(1993) 6.陳彥伯(1991) 7.劉儒淵(1992, 1993) 8.劉儒淵(1995) 9.林秀娟(1996) 10.彭育琦(1997) 11.陳嘉男(1998) 12.陳凱剛、陳子英(1998) 13.謝思怡(2000) 14.吳孟娟(2002) 15.洪怡萍(2003) 16.劉吉川(2004) 17.張森永(2004) 18.蘇敬智(2005) 19.邱鶴斌(2006) 20.黃國書(2007) 21.黃萬侯(2007) 22.張勝雄等(2007)

伍、步道衝擊研究結果

本文以能收集到的國內外之相關文獻，回顧步道環境衝擊的研究結果，整理可能造成步道衝擊之影響因子，歸納為三類參數，環境參數、使用者活動參數、土地管理參數，並選擇較相關重要的研究結果說明如下：

一、環境參數 (Environmental parameters)

(一)土壤與植群因子(soil and vegetation factors)

如圖1所示，步道活動以踐踏引起的生態衝擊，對土壤與植群衝擊最直接也最大，



包括土壤緊壓、土壤沖蝕、泥濘；植物覆蓋減少及植物組成改變(Cole, 2004)。步道兩側的植群組成與未受干擾地區大不相同，由於遊客踐踏及步道的開闢，在土壤性質、含水率及地面光度均有所變化，步道旁的植物組成改變，多生長屬於低矮且耐踐踏之所謂路邊植物(Hammit and Cole, 1998)。植物受踐踏後會由型態和生理去適應改變，例如節間短、莖較粗、葉面積小、厚的表皮與細胞壁及強的再生能力(Kuss and Graefe, 1985)。踐踏試驗可以歸納出一些對踐踏較有抵抗力的植物種，但也要考量在相同的生活型、植群型和氣候區的條件(Hill and Pickering, 2009)。步道系統亦扮演散播病原體(pathogens)及雜草種子(weed seeds)之重要廊道(corridors)，雜草種子的進入使得步道環境的生物多樣性改變，在生態保育的觀點，不能過份低估雜草對生態影響(Downey, 2006)。步道活動包括機動車輛、山區自行車、騎馬、登山、健行，對植物環境的衝擊，是屬於潛在性，非直接的衝擊，這包括雜草的自我傳播能力，藉由道路或步道的傳播產生強大的佔領，造成原生植物(native vegetation)、珍稀瀕危物種(rare and threatened plants)的生存危機(Pickering and Hill, 2007)。

衝擊發生的型態與當地生態系有大關係，在較不具抵抗力的植群類型區的步道更易退化(Liddle, 1997)。覆蓋度會因踐踏而降低，但有些植物對踐踏較具抵抗力，一般而言，受踐踏後草生植群比灌木植物覆蓋度高(Weaver and Dale, 1978)。在低使用量下，森林步道比草地步道寬，但在高使用量時則相反(Dale and Weaver, 1974)。光量主要影響植物的型態，強光環境下的植物對踐踏的抵抗力較高，在遮蔭下生長的植物抵抗力較弱(Cole, 1978)。雨量多時土壤水分及大氣溼度皆高，通常只要輕微的踐踏就會造成嚴重的傷害(Hammit and Cole, 1998)。所以，季節的影響主要反應在雨量的乾濕季差異上，對踐踏不嚴重的地區，在乾季時踐踏效應會大於濕季，因為濕季復原力高，但是對踐踏嚴重區，則季節對踐踏效應影響則不顯著(謝思怡, 2000)。

土壤與其表面特性會影響表面的排水，維持步道表面良好的排水能使較多的人留在原步道上(Bayfield, 1973)。步道鋪面型式也應分析其所在地區之土壤特性，避免因沖蝕而造成土壤流失(劉儒淵等, 2004)。冠層覆蓋度愈大，其底部愈陰暗，林下步道愈潮濕，土壤pH值就愈低(邱鶴斌, 2006)。一般而言，砂質壤土與壤土，有良好的排水性較不易產生沖蝕，對植物的生長有利，對踐踏具較高承受力；而砂土的保水力及陽離子交換能力差，土壤養分貧瘠導致植物根部發育不良，因此受踐踏後容易受傷；至於黏土，因其透水力差，環境潮濕時承受踐踏的能力遽降，也不利植物生長(Hammit and Cole, 1998)。



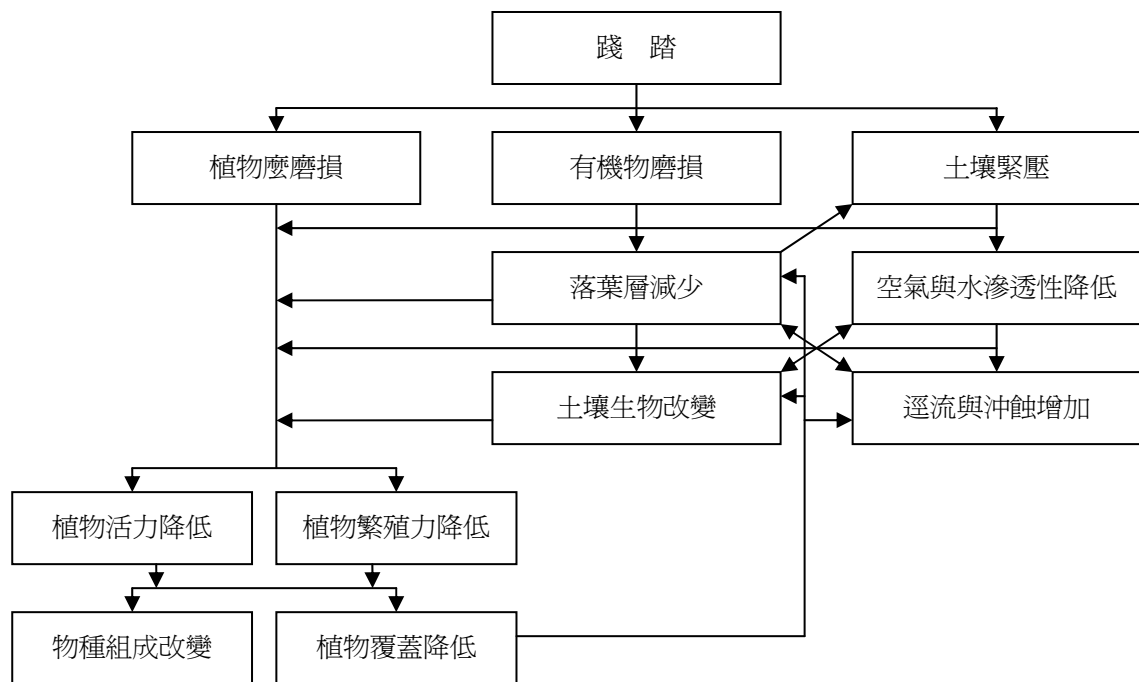


圖1 踐踏引起的生態衝擊概念圖(Liddle, 1975 ; Cole, 2004)

(二)地形因子(topography factors)

高度和坡向有氣候指標的意義(Marion, 1994)外，一些地理上的特性也可能會造成遊客間接觸降低而減少遊憩衝擊，除地理上的區隔，接觸地點的不同也會影響衝擊的發生(林晏州, 1990)，步道的起點位置與步道中間段的空間差異，可能影響衝擊發生的機會。此外，又許多研究指出步道所在的位置對衝擊的影響往往大於使用量(Cole, 1991 ; Marion and Leung, 2004)。坡長愈長則植群覆蓋度愈少(邱鶴斌, 2006)。坡向夾角(slope alignment angle)大且有適當設計的步道，一些步道退化的情況像沖蝕、泥濘、步道加寬等問題一般會最小化(Agate, 1996 ; Demrow and Salisbury, 1998)。坡向夾角在45-90°時，較陡的邊坡將限制步道使用到較窄的步道踏面(Marion and Leung, 2004)。遊客在步道上行走範圍會受地形影響，研究遊客在上下坡行走的路徑範圍，發現人會走出原步道，而踐踏周邊區域約30%，下坡足印力較大而且踩步較多，因此下坡路段對週邊植物傷害較廣(Bayfield, 1973)。

二、使用者活動參數 (User-related parameters)

使用者活動參數包括使用者活動型式(user type)、使用者的行為(user behavior)及使用量(amount of use)三方面，Cole(2004)從衝擊發生的面積與密度，分析遊憩使用中使用者的影響，有使用者空間的分佈、使用的季節、使用的行為、使用的頻率(圖2)。

(一)使用者活動型式與使用者的行為

步道衝擊與使用的類別有關，健行步道其主要衝擊為踐踏效應，踐踏造成步道加寬，增加衝擊發生的面積，其他使用者走出的分生步道或捷徑，則會改變衝

擊發生的空間的分佈。

(二)使用者活動密度

使用者活動頻率對衝擊的影響遠大於其強度(Liddle, 1973), 影響遊憩壓力的主要因素有步道的使用者數量、步道每一單位面積使用者強度與使用者分布(Coleman, 1981)。使用分區太小或分區過於分散, 會造成遊客停留使用的時間過長, 會導致衝擊程度的增加, 所以盡量分散使用, 減少遊客滯留於同一地點的時間(林秀娟, 1996)。分散使用的情況下受踐踏的植物復原力較大(謝思怡, 2000)。

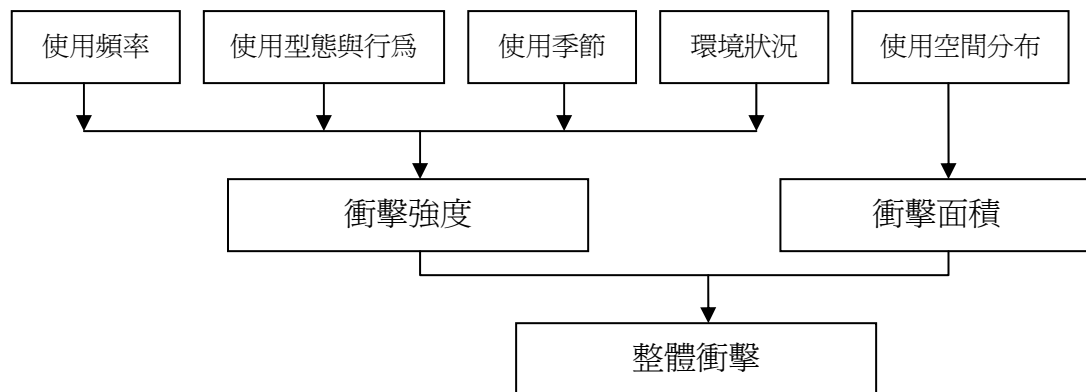


圖2 造成生態衝擊的遊憩使用因素(Cole, 2004)

三、土地管理參數 (Land management parameters)

衝擊量乃是遊憩使用量、使用型式及環境條件所組合的一個函數(劉儒淵, 1989)。使用量並非一直與衝擊量相關, 當使用量無法控制時, 仍可改以控制其它經營管理參數, 以降低衝擊(Stankey, 1973), 例如設置鋪面, 對基地進行強化(hardening)處理, 這類的基地管理(site management)措施, 可增加環境的耐久性(謝思怡, 2000)。步道鋪面化是因應遊客量增加的需要, 使用鋪面將衝擊集中化, 透過良好設計的步道或遊憩區表面, 以碎石、木材、圍籬、鋪面物件減少遊客踐踏自然資源, 為有效保護資源的方法(Cole, 1993a; Cahill et al., 2008)。Li et al.(2005)研究步道衝擊研究, 結果顯示石板與木構造步道對防止樹根裸露有效。

黃萬侯(2007)的研究指出, 步道鋪面材質對步道加寬有顯著影響, 步道分生會在各種步道鋪面材質出現, 因此無顯著相關, 而步道發生樹根裸露, 以原生鋪面(土路)步道最常發生, 此結果與Li et al.(2005)的研究結果相同。其它的研究成果, 例如謝思怡(2000)指出鋪面的有無對植物覆蓋度減少率有顯著影響, 無鋪面比有鋪面步道具顯著差異, 植群衝擊指數變化上, 無鋪面也顯著高於有鋪面者。林晏州(2003)認為不同的步道鋪面種類, 會影響步道規範遊客動線的感受, 而使衝擊有所不同。邱鶴斌(2006)僅指出步道缺乏維護, 使遊客走出步道增加兩旁的含石率, 形成有鋪面步道衝擊較高。整理鋪面相關研究的重點如下:

(一)鋪面與生態衝擊

研究發現因為雨水對鋪面材質所融出的物質進入土壤, 會改變步道週邊土壤成分, 導致植物種類及生態衝擊(Godefroid and Koedam, 2004; Hill and Pickering,



2006)。研究指出雖然某些植物種會與鋪面類別有關，但是鋪面與植群之間的改變關係並不能確定。

(二)鋪面與遊客體驗

步道鋪面的設置，不僅可以防止土壤的沖蝕，同時遊客可能因為步道鋪面的有無而影響步道規範遊客路線的感受，因此，一個規劃良好的步道鋪面可以引導遊客在步道上活動，而讓遊客對步道周圍之自然資源的衝擊降至最低(邱鶴斌，2006)。另外，步道的形式會影響遊客體驗感受，例如木圍籬的步道形成的分割感，讓遊客感覺自己像農場動物，遊客想身在自然中而不是分割於自然之外，因此，管理者須重視遊客使用範圍與步道建造形式的做法，會改變遊客體驗的品質(Cahill et al., 2008)。而邱鶴斌(2006)對里龍山自然步道的研究指出，受訪者對步道鋪面改善的意見以天然材料較能接受，枕木+碎石步道有34.4%接受度，最低的是水泥僅有0.5%的接受度。

(三)步道管理與維護

步道表面設施物的影響，主要建立在地表坡度與排水，因此步道類型會強烈影響步道沖蝕深度；另外，遊客量與導流棒為影響步道寬度的主因(Dixon et al., 2004)。導流棒的大小與步道特徵雖然沒有強烈相關性存在，但導流棒確實有助於減少土壤的流失(Grab and Kalibbala, 2008)。步道鋪面缺乏維護變成凹凸不平，遊客不走鋪面而走兩旁，造成有鋪面的步道衝擊較大(邱鶴斌，2006；吳孟娟，2002)。黃志堅(2000)在藤枝森林遊樂區的步道研究結果，遊客對步道特色重視的順序為，沿途景觀、鋪面材質、步行時間、步道寬度、困難程度。可以看出沿途景觀以外，「鋪面材質」的部分受到遊客的重視，因此，步道「鋪面材質」的管理與維護，應該也是步道遊憩衝擊研究，可以研究的議題。

(四)衝擊管理策略

Sun and Walsh(1998)歸納遊憩衝擊的管理策略，可分為四類：(1)規劃 (2)管理 (3)教育 (4)法規，其中法規是最常用的管理策略，教育宣導此策略理論上有效，但是要看宣導者是否將宣導事項有效的傳授給大眾。Leung and Marion(2000)歸納遊憩衝擊的大部分的研究關注在使用與環境的衝擊關係等因素研究，少有關注在討論管理的涉入對環境的衝擊影響，在「管理的有效性」方面的研究是較少的，包括如何避免衝擊或使衝擊最小化等。管理改善策略的評估：例如減輕衝擊策略、遊客管理策略、「不留痕跡」(Leave No Trace)之教育與宣導方案的評估，對這些策略的成效所知甚少。其它遊憩衝擊管理策略有(1)降低全區使用(2)降低問題區使用(3)改善使用位置(4)改善使用的時間(5)改善使用型式與使用行為(6)改善遊客期望(7)增加資源抵抗力(8)維護或恢復資源(Cole et al., 1987；Leung and Marion, 2000)。Manning(2004)說明四種遊憩衝擊管理之策略：(1)增加供給 (2)降低使用衝擊 (3)增加資源耐久性 (4)限制使用，其中兩個策略是處理供給與需求，另外兩個策略是當供給與需求是固定時，則應改善遊憩特性以降低衝擊或增加資源的耐用性。管理的行動又可分為直接與間接管理行動，直接管理為針對遊客行為的管理方式，而間接管理為針對會影響遊客決定的因素所採取的管理方式。愈多的研究是聚焦在遊憩管理的實施與其潛在的有



效性。

減少遊憩活動對保護區植物的生態影響，可採取關閉某些區域或是教育遊客的策略，用教育的方式改變遊客原本對遊憩活動的期待，並兼顧生態之保護(Pickering and Hill, 2007)，永久或季節性的關閉保護區，可採取隔離與衛生的策略，並透過傳單或標示牌，提醒遊客進入園區須注意之事項，達到鼓勵遊客有正面的遊憩行爲(Buckley et al., 2004)。除了教育、限制使用外，還有四種管理遊憩使用的方式(1)管理規章(2)法規強制(3)分區(4)基地設計與管理(Manning and Lime, 2000)，其中基地設計與管理會影響遊憩體驗與使用行爲，Cahill et al.(2008)針對遊客對步道型式改變之遊憩體驗評估，認為透過改變步道管理的策略評估，可以幫助管理行動的決定。另外在遊憩環境管理上，早期承載量研究主要採用「數字承載量」的觀念，著重設施與空間承載量，普遍認為遊憩使用與衝擊存在一種絕對關係，直到1990年代才開始重新檢討承載量問題，從決定數字(使用量限制)改變為決定可接受的遊憩現況。因此承載量研究逐漸由「數字方法」(numerical approach) 轉變為「指標方法」(indicator-based approach)。指標方法假設資源與社會狀況並非一成不變的，因此管理者和規劃者必須確定管理目標、重視公眾參與、動態管理環境、並持續監測成效，在執行時必須遵循應有的步驟或順序(許義忠、梁宇暉，2008)。例如「遊客衝擊管理暨規劃程序」(Visitor Impact Management / Planning Process, 簡稱VIM)(Graefe et al., 1986)與VERP 經營管理架構都是用來解決遊憩使用與承載量的問題 (Hof et al., 1994)。關鍵的是對衝擊的標準該如何決定？Cole (2004)對管理上採用遊客體驗的意見去定出「可接受的改變限度」(limit of acceptable change, LAC)的標準，提出批評與質疑，因為遊客是否知道的夠多能去給予「標準」？以及遊客是否有能力去作決定？這不是容易回答的問題，但可以確定的是，好的「標準」選擇是依據管理目的及使用的方法來決定。

陸、結語

一、國內的步道衝擊研究與國外研究的差異

(一) 研究的議題

國外的研究較早而且時間較長，從文獻回顧的比較中，發現國內步道衝擊研究較欠缺有特殊的題材或是新科技方法的引入，例如具特別環境敏感性的資源衝擊議題或步道材料對生態的衝擊議題，其他議題還有提供科學方式的研究，以區別遊憩活動與非遊憩使用所引起的環境生態衝擊，另外，對管理的成效進行評估方法的研究。

國外衝擊研究的步道多為自然的土路，國外文獻關於鋪面步道的研究較少，而近期幾個步道鋪面研究案例，多數是關於植物生態衝擊的影響，例如植物種類的改變與鋪面種類關係(Godefroid and Koedam, 2004；Hill and Pickering, 2006)或是遊客對步道鋪面的感受(Cahill et al., 2008；Giles, 2002)，而國內在鋪面步道的研究多屬於步道鋪面的有無、鋪面的維護狀況(謝思怡，2000；吳孟娟、林晏州，2002；黃萬侯，2007)、遊客對鋪面的意見調查(邱鶴斌，2006)等方面，較少有針對鋪面步道類別與設計對環境衝擊的影響



因子研究。但以上的研究也指出，研究步道鋪面種類對生態及環境衝擊影響的重要性，事實上，鋪面的影響是值得探討的，因為可以減少我們去用不利於生態的鋪面，對於生態環境與生態旅遊方面都是有幫助的。

(二) 研究與調查法

1. 研究方法：目前國內研究調查方法上以「既成事實之分析」(after-the-fact analysis) 方法為主，長期監測及模擬試驗較少，步道衝擊問題評估是近期出現的一些研究。
2. 衝擊指標：植群覆蓋度減少率(CR)、土壤硬度增加率(SHI)、植相變異度(FD)、土壤裸露等，為國內步道研究上較常使用的衝擊指標。
3. 調查方法：國內在步道調查方法方面，大多以系統抽樣法，近期有一些步道研究以普查法的方式調查(黃國書，2007；黃萬侯，2007)。如同劉吉川(2008)認為步道衝擊的研究方法的選擇，應視其研究的目的，決定其所要蒐集的研究資料，不是一個研究只用一種方法，有可能是綜合二種或以上的去執行一個研究。因此可以結合不同方法的優點，新方法的嘗試。

國內的方法多採用國外方法，少部分有自行設計，雖然近期有一些研究以GPS、GIS協助調查與研究，但整體上在方法的創新上，仍稍顯不足，例如評估指數或新方法的提出較少，不過國內有部分的步道調查，採用自行設計的環境及遊客量調查的工具，對遊憩衝擊研究的發展是很好的。

(三) 步道衝擊的指標與因子

整體而言，指標的選擇與研究目的最為相關，也與研究者本身的專業背景與研究地區環境特質有密切關係。因為區域環境的特性差異，使得指標之間的利用很難比較其優缺點，還需要有更多操作去驗證。但可以知道的是，由相關研究所提出的指標，顯示配合著不同的調查法，步道評估或監測上朝向更多指標的嘗試與科學性的計量運用，能提供更多的參考資訊，作為環境資源研究或管理之用。衝擊指數與研究主題的特殊性有關，如前所述國外針對不同主題的提出的評估指數，多具有研究或管理上的意義，而國內在衝擊指數方面的提出較少。此外，在影響衝擊的因子探討方面，國內多數研究者操作的因子大多以物理性與生物性指標為主，化學性的指標(例如土壤 pH)與氣候指標等較少被國內研究者運用。化學性或生物性的指標，突顯的是生態上需要保護的意義，例如植物物種的改變代表了生態上受到外力的干擾，指出盡量減少干擾對生態是較好的，但是直接可以應用的指標(例如某種重要生物的存在所代表的意義)，尚需更多的研究確認之間的關係。因此，就本地的環境特性去發展適合國內運用的指標與因子，進而應用在研究或管理上，這也是相較於國外研究，國內較缺乏的部分。

二、未來可能的研究方向建議

本文整理國內有關遊憩資源衝擊方面的論文及研究報告，發現多數研究偏重在遊憩



據點或步道沿線植群與土壤性質方面衝擊程度的調查及遊客遊憩體驗的研究，而關於步道規劃設計、步道鋪面對生態衝擊等研究較少。

在此提出個人淺見，建議可加強的研究方向有(一)研究法的改進與新方法的提出，例如適合本地之新指標或指數的提出(二)結合科技應用在步道調查，例如自動攝影機技術運用在使用行為的資料收集，自動電子計數器記錄使用量，再結合 GPS 定位與 GIS 資料庫分析，可更精確得到研究的資料(三)鋪面類型對生態或遊客的影響，其結果可應用在建立管理架構上。

參考文獻

1. 王相華，1988，遊樂活動對天然植群之影響及其經營計畫體系，台大森林所碩士論文。
2. 吳孟娟，2002，步道衝擊預測模式與其遊憩容許量評定之研究，台大園藝學研究所碩士論文。
3. 吳孟娟、林晏州，2002，「健行步道遊憩容許量之研究」，國家公園學報，第十二卷第 2 期：125-140。
4. 林秀娟，1996，遊憩活動對溪頭大學池土壤及植群之衝擊與其管理策略之研究，東海大學景觀學研究所碩士論文。
5. 林昱光，1997，遊客對遊憩資源衝擊認知與防治策略態度之研究—以奧萬大森林遊樂區為例，東海大學景觀學研究所碩士論文。
6. 林晉毅，2003，遊憩衝擊與遊客體驗關係之研究，朝陽科技大學環境工程學所碩士論文。
7. 林晏州，2003，「玉山國家公園步道遊憩承載量及經營管理策略之研究」，國家公園學報，第十三卷第 2 期：27-48。
8. 林國銓，1989，「踐踏對森林遊樂區土壤和植群的衝擊」，台灣林業，第十五卷第 6 期：32-38。
9. 林國銓、邱文良、施炳霖，1991，「恆春植物園步道兩側土壤和植群的受害調查」，林業試驗所研究報告季刊，第六卷第 4 期：357-365。
10. 邱鶴斌，2006，里龍山自然步道植群與土壤衝擊評估與影響因素之研究，屏東科技大學森林所碩士論文。
11. 洪怡萍，2003，合歡山地區步道衝擊及其影響因子之研究，東海大學景觀學所碩士論文。
12. 張勝雄，2007，「大雪山國家森林遊樂區—生態旅遊步道環境監測」，生活科學學報，第 11 期，51-70。
13. 張森永，2004，人為踐踏對東北角草嶺步道地被植群衝擊之研究，台大森林環境暨資源學研究所碩士論文。
14. 曹正偉，1995，遊憩對景觀的衝擊，台大地理學研究所碩士論文。
15. 許義忠、梁宇暉，2008，「VERP 應用在玉山國家公園的機會與挑戰」，2008 國家公園遊憩使用與資源保護研討會論文集，1-17。
16. 陳昭明、蘇鴻傑、胡弘道，1989，「風景區遊客容納量之調查與研究」，交通部觀光局。



17. 陳凱俐、陳子英，1998，「棲蘭森林遊樂區植群變化對遊憩效益影響之調查」，中華林學季刊，第三十一卷第3期：265-286。
18. 陳嘉男，1998，奧萬大森林遊樂區之遊憩資源衝擊及其經營管理策略之研究，東海大學景觀學研究所碩士論文。
19. 陳彥伯，1991，遊憩活動對擎天崗低草原植被之衝擊及經營管理策略之擬定，台大園藝研究所碩士論文。
20. 彭育琦，1997，塔塔加地區步道衝擊及其影響因子之研究，東海大學景觀研究所碩士論文。
21. 曾宇良，1999，遊憩區環境衝擊解說及其成效之研究-以墾丁國家公園為例，逢甲大學，土地管理學系碩論。
22. 黃志堅，2000，不同遊憩機會步道可接受限度指標因子建立之研究—以藤枝森林遊樂區為例，中興大學森林系研究所碩士論文。
23. 黃英塗、劉儒淵，1989，遊樂活動對溪頭森林遊樂區環境衝擊之研究，台大實驗林研究報告，第三卷第2期：33-51。
24. 黃國書，2007，未鋪面步道品質變遷調查—以陽明山國家公園地區為例，台大地理環境資源研究所碩士論文。
25. 黃琬琚，1995，遊客對遊憩衝擊認知之研究—以台中市中正路營區為例，逢甲大學土地管理研究所碩士論文。
26. 黃萬侯，2007，國家公園內遊憩步道之旅遊衝擊評估—以墾丁國家公園為例，國立屏東科技大學森林研究所碩士論文。
27. 楊文燦、施而惠，2000，「遊客對環境衝擊認知及參與規劃意願之研究—以陽明山國家公園地區為例」，國家公園學報，第十卷第2期：174-189。
28. 楊文燦、鄭琦玉，1995，「遊憩衝擊認知及其與滿意度關係之研究」，戶外遊憩研究，第八卷第2期，109-132。
29. 劉吉川，2004，「北大武山國家步道之土壤踐踏監測」，中華林學季刊，37(4)，393-405。
30. 劉吉川，2008，「步道衝擊研究方法之回顧」，2008 國家公園遊憩使用與資源保護研討會論文集，103-115。
31. 劉宗勇，2003，「生態旅遊地環境監測機制與作業要領」，行政院環保署主辦「生態旅遊地環境監測機制」研習會手冊，15-31 頁。
32. 劉儒淵，1989，「戶外遊憩對環境之衝擊及其管理維護」，戶外遊憩研究，2(1)，3-18。
33. 劉儒淵，1992，「遊客踐踏對塔塔加地區植群衝擊之研究」，台大實驗林研究報告，6(4)：1-40。
34. 劉儒淵，1993a，踐踏對玉山國家公園高山植群衝擊之研究，台大森林學研究所博士論文。
35. 劉儒淵，1993b，「遊憩活動對八通關地區之植群衝擊之研究」，台大實驗林研究報告，7(1)，1-32。
36. 劉儒淵，1995，「塔塔加地區步道土壤沖蝕及其監測之研究」，台大實驗林研究報告，9(3)，1-19。



37. 劉儒淵，1999，「遊憩發展對塔塔加高山生態系干擾之監測研究(三)」，國科會 88 年度專題研究計畫成果報告，7 頁。
38. 劉儒淵，2000，「塔塔加地區步道土壤沖蝕及其監測之研究(二)」，台大實驗林研究報告，14(4)：201-219。
39. 劉儒淵，2002，「合歡山區步道沿線植群與土壤衝擊之研究」，行政院農業委員會 91 年度科技研究計畫成果報告，20 頁。
40. 劉儒淵，2004a，「合歡山區登山步道土壤沖蝕之研究」，國家公園學報，14(1)，55-73。
41. 劉儒淵，2004b，「步道系統之環境監測」，21 世紀山林論壇研討會，時報文教基金會、行政院農委會林務局，www.chinatimes.org.tw/features/green-03/paper/1-3.doc。
42. 劉儒淵，2005，「遊憩活動對拉拉山自然保護區環境衝擊之調查監測」，林務局調查究報告。
43. 劉儒淵、曾家琳、沈介文，(2004)，「從遊憩衝擊觀點探討登山步道之規劃設計—以玉山國家公園塔塔加步道為例」，朝陽設計學報，第 4 期(pp.107-130)。
44. 鄭肇家，2004，遊憩衝擊認知、調適行為與忠誠度關係之研究，雲林科技大學休閒運動研究所碩士論文。
45. 錢學陶、楊武承，1992，「保護區遊憩衝擊與實質生態承載量之研究—以台北市四獸山植群為例」，戶外遊憩研究，5(1)，19-55。
46. 謝思怡，2000，社頂、龍磐地區踐踏效應影響因子之研究，國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文。
47. 蘇敬智，2005，合歡山步道土壤沖蝕之研究，東華大學自然資源管理所碩士論文。
48. Agate, E., 1996, *Footpaths: a Practical Handbook. Brith Trust for Conservation Volunteers.* London: The Eastern Press Ltd.
49. Allen, C.D., 2009, "Monitoring environmental impact in the upper Sonoran Lifestyle: a new tool for rapid ecological assessment", *Environmental Management*, 43, 346–356.
50. Bayfield, N.G. & Lloyd, R.J., 1973, "An approach to assessing the impact of use on a long distance footpath- the Pennine Way", *Recreation News Supplement*, 8, 1-7.
51. Bayfield, N.G., 1973, "Use and deterioration of some Scottish hill paths", *Journal of Applied Ecology*, 10, 635-644.
52. Bayfield, N.G., 1986, "Penetration of the Cairngorms Mountains, Scotland, by vehicle tracks and footpaths: impacts and recovery", In R.C. Lucas (Compiler), *Proc. National Wilderness Research Conference: Current Research.* USDA Forest Service, Intermountain Res., Stn., Gen. Tech. Rpt. INT-212, Ogden, UT., 121-128.
53. Bratton, S.P., Hickler, M.G. & Graves, J. H., 1979, "Trail erosion patterns in Great Smoky Mountains National Park", *Environmental Management*, 3, 431–445.
54. Bright, J.A., 1986, "Hiker impact on herbaceous vegetation along trails in an evergreen wildland of central Texas", *Biological Conservation*, 36, 53-69.
55. Bryan, R. B., 1977, "The influence of soil properties on degradation of mountain hiking trail at Grovelsjon", *Geografiska Annaler*, 59A, 49-65.



56. Buckley, R., King, N. & Zubrinich, T., 2004, "The role of tourism in spreading dieback disease in Australian Vegetation", (pp. 317–324). In: Buckley, R. (Ed.), *Environmental Impacts of Ecotourism*. CABI Publishing, New York.
57. Burde, J.H. & Renfro, J.R., 1986, "Use impacts on the Appalachian Trail", In: *Proceedings of the National Wilderness Research Conference: current research, comp. R.C. Lucas*, (pp. 138–43). General technical report INT-212, US Dept of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, UT, USA.
58. Burden, R. F. & Randerson, P. F., 1972, "Quantitative studies of the effects of human trampling on vegetation as an aid to the management of semi-natural areas, *Journal of Applied Ecology*, 9, 439-457.
59. Cahill, K., Marion, J.L. and Lawson, S.R., 2008, "Exploring visitor acceptability for hardening trails to sustain visitation and minimize impacts", *Journal of Sustainable Tourism*, 16(2), 232-245.
60. Chatterjea, K., 2007, "Assessment and demarcation of trail degradation in a nature reserve, using GIS : case of Bukit Timah Nature Reserve", *Land Degradation & Development*, 18(5), 500-518.
61. Cole, D. N., 1993b, *Trampling Effects on Mountain Vegetation in Washington, Colorado, New Hampshire, and North Carolina*. Research Paper INT-464. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station. 56p.
62. Cole, D. N., 1997, *Experimental Evaluations of Two Leave-No-Trace Techniques: Removing Boots and Using Geotextile Groundcloths (Scrim)*. Research Paper INT-RP-497. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station. 7p.
63. Cole, D.N., 2004, "Impacts of Hiking and Camping on Soil and Vegetation : a Review." In: Buckley, R. (ed.), *Environmental Impacts of Ecotourism*, (pp. 41-60). Wallingford, UK: CABI Publishing.
64. Cole, D.N., 1978, "Estimating the susceptibility of wildland vegetation to trailside alternation", *Journal of Applied Ecology*, 15, 281-286.
65. Cole, D.N., 1983, *Assessing and monitoring backcountry trail conditions*. Research paper INT-303, USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, USA: 10 pp.
66. Cole, D.N., 1987, "Research on soil and vegetation in wilderness: A state-of-knowledge review". In: Lucas, Robert C., comp. *Proceedings-National Wilderness Research Conference: Issues, State-of-Knowledge, Future Directions*, Fort Collins, CO. General Technical Report INT-220. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station: 135-177.
67. Cole, D.N., 1991, *Changes on Trails in the Selway-Bitterroot Wilderness, Montana, 1978-1989*. Research Paper INT-212. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station. 5p
68. Cole, D.N., 1993a, "Minimizing Conflict between Recreation and Nature Conservation", In:



- Smith, D.S. and Hellmund, P.C. (eds.), *Ecology of Greenways: Design and Function of Linear Conservation Areas*, (pp. 105 – 122). Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, MN.
69. Coleman, R.A., 1981, “Footpath erosion in the English Lake District”, *Applied Geography*, 1, 121-131.
70. Dale, D. & Weaver, T., 1974, “Trampling effects on vegetation of the trail corridors of North Rocky Mountain Forests”, *Journal of Applied Ecology*, 11, 767-772.
71. Demrow, C. & Salisbury, D., 1998, *The Complete Guide to Trail Building and Maintenance*, 3rd edn. Appalachian Mountain Club Books, Boston, Massachusetts.
72. Dixon, G., Hawes, M. & McPherson, G, 2004, “Monitoring and modeling walking track impacts in the Tasmanian Wilderness World Heritage Area, Australia”, *Journal of Environmental Management*, 71, 305–320
73. Downey, P.O., 2006, “The weed impact to Native Species (WINS) assessment tool—results from a trail for bridal creeper (*Asparagus asparagoides* (L.) Drue and ground asparagus (*Asparagus aethiopicus* L.) in southern New South Wales”, *Plant Protection Quarterly*, 21(3), 109-128.
74. Farrell, T.A. & Marion, J.L., 2002, “Trail impacts and trail impact management related to visitation at Torres del Paine National Park”, *Chile. Leisure/Loisir*, 26, 31–59.
75. Giles, A.D., 2002, *Exploring the social, environmental and economic aspects of trail surfacing decisions*, Master thesis, Environmental Studies in Geography, University of Waterloo, Canada.
76. Godefroid, S. & Koedam, N., 2004, “The impact of forest paths upon adjacent vegetation: effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction”, *Biological Conservation* 119:405-419.
77. Goeft, U. & Alder, J., 2001, “Sustainable Mountain Biking : A Case Study from the Southwest of Western Australia”, *Journal of Sustainable Tourism*, 9, 193-211.
78. Grab, S. & Kalibbala, F., 2008, “Anti-erosion’logs across paths in the southern uKhahlamba–Drakensberg Transfrontier Park, South Africa: Cure or curse? “, *Catena*, 73, 134–145.
79. Graefe, A. R. ,Kuss, F. R. & Vaske, J. J. ,1986, *Recreation impacts and carrying capacity: A visitor impact management framework*. National Parks and Conservation Association. Washington, DC.
80. Hammitt, W.E. & Cole, D.N., 1998, *Wildland Recreation: Ecology and Management*, 2nd edn. New York: John Wiley & Sons: 361 pp.
81. Hawes, M., Candy, S., & Dixon, G., 2006, “A method for surveying the condition of extensive walking track systems”, *Landscape and Urban Planning*, 78, 275–287.
82. Hill, R. & Pickering, C., 2009, “Differences in resistance of three subtropical vegetation types to experimental trampling”, *Journal of Environmental Management*, 90, 1305-1312.



83. Hill, W. & Pickering, C.M., 2006, "Vegetation associated with different walking track types", *Journal of Environmental Management*, 78(1), 24-34.
84. Hof, M., Hammett, J., Rees, Belnap, M., J., Poe, N., Lime, D. & Manning, R., 1994, "Getting a handle on carrying capacity: A pilot project at Arches National Park", *Park Science*, 14(1), 11-13.
85. Hollenhorst, S.J. , Whisman, S.A. & Ewert, A.W.,1992, *Monitoring Visitor Use in Backcountry and Wilderness : a Review of Methods*. General Technical Report PSW-GTR-134 USDA Forest Service. Pacific Southwest Research Station. Berkeley, California.
86. Kim, S. & Shelby,B. ,2006. "Comparing onsite and offsite methods for measuring norms for trail impact", *Environmental management*, 37(4), 567-578.
87. Kuss, F. R., & Graefe, A.R., 1985, "Effect of recreation tramping on natural area vegetation" *Journal of Leisure Research*, 17(3), 165-183.
88. Leung, Y.-F. & Marion, J.L., 1996, "Trail degradation as influenced by environmental factors: a state-of-knowledge review", *Journal of Soil and Water Conservation*, 51,130–6.
89. Leung, Y.-F. & Marion, J.L., 1999b, "The influence of sampling interval on the accuracy of trail impact assessment", *Landscape and Urban Planning*, 43, 167–79.
90. Leung, Y.-F.& Marion, J.L.,1999a, "Assessing trail conditions in protected areas: application of a problem-assessment method in the Great Smoky Mountains National Park, USA", *Environment Conservation*, 26, 270–279.
91. Leung, Y.-F., 1992, *A Study of Trail Degradation along the Pat Sin range, North New Territories*, Hong Kong. M. Phil. Thesis, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong.
92. Leung, Y.-F., Marion, J.L., 2000, Recreation impacts and management in wilderness: a state-of-knowledge review. In: Cole, D.N., McCool, S.F., Borrie, W.T., William, T., O'Loughlin, J. (compilers), *Wilderness Science in a Time of Change Conference* (pp. 23–48), vol. 5: Wilderness Ecosystems, Threats and Management. Proceedings MRS-P-15-VOL-5, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT,.
93. Li, W., Ge, X. & Liu, C., 2005, "Hiking trails and tourism impact assessment in protected area : Jiuzhaigou biosphere reserve, China", *Environmental Monitoring and Assessment* , 108, 279–293.
94. Liddle, M., 1973, A survey of twelve lakes in the Gwydyr Forest region of Snowdonia, *Internal Report to the Nature Conservancy, Caernarvonshire*.
95. Liddle, M., 1975, "A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems", *Biol. Conserv.*, 7, 17-36.
96. Liddle, M., 1997, *Recreation Ecology: the Ecological Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism*. London: Chapman & Hal.



97. Lynn, N.A. & Brown, R.D., 2003, "Effects of recreational use impacts on hiking experiences in natural areas", *Landscape and Urban Planning*, 64, 77-87.
98. Manning, R. E.& Lime, D.W., 2000, "Defining and Managing the Quality of Wilderness Recreation Experiences" ,In: Cole, D.N., McCool, S.F., Borrie,W.T.,William, T., O'Loughlin, J. (compilers),*Wilderness Science in a Time of Change Conference*, RMRS-P-15-VOL-4, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT, pp. 13–52.
99. Manning, R. E., 2004, "Managing impacts of ecotourism through use rationing and allocation", In: Buckley, R. (ed.), *Environmental Impacts of Ecotourism*, Wallingford, UK: CABI Publishing, pp. 273-286.
100. Marion, J. L. and Leung, Y.-F. , 2004, "Environmentally sustainable trail management", In: Buckley, R. (ed.), *Environmental Impacts of Ecotourism*,. Wallingford, UK: CABI Publishing, pp. 229-243.
101. Marion, J.L. & Leung, Y.-F., 2001, "Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques", *Journal of Park Recreation Adm.*, 19, 17–37.
102. Marion, J.L., 1994, An assessment of trail conditions in Great Smoky Mountains National Park. Research/resources management report, US Dept of the Interior, National Park Service, Southeast Region, Atlanta, GA, USA · 155 pp.
103. Mende, P. & Newsome, D., 2006, "The assessment, monitoring and management of hiking trails: a case study from the Stirling Range National Park, Western Australia", *Conservation Science W. Aust.*, 5(3),285-295.
104. Meyer, K.G., 2002, Managing degraded off-highway vehicle trails in wet, unstable, and sensitive environments. Rpt No. 1E22A68. USDA Forest Service, Technology and Development Program, Missoula, MT.
105. Monz, C. A., 2000, "Recreation resource assessment and monitoring techniques for mountain regions", In: Godde, P. M., Price, M. and Zimmermann F. M. (eds.), *Tourism and development in mountain regions*, Oxon, UK : CABI Publishing, 47-68.
106. Nepal, S.K. & Way, P. ,2007, "Characterizing and Comparing Backcountry Trail Conditions in Mount Robson Provincial Park, Canada", *Ambio*, 36(5),394-400.
107. Nepal, S.K.,2003, "Trail impacts in Sagamatha (Mt. Everest) National Park, Nepal: a logistic regression analysis", *Environmental Management*, 32, 312–321.
108. Olive, N.D. & Marion, J.L., 2009, "The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreational trails", *Journal of Environmental management*, 90, 1483-1493.
109. Pettebone, D., Newman, P. & Theobald, D. ,2009, "A comparison of sampling designs for monitoring recreational trail impacts in Rocky Mountain National Park", *Environmental Management.*,43,523-532.
110. Pickering, C.M.& Hill, W.,2007, "Impacts of recreation and tourism on plant



- biodiversity and vegetation in protected areas in Australia” *Journal of Environmental management*, 85,791-800.
111. Potito, A.P. & Beatty, S.W.,2005, “Impacts of recreation trails on exotic and ruderal species distribution in grassland areas along the Colorado Front Range”, *Environmental Management.*,36(2),230-236.
112. Qiang, SHI, 2006, “The impact of tourism on soils in Zhangjiajie World Geopark”, *Journal of Forestry Research*, 17(2),167–170.
113. Stankey, G. H., 1973, *Visitor perception of wilderness recreation carrying capacity*. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Experiment Station, 62pp
114. Stohlgren, T. J.& Parsons, D. J. ,1992, “Evaluating wilderness recreational opportunities: Application of an impact matrix”, *Environmental Management.*,16(3), 397-403.
115. Sun, D & Liddle, M., 1993, “A survey of trampling effects of vegetation and soil in eight tropical and subtropical sites”, *Environmental Management*, 17,497-510.
116. Sun, D &Walsh, D., 1998, “Review of studies on environmental impacts of recreation and tourism in Australia”, *Journal of Environmental Management*, 53,323-338.
117. Symmonds, M.C., Hammit, W.E. & Quisenberry, V.L., 2000, “Managing Recreational trail Environments for Mountain Bike User Preference”, *Environmental Management*, 25(5), 549-564.
118. Teschner, D.P.,DeWitt, G.M.& Lindsay, J.J.,1979,*Hiking Impact on Boreal Forest Vegetation and Soils in Vermont’s Northern Green Mountains*. University of Vermont, Recreation Management Program, Research Note SNR-RM6, Burlington, VT.
119. Törn, A.,Tolvanen, A.,Norokorpi,Y.,Tervo,R. & Siikamäki, P.,2009, ”Comparing the impacts of hiking, skiing and horse riding on trail and vegetation in different types of forest”, *Journal of Environmental management*, 90,1427-1434.
120. Vistad, O.I., 2003, “Experience and management of recreational impact on the ground: a study among visitors and managers”, *Journal for Nature Conservation*, 11,363-369.
121. Waston, A. E., Niccolucci, M. J. & Williams, D. R., 1993, *Hiker and Recreational Stock users : Predicting and Managing Recreation Conflicts in Three Wildernesses*. Research paper INT 468. Ornen, Utah : USDA Forest Service.
122. Weaver, T., & Dale, D., 1978, “Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests”, *Journal of Applied Ecology*, 15,451-457.
123. William, P.B. & Marion, J.L., 1992, “Trail inventory and assessment approaches applied to trail system planning at Delaware Water Gap National Recreation Area”. In: Vander Stoep, G. A. (ed.) *Proceedings of the 1992 Northeastern Recreation Research Symposium, Saratoga Springs, NY*. General Technical Report NE-176,USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Broomall, Pennsylvania,pp.80-83.
124. World Tourism Organisation ,1998, Ecotourism : Now one-fifth of the market. *World Tourism News I*(1), 6.

