

國立交通大學

環境工程研究所

博士論文

永續環境評估指標系統

Environmental Sustainability Assessment Index System



研究生：潘子欽

指導老師：高正忠教授

中華民國九十八年四月

永續環境評估指標系統

Environmental Sustainability Assessment Index System

研究生：潘子欽

Student : Tze-Chin Pan

指導教授：高正忠

Advisor : Jehng-Jung Kao

國立交通大學

環境工程研究所



Submitted to Institute of Environmental Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor of Philosophy

in

Environmental Engineering

April 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年四月

摘要

建立指標評估永續性是國際上常採用的方式。然而，當前的指標系統有一些問題待解決，如缺乏工具可協助建立指標、指標多為單一數值僅能顯示平均狀況、無法評估代間公平性、未納入預算於決策程序導致效用差、指標調查與公佈缺乏民眾參與等。為確實反應環境永續議題及有效評估環境永續性，本研究因而發展一個包括永續指標資料庫、代間公平性指標、環境永續帳及永續地圖等之指標系統來改善這些問題，以期能有效改善環境永續性。

永續指標資料庫除有系統地收集整理國際上各層級永續指標之外，並進行指標分類及建立挑選功能，以輔助使用者選擇合適之永續指標。代間公平為永續發展很重要的概念，但目前尚無合適的指標可評估，故本研究考量兩代間永續性之繼承關係及合理目標，建立傳承公式及傳承率以發展評估代間公平性的指標。為驗證及說明傳承公式之適用性，本研究以全球暖化為案例，以二氧化碳排放量、氣候災害損失及森林面積為子指標建立代間公平性指標，評估結果發現傳承公式所計算三個子指標之傳承率多為負值，亦即全球暖化代間公平性為負向，應立即改善。環境永續帳則整合指標與預算二個以往是各自獨立的系統，藉由所建議的篩選原則選取之關鍵指標，可順利與預算連結，進而分析市政預算是否妥善應用於改善環境永續性工作中，並建立分析指標與預算關係之程序，用以輔助調整預算分配，以增進預算用於改善環境永續性的效率。永續地圖則是用以展現永續議題空間變化與多面向因子的網路地圖系統，該系統主要用以支援民眾訪查活動，以鼓勵民眾關心地方環境及參與公共事務。相信本研究所發展的系統可改善傳統指標系統的缺點，且能有效評估及促進永續環境。

關鍵字：環境永續指標、代間公平性指標、環境永續帳、永續地圖、永續環境系統分析

Abstract

A set of indicators is generally used to assess the state and progress toward environmental sustainability. However, current indicators have several problems, such as lacking a proper tool for developing indicators, traditional single-value indicators addressing the overall status only, no indicator available for assessing inter-generational equity, budget allocation not incorporated into decision processes, and limited public participation during indicator development. Thus, this study developed a sustainability indicator (SI) database, an inter-generational equity index (IGEI), an environmental sustainability accounting (ESA) system, and a sustainability map to facilitate assessment and promotion of regional environmental sustainability.

The SI database provides not only systematic methods to collect and store the SIs, but also functions to classify and select indicators. Inter-generational equity is essential for environmental sustainability and appropriate indicators are desired for assessing it. Therefore, the IGEI and an endowment equation are proposed based on the temporal trend between two generations and a reasonable target. To demonstrate the applicability of the endowment equation, an IGEI is established to assess the inter-generational equity for global warming with three sub-indexes: CO₂ emission, loss due to climate-induced disasters, and size of the existing forest area. The ESA system integrates the environmental sustainability indicator and the budget allocation sub-systems that were generally operated as independent systems. This ESA system can be applied to evaluate whether a budget is allocated properly for improving regional environmental sustainability, by analyzing the relationships among environmental sustainability indicators and budget items. The ESA system can assist managers in adjusting budget allocations to enhance environmental sustainability. The sustainable map is an on-line system that can present various spatial distributions and local sustainability issues. This map system is intended to encourage residents to care about their local environment and promotes public participation. The methods and tools developed in this study are expected to improve traditional indicators for effectively assessing and improving regional environmental sustainability.

Keywords: Environmental sustainability indicator, inter-generational equity index, environmental sustainability accounting, sustainability map, sustainable environmental system analysis.

誌謝

博士班這條路走了許久，終於走完了。在這條路上，首先感謝高正忠老師的細心指導，在老師的研究室中，學習到許多作研究的方法及作事的態度，尤其是抓重點的功夫，相信會是一生受用的寶物。另外，亦感謝廖述良老師、余瑞芳老師、陳慶和老師、馬鴻文老師及林志高老師於百忙之中，對於我論文之指導與建議，以使此論文更加完整。

在就讀博士班期間，謝謝女友馥珽的一路支持，也感謝我父母不給我壓力，讓我自由地發展人生的方向。最後，要謝謝在研究室中，宥禛協助我處理許多研究事務、坤興解決幫忙我解決研究上之問題、及林宏嶽學長、沛濠、逸群、長祺、阿輝、淑婷、金蓮、曾大哥、俊鴻、隆懋、哲廷、親民、志軍、阿泰、文馨、立夫、彥超、雅如、冠華、嘉俊、立偉、世澤等研究室伙伴，很高興能跟你們在研究室有著一段精彩的生活。 I am blessed.

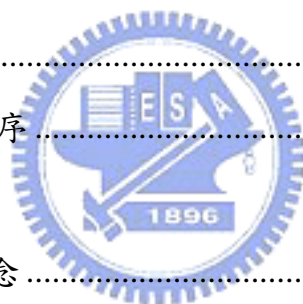
子欽

2009/04/20

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 前言	
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	4
1.3 研究架構與流程	5
1.4 論文內容	8
第二章 文獻回顧	
2.1 永續指標	9
2.2 指標分類	10
2.3 永續指標資料庫	13
2.4 代間公平性	14
2.5 環境保護經費分析工具	17
2.6 綠色生活地圖	18
第三章 永續指標資料庫	
3.1 使用者需求	20
3.2 指標分類	21
3.3 系統架構	24
3.4 資料庫結構	25
3.5 系統功能示範	28

第四章	代間公平性指標	
4.1	世代定義	37
4.2	傳承公式	38
4.3	全球暖化代間公平性指標	40
4.4	案例討論	44
4.4.1	時間性變化率	44
4.4.2	傳承率適用性分析	48
第五章	環境永續帳	
5.1	環境永續帳架構	60
5.2	案例介紹	63
5.3	環境永續指標	64
5.4	關鍵指標	69
5.5	預算分配程序	71
第六章	永續地圖	
6.1	永續地圖概念	76
6.2	民眾訪查資料庫	79
6.3	電子地圖及空間性指標	84
第七章	結論與建議	
7.1	結論	87
7.2	建議	89
參考文獻	91



表目錄

表 3.1 各層級之永續指標相關報告範例.....	23
表 3.2 永續指標資料表欄位定義與說明.....	26
表 3.3 聯合國及澳洲與紐西蘭之大氣相關永續指標	31
表 3.4 空氣品質之狀態指標.....	35
表 4.1 世界總人口數.....	38



圖目錄

圖 1.1 研究架構.....	6
圖 1.2 研究流程.....	7
圖 2.1 PSR 指標概念.....	11
圖 2.2 DPSIR 指標分類架構.....	12
圖 2.3 瑞士之 Level-Capital-Input/Output-Structural criteria-Response 架構.....	12
圖 2.4 eXport21 介面.....	13
圖 2.5 Sustainable Measures 之指標資訊.....	14
圖 2.6 CO2 排放量比較.....	16
圖 3.1 永續指標資料庫之指標分類示意圖.....	22
圖 3.2 永續指標資料庫之系統架構.....	25
圖 3.3 永續指標資料庫之檢索介面.....	29
圖 3.4 永續指標檢索結果.....	29
圖 3.5 永續指標詳細資訊.....	29
圖 3.6 永續報告依層級查詢.....	32
圖 3.7 永續議題分類.....	33
圖 4.1 冰核(ice core)之 CO2 濃度變化.....	41
圖 4.2 歷年 CO2 排放量.....	42
圖 4.3 歷年氣候災害財產損失.....	42
圖 4.4 歷年全球森林面積.....	43
圖 4.5 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之 CO2 排放之時間性 變化率.....	45
圖 4.6 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之氣候災害損失之時 間性變化率.....	46

圖 4.7 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之森林面積之時間性 變化率.....	47
圖 4.8 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之 CO2 排放量之傳承 率、平均值及模範值.....	51
圖 4.9 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之氣候災害損失之傳 承率、平均值及模範值.....	54
圖 4.10 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之森林面積之傳承率、 平均值及模範值.....	57
圖 5.1 環境永續帳之概念圖.....	60
圖 5.2 環境永續帳之系統架構圖.....	61
圖 5.3 環境永續帳系統首頁.....	62
圖 5.4 環境永續帳之執行流程.....	63
圖 5.5 RWESIs 管理介面.....	64
圖 5.6 以(a)柱狀圖及(b)雷達圖表示之達成率.....	66
圖 5.7 RWESIs 於 DSR 架構.....	69
圖 5.8 預算分配介面.....	72
圖 5.9 關鍵指標與對應預算表.....	73
圖 5.10 KIs 與預算分析.....	74
圖 6.1 台北公館電子綠色生活地圖.....	77
圖 6.2 永續地圖架構.....	78
圖 6.3 民眾訪查資料庫之架構與流程.....	79
圖 6.4 永續地圖訪查資訊表.....	81
圖 6.5 綠點/綠區相簿展示頁面.....	82
圖 6.6 SIS 資訊展示頁面.....	83
圖 6.7 新竹中學綠活圖電子書.....	85