



入侵種經濟分析手冊

露西·艾莫頓、傑佛瑞·哈維 著



原著書名：A Toolkit for the Economic Analysis of Invasive Species

著者：露西·艾莫頓 (Lucy Emerton) 、傑佛瑞·哈維 (Geoffrey Howard)

出版單位：全球入侵種規劃署 (Global Invasive Species Programme;GISP)

Copyright: © 2008 Global Invasive Species Programme (GISP)

引註：Emerton, L. and G. Howard, 2008, A Toolkit for the Economic Analysis of Invasive Species. Global Invasive Species Programme, Nairobi.

設計：Lucy Emerton

聯絡方式：CABI Africa
ICRAF Complex
Nairobi, Kenya
<http://www.cabi.org>


International Union for the Conservation of Nature (IUCN)
Eastern and Southern Africa Regional Office
PO Box 68200
Nairobi, Kenya
<http://www.iucn.org>


中文書名：入侵種經濟分析手冊

譯者：巫奇勳、巫奇妮、甘宸宜、翁億齡、
施炳霖、陳奐宇、羅允佳

審稿者：謝和霖

美編：羅允佳

翻譯單位：看守台灣協會 

補助單位：行政院農委會林務局 



本手冊的出版隸屬於「非洲能力建置：建立關於入侵外來種威脅的經濟分析能力」(Building Capacity in Africa for Economic Analysis of the Threats Posed by Invasive Alien Species)計畫。本手冊的觀點不一定代表GISP、CABI、IUCN或世界銀行的看法。

手冊簡介	1
把入侵種視為經濟議題	2
關於本手冊	2
關於GISP	4
致謝	4
單元一 關於入侵種	5
1A 本單元內容	6
1B 認識入侵種：一個和生物學及發展有關的議題	6
1C 入侵種的移動與引入	10
1D 可能成為入侵種的生物類型	11
1E 入侵與其他環境壓力	12
1F 參考文獻	13
單元二 瞭解生物入侵的經濟因素	15
2A 本單元內容	16
2B 辨認造成入侵的經濟因子	16
2C 使用政策分析矩陣來追蹤外來種入侵的經濟因素	19
2D 將入侵種問題連結至人類福祉的改變	21
2E 參考文獻	23
單元三 入侵種的衝擊與因應之道	24
3A 單元內容	25
3B 了解入侵種的衝擊	25
3C 物種入侵的衝擊類型	27
3D 生物入侵的預防	31
3E 入侵的控管	34
3F 入侵後的生態系復育	35
3G 參考文獻	36
單元四 界定入侵種的相關成本和效益	37
4A 本單元內容	38
4B 以經濟學觀點來看入侵種的衝擊	38
4C 界定入侵種的成本與效益	40
4D 依生態系的價值來分類入侵種的成本和效益	43
4E 確認入侵種成本和效益的清單	46
4F 認識入侵種之成本與效益的複雜性	46
4G 參考資料	49

目錄 Content

單元五 生態系衝擊的價值評估	52
5A 本單元內容	53
5B 視價值評估為達到目的的手段	53
5C 衝擊的預測和衡量：科學的侷限性	54
5D 處理價格扭曲和市場失靈	55
5E 生態系價值評估方法摘要	55
5F 市場價格法	56
5G 生產影響法	57
5H 旅行成本法	59
5I 特徵價格法	61
5J 重置成本法	62
5K 減緩和規避支出法	64
5L 損害成本法	66
5M 條件評價法	67
5N 其他的陳述偏好法：聯合分析和選擇試驗	69
5O 經濟價值評估的適用性和侷限	70
5P 參考文獻	72
單元六 形塑因應生物入侵的行動	74
6A 本單元內容	75
6B 透過管理措施來處理入侵種議題	75
6C 衡量入侵種成本與效益的工具	76
6D 整合時間尺度	80
6E 處理風險及不確定性	81
6F 區分財務價值與經濟價值	83
6G 設計經濟及財政政策工具以處理入侵種問題	84
6H 參考資料	86
重要參考文獻	89
重要名詞解釋	97

方塊

單元一 關於入侵種	5
方塊1. 重要名詞定義	7
單元四 界定入侵種的相關成本和效益	37
方塊2. 入侵種的直接經濟衝擊和間接經濟衝擊	38
方塊3. 蒙大拿、南達科塔和懷俄明州的乳漿大戟所帶來的直接和間接成本	39
方塊4. 將南非外來入侵植物的生物物理衝擊連結至經濟價值的變化	41
方塊5. 非洲入侵種的經濟成本和效益	49
單元五 生態系衝擊的價值評估	52
方塊6. 證明南非入侵種防治工作的正當性： 經濟論述的重要性和需要更好的經濟方法和資料	53
方塊7. 應用市場價格評價法來評估非洲南部贊比西河流域淡水濕地物種的在地使用	57
方塊8. 應用生產影響評價法來評估授粉媒介減少所導致的農業成本	59
方塊9. 應用旅行成本評價法來評估美國淡水遊憩區域的環境品質改善	61
方塊10. 應用特徵價格評價法來評估美國城市濕地的價值	62
方塊11. 應用重置成本評價法來評估烏干達納基武博沼澤地的濕地水質服務	64
方塊12. 應用減緩或規避支出評價法來評估斯里蘭卡的濕地洪峰消滅服務	65
方塊13. 應用損害成本評價法來評估南非的外來入侵植物	67
方塊14. 應用條件評價法來評估東印尼的集水區旱情紓解服務	69
方塊15. 聯合分析法在南非克魯格國家公園河川品質評價上的應用	71
單元六 形塑因應生物入侵的行動	74
方塊16. 衡量入侵種的效益及成本	77
方塊17. 美國五大湖區梅花鱸防治計畫的成本效益分析	78
方塊18. 美國威樂巴灣的苛螺防治計畫的成本有效性分析	79
方塊19. 應用多準則分析於入侵種議題的實例	79
方塊20. 評估各種可能管理策略，以防治澳洲入侵有害植物的決策分析	82
方塊21. 可用以處理入侵種問題的經濟及財政政策工具	86

目錄 Content

表

單元一 關於入侵種	5
表1. 入侵狀態的名稱	8
單元二 瞭解生物入侵的經濟因素	15
表2. 生物入侵的直接與間接經濟因素列舉	17
表3. 政策分析矩陣實例，編號1：農業之入侵種問題的經濟成因	20
表4. 政策分析矩陣的實例，編號2：農業之入侵種問題的經濟成因	20
表5. 政策分析矩陣實例，編號3：農業之入侵種問題的經濟成因	21
單元四 界定入侵種的相關成本和效益	37
表6. 入侵種的成本與效益清單	47
表7. 入侵種直接管理成本的清單	48

圖

單元一 關於入侵種	5
圖1. 因時推移的入侵階段	9
單元二 瞭解生物入侵的經濟因素	15
圖2. 生物入侵、生態系服務與人類福祉	22
單元三 入侵種的衝擊與因應之道	24
圖3. 《千禧年生態系統評估》中所指出的造成生態系改變的驅動因子	25
單元四 界定入侵種的相關成本和效益	37
圖4. 入侵種的直接和間接經濟衝擊	42
圖5. 生態系統的總經濟價值	44
圖6. 總經濟價值和生態系服務-人類福祉架構兩者間的對應關係	45
單元五 生態系衝擊的價值評估	52
圖7. 生態系評估方法	55
單元六 形塑因應生物入侵的行動	74
圖8. 入侵種的管理措施分類表	76
圖9. 使用不同貼現率的結果	81
圖10. 處理入侵種問題的經濟及財政政策工具分類表	85



全球入侵種規劃署 The Global Invasive Species Programme
入侵種經濟分析工具手冊

GISP

手冊簡介



把入侵種視為經濟議題

傳統上，生物入侵相關議題被視為是生物學家的任務。然而，隨著入侵生物分布越來越廣、其對人類的影響越來越大，科學界中有越來越多的人開始呼籲經濟學者和其他社會科學家投入這項任務。

事實上，就其起因、影響和解決方案而言，生物入侵基本上是個經濟問題。多數的生物入侵是受到刻意或非刻意的經濟活動所致，這表示經濟的解決方案也是需要的。同時，入侵生物之所以被人類視為問題，主要理由（雖然不是唯一理由）是因為它最終會衝擊經濟體系，並危及人類福祉，其方式包括：藉由直接影響特定部門、地點或群體；透過它們的連鎖反應與次生效應去間接影響到經濟過程與機會；以及由於管理它們所需的成本。

儘管科學界中已有越來越多人體認到需要有經濟學來幫忙處理生物入侵的議題，且也有越來越多經濟學家了解到處理入侵種的重要性，但以經濟學的方法和工具以求更加了解及因應入侵種，還是最近的創意。關於入侵種經濟學的文獻已經出現，雖然數量少但呈穩定的成長。然而，這之中的大多數文獻是在過去的十年間產出，而且大部分是在探討北美（主要探討對象）與歐洲（探討程度較少）的入侵種擴散的問題。特別是，其重點主要是放在計算入侵種所帶來的成本；直到最近幾年，才開始把較深入的經濟分析與自然科學整合在一起，以模型化生物入侵的因果關係，以及評估會影響入侵種擴散的政策與其他政策工具的使用與影響。

從一開始聚焦在產出數字以突顯特定入侵種所帶來的巨大經濟損失，到現在人們已經廣泛意識到經濟學應該做更多，包括了解入侵種引入和擴散傳播的複雜成因，了解人類行為與自然過程之間的連結，以及尋找解決之道，而不只是了解入侵種帶來的成本或管理它們所帶來的利益。

關於本手冊

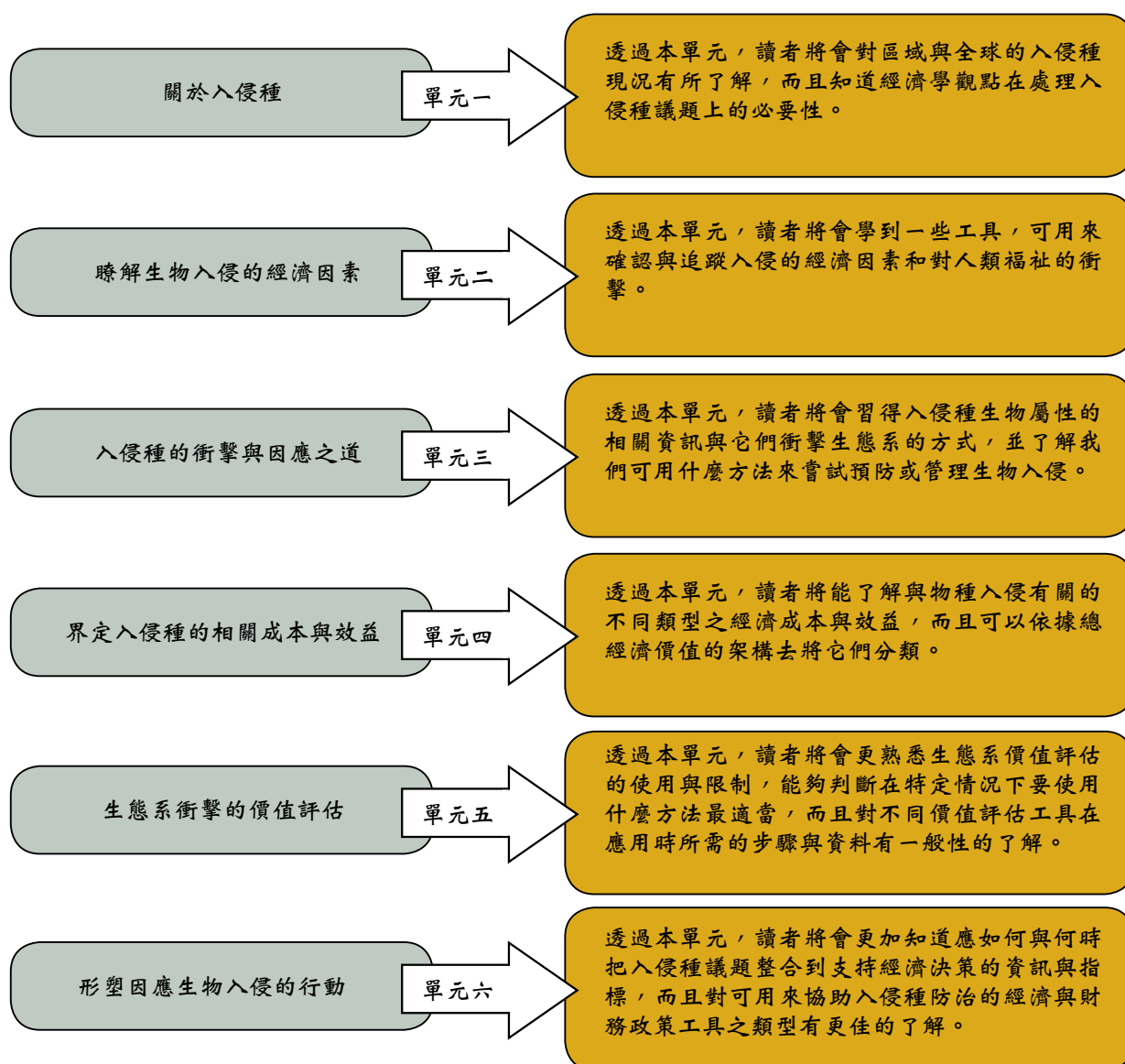
雖然現在科學界普遍認為，經濟分析與經濟政策工具的使用對處理生物入侵有關的問題是很重要的，但對於經濟學方法和工具該如何實際應用，卻少有指引。入侵種有許多獨特與不尋常的特徵，使其和其他環境和土地使用議題大相逕庭，這意味著其分析並不容易套用到傳統的經濟學模型。因此需要更具創意且周詳的方法，依照入侵種的特定議題、問題和特點量身訂做。經濟分析也應以提供實用的且與政策有關的技術與資訊為目的，以支持並形塑現實世界的政策、計畫和管理。

本手冊的目標是提供一個清楚且對使用者友善的指引，使讀者了解經濟學的方法與工具如何應用在入侵種議題上。它處理的議題包括：確認引起入侵種擴散的因素、將入侵種的考量納入經濟計劃與政策制定過程中，以及確定有什麼經濟工具和策略可用來支持那些針對生物入侵而設計的實際管理行動。本手冊的編撰目的，是為了提供於非洲舉辦的訓練課程所使用。它的對象主要是從事研究與規劃的經濟學家，不論其是來自大學、研究機構、政府機構和非政府組織。然而，本手冊也有考慮到從事入侵種管理的科學家，希望能提供他們有關經濟學工具與方法的指引。



本手冊規劃成數個單元，透過一系列可以被遵循的反覆步驟，以確認、了解、處理與管理入侵種的經濟面向。本手冊的組成單元，是以三天訓練課程可以傳授完其內容為規劃原則，並且附有一本工作範本，其提供來自非洲的真實案例研究，以示範經濟學方法和工具實際應用在入侵種的方式。未來也打算為其他區域撰寫類似的工作範本。

本手冊的第一部分（單元一）以生物實體的角度來介紹入侵種。它解釋入侵種如何重要與為何重要，並定義入侵生物學上的重要專有名詞與概念。後續單元處理的是入侵種經濟分析的步驟，包括：了解外來種被引入並成為入侵種的經濟理由（單元二）；建立入侵種衝擊和管理的範圍與程度（單元三）；了解和界定入侵種的經濟成本與效益（單元四）；評價入侵種對生態系與人類福祉的經濟影響（單元五）；支持並形塑決策、並確認有哪些經濟與財政政策工具可用來處理入侵種的議題（單元六）。本手冊也附有解釋科學與經濟學重要專門術語的詞彙表，以及關於入侵生物經濟學的重要閱讀清單。



關於GISP

本手冊是在全球入侵種規劃署（Global Invasive Species Programme；GISP）支持下完成。GISP是由國際自然保育聯盟（International Union for the Conservation of Nature；IUCN）、國際農業生物科學中心（CAB International；CABI）、環境問題科學委員會（SCOPE）這三個國際組織於1997年創立，原為小型的、主要為自願性合作的計畫。在2005年初，GISP在IUCN、CABI、大自然保護協會（The Nature Conservancy；TNC）以及南非國家生物多樣性研究院（South African National Biodiversity Institute；SANBI）等成員發起下，被架構成法律實體。GISP的總部是設在位於肯亞奈洛比的CABI非洲分部。

GISP的任務是藉由降低外來入侵種的擴散與衝擊，以保護生物多樣性與維持人類生計。為了達成這個目的，GISP尋求：

- 改善入侵種政策制定的科學基礎；
- 培養使用預警及快速評估與反應系統的能力；
- 加強入侵種管理的能力；
- 減少入侵種及其防治方法的經濟衝擊；
- 發展更好的風險評估方法；以及
- 強化國際協議。

此外，GISP也致力於：

- 發展關於入侵種的大眾教育；
- 促進對入侵種生態的了解；
- 檢視關於入侵種防治的法律與制度架構；
- 制定新行為準則，以規範物種移動；以及
- 設計可以量化入侵種衝擊的新工具。

致謝

本手冊的製作是由世界銀行與「世銀與荷蘭合作計畫」（Bank Netherlands Partnership Programme；BNPP）補助，是「非洲能力建置：建立關於外來入侵種威脅的經濟分析能力」（Building Capacity in Africa for Economic Analysis of the Threats Posed by Invasive Alien Species）計畫的一部份。

非常感謝世界銀行的凱西·麥金農（Kathy Mackinnon）與CABI的莎拉·賽門斯（Sarah Simons）在本計畫執行過程中提供指導與協助；也很謝謝傑夫·麥尼利（Jeff McNeely）、斯律揚尼·米薩帕拉（Sriyanie Miththapala）以及珍·圖爾派（Jane Turpie）審查這個手冊，並提供許多寶貴意見與洞見；然而，任何的疏漏與錯誤仍由作者自己承擔。



全球入侵種規劃署 The Global Invasive Species Programme
入侵種經濟分析工具手冊

GISP

單元一

關於入侵種



1A 本單元內容

本單元將以生物實體的角度來介紹入侵種並說明其重要性。本單元結束前，讀者將能了解在國家、區域和全球等層級上的入侵種現況。當我們試圖更加明瞭如何處理這個地方性、全國性、區域性和全球性的問題時，鑒於這問題影響人們的發展、生計、健康與福祉，也影響了許多人賴以維生的生物多樣性，我們將體認到經濟觀點對這問題的分析探討是不可或缺的。這個訓練課程會介紹一些用於討論入侵種的專有名詞，但並非要讓讀者成為生物學家。

生物入侵所涉及的物種拓殖和擴散速度較以往自然發生時還快，那時人類的全球旅行、貿易和全球化還未達到當今程度。生物入侵影響到許多人的日常生活，即便他們不自覺。因此，在第一單元裡我們將介紹入侵的現象、牽涉到的角色，並且探討你我遭受的衝擊。

1B 認識入侵種：一個和生物學及發展有關的議題

什麼是「生物入侵」？我們為何要關心？

當一個物種進入新的環境，在那裡安身立命，並開始改變之前即存在當地的物種族群，擾亂植物和動物群落的平衡，這就是生物入侵。自從有生命以來，地球上的物種即因著各種自然過程在各地間移動。但是這些移動（起因為風、水流、地球運動和陸塊漂移，還有擴張傳播的新機會等）受到海洋或山脈等地理屏障的限制。這些過程被視為自然現象，對世界各地的動植物相和生態系帶來了細微的改變，不過這並非本單元的主題。無論有沒有人類，「自然入侵」是始終存在的背景變化。促成這個訓練課程並讓我們關心生物入侵的理由是，自從人們開始大量地踏遍世界後，生物入侵頻率與影響都不尋常地增加了。我們將闡述人們如何透過刻意和非刻意的方式，將物種散播到世界各地，進而導致生物入侵的頻率和破壞程度遠高於以往只有物種的自然背景移動時。

過去數十年來，隨著全球化、貿易、運輸、旅行和觀光發展至當今程度，人們協助和促進物種移動的行為愈見盛行。然而，人類協助物種移動並因此導致生物入侵的現象已存在數世紀之久；根據史料佐證，這至少有一萬年的歷史。但是，過去兩個世紀以來，由於旅行方式變得更加複雜及便捷，加上各國鼓勵探勘、殖民和全球貿易，這個過程因而變得更加頻繁。自從查爾斯·艾爾頓（Elton, C.S., 1958）以此為主題發表論文以來，已經過了50個年頭，人們開始了解物種擴散和入侵對於人類發展及自然界的動物、植物和微生物會造成負面（及正面）影響。

接下來的單元將討論生物入侵引致的經濟成本（以及偶爾帶來的利益），其實光是說全球每年可估計的經濟損失總計高達數兆美元就夠了。這是因為生物入侵會影響所有形式的生態系（陸域、淡水、海洋和海岸），且已知會發生在所有大陸、海洋和生物群落。在保護區裡、在農林漁業等生產系統裡、在最偏僻的生態系裡，都已有生物入侵，甚至仍在發生中；生物入侵已被證實是造成生態系退化的嚴重原因之一（《千禧年生態系統評估》（Millennium Ecosystem Assessment），參見單元三）。



或許舉一個在非洲惡名昭彰的物種入侵案例會對各位讀者有幫助：一種生長在熱帶美洲的浮水性植物「布袋蓮」（Water Hyacinth；*Eichhornia crassipes*）在被引進非洲的淡水水系後，造成無窮後患。布袋蓮是中美洲和南美洲熱帶地區的河、湖和沼澤裡常見的漂浮植物，在它的自然棲地裡，它對人們或生態系並不構成影響。它那紫中帶黃的美麗花朵受到旅人喜愛，因而被帶到歐洲和北美的水生花園和池塘裡栽種。自此，在1880年代，布袋蓮便以花卉珍品和美麗水生植栽之姿（藉由人類之助）進入非洲國家。布袋蓮可以透過種籽（也就是透過其多產的花）和母株走莖來繁殖，也能藉由人類、野生及畜養動物、水和風散播殘株而衍生。它在合適的情況下可以迅速生長，幾天內就擴張至兩倍的範圍。到了1990年代，熱帶和亞熱帶的許多非洲國家的湖泊、河流和沼澤都可以見到這種植物，對當地水源供給與保存、水路運輸、水力發電、漁業、人民健康和在地生物多樣性造成嚴重的負面影響。許多文獻的估計指出，布袋蓮入侵（持續擴張中）對非洲多國帶來的經濟損失和防治成本總計高達數十億美元，並且對生物多樣性和人民取用水源（不論自然或人為系統）造成永久性的改變。這是一個典型的刻意引入外來種，然後非刻意擴散傳播、立足並進而變成入侵種的案例，這為人民、發展、健康和生物多樣性帶來諸多負面影響。

生物入侵的定義與階段

生物學家研究入侵的機制並且試圖預測哪些物種可能成為入侵種、會在哪裡成為入侵種及其成因，這些知識的累積已使入侵生物學成為一門有良好基礎且詳實的科學。儘管如此，要預測生物入侵仍是極為困難的。目前有些詞彙有不同的定義，端視使用者的關注對象和主題的複雜程度。在這個課程裡，我們會採用一組簡單的定義，但同時我們也體認到有其他更詳盡、複雜的定義同樣適用。

入侵的基本原則是物種來自「其他地方」——以生物學來說，這表示它不是該地生態系動植物相的一部份。為了說明這種「外來性」（foreign-ness），在許多情況下提到入侵種時都會使用到「外來」（alien）一詞，提醒我們入侵必然是外來種所導致。生態系和外來性的概念在本課程中將用簡單的詞彙來表達，不讓學員陷入在地（原生）和外來（非原生）等詞彙的語義裡。

方塊1. 重要名詞定義

外來種 (alien species)	被引入到一個地點（地區、區域）的物種，而這些地方原本沒有這樣的物種。
外來入侵種 (invasive alien species; IAS)	對環境、經濟和（或）人類健康造成（或可能造成）傷害的外來種。這個定義也可適用於「入侵種」（invasive species; IS），此時該名詞假設入侵種都是外來種。

雖然我們會繼續使用這兩個定義，但在此理當提及有其他在細節上不大一樣的定義存在。有一個必須予以考量的定義是來自《生物多樣性公約》（Convention on Biological Diversity; CBD），這是一紙有關生物多樣性保育及利用的國際協議，其認為外來入侵種是「其引入與擴散威脅到生態系、棲地或物種，從而危害社會文化、經濟、環境和人類健康的

外來種」。這是比較詳盡的定義，將外來入侵種對生物多樣性的衝擊和人類處境（包含經濟）連結起來。《生物多樣性公約》裡有一個部分（第8條（h）款）提到入侵種，其指出「每一締約方應儘可能並酌情地，預防引入或控制、滅除會對生態系、棲地或物種帶來威脅的外來種」，這即是由不同觀點詮釋的外來入侵種定義。在單元三我們會再討論這個定義與《生物多樣性公約》的第8條（h）款。

外來引入種如何成為入侵種

入侵生物學已經找出一外來生物在被判定成入侵種前必須經歷的幾個階段。簡要地說，主要有四個進程：引入、立足、擴散-歸化、擴散-入侵。

「引入」是指一外來種進入到新的場域（可能是棲地、生態系、生物群落、國家，或是地球上某個該物種不曾存在過的區域）。這些過程可能是「刻意」的，也就是藉由「人」有目的的引進，特別是為了利用在食品製造、農業、園藝、林業、農林業、漁業、休閒漁業、裝飾、造景、寵物與植物貿易、生物防治和動植物收藏、研究等等方面。反之，當物種隨著其他貨物移動而「意外」進入時，這過程就可能是「非刻意」的，比如隨著其他物種或活動，或透過旅客攜帶的物品、衣服、行李等，而「搭便車」進入。我們會考量各種方面，決定刻意引入能否取得授權，但顯然非刻意引入不可能經過授權，除了降低發生的可能性之外，別無他法。

表1. 入侵狀態的名稱

類別	同義詞	定義
外來 (alien)	外來 (exotic)、引入 (introduced)、非原生 (non-native)、非在地 (non-indigenous)	因人為活動而刻意或非刻意引入的物種
偶發性外來 (casual alien)	流浪種 (waif)、過境 (transient)、偶發逃逸種 (occasional escapee)、偶生外來 (adventive)、培育後長存 (persisting after cultivation)	外來種，偶而可在某地繁茂興旺甚至繁衍，但尚未形成自我更替的族群，必須不斷地引入才能存在，比如必須進口種籽才能長成的園藝植物。
歸化 (naturalised)	立足 (established)	能持續繁殖和維繫族群達多次生命週期，毋需人類直接介入的外來種，但不一定入侵自然、半自然或人為的生態系。
入侵 (invasive)	擴張 (expanded)、鞏固 (consolidated)	歸化物種，能夠大量繁殖，且能夠大面積擴散，而危害原生物種。
有害植物/有害生物 (weed/pest)	有害 (harmful)、問題 (problem)、滋擾 (noxious)	一個人類中心的字彙，用以統稱在人類認為不當地點生長的植物、動物或其他生物（不一定是外來種），通常造成可察覺到的經濟或環境影響。「環境有害植物」(environmental weeds)是指入侵自然植群的外來植物。
轉變者 (transformer)	建群種 (Edificator; 塑造環境的植物)	可改變某生態系特性、狀態、形式或本質的入侵種次族群，且受其改變的面積相對於該生態系範圍而言相當龐大。

參照 Kumpel 與 Baillie (2006)，該文獻是依據 Richardson 等人 (2000)、Pysek 等人 (2004) 與 McGeoch 等人 (2006) 的著作。

「立足」是指被引入的生物存活得夠久，而足以在新環境中發展出能夠繁衍的族群。比如國外雜草在新國度裡的受擾動地區（如路邊）存活下來，但還沒有進一步擴散出去。

「擴散—歸化」是指立足的動植物或微生物開始擴散，並且能不經任何協助而繁衍後代，而成為自然植物群或動物群的一部份，「融入」在地物種。

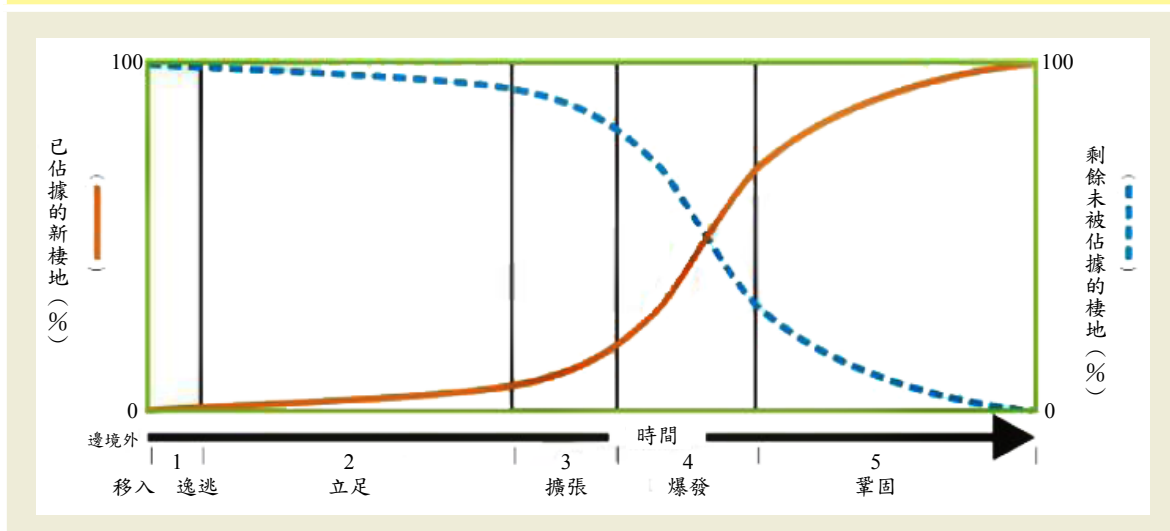
「擴散—入侵」是指已歸化的外來種擴散至對其他物種（原生種或歸化種）造成威脅，並以某種方式瓦解它的新生態系。單元三將以此為主題。

還有一些關於入侵步驟或階段的其他名稱，每個詞的意義都有些微不同。表1列出一些，但為了簡便及通用性，我們將使用上述的四種階段。

不管有什麼專有名詞或入侵類型，一引入種能夠實際經歷入侵的每一個階段的機率很低。一個偶爾被拿來用的經驗法則是：物種每經過一個階段，都會減少90%的數量。因此，被引入的各種物種中實際上只有10%立足；立足的群體中只有10%歸化成功，歸化成功的群體中接近10%（或更少）變成入侵種。因此，引入種變成入侵種的機會是0.1%，有人認為會低至百萬分之一！在每年有數千種物種（或其他分類群）被引入到新生態系的情況下，這是何其幸運。

隨著物種和新棲地／生態系的不同，從一階段進展到另一階段的時間也跟著不同，因此從引入到成為入侵種的時間也相當不一。有些物種從引入到歸化的時間可能要數週或數月，有些物種，如樹木，則以年、十年甚至百年計算。有時候這是指「立足」時期，接下來則是範圍擴張或新入侵的衝擊，直到它勢力穩固。

圖1. 因時推移的入侵階段



依據Williams (2003)。以入侵種佔據棲地的比例來劃分入侵階段，前四個階段等同於擴散（包括擴散—歸化和擴散—入侵），其後接著是較長時間的鞏固期。

從圖1我們可以清楚知道，倘若想要處理（或阻止）入侵種帶來的衝擊，在從引入到鞏固的這個過程的一開始就著手，會比較便宜（也可能比較容易）。這在單元三會有更詳細的

討論，但我們已可明瞭避免引入是制止入侵的最佳方法，其次是在逸逃或立足的初期階段採取行動，希望能滅除或圍堵成功。隨著時間推移及入侵者的擴張和「爆發」（圖1），原本自然棲地的價值會下滑，且可能必須進行復育，經濟與社會的成本損失和工作投入也勢必隨之增加。

1C 入侵種的移動與引入

潛在入侵種如何移動

潛在入侵種有時能移動非常遠的距離，橫越大陸、跨越海洋及區域。它們能在同一區域或相鄰國境間從一國移動另一國。當物種從原產地（原生範圍）移動到新的生態系或棲地時，即便在同一國境內，也有可能發生入侵現象。

它們行經的路線稱為**途徑**，藉以移動的方式則稱為**媒介**。典型（主要）的途徑是貿易路線，在陸地上可從古時貨物和貿易路線到現今的鐵路、公路和運河。其他途徑不脫觀光和一般旅遊，人們和他們帶的東西因不同的理由到處移動。在淡水和海洋等水體裡，途徑則是航運路線（現在已經可以連接世界上每個洲和幾乎所有沿海城市）。河流、運河和大型湖泊，有時連接淡水與海洋環境的通道也是如此。這些途徑通到物種被引入的地點（有時候不是地點而是地區或邊境）。只要一個物種被引入到新的國家或生態系，通常會有「人為促成」或「自然產生」的次級途徑接著出現。造成引入種進一步分布擴散的「自然次級途徑」，是透過像是風和暴風雨、水流、原生動物的移動（哺乳類、鳥類、爬蟲類、魚類、昆蟲、甲殼類、軟體動物等）等現象。「人為促成次級途徑」則可能包括農業和工程機械、道路和越野車輛、牲畜移動、公路、一般道路，甚至步道等。

貿易（所有層次）本身也是一種途徑，因為它不一定依循規律的路線，且是貨物在許多行程組合裡長短程移動（因而導致物種移動的可能性）的原因。旅行、運輸和觀光也被認為是常見的途徑，當我們在討論以管理途徑方式來預防入侵時應列入考慮。

在貿易、運輸、旅行和觀光（被稱為4T）等典型途徑中，有很多種媒介存在，從運送貨物和人們的車輛船隻（包括這些運具的裡裡外外），到貨物和人們本身。要思考這個問題，有一個方式是想像一下有艘大型船隻載著貨物和人們在各大洲之間移動。在這途徑上，生物總有機會藉由以下這些媒介而移動：

- 船隻外殼，尤其是水下部份（生物吸附在底部造成「船體污損」（hull fouling），並以此橫越深海或湖泊，在各港口間移動）；
- 船隻內的壓艙水槽，用來穩定船隻（隨船艙貨物的有無而調節其內的壓艙水重量）。壓艙水可從河流、碼頭或開放海洋汲取，並可在任何地方為改變船隻平衡而排出；
- 貨艙和其他貯存區（包括甲板），貨物在這些地方裝載、儲放，而後再卸載到港口；其也可能會搭載到生物；
- 一個特例是鋼製貨櫃，它們可能在遠離港口的地方裝載貨物，然後移動到港口，接著可能



透過公路、鐵路、運河或其他方式，到達其他地方，而在裝載的過程中物種即可能進入其內；

- 人們（工作人員和乘客），他們的行李和衣物可能夾帶了種籽、孢子或小型動物等，而鞋靴上也會沾有泥土、機器上會帶有塵埃等。
- 動物（如鳥類和小型哺乳類），它們可能棲息在船舶上，並且在港口之間移動；
- 被當做紀念品的植物或被當做食物的植物部分，但它們仍有生命力。

商業客機、軍機、貨機、州際貨車、公車、火車，甚至腳踏車都可以成為引入物種繁殖體的媒介，而使其有機會成為入侵種。

引入

外來種被引入到新場域是成就入侵的最重要一步，也是制止入侵的最重要防線，因此我們必須了解何謂引入。

引入的實際過程可能發生在國家、區域或地區的正式入境處，例如港口、機場、運輸終點站、客運與貨運站、貨物裝卸設施，這些地方可能有隔離或其他檢查設施來管制引入（藉由禁止或批准）。除此之外，還有許多其他情況，對新到物種完全沒有查驗或監測的機制，就讓其越過生態系或生物群落的邊界或範圍，或直接進行物種的交換或引入，而不論進來的物種是整個個體或其繁殖體（如卵、幼蟲、蛹、種籽、繭、鱗莖、其他有生命力的植物部位等）。

有些物種可以在引入的當下即啟動立足和擴散的程序（比如從進口植栽盆土逃出的螞蟻，在港口旁邊形成一個群聚），或者可能需要經過進一步的移動以到達這新環境中的合適棲地。因此，引入之後，可能馬上、逐漸或經過非常久的時間（數月、數年、數十年或甚至數個世紀），才會出現可辨識的新物種。這就是為什麼「在物種被引入的當下和地點能夠偵測和（或）辨識潛在入侵種（或它們的繁殖體）」是如此重要的原因。同樣重要的是，要去了解是否可能看不見被引入的物種，不論是參考其他地方的經驗或透過關於此特徵的研究來了解（見下述）。這種情況下，要降低入侵種的引入風險，可透過辨識和風險評估程序。

1D 可能成為入侵種的生物類型

哪些生物類型是入侵種？

可變成入侵種的生物類型或分類群有動物（脊椎與無脊椎）、植物和微生物（包括自由生活及可能造成植物、動物與人類生病的微生物）。只要它們對於某個生態系或場域¹來說

¹「場域」（area）並不一定是地理表面，也可以指某個體積（對水或空氣而言）或，比如說，另一生物體內的某個所在（對寄生蟲或病原體而言）。另一個微妙之處是，一特定場域可被人類或其他方式改變，使這場域對原本處在其中的生物而言變成是「外來」的，從而這些生物對該生態系而言也變成是「外來」的，並有可能成為入侵種。舉個例子：當過度放牧改變了牧草地，導致植被失衡，某些物種（對牲畜來說是不好吃的）在這新的情況下即有可能成為優勢種，並有可能變成具有入侵性。

是「新」的生物，就有可能變成入侵種。這些類群的任何個體只要被引入新的場域，並帶有某些基本的入侵特性（見下），就可能變成入侵種。然而，動物、植物或微生物物種的入侵實際進展，還得看新的生態系或場域適不適合該生物。所以熱帶物種在溫帶地區不大可能變成入侵種，反之亦然，除非它們經過基因改造。森林物種不可能入侵草原，因此要預測外來種的入侵性必須視其特性和它進入的生態系而定。

這個訓練課程裡會提到一些常見的入侵生物類型，以下列出幾個例子：

微生物：在新水域形成「藻華」的微型藻類；在新生態系中會變成具有入侵性的自由生活的原蟲；植物和動物（還有人類）的病原如病毒、細菌和酵母菌；動物和植物的真菌病原。

植物：來自海域、淡水和陸域的高等和低等植物，包括苔類、蘚類、蕨類及許多科底下的高等植物。我們將討論兩種高等植物於非洲擴散蔓延的著名例子：牧豆屬（*Prosopis*）（主要來自熱帶美洲的豆科灌木）和馬纓丹（*Lantana camara*），也是來自熱帶美洲。

無脊椎動物：隸屬許多動物門的外來種，包括櫛水母（*Ctenophora*）和許多大批入侵新海域的海洋生物；陸生和水生的軟體動物；許多節肢動物，包括海水和淡水甲殼類、蜘蛛、有害昆蟲和病媒。

脊椎動物：許多被引入新水域的魚類（通常是刻意的），還有一些兩棲類（如惡名昭彰的蔗蟾）、爬蟲類（例如美國大沼澤區的緬甸巨蟒），已在淡水和海水環境中變成入侵種；另外如許多鳥類和小型、大型哺乳動物（如澳洲的兔子和野馬）。

入侵的特性

入侵性，或是在理想條件和生態系下成為入侵種的傾向，可以歸因於生物體一系列的特性或其組合。包含以下：

- 迅速生長（並因而擴張）的能力；
- 廣泛散播（植物藉由繁殖體，動物藉由移動）的能力；
- 大量繁衍的能力：無論是衍生許多後代（或繁殖體）或是以較高的效率撫育較少的子代；
- 高度的環境耐受度：能夠承受範圍廣泛的環境壓力；
- 與當地物種有效競爭的能力：包括競爭食物、空間、光線、水、休息、築巢等需求。

1E 入侵與其他環境壓力

由於最成功的入侵種具有上述特性，因此評估入侵種的擴散衝擊和造成生態系衰退的其他公認肇因之間的交互作用，是很重要的。《千禧年生態系統評估》（Millennium Ecosystem Assessment, 2005）檢視了世界上數百個生態系並得出結論，認為生態系及其功能（包括提供人類產品及服務）遭受的最主要威脅為：



1. 棲地改變，通常因人類新的開發使用而被摧毀；
2. 氣候變遷；
3. 入侵種；
4. 生態資源過度開發；
5. 污染。

（見單元三，圖1）

結合1、2、4或5，入侵種能使生態系衰退更形惡化，加劇對生物多樣性和人類處境的威脅。

入侵種常能利用受到改變的棲地來立足和擴散，因為比起穩定、能抵抗新物種立足的生態系，它們更能輕易地進入受擾動的棲地並成功立足。這就是為什麼在新近改變的棲地（例如為農業或都市發展而進行整理的土地，還有路旁和建築工地）裡可以見到優勢入侵種的原因。這種現象的例子目前正出現在種植生物燃料作物和樹木的新墾地，這裡往往是原生植被遭砍伐殆盡的地區。

氣候變遷已經衝擊到仰賴穩定氣候的原生生物多樣性。當氣溫升高（即便只是輕微升高）或降雨模式改變，大部分原生物種要比較慢才能適應新氣候條件；反觀入侵種，由於其本質，更能適應同樣的變化，因此能趁虛擴散到原生生物多樣性受到影響的場域。

棲地和生態系的過度開發使環境遭受破壞，增加「受擾動的場域」，這又是入侵種的好機會。某些入侵種對污染的耐受度高於原生動植物，因此它們在受污染的場域較有優勢。

這些因素在生物入侵裡是非常重要的子題，在我們進一步發展這個課題時應銘記在心。

1F 參考文獻

- Elton, C.S. 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Kluwer Academic Publishers
- Kumpel, N.F. and Baillie, J.E.M. 2006. Options for a global indicator on trends in invasive alien species. Report to the Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal
- McGeoch, M.A., Chown, S/L. and Kalwij, J.M. 2006. A Global Indicator for Biological Invasion. *Conservation Biology* 20 (6): 1635-1646,
- McNeely, J.A., Mooney, H.A., Neville, L.E., Schei, P. and Waage, J.K. 2001. (eds). *A Global Strategy on Invasive Species*. IUCN Gland, Switzerland and GISP
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC
- Mooney, H.A., Mack, R.N., McNeely, J.A., Neville, L.E., Schei, P.J. and Waage, J.K. 2005. *Invasive Alien Species. A New Synthesis*. SCOPE, CABI and IUCN, Island press, Washington DC
- Pysek, P., Richardson, D.M., Rejmanek, G.L., Webster, G.L., Williamson, M and Kirschner, J. 2004. Alien plants in checklists and floras: Towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*, 53: 131-143.

Richardson, D.M., Pysek, P., Rejmanek, M, Barbour, M.G., Panetta, F.D. and West, C.J. 2000. Naturalisation and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107

Williams, P.A. 2003. Proposed guidelines for weed-risk assessment in developing countries. Pp. 71-112 in Labrada, R. (ed) *FAO Expert Consultation on Weed Risk Assessment*, Madrid, Spain, 11-13 June, 2002, FAO, Rome

Wittenburg, R and Cock, M.J.W. (eds) 2001. *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CABI



全球入侵種規劃署 The Global Invasive Species Programme
入侵種經濟分析工具手冊

GISP

單元二

瞭解生物入侵的經濟因素





2A 本單元內容

本單元重點在於辨認生物入侵的經濟因素，瞭解在生物入侵進程的各階段裡，會促進或抑止外來入侵種移動的經濟條件、因素以及推力。本單元強調的是以經濟用語來瞭解入侵過程：例如外部性，其乃因為各種經濟、市場、政策與制度的失靈造成生產者、消費者、投資者與貿易者等在進行經濟活動時不會去衡量生物入侵所帶來的成本。這個單元提出了兩個架構，可協助進行入侵種的經濟分析，其一是用來追蹤入侵的經濟成因，其二則是用來瞭解與分析入侵種、生態系服務與人類福祉之間的關聯。

經過本單元的介紹，讀者將能從經濟的觀點，瞭解入侵種擴散的問題與人們的因應方式；並瞭解經濟工具如何與為何可以用來分析處理生物入侵議題，以及使用經濟工具分析處理生物入侵議題的目的。此外，讀者亦可學到一些工具來辨認與追蹤生物入侵的經濟成因，與對人類福祉帶來的衝擊。

2B 辨認造成入侵的經濟因子

經濟條件與力量如何造成生物入侵

生物入侵是一連串非常複雜的過程所造成的結果。這些過程中許多部分是有經濟動機的，包括各種經濟活動中使用外來種、棲地的轉變與零碎化、市場的自由化與鬆綁、產品與服務的貿易擴張，以及人與物的遷移增加（Perrings, 2000）。

如單元一所述，從引入到入侵會經歷三個步驟：立足、歸化與擴散，經過這三個步驟，入侵現象才可能發生。經濟的條件與推力在這個過程中的每一個步驟都發生作用，其也可能促進與激勵（或終止與抑制）情勢轉變至某個會使外來種一旦引入就會變成入侵種的狀態。經濟因子也決定了人類與自然系統對於入侵種影響的恢復力：它們可能會削弱或強化人類的恢復力，也可能會支持造成生態系退化（並減低其恢復力）的活動，或支持會保育生態系（以及提升其恢復力）的活動。

在這個單元裡，我們首要考量的是生物入侵的經濟成因（也就是有那些條件會促進與激勵情勢轉變至某個會使外來種一旦引入就會變成入侵種的狀態。）這本手冊的最後一章（單元六）探討可以用來創造條件以遏止、抑制或減緩生物入侵的經濟與財政政策工具。

當應用經濟分析於入侵種問題時，第一步就是瞭解在特定的情況下，會導致該物種變成（或未來可能成為）入侵種的經濟條件與推力。一開始便去瞭解、分辨造成生物入侵的經濟成因中，那些是直接因素、那些是深層因素，這是很重要的（參見表2）。每一個成因都有不同的驅動力與表現形式，牽涉不同的過程，源自於不同群體的作為（或不作為），並且需要不同的因應方式：

- 直接經濟成因包括那些本身就會造成潛在入侵種之引入、立足與擴散的生產與消費活動。
- 間接經濟成因包括在經濟、生計、市場、價格、政策與制度等方面的一些基礎條件，這些



條件會允許或鼓勵人們採取某些行為模式，而導致潛在入侵種的引入、立足與擴散，或者削弱人類與自然系統的恢復力。這兩種行為都將增加入侵種的入侵機會，並加重其影響。

直接經濟因素

有許多經濟活動會影響到生物入侵的進展過程。雖然潛在入侵種的引入可能是刻意或非刻意的（見單元三），但直接造成其引入的各種經濟活動，會將物種直接運送至某些地區，改變其所處的環境條件，而使該物種變成入侵種或擴散到其他地區造成入侵現象。

人類生產與消費的許多物品都來自引入或輸入的物種（或以其為原料），這些物種可能成為入侵種。外來種的商業用途也日益增加，例如海水養殖、水產養殖、休閒漁業、農作（包括作物與牲畜生產兩者）、生質燃料生產，或者食物。其他刻意引入的外來植物與動物，有的被用做生物防治與地景復育，有的被人類養在水族缸裡，種在花園裡，或被當作寵物。

表2. 生物入侵的直接與間接經濟因素列舉

入侵的步驟	間接經濟因素列舉	直接經濟因素列舉
引入	<p>決定貿易、生產與消費行為及偏好的力量與條件，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 國內與國際旅遊與觀光貿易的擴張 • 經濟體對農業、林業、漁業與觀光業的高度依賴 • 市場整合、擴張與全球化 • 對於引入種的補貼 	<p>為了商業目的而引入物種，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 為了水產與海產養殖而引入魚貝類 • 為了休閒漁業引入新（=外來）物種 • 農業的種子與作物 • 供應肉、毛料與毛皮生產的牲畜 • 食用植物 • 生質燃料植物
↓	<ul style="list-style-type: none"> • 鼓勵那些利用或仰賴引入種的經濟活動的貿易與投資誘因 	<p>為了防治目的而引入物種，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 為了生物防治而引入昆蟲、蹣類與真菌 • 為了地景復育而引入快速成長的外國植物
立足	<ul style="list-style-type: none"> • 消費者對於引入種的偏好 • 以引入種為基礎或以其為原料製成之產品的高收益性和高市場需求 • 以非引入種為基礎或以其為原料製成之產品的低收益性和低市場需求 • 對於非法運輸引入種的懲處與罰款不恰當 	<p>為了生活形態與美學目的而引入物種，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 外來寵物 • 國外的或經改良過的觀賞植物 • 新（=外來）的水生魚類
↓	<p>決定土地與資源使用實務與偏好的推力與條件，如：</p>	<p>經由其他經濟活動而非刻意或意外地引入，例如：</p>
擴散	<ul style="list-style-type: none"> • 經濟體對農業、林業、漁業與觀光業的高度依賴 	<ul style="list-style-type: none"> • 受污染的牲畜、植物及水生物種 • 隨貨運、包裹或旅客行李「搭便車」進來的動植物 • 壓艙水 • 棄置或不要的廢棄物、植物、魚類或寵物
↘	<ul style="list-style-type: none"> • 鼓勵土地與資源使用而導致基因多樣性降低、農業化學品使用增加、生物多樣性損失、生態系退化、棲地的轉變及零碎化等後果的經濟與財政誘因 	
歸化	<ul style="list-style-type: none"> • 抑制人們採取行動的機構制度與產權制度 • 缺乏預算與資金以掌控計畫 	
↘		
入侵		



生產、消費以及貿易活動可能也會非刻意地引入外來種。舉例來說，進口的家畜、植物與水生物種如果受到污染，就可能意外引入外來種。另外，外來種可能藉由「搭便車」的方式，透過貨物、包裹或是旅客的行李和衣服等而被引入；也可能隨著船隻的壓艙水而被引入；亦或者隨著棄養的寵物、魚類與植物或其他廢棄物被拋棄到周圍環境中而被引入。

當全球市場成長，人類的需求與慾望也擴張時，生物入侵的機會便跟著增加。入侵種問題的逐年惡化，被認為是全球化最重大的危害之一（Perrings等人，2005a）。各種貿易與旅遊的活動，尤其常被指為入侵種擴散的最重要因素（Horan等人，2002）。外來種（也就是潛在的入侵種）植物的密度也已經被證實與陸域路網的範圍、遷移的速度與進口量，以及一個國家入境旅遊的遊客人次（以及他們的旅遊路線）呈正相關（Vilà 和 Pujadas，2001）。

間接經濟因素

入侵種的立足與擴散機率端賴人類的行為，以及人類對於威脅的因應方式（Perrings等人，2000）。雖然某些入侵種並非被刻意引入，但在多數情況下，人們並非無緣無故地引入入侵種以及造成其族群的立足與擴散：他們會為了經濟利益與利潤，會為了擁有進入特殊市場的機會，以及為了滿足他們的需求、口腹之慾與夢想。由於錯綜複雜的市場、價格、生計、政策與制度的條件，而促使或激勵人們以特殊的方式去生產、消費以及交易（其中牽涉特殊物種與產品）。

外來種入侵的間接因素包括各種經濟訊號，這些訊號形塑人們的行為、決定經濟體的組成與本質、影響消費者的品味與偏好、設定商品的價格與輸入成本、決定生產者的獲利、塑造不同投資與土地利用之間的相對吸引力，還有促進旅遊與貿易。這些經濟訊號包含以各種不同政策工具，例如補貼、課稅及其他財政措施，來促進投資、貿易、生產及促銷特定產品，或是刺激特定部門運作。其他則涉及到進口額度限制與貿易規定、多邊協定等等，還有國家的法規制度對經濟活動的管制。間接因素也包含人們經濟活動的一般背景，例如經濟體對引入或使用潛在入侵種之部門（例如：農業部門、漁業部門及觀光部門）的倚賴，或者人們獲得糧食、現金和工作的機會有限，而其生計必須高度依賴利用潛在入侵種的經濟活動。

經濟政策與市場因應入侵種問題時通常成效不彰，因為政策與市場所促成的商業環境，並不鼓勵生產者、消費者、貿易商、投資者、土地經營者以及資源使用者重視生物入侵的風險，也不會讓他們考慮多加利用原生種。生物入侵進程中各階段的經濟驅動力，顯示出典型的市場、政策及制度失靈的許多特徵。雖然生物入侵對經濟整體或者其他群體帶來很高的成本，但是那些促成生物入侵的個人或公司卻不用負擔這些成本：他們進行各種經濟活動時所面對的價格及獲利，都沒有包含生物入侵所帶來的成本。人們利用潛在入侵種的經濟活動，通常比採取必要防範措施來確保不會導致入侵的經濟活動，有較高的獲利及成本效益，可能也較便宜。市場、政策與制度失靈，會讓人們更加忽視其行為所帶來的廣泛經濟後果，這表示潛在的入侵種更可能被引入，且越不容易受到控制（參見單元三）。

生物入侵的深層經濟因素與兩種經濟條件有關，其一會鼓勵潛在入侵種的引入與擴散，



其二會損及人類與自然系統的恢復力，從而增加生物入侵成功的機會，並且擴大其影響。前者的例子包括快速的全球化、貿易自由化，以及各種投資誘因，開啟了以潛在入侵種為主的商品市場。後者的實例則包括：促進商品作物（cash crops）外銷的出口補貼，這將減少植物基因多樣性，並且鼓勵農業資材（農藥等）的使用，而使得農地生態系更易受到生物入侵（Perrings, 2000）。

把入侵種視為外部性問題

前幾個章節提到市場、政策與制度的失靈助長生物入侵：因為他們造成一種情形，那就是人們進行經濟活動時，其所面對的價格與利潤並沒有將生物入侵對較廣的經濟體所帶來的全部成本（或是發生生物入侵的風險）內部化，而且個人或企業通常沒有任何經濟誘因（或要求），引導他們做決策時將生物入侵的機率或帶來的成本納入考量。

本質上，生物入侵通常是市場交易的外部化效應（Perrings, 2002），市場價格並沒有精確地反映生物入侵所帶來的所有社會成本與經濟成本。如同前面章節所述，個人或公司如果引入或散播潛在入侵種，通常都不需承擔可能產生的成本（即使他們獲得許多私人的利益）。這些成本或損失則由他人或更廣大的經濟體去承擔，甚至產生跨領域的影響，而這些損失和傷害都不會獲得補償。

從許多方面來看，生物入侵問題顯現了典型的經濟外部性的許多特徵，因此在分析上和措施上，都可將之視為外部性問題來處理。然而，要注意入侵種問題與經濟學慣常理解的外部性有一重大差異，那就是入侵種一旦開始入侵，大多可以自我維繫下去，而且通常它們的衝擊也會隨著時間而增加（Perrings, 2000）；而「一般的」外部性通常只有當源頭活動持續的時候才會繼續。但是這項主要差異在確認入侵的經濟因素時較不重要，因為把入侵種問題視為造成與導因於市場、政策和制度失靈的外部性問題，有許多好處，只是要注意，許多傳統上設計來處理外部性問題的財政和經濟政策工具，不太適合用來處理生物入侵問題（參見單元六）。

2C 使用政策分析矩陣來追蹤外來種入侵的經濟因素

以政策分析矩陣法辨認環境影響

完善的分析各種直接與深層因素是入侵種經濟分析的重要步驟之一。雖然經濟政策與政策工具帶來的確切衝擊非常難以一般化，而且視許多高度特定的條件而定，不過仍有各種不同的工具可用來協助經濟分析。用來追蹤生物入侵經濟因素的工具之中最簡單好用的，可能是那些用來協助辨識及分析各種來自經濟政策和政策工具的環境衝擊的分析方法。

只要經過稍微修正，便可用來處理入侵種議題的一種政策分析矩陣法，是「行動影響矩陣」法（action-impact matrix；AIM）。這項分析工具本來設計自世界銀行，用來分析經濟相關政策與環境間的關係（Munasinghe和Cruz, 1994）。正如同其他政策分析矩陣法，行動影響矩陣法藉由逐步的方式建構一系列的矩陣以茲分析。通常第一個矩陣是將重要的環境議



題與受影響的生物物理及社經的指標進行對照，然後考量深層的經濟因子，例如市場與政策失靈。第二個矩陣接著評估特定總體經濟政策造成的一般性環境衝擊。最後一個矩陣則結合前述的資訊：將特定的總體經濟政策與特定的環境議題鏈結。

應用政策分析矩陣法處理入侵種議題

以入侵種議題而言，我們的目標非常明確：分析入侵問題的直接與深層經濟因素。因此，我們建立政策分析矩陣時，可以採取較簡化的步驟（通常這種矩陣會涵蓋範圍較廣的環境議題，並且可用來估計當特定的經濟政策或政策工具有改革或改變時，會造成什麼影響）。用來分析特定情況下生物入侵之經濟成因的組成矩陣，其涵蓋範圍當然需視分析層面而定：該分析可能涵蓋所有部門、所有規模，或者聚焦於特殊的部門、物種或地點。在下列實作的案例中，生物入侵問題發生在某國的耕作農業部門。

第一步驟是列出與入侵種相關的主要議題，以及指出與該議題相關的直接因素。我們可以建構一個簡單的矩陣，如表3所示，用來區別下面兩項議題：（a）關於潛在入侵種的引入、立足及擴散；（b）關於人類和自然系統面對生物入侵時的恢復力。

表3. 政策分析矩陣實例，編號1：農業之入侵種問題的經濟成因

主要議題	直接因素
關於潛在入侵種的引入、立足及擴散的議題	
潛在入侵種的引入與立足	耕種外來農作物 外來種以搭便車的方式，隨著裝載種子與食物的船運進入
潛在入侵種的擴散	外來種在各地之間的陸運與船運 ...等等...
關於人類和自然系統面對生物入侵時之恢復力的議題	
物種的入侵	生物多樣性與生態系服務的損失 密集種植單一作物 高度使用農業化學品 ...等等...

第二步驟（表4）是描述深層的經濟條件，或者促進生產、消費、交易以及投資行為的驅動力，這些都造成生物入侵的風險：

表4. 政策分析矩陣的實例，編號2：農業之入侵種問題的經濟成因

直接因素	深層經濟條件或動機
關於潛在入侵種的引入、立足及擴散的議題	
耕種外來農作物	• 因低價而促使消費者需求提高 • 生產者獲利高 • 鼓勵耕種商品作物
外來種以搭便車的方式隨著裝載種子與食物的船運進入	• 依賴進口的農業資材 • 對於非法進口入侵種僅處以低微罰金，甚或不罰
外來種在各地之間的陸運與船運	• 要求快速物流，因此缺乏對於貨櫃與運輸工具、船隻及飛機的檢查與清潔
...等等...	...等等...
關於人類和自然系統面對生物入侵時之恢復力的議題	
生物多樣性與生態系服務的損失	• 為種植單一作物而清除自然植被
密集種植單一作物及高度使用農業化學品	• 密集農耕下，種植單一作物的獲利
...等等...	...等等...



最後一個矩陣（表5）則是確認有那些經濟政策或政策工具，引發特定狀況或動機，而造成生物入侵。

表5. 政策分析矩陣實例，編號3：農業之入侵種問題的經濟成因

深層經濟條件或動機	經濟政策或政策工具
關於潛在入侵種的引入、立足及擴散的議題	
因低價而促使消費者需求提高	<ul style="list-style-type: none"> 高估的匯率讓進口商品與資材在國內市場中顯得較為便宜 對替代商品課予高額的稅賦
生產者獲利高	<ul style="list-style-type: none"> 對商品作物生產的補貼與優惠貸款
鼓勵耕種商品作物	<ul style="list-style-type: none"> 商品作物的出口稅減免 對替代作物課予高額的進出口稅
依賴進口的農業資材	<ul style="list-style-type: none"> 高估的匯率讓進口商品與資材在國內市場中顯得較為便宜 對農業資材的進口關稅減免
對於非法進口入侵種僅處以低微罰金，甚或不罰	<ul style="list-style-type: none"> 不切實際的罰款訂定
要求快速物流，因此缺乏對於貨櫃與運輸工具、船隻及飛機的檢查與清潔	<ul style="list-style-type: none"> 檢查預算低 沒有要求清潔貨櫃與運輸工具，或者對此要求沒有訂定罰則
…等等…	…等等…
關於人類和自然系統面對生物入侵時之恢復力的議題	
為種植單一作物而清除自然植被	<ul style="list-style-type: none"> 生物多樣性保育分配到的預算低 自然生態系統的產權不清 要求清除農地以確立所有權的規定 農地稅率相對為低
密集農耕下，種植單一作物的獲利	<ul style="list-style-type: none"> 人為維持替代作物低廉的市場價格 給農民的保證價格 補貼肥料和農藥
…等等…	…等等…

使用由政策分析矩陣所得到的資訊

把上述矩陣綜合起來，就是一個清楚、有用且系統性的工具，可用來追蹤生物入侵的直接和深層的經濟因素。這些矩陣提供的資訊，不但對於特定情形下入侵種問題之經濟面向的了解與溝通很重要，也指出了在設計經濟與財政措施以處理入侵種問題時，其關鍵需求與切入點（單元六）。

2D 將入侵種問題連結至人類福祉的改變

最後，入侵種之所以在經濟層面受到關切，在於其對人類福祉造成的衝擊。同樣地，估量其對人類福祉所帶來的成本與效益，已成為個體、公司及政府在進行決策時，還有在研擬措施以管理入侵種時，所進行的經濟思考與分析中不可或缺的一部份。

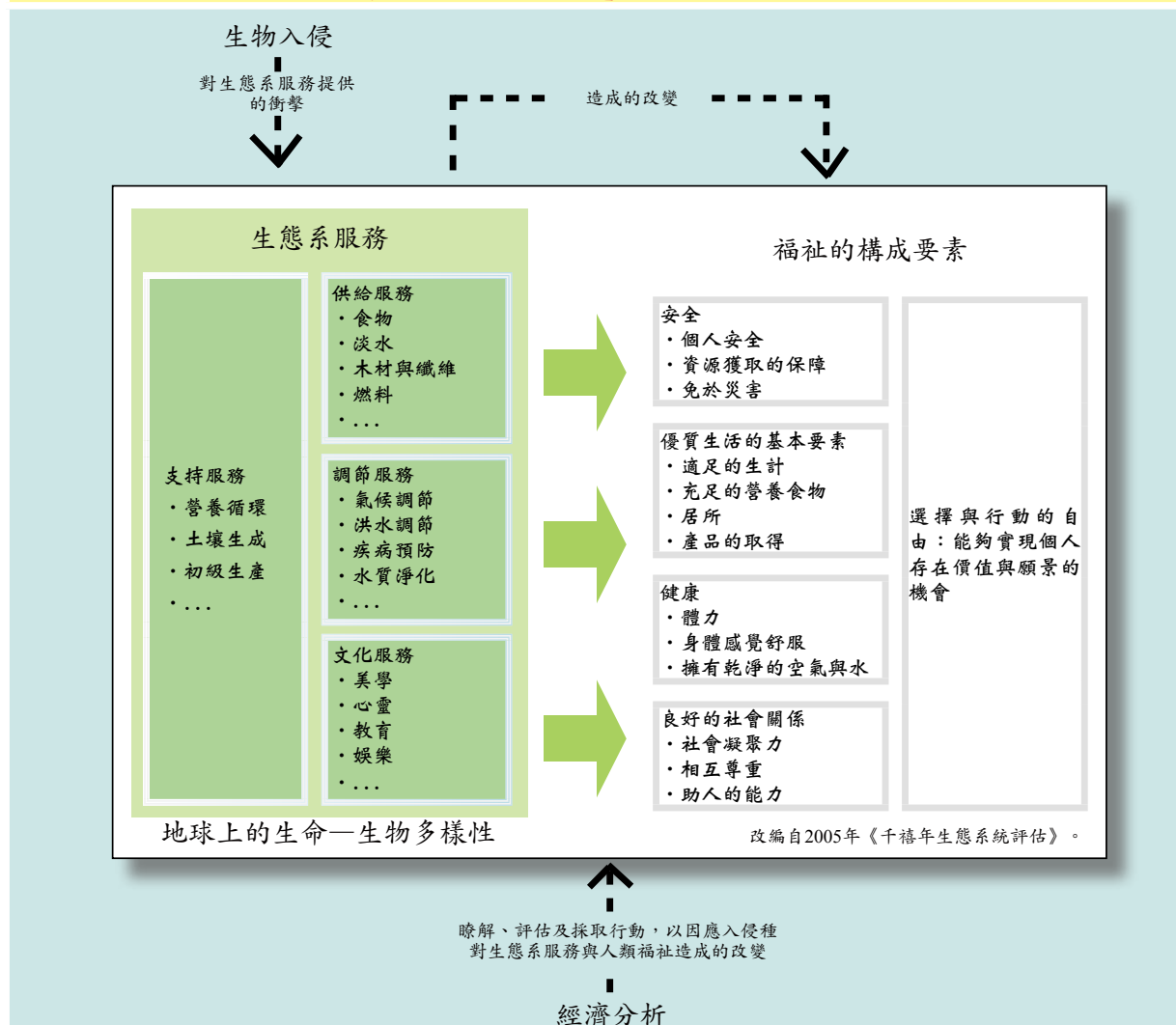
當入侵種佔據其他物種原來棲息的地方，它們會妨礙經濟活動、衝擊人類福祉；而這種佔據空間的行為就構成了入侵（Perrings, 2002）。當入侵種影響生態系統的運作，干擾其生產具有經濟價值的產品與服務，並且取代具有經濟價值的原生物種時，其所造成的漸次變化，即為經濟考量時的首要評估重點。舉例而言，針對外來植物入侵對南非高山凡波斯

(fynbos) 生態系的衝擊研究發現，入侵種對於自然生態系服務的提供已產生重大且代價高昂的衝擊。就不同的管理層面來看，凡波斯這一種高山硬葉灌木提供豐富的生態系服務，包括水的供應、野花收成、登山健行、特有種以及基因保存等，這些服務的價值不斐，估計每平方公里可值90萬至1,670萬美元；而清除入侵植物所需的成本，僅為這個金額的一小部分（佔0.6-5%）（Higgins等人，1997）。

要注意，經濟分析鮮少將沒有入侵種的情形，拿來和所有原生種都被取代的情形相比較；相對地，這種分析法會考量入侵的程度與層級、對生態系服務與功能造成的漸次變化，以及其所引起的邊際成本與效益（邊際的概念將在第4F節「認識入侵種之成本與效益的複雜性」中進一步探討）。

因此，入侵種的經濟分析基本上考量的是入侵種如何取代原生種、佔據了天然或人為改造過的生態系，並且因此改變生態系統所提供的服務，以及接著改變了受惠於生態系服務的人類福祉。最近的《千禧年生態系統評估》（Millennium Ecosystem Assessment）提供了一個非常有用的架構，可用來瞭解及分析入侵種、生態系統服務及人類福祉間的連結（圖2）。

圖2. 生物入侵、生態系服務與人類福祉





這個架構讓我們可以追蹤入侵種對具有不同經濟價值的生態系服務所造成的衝擊，這些生態系服務如供給服務，包括提供食物、居所、水、木材以及纖維；調節服務，包括影響氣候、洪水、疾病、廢棄物及水質；支持服務，例如形成土壤、光合作用以及營養循環；以及文化服務，包括提供娛樂、美學以及心靈的利益。

將人類福祉最大化是最為優先關切的事項；經濟分析就是在此前提下進行，以瞭解與評估入侵種問題可能的經濟成因、影響和因應措施的範圍。這本手冊接下來的單元，將談到入侵種的衝擊（單元三）、成本與效益（單元四）、價值評估（單元五），以及決策（單元六），這些主題都以瞭解、評估與採取行動以因應入侵種為核心，因為入侵種可能造成生態系服務的改變，而與之相關的邊際成本與效益也攸關人類的福祉。

2E 參考文獻

- Higgins, S.I., Turpie, J.K., Costanza, R., Cowling, R.M., le Maitre, D.C., Marais, C. and G. Midgley, 1997, An ecological economic simulation model of mountain fynbos ecosystems: dynamics, valuation and management. *Ecological Economics* 22: 155-169
- Horan R.D., C. Perrings, F. Lupi and E. Bulte. 2002. Biological pollution prevention strategies under ignorance: the case of invasive species, *American Journal of Agricultural Economics* 84(5): 1303-1310.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC
- Munasinghe, M. and W. Cruz, 1994, *Economywide Policies and the Environment*. The World Bank, Washington DC
- Perrings C., Dehnen-Schmutz K., Touza J. and Williamson M., 2005a, How to manage biological invasions under globalization, *Trends in Ecology and Evolution* 20(5): 212-215.
- Perrings C., M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) 2000. *The Economics of Biological Invasions*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Perrings, C., 2000, *The Economics of Biological Invasions*. Paper prepared for the workshop on Best Management Practices for Preventing and Controlling Invasive Alien Species South Africa/United States of America Bi-National Commission
- Perrings, C., 2002, *Biological Invasions in Aquatic Systems: The Economic Problem*. *Bulletin of Marine Science* 70(2): 541-552
- Turpie J. K. and B.J. Heydenrych, 2000. Economic consequences of alien infestation of the Cape Floral Kingdom's Fynbos vegetation. In Perrings, C., Williamson, M. and S. Dalmazzone (eds) *The Economics of Biological Invasions*, Edward Elgar, Cheltenham
- Vilà M. and J. Pujadas, 2001, Socio-economic parameters influencing plant invasions in Europe and North Africa. in McNeely, J. (ed) *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge



全球入侵種規劃署 The Global Invasive Species Programme
入侵種經濟分析工具手冊

GISP

單元三

入侵種的衝擊與因應之道





3A 單元內容

本單元再回來探討入侵種的生物學屬性及其對各種生態系的衝擊方式，並且檢視吾人可嘗試用來預防或管理生物入侵的方法。這對於想要估算入侵總成本以及預防和（或）防治生物入侵成本的經濟學家而言，這些考量是相當重要的。本單元強調所有預防和管理入侵種的各階段應掌握其科學的背景，才會有效；而這是處理入侵時的額外成本。

3B 了解入侵種的衝擊

入侵種對生態系的衝擊

單元一介紹了入侵種的主題：它們是什麼，它們的擴散方法和整體上它們會如何成為人類及生態系的問題。我們在單元一結束時，檢視了生物入侵和造成生態系退化的其它因素之間的交互作用，而現在我們要再回來了解《千禧年生態系統評估》和造成生態系退化的主要驅動因子。

圖3. 《千禧年生態系統評估》中所指出的造成生態系改變的驅動因子

方格顏色代表每一驅動因子在過去50-100年，對每種類型的生態系的生物多樣性之衝擊。高衝擊意指在上個世紀，某一驅動因子對該生物群落之生物多樣性造成相當程度的改變；低衝擊代表該驅動因子對該生物群落之生物多樣性的影響輕微。箭頭表示驅動因子的衝擊趨勢。水平箭頭代表持續目前的衝擊水準；斜的及垂直的箭頭表示衝擊有持續增加的趨勢。因此，如果一生態系在過去這個世紀受到某一驅動因子非常高的衝擊（譬如入侵種對島嶼的衝擊），則一水平箭頭表示此非常高的衝擊可能持續下去。此圖是根據專家的意見，這些意見則是吻合並根據「千禧年生態系統評估--條件及趨勢工作組」（MA Condition and Trends Working Group）在其評估報告的各個章節中針對造成改變之驅動因子變動所做的分析。此圖提供全球的衝擊和趨勢，或許和特定區域所受的衝擊和趨勢會有所不同。

		棲地變動	氣候變遷	入侵種	過度利用	污染 (氮, 磷)
森林	北方	↗	↑	↗	→	↑
	溫帶	↘	↑	↑	→	↑
	熱帶	↑	↑	↑	↗	↑
乾燥地帶	溫帶草原	↗	↑	→	→	↑
	地中海	↗	↑	↑	→	↑
	熱帶草原和疏林	↗	↑	↑	→	↑
	沙漠	→	↑	→	→	↑
內陸水域	↑	↑	↑	→	↑	
海岸	↗	↑	↗	↗	↑	
海洋	↑	↑	→	↗	↑	
島嶼	→	↑	→	→	↑	
山區	→	↑	→	→	↑	
極區	↗	↑	→	↗	↑	

驅動因子上個世紀對生物多樣性的衝擊

- 低
- 中
- 高
- 非常高

驅動因子目前的趨勢

- ↘ 衝擊減少
- 衝擊持續
- ↗ 衝擊增加
- ↑ 衝擊非常快速的增加

資料來源：Millennium Ecosystem Assessment, 2005

上圖強調入侵種對於各類型生態系的完整性是一嚴重的威脅，且其衝擊程度將維持在目前水準甚至會增加。如果之後那種狀態和氣候變遷攪在一起，且其效應被持續不斷的棲地變動所強化，我們可以預期入侵種衝擊的嚴重性在未來會透過共伴效應的方式而增加。此圖顯示受入侵種影響最大的生物群落是島嶼生物群落，其次是內陸（淡）水域和乾燥地帶的生物群落。不論如何，所有生態系類型皆受到入侵種的衝擊，且大部分生態系所受到的生物入侵衝擊將會增加。這暗示生物入侵問題將持續危害自然和人為系統，而且將不斷阻撓生物多樣性保育、永續發展，甚至人類健康。因此，我們得要稍微更仔細一點來檢視入侵種對自然多產的生態系的衝擊類型，接著探討如何因應那些衝擊，然後這些結論可作為經濟分析的背景。在接下來的整個討論中很重要，要從被入侵生態系的觀點去探討生物入侵的衝擊和管理，同時要想想看：「為何我們需要擔心生物入侵？」以及「什麼是我們應該要試著去達成的？是沒有入侵或功能正常且具有完整生物多樣性的生態系？」第二個問題特別重要，因為最近的歷史顯示，我們已經投入好幾十億美元，不停地為了根除或預防生物入侵而努力，卻沒有事先規劃出這份工作的預期終極目標。

為達此目的，我們將使用「生態系取向法」²（ecosystem approach），這是依照生物多樣性公約「第8條（h）款施行指導原則」³（Guiding Principles for the implementation of Article 8 (h)）的建議：「處理外來入侵種的策略，應適切地根據生態系取向法」（生物多樣性公約的VI/23決議，指導原則3）。我們參考生物多樣性公約，是因為該公約是國際上與生物多樣性（包括生態系）的保育和管理有關的主要多邊環境協議，而該公約也因此有處理入侵種、其對生物多樣性的威脅（及因此對人們生計和發展的影響）、預防或控管生物入侵的方法等議題。

生物入侵的最大威脅是當入侵種達到它們的高峰、或是達到擴張或鞏固的狀態（見單元一的圖1），在那時它們對於受衝擊的生態系會有最大的負面影響。此種入侵的影響隨入侵物種（動物、植物、微生物）和受影響的生態系而異，且可能包括下列一個或多個影響：經由競爭、排擠、掠食、寄生、致病、微氣候的改變、養分的可獲得性和生態系的循環等所致的自然植被或動物相的更替。這些對於生態系功能可能會有嚴重的影響，從而導致人類福祉所需之生態系產品和服務的減低。這些或許是入侵生物的主要影響，而它們所造成的生態系功能改變，或它們不可避免地從其原產地攜帶而來的寄生生物和病原，則可能造成次生的衝擊。

本單元接下來的部分，我們會先從各種不同生態系中的各個入侵生物，舉出一些入侵類型的例子，主要以生態學和生物學的觀點來說明。這將讓人瞭解生物入侵的後果，而我們希

²「生態系取向法」是一種整合管理陸地、水域和生活資源的策略，其以永續的方式來促進保育和公平利用（<http://www.cbd.int/programmes/cross-cutting/ecosystems/>）。為達此目的，「生態系取向法」考慮功能正常之生態系的所有面向，並研擬具有明確定義目標的行動；而這些目標把整體生態系及其使用者都納入考量。

³生物多樣性公約的第8條（h）款指出：「（此公約的）每一締約方應儘可能並酌情地...預防引入或防治、滅除會對生態系、棲地或物種帶來威脅的外來入侵種...」



望可由此釐清經濟評估的必要性以及是否有必要應用經濟工具以更進一步評估這些衝擊的重要性。隨後，我們將探討可以預防或減輕生物入侵的方法——這些更進一步的行動也需要經濟考量和評估。

3C 物種入侵的衝擊類型

根據世界上許多地方的記錄與描述，當物種到處移動並在新的國家、地區和生態系變成入侵者，其對於生態系造成的衝擊是非常多樣的。從美學和自然保育的觀點來看，值得一提的是，因入侵而逐漸廣布各地且侵略性非常強的入侵種數目相對而言並不多（數百相對於數千）。每一入侵個案，都可壓制原生物種（甚至造成其滅絕），因此在嚴重衝擊的區域，會減少生命形態的多樣性。這些最有侵略性的入侵種擴散的最終結果是「同一化」（sameness），這現象在許多具有類似氣候的地方開始發生（這是因為當地多樣性降低，且入侵種變得更普遍的緣故），通常是在緯度及環境條件相當的地方出現相同的物種。

本單元接下來的部分，是要舉例說明入侵種對具生產力的自然生態系所造成衝擊的一些類型，而非列出一長串的衝擊類型。我們將從生態系的觀點（即以「生態系取向法」）來探討這個議題，並強調這些衝擊而非相關物種的細節，因為有太多外來種已變成入侵種，把它們依類別列出，對於衝擊範圍的了解並無助益。

陸域生態系受到的入侵衝擊

絕大多數的人們生活在陸域生態系，而陸域生態系也是首先被認知到是外來種的入侵目標。探險家和航海家旅行至新陸地後，通常移民者也跟隨而來，他們會想要在他們的新環境中「有一些故鄉的元素」——不是為了食物、建材，就是為了運動、美學，以及之後為了特別情況，包括和氣候、土壤、掠食者、疾病、害蟲，甚至是運動等有關的情況。這些刻意引入的物種隨身帶來了非刻意引入的夥伴，包括寄生生物、病原體以及和它們的運送方式（在土壤和其它培養物中）有關的物種。舉兩個例子說明如下：

家豬被帶至很多國家，對這些國家而言牠們是外來種，而後牠們逃脫並且在新設立聚落的邊界外變成野生——這情況已發生在世界許多地方（大洋洲、美洲和許多島國）。家豬（*Sus scrofa*）能夠恢復成野生並在非常少數的幾代之內成為入侵動物，且變成會破壞原生植被、或掠食小動物且侵略其它草食性動物以及人類。今日數以百萬計的野豬已經入侵到澳洲、亞洲部分區域及許多大洋洲島嶼的野外和農作區，不斷使原生植物、動物和它們的棲地受到破壞，也同樣波及具生產力的生態系。野豬防治是困難、昂貴而且常是危險的，且持續成為許多被入侵地區的問題。

陸生植物，特別是灌木，當散布到世界各地的新生態系時，也具有同等破壞力。籬笆植物、園藝灌木、開花的藤本、土壤改良和控制侵蝕的植物，均是刻意地引入；還有許多其它非刻意引入者，對於原生植被、動物的食物和棲地及農業，皆具有長期及有害的衝擊。許多此類植物不只優於本地物種，會主導和改變植被系統，並帶來環境的退化——而且也會釋放化學物質，限制或完全阻止其它植物的發芽和成長。



馬櫻丹 (*Lantana camara*) 就是這類灌木，來自熱帶南美洲，在十九世紀晚期被引入許多非洲國家，作為迷人的開花和籬笆植物。逐漸地，它已經歸化且擴散開來了（主要是透過鳥類傳播），現已經入侵該大陸的許多熱帶和亞熱帶地區。這已導致原生的生物多樣性受到抑制，排擠了牧草地和林地，並造成家畜中毒——這在許多國家造成龐大的經濟衝擊。

淡水生態系受到的入侵衝擊

內陸水系已知易受到水生植物的入侵（沈水、挺水和浮水植物）以及來自魚類、水生節肢動物（如甲殼類和昆蟲、軟體動物）和一些浮游生物與微生物的入侵。許多是非刻意進來的（有時被船隻、漁具和船舶運輸引入），而有很多魚類卻是因為水產增殖、休閒漁業和水產養殖等因素，而被人們刻意地從一個湖移到另一個湖，一條河移到另一條河，一國移到它國。具有美麗花葉的水生植物則是人們為了增添水生園藝和花卉產業的色彩而被引入，然後就如同許多非刻意引入的物種般，脫逸進入內陸水域。

在許多例子中，較具侵略性的外來魚種，較本地種更具競爭優勢，且因消耗淡水植物、無脊椎動物和低等脊椎動物如兩棲類和小魚及稚魚而造成問題。這已減低許多水系的多樣性，把外來魚種的疾病和寄生蟲傳給本地種，且時常減少可供給人們之漁獲種類的範圍。已有各式各樣的水生植物被人們移到世界各地，有許多已成為入侵種，且造成植被、漁獲潛力、水生物種多樣性和水質的很大改變。

海洋生態系受到的入侵衝擊

為了水產養殖（海水養殖），魚類、海洋無脊椎動物和海洋植物（海草）等海洋生物已被人們帶到世界各地的海岸和海洋。此外，它們也透過船隻壓艙水的通道，或附著於船隻吃水部位（即「生物污損」現象，biofouling），或經由來自遠洋船隻的廢棄物和丟失的貨物，以及從海岸排出的各式廢棄物，而非刻意地被人們從一個港埠帶到另一個港埠，並進入到公海中。

通常，它是在幼小而未成熟的階段隨著船移動，然後逃逸，在新水域立足，和當地的物種競爭或獵食當地物種，不論當地物種是低等無脊椎動物、節肢動物和軟體動物，或是魚類。有數百萬年以上被大陸、洋流和水溫屏障等隔離的海藻，目前已移動至新的地區，變成入侵種，抑制了當地淺水域和深水域的動物相及植物相，而對物種多樣性、漁獲量和生態系健康等造成負面的衝擊。

藉由輪船和其它船運的生物移動方式，可能也是造成淡水物種擴散與引入的原因——特別是當這淡水水域是跨越數個國家及氣候區的大湖和大河。

生物入侵對人類發展系統的衝擊

入侵種對人類發展和基礎設施的衝擊，可由兩個例子即足以說明。

首先是在單元一中提到的「世界頭號水生惡草」：布袋蓮。這種來自中美洲的熱帶漂浮



植物，已入侵世界各熱帶水系，包括亞洲、非洲及部分的熱帶美洲。除了它對生物多樣性的衝擊外，布袋蓮這種入侵物種還會：

- 增加蒸發水量，為開放水域正常蒸發量的六倍之多；因此水體若被大批入侵，失水將非常快；
- 在溪流、灌溉溝渠及排水道中阻礙水流，造成供水的嚴重問題且須經常清除；
- 滲入水力發電用的水壩和渦輪機，需要昂貴的清理和處置；
- 當這些植物一大叢地蔓延到岸邊時，會阻礙人與船進入開放水域；而在被大量入侵的水域，會防礙渡輪和貨船進入港口；
- 提供蛇、鱷魚和其他危險動物藏身之處，且會防礙人們釣魚或從事漁業，
- 助長瘧疾和血吸蟲病的病媒（中間宿主）的生長；
- 抑制其他可提供魚類庇護和繁殖場所的水生植物的生長。

另一種已經入侵世界各地許多淡水系統的水生生物，是俗稱路易斯安那州螯蝦的克氏螯蝦（*Procambarus clarkii*）。此物種是美國南部的原生種，已被引入許多國家，做為水產養殖物種以滿足老饕口腹之欲，且當做蝸牛這個血吸蟲中間宿主的掠食者。在亞洲、非洲、歐洲及一些在南美洲和加勒比海的國家裡，它已自水產養殖場逃逸，侵入各種水系中，如湖泊、水壩、池塘和流速慢的河流中，以其中的水生植物、水生軟體動物和甲殼類、小魚、兩棲類和昆蟲為食，導致水生生態系嚴重的改變和漁獲降低。此入侵種也鑽掘河岸和水壩及湖泊的邊坡，造成嚴重的侵蝕和蓄水的漏失。它做為食物來源（常只有老饕在吃）的小小好處，遠不及它對許多水生系統和其中的動物（通常是當地特有種）、漁業和蓄水能力的破壞。

對生產生態系的衝擊

許多動植物種類經由馴養而被改造成人類的食物來源。這些物種有的是馴養地區的原生種，其它則是為了較多較好的食物生產，而透過各式的農業和農作而被引入（且仍一直在被引入中），包含穀物、果樹、家畜和圈養魚種。人們對物種入侵的初步理解，可能來自他們在從事農作和豢養動物時所發現的害蟲、雜草和疾病。所有動物和植物都帶有一些病原和寄生蟲，其中一些是因為馴養而造成問題，而其它則是因為人們以各種方式引入外來種，而變成與今日農業和畜牧生產有關的害蟲、雜草和疾病。

會影響生產生態系的入侵種的典型例子是：

- 來自熱帶美洲的入侵灌木——刺軸含羞草（*Mimosa pigra*），它會佔據泛濫平原，而使得原生的植被和動物受到排擠，且會在先前的生產地區，防礙家畜的畜養和漁業。
- 在1980年代早期，從美國南部意外引入到東非和西非的大穀蠹（*Prostephanus truncates*），擴散和入侵到許多穀類生產區，在這些區域，這種甲蟲能毀掉一大部分儲藏的穀類。
- 禽流感H5N1的出現和擴散，已（藉由家禽感染候鳥）散播至全世界，且在亞洲、非洲和歐洲等許多國家對人類健康和家禽業造成衝擊。



入侵生物對人類健康和福祉的衝擊

人畜共通傳染病 (Zoonosis) 這個名詞是指某些動物疾病，當其病原被引入到人群後，會轉變成人類的疾病。當動物疾病從不同的地方進入人群時，可將其視為入侵種——如曾發生過的伊波拉病毒、SARS病毒，而愛滋病 (HIV/AIDS) 在某種程度上也可算是。在此無須詳論致命疾病對人群的衝擊，因它們的衝擊顯而易見。

入侵種較不明顯的衝擊是其會威脅人類的糧食安全、生計安全和整體福祉。有一個典型的例子是美洲的牧豆樹 (*Prosopis spp.*) 對世界許多乾旱地區的入侵。過去，為控制乾燥區域的土壤侵蝕並提供遮蔭，墨西哥合歡 (*Prosopis juliflora*；牧豆樹的一種) 被引入非洲好望角和東非一些國家。在從剛開始的立足並進而擴散之後，它變成入侵種，且現在覆蓋數千公頃 (某些案例甚至達到幾百萬公頃) 的乾燥及半乾燥土地，而排擠了其它植被的生長和正常的土地利用。這些地區原來的土地利用方式是放牧，牧人在此牧養他們的牛群和羊群，讓牠們在這廣闊的共有土地上吃草。牧豆樹的出現，意謂著牧草沒了，而這些區域批覆著無法穿越的多刺灌木和樹木，造成牲畜無法接近取食。更甚者，牧豆樹的刺會導致受傷潰爛，而當牲畜不顧一切取食葉子後，許多會生病，生育會有問題且產生無法利用的乳汁。這些入侵的牧豆樹，以此方式使數以千計從事放牧的人民失去了他們的生計和牲畜，使他們沒了牧場和生活費用，且在某些案例中，也影響到了他們的健康。

對於人們的健康和生計具有重大衝擊的世界性入侵生物是家鼠，特別是黑鼠 (*Rattus rattus*) 和褐鼠 (*R. norvegicus*)，二者均起源於亞洲。這些有害的小動物，已擴散至地球上幾乎每一個人類居住地，也存在於很多的無人島上。我們知道橫行於家屋和糧倉而人人喊打的鼠類，是人類糧食的競爭者。當缺乏替代性食物時，鼠類也能成為肉食性，且以任何小型的脊椎動物或其它動物為食，因而造成人類養的動物和寵物的損失。在一些熱帶和亞熱帶地區，這些鼠類也會攜帶和傳播造成鼠疫的細菌 (*Yersinia pestis*) 及許多人畜共通傳染病，例如會影響人體健康的鉤端螺旋體病 (*leptospirosis*)。

生物入侵對於生物多樣性及其保育和管理的衝擊

許多變成入侵種的外來生物，對於生物多樣性具有嚴重的衝擊，其結果常不被當做具有經濟重要性，直到有人檢視生物多樣性的價值、它對人們生活的支持及其做為任一環境之重要組成的角色時，方予以重視。我們對於入侵性的定義 (來自生物多樣性公約)，與生物多樣性的負面衝擊有關，這些負面衝擊卻不一定帶有明顯的經濟影響。事實上，因為穩定的生態系在環境中扮演很多角色，並且提供人們產品和服務，因此邏輯上當野地受到入侵時，其生物多樣性會有一些可量測的負面衝擊，而此課程目的就是嘗試著將這負面衝擊和經濟學及經濟學工具做連結。

有許多例子可以說明入侵物種 (它們本身可能是動物、植物或微生物) 對於各類生態系和其組成的生物多樣性的衝擊。對於這種入侵及其對生物多樣性保育和管理的衝擊重要性，我們會列舉一些一般性的考量，而非鑽研詳細的個案研究。



澳大利亞這塊大陸已被許多哺乳類（和鳥類）入侵，這些入侵生物當初是為了各種目的而引入，且因而逃逸，進而歸化，且持續改變這個國家的野外生態系。數以百萬計的兔子和其它草食性動物，如豬、牛、水牛、馬、驢、山羊、駱駝和鹿，已和一些掠食者，如貓、狗、狐狸和雪貂，在此國家四處野生。在過去兩百年來，這些入侵者已經改變許多植被型態，導致沙漠化和侵蝕，改變水文且導致相當多的原生動物滅絕，其中許多是澳大利亞的特有種動物。

不管多小或多大，島嶼對於生物入侵特別敏感。因外來動物和植物的入侵，數以千計的島嶼已經失去原生的生物多樣性——不管它們是島國、一國的小島或是無人小島，甚至是大洋中的顯礁。

保育野地生物多樣性的最成功方式之一，是透過保護區的設立及管理。這些保護區可能有一嚴格的保護範圍，比如在嚴格的自然保留區、國家公園、世界遺產所在地、有國際重要性的拉姆薩公約的濕地、生物圈保留區、開放的自然保留區，還有重要的植物、生物多樣性和鳥類棲息地等，這些地方可能都有劃設「禁區」。最近的調查顯示，幾乎所有這些保護區中都有入侵的物種，而這正逐漸改變它們的原生生物多樣性，使一些植物種類、一些植物的組合以及一些依賴它們做為庇護、食物等等的動物受害。

3D 生物入侵的預防

生物入侵的因應之道

生物多樣性公約第8條（h）款指示締約方要「預防引入或防治、滅除那些會威脅生態系、棲地或物種的外來入侵種」。在該條款的施行指導原則中，生物多樣性公約將入侵種的因應方法排序如下：

1. 預防它們的引入；
2. 滅除初期的或新的入侵；
3. 圍堵新近成功立足的入侵，以免其擴散蔓延；而且，如果那些方法都失敗了，
4. 控管既成入侵的威脅和衝擊。

第一選項（預防）在制止入侵發生及其影響的方法中，是最便宜且最有效的。第四選項是到目前為止最昂貴且長期的工作，而且，並非總是能有效地制止入侵的影響。我們將檢視上述的每一個選項，以便之後能針對預防和控管生物入侵的成本進行經濟上的考量。首先要考量的是「預防」，意指一外來種（可能變成入侵者）的引入過程在此生物進入一新的生態系、地區、國家或區域之前，就被制止了。此可發生在其抵達入境的地方之前，也就是在它沿著從其原居地到新生態系的某一途徑移動的過程中，即予以制止。如果這步失敗了，第二個預防的機會是在它到達時去阻止其引入，以免它進入新的地區。



在途徑中的預防

外來種可沿著許多實體途徑旅行到一個新地點，這些途徑可能在陸地上、在淡水中（上），在海中（上）或在空中。這些途徑可能本身也是一個過程，諸如旅行、運輸、旅遊和貿易，這些過程會導致一生物體被輸送。在每個途徑中也許有一些媒介可協助所關切之生物體的移動。以下列舉途徑的一些例子以及制止外來種沿這些途徑移動的一些辦法：

陸域途徑：道路、小徑、鐵路、牲畜路徑、遷徙路徑

媒介：車輛、軌道車輛、貨物、旅客、行人、家畜、野生動物、風

解決方案：貿易協定、WTO、區域生物安全協定、最佳產業實務、負責任的出口實務

淡水途徑：湖泊、水庫、水壩、運河、溪流、河川、三角洲、大型濕地

媒介：大小船舶、其它船隻、旅客、貨物、水流、風

解決方案：《國際壓艙水公約》(International Ballast Water Convention)、生物污損協議草案、國際海事組織、世界貿易組織、貿易協定、最佳產業實務、區域生物安全協議、拉姆薩公約、湖泊和河流流域委員會

海洋途徑：國際航運、海、洋、河口、洋際船舶運河、暴風

媒介：所有海洋船隻（貨物、乘客、漁業、探勘、娛樂等）、海洋生物、海洋遷徙、風、洋流

解決方案：壓艙水公約、生物污損協議、國際海事組織、世界貿易組織、國際和區域貿易協定、區域生物安全協議、聯合國的「區域海洋方案」(Regional Seas Programme)、最佳產業實務

空中途徑：所有航空運輸（地方、國家、國際）、鳥類（和其他飛行動物）的遷徙、生物體釋出到大氣中、氣膠、風、暴風

媒介：飛機、貨物、旅客、行李、飛行動物

建議：民航協議、國際民航組織（ICAO）、航空和旅遊業的最佳實務、貿易和生物安全協議

在引入地點的預防

實際預防外來種的刻意引入，以免其進入一個新的生態系或國家，有賴於幾個條件：對於每一個可能的物種引入進行檢查與評估的能力，以及決定是否讓它進來的能力與工具。這也適用於非刻意引入，雖然在那種情況下，不需決定是否讓一些物種進來，所有均可擋下。

理論上，引入地點是一途徑的終點。就一個具有強大的生物安全體系的國家而言，這可能是一個機場，陸域邊關或海洋⁴港口，且很可能配有檢疫設施和風險評估程序，以評估送達的生物體。在這種情況下，所有到達的貨物、行李、個人財物和旅客（或在其中的重要樣

⁴在這裡，「海洋」（marine）一詞亦適用於淡水，因為內陸水運的作業與海洋航運類似（雖然不完全相同）。



品) 將接受檢查，對受檢的進口生物體，將依據可接受和不可接受的物種名單進行比對，任何在不可接受名單上的物種會被移除，並宣告禁止進口。然後，他們會以某種方式處理，確保它們不會(立即或最終)進入該國。不在任何名單上的物種，將被隔離開來，等候風險評估結果及是否允許進口的決定。引入後入侵風險的預測，是技術上相當複雜的一個過程，涉及此物種之前的入侵史，連同其他相關因素，如欲進口地區的環境條件。這需要嚴謹的科學，包括：

- 正確或準確的物種(或較低的分類群)鑑定；
- 風險評估程序的應用；
- 此物種相關資訊的可得性和評估；
- 該物種將被引入的生態系之相關條件的可得性和評估；
- 該物種如果變成入侵種，對目標生態系的可能衝擊；
- 引入該物種的效益；
- 如果該物種變成入侵種，其滅除/控管方法(或其他減緩策略)的可得性及其成本。

一旦風險評估完成後，將由稱職的法定機關來決定是否允許引入並採取行動。顯然，這些過程將涉及相當的貨幣和非貨幣成本以及科學與技術能力。

許多非刻意引入和那些發生在非進入地點的引入，是不太可能受到上述決定的管制；而那些發生在生物安全系統有限及沒有足夠技術能力的國家的物種引入，也是不太可能會受到管制。

立足、歸化和擴散的預防

一旦一生物體被引入到一個新的地區或生態系，它通過各階段成為入侵種的機率(見單元一，1B的表1和圖1)並不高，除非根據其他地區的經驗，它是已知的「可能入侵者」。一物種可能是一時疏忽或意外而引入，而其很可能成為入侵種。一旦發現這樣的物種引入，如果能加以確認並及早採取行動，是可以防止其通過各階段而發展成入侵種。所採取的主要措施是滅除和圍堵。**滅除**是指破壞正在立足之物種的族群，包括所有活生物體和所有發展階段(成熟個體、亞成體、未熟體、卵、種子、其他植物性的繁殖體等)。在特殊條件下，這有時是可以達成的，但大多時候很難確保徹底滅除，特別是開花植物，其可以形成種子庫，而難以摧毀。

圍堵是防止潛在入侵種進一步擴散的過程，從而減少生態系退化的風險。這經常用於抑制由病原體和寄生生物引起的(人類和動物)流行病，方法是利用隔離檢疫和限制宿主的移動。



3E 入侵的控管

評估和控管既成的入侵

一旦一外來種已擴散並變成入侵種，生態系管理者剩下可採取的行動為：不採取行動或對此入侵種進行控管。無論採哪種方式，需要進行評估才能下決定，然後訂立行動方針。評估既成的入侵（定義在單元一和詞彙中），需要針對其成本和效益進行審查，包括對受影響生態系、對人們的約定價值（產品和服務）和對整體環境（如營養循環、微氣候的穩定、極端天氣事件的防範、生物多樣性的保育）所帶來的成本與效益。一些低衝擊的入侵，其對生態系及其使用者的效益可能高過成本，特別是當入侵物種能為人們帶來產品和服務。在這種情況下，讓入侵持續下去（同時也可控管它，以減少其他成本）可能有利於利害相關者。

如果評估後認為應該要減少或消除入侵，有幾種可達成此目標的方案可供生態系管理者選擇。然而，即使在這個階段，建議能讓利害相關者參與討論有關減少或消除入侵的目標，以便進一步的行動方針（利用生態系取向法，見上文）能針對受影響生態系的變化，而非只是消除入侵的物種。物種入侵可能涉及受影響或受衝擊生態系的變化，而使得該生態系在最初的侵略者被移除後，容易受到相同或不同物種的再次入侵。在某些情況下，入侵種可能提供產品與服務給那些使用、擁有或管理受影響生態系的人們，以至於移除入侵種可能不是所有關切人士的首要目標（見下文）。

控管類型

控管物種入侵的主要類型有：

1. **物理防治**：涉及入侵種的物理移除。這包括單靠人力來根除和（或）焚燒及破壞植物（及其種子），或狩獵、設陷阱捕捉成熟及未成熟動物，或摧毀受病原體和寄生蟲感染的生物體。它也可能包括以機器和先進設備來提高物理防治的成效。這種防治方法往往是首選，因為它對非目標物種和生態系穩定性的衝擊最小——但所花的時間可能較達到控管目標所需的時間為長。
2. **化學防治**：涉及農藥、除草劑、毒藥及藥品的使用，以殺害所關切物種或將它們從寄宿的動物和植物上消滅。對非目標物種和棲息地的衝擊，可能是用這種方法時需要擔心的，除非可以保證或掌握行動的專一性。
3. **生物防治**：當一外來種已成為入侵種，且沒有自然防治它的媒介（如專一性的寄生蟲、掠食者和病原體）時，可採用這個方式，將這些生物媒介導入所關切的生態系，並引入外來入侵種的族群中以控制其族群。這種方法比前二者更為持久（在大多數情況下），因為一旦成功應用，它應該會繼續有效，因為入侵種和這些生物防治媒介會達到某種平衡，使入侵種的數量維持在可接受的（低）水平。這意味著在建立生物媒介的族群以防治入侵種時，會有一個重要的初始成本，但在那之後，成本（除了監測之外）就很少了。
4. **綜合防治**：涉及使用上述一個以上的方法，以確保能夠控管入侵和防止其蔓延。典型上，



生物防治可用於減少入侵種的族群到一個可接受的水平，而物理和化學防治則可用來消除「離群」的亞族群，並推進戰線或進入其他方式難以防治的地區或群體，以加強防治成效。

上述的每一個方法都有其經濟成本以及人力和專業知識的需求，因此必須互相比較，並與「不採取行動」的成本來比較。在科學及技術的期刊和網站上，和那些由具有入侵防治經驗者組成的網絡中（例如下面所列的文獻和入侵種專家小組（ISSG）的 Aliens-L 郵件用戶清單服務），可以找到許多關於防治方法及其效益的資訊。

入侵種的效益

外來入侵種對生態系功能和人民，可能會帶來利益（如單元二所提及的），也可能會帶來負面的衝擊。入侵不可避免地會增加受入侵地區的物種多樣性——至少在一開始時——並可能為該生態系增加植物或動物的利益。入侵動物可能增加一地區的食物可得性，也可能促進消除既有的有害物種。入侵植物經常有一些屬性是有利於生態系及其利害相關者，諸如：增加人類或動物的新食物，增加木材和薪材的來源，生產新的和有需求的植物產品（如樹脂、水果、可食的種子），增加合意物種的棲地範圍，正向改變水、陽光或營養的可得性。

通常生態系及其功能的損失會勝過入侵的效益，但相反的情形也可能發生。因此，在任何情況下，都應由利害相關者討論其成本與效益，以在開始控管入侵種前，訂定合議的目標。

3F 入侵後的生態系復育

受入侵生態系的復育——目標和期望

受入侵生態系的控管目標之一，可能是回復到入侵開始前的狀態和功能。要達到此目標，在發展入侵種的防治方法時，首先需要考慮到其後果，以確保對此生態系沒有產生會阻礙其回到先前狀態的破壞。另一個需要考慮的方面，是原生態系的實際情況和物種內容——不論是就要回復的偏好狀態而言，或者是以要達成此目標的方法來看。例如，當一個物種豐富的生態系（比如，一個值得去保護其生物多樣性的生態系）被入侵且物種多樣性大大降低，此時很重要的是要知道在入侵前有什麼物種存在於該生態系，以便在消滅或控制入侵時能夠回復到先前狀態。在某些情況下，部分復原——生態系的狀態可能是比較好的，因為該生態系在這種部分復原的狀態下，反而可提供較理想的產品和服務，或提供更好的棲息地給所需的物種或植被型態或動物群。

復育生態學是一門成長中的學科，其同時使用原生種和外來種來「加快」受影響生態系回復到先前的狀態。顯然，生態系管理者在試圖恢復已被入侵生物破壞的生態系功能時，必須保持警覺，以免引入更具入侵性的物種。

3G 參考文獻

Howard, G.W. and Matindi, S.W. 2003. Alien Invasive Species in Africa's Wetlands. Some threats and solutions. IUCN Eastern Africa, Nairobi

GISP publications – see: <http://www.gisp.org>

Global Invasive Species Database – see: <http://www.issg.org/database>

Invasive Species Specialist Group of IUCN ND. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the Global Invasive Species Database. ISSG, Auckland

McNeely, J.A., Mooney, H.A., Neville, L.E., Schei, P. and Waage, J.K. (Eds) 2001. A Global Strategy on Invasive Species. IUCN Gland, Switzerland and GISP

Sandlund, O.T., Schei, P.J. and Viken, A. (eds). 1999. Invasive Species and Biodiversity Management. Kluwer Academic Publishers

Wittenburg, R and Cock, M.J.W. (eds) 2001. Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices. CABI



全球入侵種規劃署 The Global Invasive Species Programme
入侵種經濟分析工具手冊

GISP

單元四

界定入侵種的相關成本和效益





單元四

界定入侵種的相關成本和效益

4A 本單元內容

本單元介紹的概念架構，有利於讀者對入侵種的經濟成本和效益進行了解、界定和分類。本單元將闡述入侵種對生產所造成的直接衝擊以及次生、三次生的效應，還有它們所帶來的正面效益。本單元提出一個效益分類的方法，並且採用總經濟價值的架構，以引導讀者將入侵種造成之經濟衝擊按照其對自然與人為改造生態系的健康和運作之影響進行分類。而最後則是介紹經濟分析時的一些重要考量，包括邊際性、不確定性和時間性的概念以及檢視成本和效益分布的重要性，這些考量在處理入侵種問題時需謹記在心。

在看完本單元後，讀者將會了解與入侵種有關的經濟成本和效益有那些類型，並能用總經濟價值的架構將其分類。

4B 以經濟學觀點來看入侵種的衝擊

單元三闡述了入侵種可能引起的廣泛衝擊，包括影響生產系統（如林業、漁業和農業）、發展系統（如供水和水質，基礎建設和能源）、人類健康和生物多樣性，還有管理和因應入侵種及其威脅的實際需求。

本單元以先前的章節為基礎，檢視入侵種對經濟的影響以及它們在自然和人造生態系中所帶來的破壞。正如同人類（經濟）活動是生物入侵的主要原因，而蒙受生物入侵最大衝擊的也是人類及其經濟。因此，在處理入侵種議題時，最根本的便是要了解經濟的範疇、規模以及成本和效益的分配。

入侵種會帶來直接經濟衝擊和間接的經濟衝擊。直接經濟衝擊主要可以被視為入侵種對受其入侵的棲地或生態系（也就是它的「宿主」）的生產所帶來的現場衝擊。間接衝擊則不具宿主專一性，且可能會對市場、價格、健康、營養、貿易、環境以及公私支出造成更廣泛的影響（Evans, 2003; FAO, 2001）。

方塊2. 入侵種的直接經濟衝擊和間接經濟衝擊

- 入侵種在宿主生態系中的效應所引發的直接生產衝擊。
- 入侵種在市場、價格、健康、營養、貿易、環境以及公私部門支出等層面，對其他地方、部門和時間所造成的次生和三次生效應。

直接生產衝擊

困難點之一是直接經濟衝擊的規模和範圍龐大，光是處理入侵種議題的實際花費就相當驚人。例如，在南非岬角植物區（Cape Floral Kingdom），有數種入侵樹種已減少附近社區的水供給量、增加火災發生率以及取代部分的原生種，南非政府花費在人工和化學防治措施上的經費，每年就超過4千萬美元，但據估計復育這個生態系所需成本可能高達20億美元（Turpie和Heydenrych，2000）。

然而，入侵種對當地的經濟影響遠超過直接防治的花費，而且不受時空的限制。入侵種的直接生產衝擊通常會橫跨數種生態系服務。例如，入侵有害植物可能會造成在地的生物多



樣性消失、降低土地生產力、阻塞水體、妨礙灌溉和水利設施開發、摧毀漁業的繁殖與育幼區域、（和原生種）競爭土地和其他資源、摧毀野生動物棲息環境、使牧地退化、破壞食物鏈、干擾生態平衡和過程、傷害作物或其他植物、需要噴灑更多的殺蟲劑、危及地景的優美、侵害遊憩區等等。比如在澳洲，入侵有害植物對農業造成的經濟衝擊，據估計每年大約在35億至45億美元之間，包括防治工作的財務花費、收成損失、淨貨幣收益的改變以及福祉的變化等（Cacho等人，2008）。

次生和三次生的經濟效應

一特定區域的入侵現象對其他生產和消費的系統、地點與時間的乘數效應和連鎖效應，可能相當龐大。例如在紐西蘭，入侵種所造成的代價大約佔GDP（gross domestic product；國內生產毛額）的1%（Bertram，1999）；而在中國，貿易和經濟的快速成長，已引發越來越多的生物入侵，進而帶來巨大的環境威脅，咸信導致該國經濟每年大約損失145億美元（Ding等人，2008）。

因此，第二個挑戰是彙整入侵種的次生（secondary）甚至三次生（tertiary）的經濟效應，比如因消費者需求的轉變、生產資材價格的變化所衍生的經濟效應，或者因損失生物多樣性和生態系服務而帶來的外部衝擊所衍生的經濟效應。這些改變影響的不只是發生入侵的地方或部門，還擴及到經濟體的其他部份。間接衝擊展現的形式相當多樣，例如，土地租金下降、獲利降低、稅收減少、外匯收入減少、工作機會流失、糧食安全瓦解、惡化人類健康狀況、使生計更容易受到打擊以及衝擊經濟發展的成就和阻礙部門施政的目標。

方塊3. 蒙大拿、南達科塔和懷俄明州的乳漿大戟所帶來的直接和間接成本

乳漿大戟（*Euphorbia esula* L.）是種富侵略性、頑固、深根性的多年生植物，原生於歐洲和溫帶亞洲，但已入侵美國的部分地區。乳漿大戟最早於19世紀被引入到北美，目前則群聚於大草原區和多山之州的大片未墾地。此草一旦在未墾地上立足，會迅速擴散蔓延，取代當地原生植被。此草具有數種獨特的特質，而使其比大多數原生植物有較強的競爭優勢，並可以之抵禦牲畜的吃食。此草會對土地管理者和牧場經營者帶來嚴重的經濟損失。

在蒙大拿、南達科塔和懷俄明州，水土保持效益和野生動物帶來的休閒娛樂效益因乳漿大戟而每年損失約80萬美元。乳漿大戟的入侵對野地所帶來的直接和間接成本，每年總計195萬美元。對牧地帶來的成本可從其承載能力降低這一點察覺出來，所造成的直接損失為每年1,030萬美元，間接損失為每年接近2,400萬美元。防治乳漿大戟的直接效益一年有1,910萬美元（498萬美元來自土地承載牲畜能力的改善、1,174萬美元來自牲畜生產支出的增加、180萬美元來自和野生動物相關的休閒娛樂消費、48.5萬美元來自水土保持的效益）；間接效益（來自業務量、個人收入、零售額和其他商業活動等的改變）一年達3,930萬美元。

資料來自 Bangsund等人（1991、1993、1999），引用於Stutzman等人（2004）。

入侵種的效益

入侵種通常也具市場或非物質性的效益，畢竟這是它們被引入和利用的最初動機，我們有必要體認這個事實並將其納入經濟分析中。若沒有考量到入侵種的正面價值，這樣的成本效益評估將不完整。如同單元三所述，入侵種可能帶來經濟效益（而且這通常是它們最初被引入的原因）；例如，在南非，布袋蓮被用於飼料和家具，外來金合歡屬植物被引入作為缺

乏木質植被地區的薪材來源，入侵蚌類則被視為一種多產的商業漁產，同時也可提供食物給採集者（Turpie，私人通訊）。

將生物物理的衝擊連結至經濟的變化

將生物物理的改變（如生態學、水文學、生物多樣性和其他因子）轉化成經濟衝擊，是件極具挑戰性的事情。評估直接和間接衝擊需要投入大量的時間和精力，並且需要仰賴廣泛的生物學和非生物學的資訊。實際上，追蹤入侵種造成的經濟衝擊需要知道各種劑量-反應關係的詳情，才能把特定程度的生物物理變化或生態系變化與特定程度的經濟變化的關係連結起來。這種關係很難精確地定量，並且常基於許多的假設上。要了解、衡量與預測入侵現象是很困難的，因為這通常有高度的不確定性，且涉及入侵種和其他物種、種群和自然群落、自然環境與人類系統間複雜的交互關係。

記住，當嘗試鑑定入侵種的經濟衝擊時，需要有完善的科學，同時要知道以生物學和生態學來解釋時的限制因素，還要知道在衡量和量化時誤差的可能性相當大（Perrings等人，2000）。確保科學和經濟資料完整的重要性，以及未能如此做所造成的危險，都在「評估歐洲綠蟹（*Carcinus maenas*）入侵的代價」這個案例中得到映證。在美國，該種螃蟹的經濟衝擊評估，已被廣泛運用於輔助判斷最近公共政策的正當性，結果後來被發現其數據是取自錯誤的地理位置，在預測生態影響時顯然基礎並不嚴謹，而在建構評估時錯用了經濟方法（Hoagland和Jin，2006）。關於入侵種衝擊在科學層面的相關資訊，詳見單元三。

4C 界定入侵種的成本與效益

入侵種經濟分析的第一階段，是判定入侵進展過程中的直接和間接經濟因素（單元二），然後是建立入侵種衝擊的範圍和程度（單元三），再過來的第三階段，則是界定與這些衝擊有關的經濟成本和效益。本單元接下來將提供一系列步驟和架構，以茲界定、分類和闡述入侵種的成本和效益。

如單元二所述，之所以要考量生物入侵的成本和效益，是因為入侵種會干擾自然或經人為改造的生態系的運作，而這些生態系會產生具經濟價值的產品和服務；同時入侵種也會取代具有經濟價值的原生種。本節界定成本與效益的類別，這些類別必須在入侵種經濟分析中被納入考量。接著，本單元將介紹一個架構，其依據生態系相關價值的改變，來分析入侵種的成本和效益（4D 依生態系的價值來分類入侵種的成本和效益）。

要界定入侵種的效益和成本，需要將直接生產衝擊和次生、三次生的效應都納入考量，同時考慮入侵種的正面效應（效益）和負面效應（成本）。如上所述（4B 以經濟學觀點來看入侵種的衝擊），直接經濟衝擊源自入侵種對宿主棲地或生態系的影響和對入侵種採取的管理措施；而間接經濟衝擊則指入侵種對其他地方、部門和時間的影響，比如在市場、價格、健康、營養、貿易、環境和公私部門支出等層面（圖4）。這些成本與效益包括：



方塊4. 將南非外來入侵植物的生物物理衝擊連結至經濟價值的變化

有許多研究評估南非生態系之外來入侵植物的經濟衝擊，經分析這些研究報告後發現，有許多種生物物理衝擊和經濟指標，可用來估算成本與效益的金額。

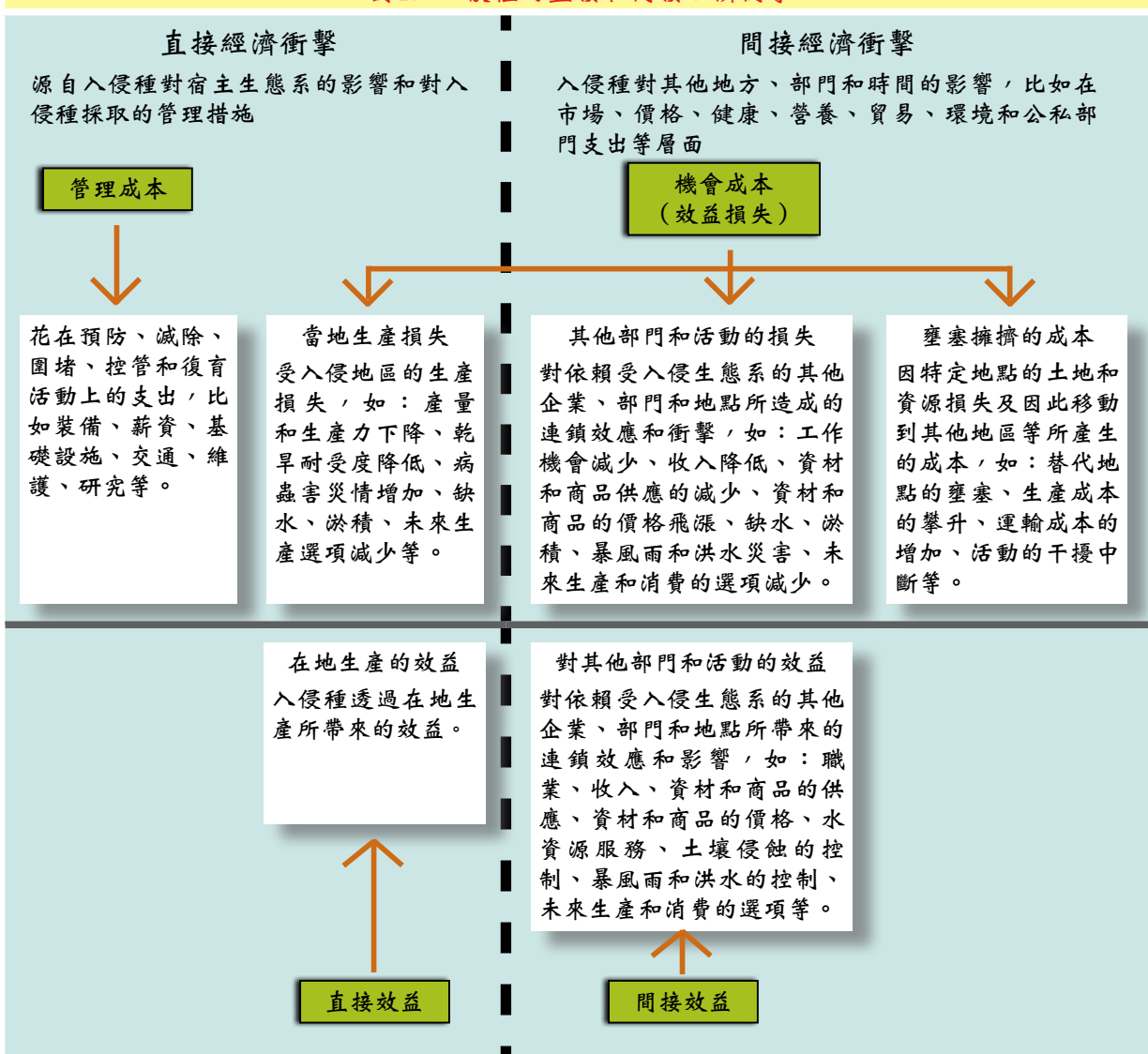
主題	生物物理衝擊和經濟指標	衝擊的評價
外來植物入侵行為對水資源產出的衝擊	被入侵集水區的水資源產出減少；透過清除計畫預防水資源損失	清除外來入侵種可避免損失30%的開普敦供水，供水成本為每立方公尺1.3美分。
外來植物清除計畫的成本與效益	清除計畫致使水資源產出增加；與供水計畫的操作成本相比較 清除受入侵集水區和非經濟性栽植的外來樹種導致水資源產出的增加	清除外來種所產出的水資源，其成本是開發新供水計畫之成本的14%。 清除受入侵集水區所帶來的益本比約介於6：1和12：1之間，而清除非經濟性植被，其益本比則介於360：1到382：1之間。
清除計畫相對於未阻止外來植物入侵的成本比較	比較因清除計畫所增加的水資源與放任入侵所增加的損失	清除受入侵集水區的成本範圍介於400萬至1,300萬美元之間，而若入侵現象持續未受抑制，則成本會高達1,100萬至2億7,800萬美元之間。
從國家尺度廣泛調查外來植物對水資源的衝擊	入侵種所耗用的水資源	清除入侵種成本介於4億1,200萬至9億9,600萬美元之間。
高山凡波斯 (fynbos) 生態系的生態經濟學的模擬模式	入侵現象對水資源產出、野花收成、徒步旅行、生態旅遊、特有種和基因保存的影響	控管入侵植物可讓假定的4平方公里區域的價值從300萬增加至5,000萬美元。
黑荊樹 (<i>Acacia mearnsii</i>) 的成本效益分析	商品作物價值和其他產物所帶來的效益；水資源減少、火災風險增加和生物多樣性損失所造成的衝擊	持續種植而未予控制的計畫，其益本比為0.4；但若有清除其種子或予以生物防治的持續種植計畫，則其益本比為介於2.4至7.5間。
生物防治細葉滿江紅 (<i>Azolla filiculoides</i>) 的成本效益分析	農業部門的水資源和牲畜的損失	南非的總體損失估計有5,800萬美元，防治計畫成本約51,000美元，因此其益本比達1,130：1。
阿古拉斯平原 (Agulhas Plain) 上的原生植被與外來種入侵衝擊的經濟評估	牲畜、野花採收和自然旅遊的效益；為避免效益減損而清除入侵種的成本評估	總效益每年有300萬美元，而清除入侵種的總成本計達560萬美元。
生物入侵對高山凡波斯生態系利用價值的經濟影響分析	在原始和嚴重受侵的區域，其野花採收的價值、保護區休閒利用的價值和地表逕流的價值	因入侵所致的野花收成損失介於每公頃2.3美元至9.7美元間，休閒利用損失則介於每公頃1美元至3.8美元間，因入侵而損失的水資源價值則為每公頃163塊美元。

資料來自不同的作者，摘要與引用於Van Wilgen等人，2001。

- 管理成本：直接用在預防、滅除、圍堵、控管和復育活動的實際支出，例如花在裝備、薪資、基礎設施、交通運輸、維護、研究等項目的支出。
- 機會成本：
 - 在地生產損失：受入侵地區的生產損失，包括產量和生產力下降、乾旱耐受度降低、病蟲害增加、缺水、淤積、未來生產選項減少。

- ◻ 其他部門和活動的損失：對依賴受入侵生態系的其他企業、部門和地點所造成的連鎖效應和衝擊，如：工作機會減少、收入降低、資材和商品供應的減少、資材和商品的價格飛漲、缺水、淤積、暴風雨和洪水災害、未來生產和消費的選項減少。
- ◻ 壅塞擁擠的成本：因特定地點的土地和資源損失及因此移動到其他地區等所產生的成本，例如：替代地點的擁擠、生產成本的攀升、運輸成本的增加、活動的干擾中斷等。
- 在地生產的效益：入侵種透過在地生產所帶來的效益。
- 對其他部門和活動的效益：對依賴受入侵生態系的其他企業、部門和地點所帶來的連鎖效應和衝擊，如：職業、收入、資材和商品的供應、資材和商品的價格、水資源服務、土壤侵蝕的控制、暴風雨和洪水的控制、未來生產和消費的選項等。

圖4. 入侵種的直接和間接經濟衝擊





4D 依生態系的價值來分類入侵種的成本和效益

價值低估的問題

如同本手冊之前所述（見2D 將入侵種問題連結至人類福祉的改變），經濟分析中的一個主要關切重點是：當入侵種佔據一空間，並因此干擾一（自然或人為改造的）生態系的運作，影響其生產具有經濟價值的產品與服務，並取代一些具有經濟產值的原生種或生物群時，評估其所造成的漸次變化。當我們在探討機會成本或因入侵種導致的效益損失時，基本上我們就是在依據生態系提供服務的品質和數量的改變所造成的經濟衝擊，在量化這些自然或人為改造生態系的狀態、組成和健康的變化。

在入侵進程的各階段中，存在著許多價值被低估的問題。生態系的產品和服務一直以來被低估，這些低估現象發生在計算成本效益和損益帳時所依據的統計圖表中、在人們所面對的價格和市場中、在經濟政策和工具中、在驅使生產者和消費者行為的訊號中。在許多情況下，生態系服務就是完全沒有市場價格（例如乾淨的空氣、水質和流量調節、防範極端氣候事件、地景景緻或文化意涵）。在其他情況下，產品或商品被訂定的市場價格並未反映它們對社會的真正價值，比如未反映它們的組成資源或與相關的生產成本，或是具有公共財的特徵，而沒有被自由市場適當地定價。這在價值評估過程中尤其是個大問題，稍後會在本手冊的單元五中討論。

由於這種價值被低估的趨勢，也難怪人們會允許生態系統受到入侵種的改造、轉變與佔據，因為人們對其他更有「生產力」的土地和資源管理選項更有興趣，而這些選項顯然可產生更高和更立即性的利潤。這些因價值低估而造成的市場、政策和制度失靈的相關議題，在之前（見2B 辨認造成入侵的經濟因子）已討論過：由於入侵種的整體成本並未被內部化到人們的行為和決策中，當他們從事經濟活動時，他們很容易忽略他們行為所帶來的廣泛經濟後果，這表示入侵種更有可能被引入，更不可能被控制。

總經濟價值的架構

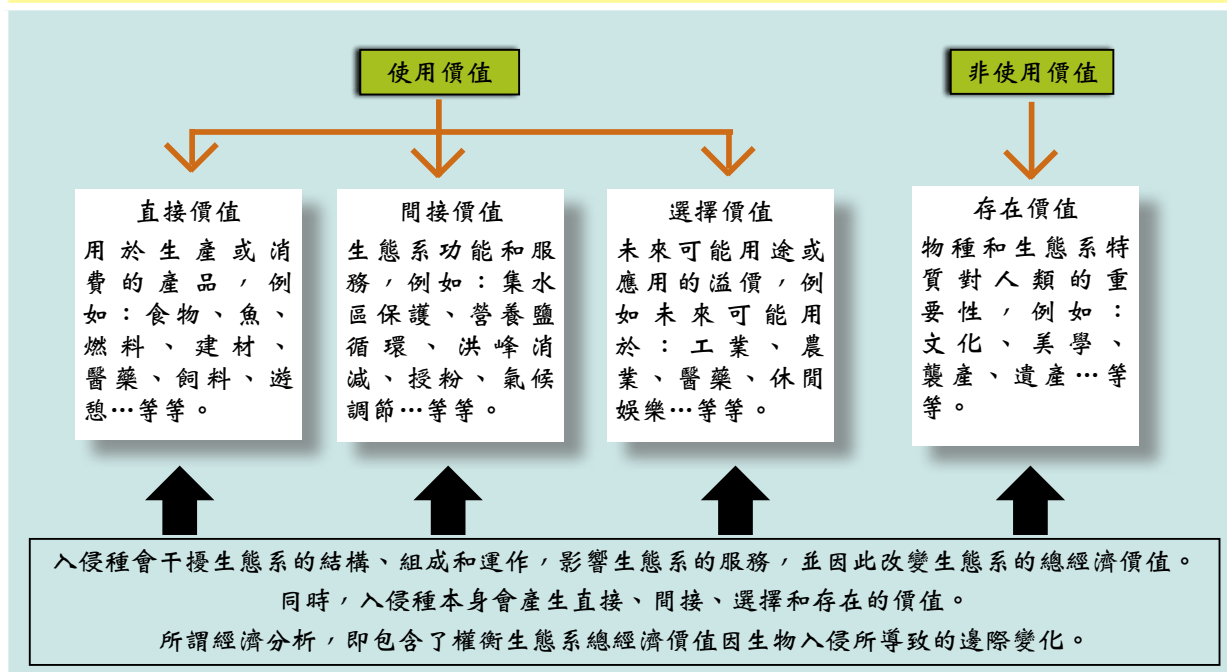
當在界定入侵種的非管理成本和效益時，必須確保這些價值低估的問題（以及因此低估的經濟衝擊）有被解決。生態系服務長久以來被低估（而入侵種經濟衝擊也經常被低估）的一個原因是，傳統上經濟價值的概念一直是基於一個非常狹隘的效益定義。經濟學家過去傾向於依照生態系所產生、可供立即生產與消費的原物料和實體產品來計算生態系的價值（尤其著重於商業活動和利潤上）。然而這些直接利用僅是生態系總價值的一小部份，生態系統所產生的經濟效益遠超過實體產品和可被銷售的商品。例如，南非的研究工作顯示，入侵種可能已使高山凡波斯生態系所提供的產品和服務價值總共減少約117.5億美元以上（Van Wilgen等人，2001）。把生態系價值的概念只侷限於直接效益部分，會造成嚴重的低估；以俗諺來說，只看到冰山的一角。

在過去十年左右以來，總經濟價值的概念（圖5）已成為在確認和分類生態系效益時最

廣為使用的架構之一（Pearce，1990；Barbier等人，1997）。總經濟價值不只計算容易觀察到的商品價值，它也將生存價值和非市場價值、生態功能和非使用效益涵括在內。除了更完整呈現生態系統之經濟重要性的圖像外，也可用來清楚說明因入侵導致的生態系退化所造成的高昂和大範圍的成本，而這些成本遠超過直接價值的損失。

這樣一個架構是進行入侵種經濟分析時的一個有用工具，並可用於界定和思考入侵種的經濟效應：當入侵現象發生時，總經濟價值的所有組成因子都會受到影響。入侵種會干擾生態系的結構、組成和運作，影響生態系的服務，並因此改變生態系的總經濟價值。同時，入侵種本身會產生直接、間接、選擇和存在的價值。所謂經濟分析，即包含了權衡生態系總經濟價值因生物入侵所導致的邊際變化。

圖5. 生態系統的總經濟價值



對自然或人為改造生態系的總經濟價值的檢視，基本上意味著把生態系所有特徵視為一個完整系統，包括其資源資產、環境服務和整個系統的屬性（Barbier，1994）。廣義來說，總經濟價值包括：

- **直接價值**：被直接用於生產、消費和販售的原物料和實體產品；這些利用可以是為了自給自足，也可以是為了商業目的。例子包括食物、魚、燃料、建材、醫藥、飼料和遊憩資源。
- **間接價值**：維持和保護自然和人類系統並提供必要生命支持的生態功能，比如像是集水區保護、營養鹽循環、授粉、洪峰消減、微氣候調節。顯然不同型態的生態系統，其提供的間接價值也各有千秋。
- **選擇價值**：人們對於「維持生態系、地景、物種和基因資源，以供未來具經濟價值的可能使用」所賦予的溢價。從定義來看，許多未來用途的選項現在尚未可知，因為他們尚未被



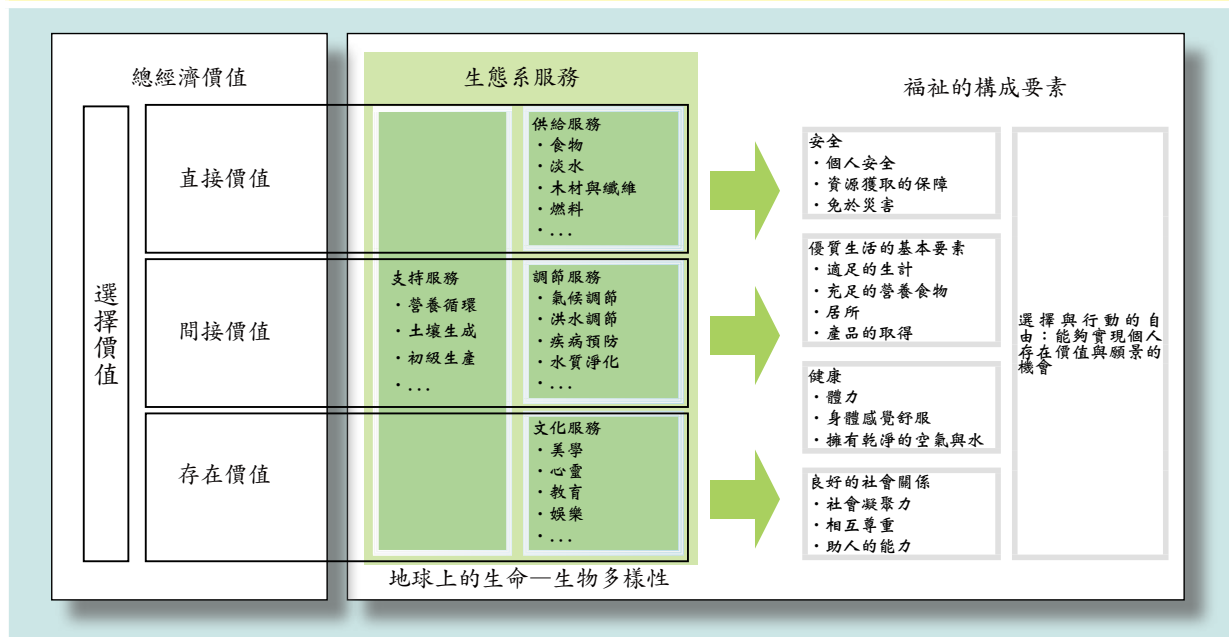
確定、發現或發展。例子包括野生生物在新工業、農業或醫藥的應用；未來旅遊業和休閒娛樂的發展；資源使用的新可能性。

- **存在價值**：生態系的屬性和組成的價值，不論其在現在或未來的可能利用。生態系提供場所和地景，擁有一群動植物，人們之所以給予這些事物定價，只是因為它們存在，而不只是因為它們產生的產品和服務。例子如歷史或文化的場所和藝術品；美學的吸引力；人們對地方、國家和全球之襲產的考量；對留給未來世代之遺產的看法。

在此必須強調，總經濟價值中不同的組成價值並不必然是相加的。在許多案例中，利用生態系以取得一特定型態的價值，可能會排除或減少取得其他價值的機會。例如，開採特定資源或直接價值，可能使一生態系統喪失對遊客的吸引力，或可能損失未來可能的選擇價值。

總經濟價值的概念（基本上其把生態系的不同效益予以界定和分類，並讓入侵種所有的非管理成本與效益能被釐清）可以輕易地和《千禧年生態系統評估》的架構相連結。該評估採用的架構更強而有力，其描繪生態系服務和人類福祉間的關連，如本手冊先前所述（見 2D 將入侵種問題連結至人類福祉的改變）。總經濟價值的每個組成清楚地對應到生態系服務的不同類別，包括直接價值（供給服務）、間接價值（支持和調節服務）、文化服務（存在價值）和他們在未來可能的使用 and 應用（選擇價值）（圖6）。

圖6. 總經濟價值和生態系服務-人類福祉架構兩者間的對應關係



改編自《千禧年生態系統評估》（Millennium Ecosystem Assessment），2005。

4E 確認入侵種成本和效益的清單

綜合本單元前幾個章節中有關於成本和效益的界定和分類，我們可建構出幾個簡單的矩陣，以幫助我們確認入侵種的成本和效益。這些清單很有用，可確保所有直接與間接的成本與效益能夠納入經濟分析中，並連結至生態系服務和人類福祉。同時，這些清單也提供了實施價值評估前所需的背景資訊，這我們會在下一個單元中說明（單元五 生態系衝擊的價值評估）。

我們需要兩種不同的矩陣（或清單）：一個用以確認入侵種的效益、效益損失和機會成本；另一個用以確認入侵種的直接管理成本。以下，我們將以一個水生植物入侵濕地的例子來示範說明。

表6所示的簡要清單，能用來確認和追蹤入侵種的效益、效益損失和機會成本，而這些成本與效益乃透過總經濟價值和生態系服務中不同組成的變化來闡示。須注意，雖然這範例涵蓋了範圍廣泛的在地和非在地衝擊，但實際上許多經濟分析並不會追蹤入侵種在整個經濟體中的效應，而常常只著重一個特定的部門、利害相關群體或受衝擊之群體。在此也要指出，這份清單並不包括存在價值（文化服務）：雖然這類衝擊是很重要的、並受到相當關注，但它們卻不在經濟分析範疇內，而本手冊所介紹的方法也無法定量衡量或適當處理這類衝擊。

第二份清單如表7所示，其可協助人們確認與闡述和入侵種相關的直接管理成本。需要注意的是，雖然這個範例涵蓋了入侵管理成本的所有層面，但實際上經濟分析通常只關注這些管理措施中的一到二項。

4F 認識入侵種之成本與效益的複雜性

如同本單元一開始所述，入侵種的科學和經濟學兩者均高度複雜，而且受限於高度不確定性。本手冊的目標之一，即是提供一系列可運用在入侵種經濟分析上的實用步驟和工具，以面對這些複雜性和不確定性。本節會介紹經濟分析中的三個重要考量，雖然這在後續單元會提到，但在經濟分析的早期階段時就要謹記在心。

必須考慮邊際的成本與效益

經濟分析很少會比較當所有原生種的生存空間全被外來種佔據的情況（Perrings，2002），或所有生態系服務都喪失的情況。反而，經濟分析會處理入侵和防治的層面和程度、生態系服務在質與量上的漸次變化以及相關經濟指標的漸次變化。因此必須記住，當我們在探討入侵種的經濟學時，所考量的是邊際成本、效益和變化：也就是當產出、消費或其他經濟選項每變化一單位時，相關經濟價值的變化。經濟分析關心的是評估取捨得失和比較相對的成本和效益，以便改善決策；也就是經濟分析檢視的是決策者實際面對的邊際選擇。邊際價值的觀念將在下一單元（單元五）談到價值評估時詳細討論。



表6. 入侵種的成本與效益清單

衝擊來源	經濟效益	經濟指標	經濟效益損失 (機會成本)	經濟指標
在地生產衝擊				
直接價值 (供給服務)	旱田經濟作物生產	<ul style="list-style-type: none"> 農夫收入 農業工作機會 	漁場衰退 灌溉作物生產衰退 藥用植物損失 牧草地損失 燃料植物損失	<ul style="list-style-type: none"> 漁業收入損失 灌溉作物收入損失 畜牧收入損失 生計多樣性的損失 營養減失 健康減失 能源來源改變
間接價值(支持與調節服務)	提供某種程度的植被，可協助防洪和汙水淨化	<ul style="list-style-type: none"> 保護農田、房屋、基礎設施使免於洪水危害 水質 	損失植群導致魚群繁殖與育幼棲地的消失 阻塞水路導致防洪功能的降低 增加殺蟲劑施用量導致水質劣化 野生動物棲地損失 地景景緻損失	<ul style="list-style-type: none"> 漁業收入和工作機會的損失 水患造成農田、房屋和基礎設施的破壞增加 水質淨化成本增加 水媒疾病成本增加 來自野生動物和遊客的收入損失
選擇價值	持續的經濟作物生產	<ul style="list-style-type: none"> 農民收入 農事工作機會 	喪失發展遊憩業的機會 基因庫流失	<ul style="list-style-type: none"> 未來的收入和工作機會的損失
對其他部門和活動的衝擊				
直接價值 (供給服務)	經濟作物的供應	<ul style="list-style-type: none"> 糧食作物供給 政府稅收 出口收入 	其他作物、漁產和畜產供應減少	<ul style="list-style-type: none"> 魚類和作物的食品價格升高 政府漁業稅收損失 出口外匯收入損失
間接價值 (支持與調節服務)	提供某些程度的植被，可協助防洪和汙水淨化	<ul style="list-style-type: none"> 保護下游基礎設施免受洪水危害 維護下游水質 	損失植群導致魚群繁殖與育幼棲地的消失 阻塞水路導致防洪功能的降低 增加殺蟲劑施用量導致水質劣化 野生動物棲地損失 地景景緻損失	<ul style="list-style-type: none"> 政府遊憩稅收減少 清理和管理水路的成本增加 水患造成的災害成本增加
壅塞擁擠的效應				
壅塞擁擠	-	-	對剩下的灌溉土地的壓力增加 對剩下的牧草地的壓力增加 替代燃料需求的增加 替代遊憩地點的使用率增加	<ul style="list-style-type: none"> 其他遊憩地點的旅行成本增加 因其他遊憩地點的擁擠，使得遊客的體驗減少 替代燃料價格增加 因超過承载力而使得畜牧生產力降低 替代土地之灌溉農業區減少

整合不確定性和時間因子

了解入侵種經濟分析中的時間考量是很重要的。雖然整合分析對象的動態和檢視其隨時間變化是經濟分析的基本功，但入侵種還是有其特別的特質，這表示處理入侵種的時間因素是比一般情形還要困難。入侵種引起衝擊的時間點是高度依賴背景情形而定的：衝擊有可能是短期且暫時的，也有可能是永久且不可逆的。同時，入侵經濟衝擊的本質和成本與效益的表現，通常隨著時間、不同的群落、不同的地點、入侵進程的不同階段而變化。最後要考量

表7. 入侵種直接管理成本的清單

行動需求	成本組成
預防成本	
進口物種的隔離檢疫	<ul style="list-style-type: none"> • 科研人員和執法人員 • 於港口、機場的執行場所租金 • 辦公室用品和設備
圍堵成本	
植物防疫檢疫管制	<ul style="list-style-type: none"> • 科研人員和執法人員 • 於港口、機場的執行場所租金 • 辦公室用品和設備
邊境檢查	<ul style="list-style-type: none"> • 科研人員和執法人員 • 港口、機場的執行場所租金 • 辦公室用品和設備
滅除成本	
入侵植物的物理清除	<ul style="list-style-type: none"> • 機器 • 人員 • 燃料
生物防治措施	<ul style="list-style-type: none"> • 生物防治媒介的進口 • 設備 • 人員 • 運輸
控管成本	
研究和監測	<ul style="list-style-type: none"> • 設備 • 旅行 • 人員
定期清除入侵植物	<ul style="list-style-type: none"> • 機器 • 人員 • 燃料
復育成本	
清理阻塞水路	<ul style="list-style-type: none"> • 機器和其他設備 • 人員 • 燃料
重植溼地植被	<ul style="list-style-type: none"> • 購買種苗和栽植材料 • 科研人員 • 體力勞工 • 燃料 • 科學監測
漁場復育	<ul style="list-style-type: none"> • 購買魚苗 • 科研人員 • 體力勞工 • 燃料 • 科學監測

的是高度不確定性：包括入侵種的擴散和衝擊、入侵種和宿主生態系與人類系統的互動，都有著高度不確定性。相較於其他的環境成本和效益，入侵種呈現出一種非比尋常、且難以預測的動態。我們將在後續單元（單元六）討論到決策工具時，詳述用來處理時間、不確定性和風險的經濟工具。



評估成本效益分配的重要性

分配議題是入侵種經濟分析中典型的核心理論。儘管經濟分析的一個重點是在於區分下面兩種成本與效益，一是由必須為使用或引進入侵種負責的個人與公司所承擔的成本與效益，二是由更廣泛的經濟體所承擔的成本與效益，但分析在這較廣泛範疇中的不同次級族群所受到的經濟衝擊也是同等重要的。例如在不同社經族群、部門、規模等級、地點和時期之間的成本效益分配情形。

方塊5. 非洲入侵種的經濟成本和效益

GISP最近的一個研究，評估了在非洲不同地區的五種外來入侵種的經濟衝擊，並發現以個人或單位成本來看，其成本是相當顯著的。這個研究成果讓大家特別注意到，入侵種對貧窮、脆弱社群（包含農夫和漁夫）以及商業上重要的部門所造成的經濟衝擊。

入侵種	研究國家	每單位面積或每人的經濟衝擊 (美元/年)
尼羅吳郭魚 (<i>Oreochromis niloticus</i>)	烏干達	每位漁民 -0.57美元至 +3.4美元
布袋蓮 (<i>Eichhornia crassipes</i>)	中非共和國	每位刺網漁民 -429美元，每位棕櫚酒採集者 -127美元，每位刺魚漁民 +351美元
	南非	每位漁民 -159美元
大穀蠹 (<i>Prostephanus truncatus</i>)	貝南	每位農民 -18美元至 -350美元
	迦納	每位農民 -28美元至 -124美元
銀膠菊 (<i>Parthenium hysterophorus</i>)	南非	每位小農 -13.5美元，每位商業化農夫 -27.1美元
香澤蘭 (<i>Chromolaena odorata</i>)	南非	每公頃 -59.3美元

資料來源：Wise等人，2007。

分配分析是很重要的，不僅是從公平的觀點來看，也是因為我們必須去確認哪些族群因入侵種而承擔淨損或淨利，而需要採取某種經濟政策工具或矯正措施（好比補償、價格或市場干預、政策改革，見單元六）。從公平的角度來看，經濟分析並非是價值中立的，而是在一個特定的社會、政治和決策背景下進行；在這背景下，特定的族群、部門或經濟目標所受到的衝擊，被視為特別的重要。例如，入侵種對社會中較窮困和較弱勢族群的衝擊，還有優先確保貧民不會因為引入入侵種或管理入侵種的措施而受到負面衝擊，即受到嚴正關注。在此，當檢視入侵種的正面經濟影響時，分配議題也是關鍵。比如，分析外來種對南非東開普省（Eastern Cape）農村生計的角色後發現，當地貧苦人家將外來種廣泛用於食物、飼料和建材等消費性用途，同時販售獲利——即使同樣的物種對附近的商業化農地造成嚴重危害（Shackleton等人，2007）。

4G 參考資料

Bangsund, D. A., Baltezare, J.F., Leitch, J.A. and F. L. Leistritz, 1993, Economic Impacts of Leafy Spurge on Wildlands in Montana, South Dakota, and Wyoming. North Dakota State University, Agricultural Economics Station, Agricultural Economics Report no 304

- Bangsund, D. A. and F. L. Leistritz, 1991, Economic Impact of Leaf Spurge in Montana, South Dakota, and Wyoming. North Dakota State University, Agricultural Experimental Station, Agricultural Economics Report no. 275.
- Bangsund, D. A., F. L. Leistritz, and J.A. Leitch, 1999, Assessing Economic Impacts of Biological Control of Weeds: the Case of Leafy Spurge in Northern Great Plains of the United State.” *Journal of Environmental Management* 56: 35-53
- Barbier, E., 1994, ‘Valuing environmental functions: tropical wetlands’, *Land Economics* 70(2): 155-73
- Barbier, E., Acreman, M., and D. Knowler, 1997, *Economic Valuation of Wetlands: A Guide for Policy Makers and Planners*, Ramsar Convention Bureau, Gland
- Bertram, G., 1999, *The impact of introduced pests on the New Zealand economy*. New Zealand Conservation Authority
- Cacho, O., J., Wise, R. M., Hester, S. M. and J. A. Sinden, 2008, Bioeconomic modeling for control of weeds in natural environments. *Ecological Economics* 65: 559-568
- Ding, J., Mack, R.N., Lu, P., Ren, M. and H. Huang, 2008, China’s Booming Economy is Sparking and Accelerating Biological Invasions. *BioScience* (58), pages 317-324
- Evans, E., 2003, Economic Dimensions of Invasive Species, *Choices* 5, American Agricultural Economics Association
- Hoagland, P. and D. Jin, 2006, Science and Economics in the Management of an Invasive Species. *BioScience* 56(11): 931-935
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC
- Pearce, D. W., 1990. *An Economic Approach to Saving the Tropical Forests*. Discussion Paper 90-06, London Environmental Economics Centre, London.
- Perrings C., M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) 2000. *The Economics of Biological Invasions*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Perrings, C., 2002, Biological Invasions in Aquatic Systems: The Economic Problem. *Bulletin of Marine Science* 70(2): 541–552
- Shackleton, C. M. McGarry, D., Fourie, S. Gambiza, J., Shackleton, S. and C. Fabricius, 2007, Assessing the Effects of Invasive Alien Species on Rural Livelihoods: Case Examples and a Framework from South Africa. *Human Ecology* 35:113–127
- Stutzman, S. K. M. Jetter and K. M. Klonsky. 2004. *An Annotated Bibliography on the Economics of Invasive Plants*, University of California, Davis, Agricultural Issues Center
- Turpie J.K. and B.J. Heydenrych. 2000. Economic consequences of alien infestation of the Cape Floral Kingdom’s Fynbos vegetation. In C. Perrings, M. Williamson and S. Dalmazzone, eds, *The Economics of Biological Invasions*, Edward Elgar, Cheltenham: 152–182.
- Van Wilgen, B. W., Richardson, D. M., Le Maitre, D. C., Marais, C. and D. Magadlela, 2001, The economic consequences of alien plant invasions: examples of impacts and approaches to sustainable management in South Africa. *Environment, Development and Sustainability* 3: 145–168



Wise, R., van Wilgen, B., Hill, M., Schulthess, F., Tweddle, D., Chabi-Olay, A. and H. Zimmermann, 2007, The Economic Impact and Appropriate Management of Selected Invasive Alien Species on the African Continent. Report prepared for GISP



全球入侵種規劃署 The Global Invasive Species Programme
入侵種經濟分析工具手冊

GISP

單元五

生態系衝擊的價值評估





5A 本單元內容

本單元檢視了可用來評估入侵種衝擊的不同方法；這些衝擊包括正、負兩面，如同生態系服務改變所反映出來的情形。本單元提供最常用的生態系價值評估方法的資訊，包括每種方法與生物入侵的相關性及其在這方面的應用，這些方法的資料收集和分析要求、應用步驟、適用性、優點和弱點；並列舉進一步的參考文獻，讓讀者可找到每種價值評估方法的詳細指引。本單元也簡略地討論了價值評估的一些侷限性，以及在進行入侵種衝擊價值評估時會碰到的困難。

在本單元結束時，讀者將會對生態系價值評估方法的使用和侷限性有個粗略的認識，能夠分辨用於特定情況下的最合適方法，並對使用不同價值評估工具時所需要的步驟和資料有所瞭解。

5B 視價值評估為達到目的的手段

正如單元四所述，入侵種的經濟分析涉及入侵種效應的衡量，這些效應表現於它們對特定生態系提供的服務品質和數量所帶來的衝擊，並進而影響到經濟指標；同時經濟分析也處理為解決入侵種問題而採取行動所帶來的成本與效益。雖然價值評估可以是一種極其有趣的活動，且已有許多文獻引用很多數據來計算生態系服務的經濟價值和入侵種的經濟成本，然而，必須牢記價值評估本身不是最終的目的，而是達到最終目的（更完善和周全的決策）的一種方法。不論理論上證實了入侵種的成本或生態系服務的價值有多高，除非這結論實際導致真實世界政策和實務的改變，否則沒有太大的意義。

價值評估在入侵種的經濟分析上是個重要的步驟，並為決策提供關鍵的資訊（參閱單元六）。如下所述（5D 處理價格扭曲和市場失靈），它包括了一套工具，用以確保那些傳統上

方塊6. 證明南非入侵種防治工作的正當性：經濟論述的重要性和需要更好的經濟方法和資料

在建立「水資源工作方案」（Working for Water programme）時，體認外來入侵植物在供水成本上的經濟影響是十分重要的。該方案已投入30億蘭德（譯註：南非貨幣單位），以處理外來入侵植物的問題還有進行扶貧工作；然而，在其他社會發展計畫對未來資金的競爭下，有必要判斷進一步防治外來植物的正當性，並使防治計畫的效率能夠最大化。這就需要針對外來種防治的生物多樣性效益進行價值評估，和改進所使用的評估方法。生態產品和服務的概念已成為很有用的政策工具，但是生物多樣性總經濟價值（Total Economic Value）的資源經濟學觀念，則是更加有用的分析架構。在南非，外來入侵植物衝擊的研究，最初集中在水資源的損失方面，但是最近的研究則納入了直接消費用途和非消費用途的價值、選擇價值和存在價值，還有其他間接的指標。次要的影響，例如下游水生生態系功能的改變，則還未做評估。各種研究在規模和範圍上有所不同，且評估的「貨幣」（譬如財務的或經濟的）也有所差異。已有幾種方法被用來評價水資源的損耗，結果最初的估計最為保守。非水資源效益方面的評估，常常利用在研究區域內對特定地點的調查來做推估，或從區域層級的估計來做推估。這些研究採用的條件評價法沒有任何一種遵循國際上公認的指引。在水資源匯集的集水區，外來種防治計畫很容易從經濟方面判斷其正當性。在其他地方，這也許會困難些。迄今成本效益分析往往包括清除的全部財務成本；然而，實際上，勞力的機會成本幾近於零，因此經濟成本會小得多。而外來種防治計畫的效益——通常是稍後才產生——則因為有關生物多樣性價值的資訊不足和高貼現率而很容易被低估。往後的研究需要使用適當的方法來處理正確的問題，結合生態和經濟的動力學，使用恰當的「貨幣」來表述其價值，並採用能反映下一代權益的貼現率。而後，這項研究的品質，將取決於相關的生態調查。

資料來源：Turpie, 2004。



被經濟決策排除在外（或仍未反映在市場價格上）的產品服務與成本效益，能夠在制定政策、計畫和專案時被納入考量。價值評估提供了一種方法，讓人得以用經濟指標所受影響來說明和傳達入侵種的衝擊，這些經濟指標包括衡量人類福祉及私人利益和損失等的廣泛性指標。

當公、私部門做決策時，雖然經濟指標不是唯一的決定因素（且在此必須注意的是，其他要件如政治、民意、個人喜好、文化、法規都扮演著重要的角色），但它們通常擁有舉足輕重的地位，比如那些作為指引投入資金、使用土地及分配資源「最佳」途徑的指標。因此，價值評估可提供令人信服的論述，告訴人們為何必須採取行動解決入侵種的問題。同時，在權衡得失以及決定如何推動政策、方案和計畫時，價值評估也提供了表達入侵種成本與效益的一種不錯的方式，讓入侵種的成本效益可以與其他經濟部門和活動一起做判斷。

5C 衝擊的預測和衡量：科學的侷限性

價值評估檢視入侵種的衝擊，同時也檢視那些為對抗入侵種而設計之措施的成本和效益。不論使用那一種價值評估技術，都要求其定量評估，應依據生態系服務的水準與數量因入侵種出現所引起的變化（包括過去、現在和（或）未來的變化），以及入侵種對經濟存量、流量和過程的影響，以讓這些變化得以轉化為成本和效益的貨幣指標。

單元三和四解釋了物種入侵的生態模型和生物模型所具有的高度不確定性，以及入侵種獨特的特徵和其入侵軌跡，這些都使得預測很困難。在一物種引入之前或之初，很難預測這類物種是否會具有入侵性。甚至在一種入侵種已經立足後，以及在入侵發生時，它所依循的途徑和將會產生的影響，取決於一系列複雜的自然因素和管理因素，而在兩種不同時期或不同地點的這些因素，很少是相同的。

由於入侵種的生物物理影響的資料總不夠精確，因此當預測其可能的經濟影響時，特別是要求預測消費者和生產者未來的口味、喜好和價值觀時，或是評價或處理實體上非常難以確定的衝擊時，通常包含了很大程度的臆測。如上所述（4F 認識入侵種之成本與效益的複雜性），經濟分析處理的是生物入侵和其防治的水準和程度：它與漸次變化、邊際成本和效益有關，這些都給預測帶來特別的挑戰（Evans，2003）。

在此，必須強調的是，雖然一方面應盡力確保經濟分析是根據最可靠和最可能的科學資料（而且要注意經濟學家不可能獨立完成：價值評估需要社會科學家和自然科學家之間的合作），但是資料和知識的限制不能成為避免價值評估的理由。預警原則，正如《里約環境和發展宣言》第15條原則（Principle 15 of the Rio Declaration on Environment and Development）所示，並在《生物多樣性公約》中所重申的，在此特別重要：「在面對嚴重或不可逆的損害威脅時，不應以缺乏充分科學確定性為由，拖延可防止環境退化且具成本效益的措施的採行。」

入侵種衝擊的價值評估經常是不可避免地不精確，且得到的數據應視為在現有的知識、可獲得的資料和當前條件下，於特別時點的最佳預估。某些程度的不確定性（經濟上和科學上兩者皆有）難以避免，而且在進行價值評估的過程中，不可避免地必須建立一些假設條件（且應該使之明確）。



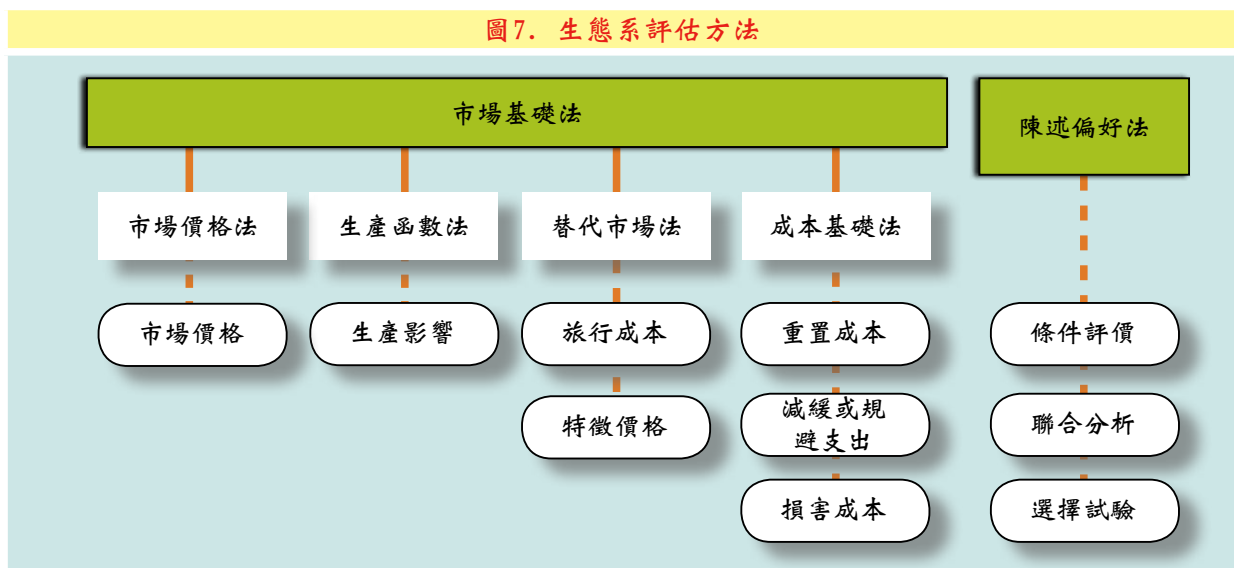
5D 處理價格扭曲和市場失靈

價值評估的基本目的是要決定人們的喜好：他們願意付多少錢以取得特定的產品和服務；以及當產品和服務的供應量發生變化時，他們會覺得自己變得更好或更壞的程度。理想情況下，當產品和服務的供需在市場上達到平衡時，會建立起可正確反映社會喜好的清算價格，同時把入侵種的所有成本和效益內部化。然而，如前所述（參閱2B 辨認造成入侵的經濟因子），在生態系服務和入侵種的相關議題中，充斥著市場扭曲和失靈的現象：這正是為何無法依賴市場處理和入侵種相關問題的主要原因之一，同時其也解釋了為何某種形式的政府或集體干預幾乎是必要的（參閱單元六）。

有個重點要記住：政策、市場和價格的扭曲和失靈之所以導致生物入侵，就是因為價格和市場傳達錯誤的訊息給生產者和消費者，使他們不知道他們行為的「真實」成本和效益。生態系服務的總經濟價值（參閱4D 依生態系的價值來分類入侵種的成本和效益）沒有反映在消費者、生產商和貿易商在執行他們的經濟活動時所面對的價格上；因此，針對生態系服務隨入侵種而來的變化進行「完整」的價值評估，在辨識和導正這些扭曲上是個很重要的元素。

生態系評估不是一項直接了當的作業，因為在許多情況下，分析人員不能把市場價格當作社會偏好和經濟價值的準確反映，這跟較為傳統的經濟分析案例不一樣。許多生態系的產品和服務沒有市場，或是受高度扭曲或不正常的市場所支配；在這種情況下，必須採用不依賴未修正的市場價格的另類評估技術（Emerton和Bos，2004）。本單元下面章節將描述一系列常用的生態系價值評估方法，並闡釋如何將之應用於入侵種。許多出版物為這些環境價值評估方法提供了詳細指引，包括Emerton和Bos（1994）、Hufschmidt等人（1983）、Winpenney（1995）、Rietbergen-McCracken和Abaza（2000）以及Dixon和Hufschmidt（1986）等著作則提供了範例，說明如何把這些價值評估技術應用在環境上。

5E 生態系價值評估方法摘要



資料來源：Emerton和Bos，2004。



現在有非常多的技術來評估生態系總經濟價值的不同組成，其中最常用的技術可大約分成五個主要的類別（圖7）：

- **市場價格法**：這種方法檢視生態系產品和服務的市場價格（說明見下面第5F節）。
- **生產函數法**：這些方法，包括生產影響法（5G），其試圖透過在生態系品質、特殊服務的提供和相關的生產之間，建立生物物理或劑量反應的關係，以將市售產品或服務的產出，和生態系產品和服務的質或量的可測量變化聯繫起來。
- **替代市場法**：這些方法，包括旅行成本法（5H）和特徵價格法（5I），其檢視生態系產品和服務的價值間接反映在人們消費支出上的情形，或間接反映在其他市場產品和服務之價格上的情形。
- **成本基礎法**：這些方法，包括重置成本法（5J）、減緩或規避支出法（5K）和損害成本避免法（5L），其檢視當維持生態系產品與服務時，市場的得失取舍或可避免掉的成本。
- **陳述偏好法**：這些方法不是檢視人們透過市場的生產和消費來展現其對生態系產品和服務之偏好的情形，而是要求消費者直接陳述他們的偏好。最知名的方法是條件評價法（5M），而較少使用的陳述偏好法包括聯合分析法和選擇試驗法（5N）。

5F 市場價格法

方法概述及其在入侵種上的應用

評價任何產品或服務的最簡單、最直接和最常用的方法是檢視其市場價格：要花多少錢買、或值得賣多少錢。在運作良好的競爭市場上，這些價格取決於正在考慮中的產品或服務的相對供需，可反映其真正的稀有性，並等同於其邊際價值。

在理論上，市場價格法適用於所有可以自由買賣的生態系產品或服務，這些方法在評價直接從生態系收穫而來的資源和產品時，特別有用。其在入侵種上的應用如：檢視入侵種對當地市售產品的直接影響，例如：

- 當入侵種取代可產生市售產品或資源的其他物種時（例如作物、牲畜產品、木材或者魚類）；
- 當入侵種自己產生市售產品或資源時（例如作物、生物燃料、牲畜產品、木材或者魚類）。

資料收集和分析要求

使用市場價格法來評價生態系產品和服務時，其所需資料的收集與分析有下列三個主要的步驟：

- 找出被使用、生產或者交換的產品數量；
- 收集產品市場價格的資料；



- 將價格乘以數量，以決定產品的總價值，並扣除掉在採集、生產或交易產品時所產生的任何成本，以決定其淨值。

這些資料通常是容易收集和分析的。市場資訊，包括歷史趨勢，通常可以從各式各樣的來源獲得，例如政府統計資料、收入和支出調查或者市場研究。在許多情況下，以原始資料來補充這些次級來源的資料是必要的；例如，透過市場調查或執行一些社會經濟的調查來獲得這些資料。

在應用這種方法時，必須確保所收集的資料能涵蓋適當的時期以及適當的消費者和（或）生產者樣本。需要記住的因素包括價格、消費和生產隨下列因子變化的可能性：不同季節、不同的社經族群、不同的行銷階段或增值鏈環節，還有不同地點。

適用性、優點和弱點

這個方法的最大好處是相對容易使用，因為它依賴於實際市場行為的觀察，且在應用時，只需要少量假定、稍微詳細的模式化以及簡單的統計分析。而其主要的限制，如上所述（5F），在於市場價格很多時候不能做為生態系產品與服務之價值的準確指標；此時，就須採用替代的價值評估方法。

方塊7. 應用市場價格評價法來評估非洲南部贊比西河流域淡水濕地物種的在地使用

贊比西河（Zambezi river）流經非洲南部的安哥拉、尚比亞、波黎那、納米比亞、辛巴威、馬拉威和莫三比克，流域中有許多濕地，產出各式各樣具有經濟價值的產品和服務。仰賴濕地的產品和服務包括魚類、野生動物、牧草、洪泛區農業、森林資源、自然產品、醫藥和生態旅遊。

有某一研究使用了市場價格評價法來評估贊比西河流域濕地產品的價值。首先，為每塊濕地製作了產品和服務的清單；然後，用市場價格來計算每片濕地所衍生的價值。作物和牲畜以其生產價值來評價，而漁獲則根據牠們的在地銷售價格來評價。野生動物的價值則以其利用費和帶來的觀光收入來計算，自然資源使用的價值則以濕地產品的市場價格來計算，並假定捐助者捐款可反映生物多樣性的保護價值。然後從這些數字中扣除投入成本和其他生產成本，以便得出濕地資源的邊際價值。

總使用價值是藉由假設濕地的土地和資源使用的程度和強度，然後外插而得。結果得到的贊比西河流域10個主要濕地的邊際價值為每年1億4,500萬美元，或者平均每公頃48美元。

資料來源：Seyam等人，2001。

5G 生產影響法

方法概述及其在入侵種上的應用

即使當生態系產品和服務自身沒有市場價格時，其他市售產品通常仍須依賴它們做為基本的投入。例如，下游的水力發電和灌溉必須仰賴上游集水區保護的服務，漁場必須仰賴上游的繁殖與育幼棲地，作物生產則須仰賴昆蟲授粉的服務，許多工業生產須利用自然產品做為原物料。在這些情況下，要評估生態系產品和服務的價值，可藉由探討它們對其他生產資源的貢獻，並評估當生態系產品與服務的質或量發生變化時，對這些範圍廣泛的生產活動的產出與利潤的影響。

因此，對於明顯成為其他市售生產資源一部分的生態系產品和服務（例如，集水區保護



和水質服務，或可做為原物料的自然資源），可利用生產影響法來評估其價值。生產影響法在入侵種上的應用如：探討當入侵種影響到他地或下游生產活動所需之特定產品或服務的提供時，這些生產活動產出的變化；例如：

- 當入侵種取代其他物種，而這些被取代的物種可用來產生市售產品或資源（例如天然殺蟲劑、傳粉媒介或原物料），供其他生產過程做為資材使用時；
- 當入侵種干擾到在他地具有商業重要價值的物種之自然棲地（例如鳥類和魚類的繁殖和育幼棲地）時；
- 當入侵種帶來人類、植物或動物的疾病和有害生物時；
- 當入侵種干擾或堵塞水源供應，而該水源是下游灌溉、漁場、水力發電或者城市供水之所需時；
- 當入侵種導致土壤肥力變化或者導致土壤侵蝕時。

資料收集和分析要求

在使用生產影響法來評估生態系產品和服務的價值時，其所需資料的收集和分析有下列四個主要步驟：

- 決定生態系產品和服務對相關生產活動資源的貢獻；
- 確定特定生態系產品和服務的質或量的變化和相關生產活動產出的變化兩者之間的關係；
- 把生態系產品或服務供應的特定變化與相關生產活動產出或相關產品可得性的實質變化連結起來；
- 估計生產活動變化的市場價值。

生產影響法的邏輯簡單，而且要評估生態系依存產品之生產變化的價值，其所需的市場資訊之收集和分析相對而言算是容易（參見上述，市場價格法）。

這種方法最困難的地方在於確定和量化生物物理學的關係或劑量反應的關係，也就是生態系產品和服務在供應或品質上的變化與其它生產資源的變化兩者之間的關係。例如，要了解集水區的森林砍伐與特定的土壤侵蝕率、水力發電水壩隨後的淤積和減少的電力輸出等之間的關係，或是評估濕地和水質淨化服務的損失對當地漁場生產的確切影響，都需要詳細的資料。要確定這些關係，且是可信的關係，通常需要諮詢其他專家，且可能需要有特定情境的實驗室或現場調查、受控的試驗、詳細的模擬和統計回歸資料。

適用性、優點和弱點

生產影響法是常用的價值評估法，且適用於各式各樣的生態系產品和服務。其弱點在於要收集足夠的資料，來準確預測作為此法基礎的生物物理學關係或劑量反應關係，通常是有困難的。這些關係經常是不明確的、未經證明或者難以定量顯示的。在運用生產函數法時，通常需要簡化的假設。



另一個值得關切之處在於產品的市場和價格會受到許多種可能的影響。例如，在某些情況下，生態系產品或服務的供應改變，可能不只導致相關生產的變化，也可能導致其資材或產品的價格變化；產品可能會更加缺乏或者生產成本更高。在其他情況下，消費者和生產商也許會轉向其他的產品或技術，來因應生態系的變動或者生態系產品和服務的缺乏。此外，與生態系產品和服務無關的一般趨勢和外部因素可能會影響相關的生產和消費項目的市場價格，而必須從分析中將這些影響隔離出來或除去。

關於如何運用此評價方法的詳細指引，可在Dixon等人（1986）、Hufschmidt等人（1983）和Winpenny（1991）的著作中找到。

方塊8. 應用生產影響評價法來評估授粉媒介減少所導致的農業成本

這項研究用生產影響法來評估全球農業因授粉媒介減少所導致的脆弱性。在做為人類糧食的主要農作物中，一些農作物，例如多數穀物，不依賴昆蟲來為它們授粉，而其他農作物則可能高度或完全依賴昆蟲授粉，例如許多水果、蔬菜和刺激料作物。由於入侵種的直接掠食或帶來的棲地變化，而使得做為授粉媒介的物種很容易受到入侵種的影響。

這項研究利用依存率來量化缺乏授粉昆蟲對作物產值的影響，以衡量授粉媒介對農業產出的經濟影響。該研究考量了聯合國糧農組織（FAO）所列出的100種直接做為全球人類食物的農作物，應用生物經濟學方法來計算因授粉媒介減少所造成之衝擊的經濟價值，以及此種損失對整體農業產出所帶來的脆弱性。產量的減少以及品質的降低均可能導致這種產值減少的情況。

該研究針對世界每個區域的每種農作物設定了一些變因，包括生產量、消費量、作物對授粉昆蟲的依存率和該區域每生產一單位的作物價格。依其推導出的公式，因授粉媒介減少所導致的農業脆弱性取決於農作物對授粉媒介的依賴性和農民因應授粉媒介減少的調適能力。這項研究計算了當授粉媒介減少時，在特定區域的各個作物的脆弱性以及該區域農業產業的脆弱性。

該研究發現，全球授粉的總經濟價值共計1,530億歐元，相當於2005年用於人類食物的世界農業生產價值的9.4%。就福祉而言，當平均價格彈性分別為-2到-1時，「消費者剩餘」（譯註：指買者的支付意願減去買者的實際支付量。消費者剩餘衡量了買者自己感覺到所獲得的額外利益的損失估計約在960億歐元到2,630億歐元之間。在評估昆蟲授粉服務的價值時，蔬菜和水果是首要的農作物類別，其分別有509億歐元和506億歐元的價值，接著是食用油作物、刺激料作物、堅果和香料。那些不依賴昆蟲授粉的農作物類別的每噸產值平均為151歐元，而那些依賴授粉媒介的作物類別的每噸產值平均為761歐元。

資料來源：Gallai 等人，2007。

5H 旅行成本法

方法概述及其在入侵種上的應用

生態系在做為遊憩資源或休閒目的地方面，通常具有高度的價值，既使在享受這些好處時沒有直接收取費用，人們仍然花費時間和金錢到這些自然生態系統來觀光。這些旅行成本可以視為生態系的遊憩價值。我們可以把這個方法運用在整個生態系的層級上，把生態系統所有屬性和組成通通考量進去；或者運用於特定的產品或服務，例如罕見的野生動物；或運用於採集產品的機會，例如捕魚或資源採集；或者運用於與生態系服務相關的活動，如遠足或划船等。

因而旅行成本法最常用於具有遊憩價值的生態系，其在入侵種上的應用如：探討當入侵種使得某一地點對遊客的吸引力降低或增加時，觀光與遊憩收入因此產生的變化；例如：



單元五

生態系衝擊的價值評估

- 當被入侵的棲息地具有遊憩用途（如遠足、露營、釣魚、划船），或被認為具有特殊景緻的時候，且這些遊憩功能或特殊景緻會因入侵種出現而有所減損。

資料收集和分析要求

運用旅行成本法來評估生態系產品和服務的價值時，其所需資料的收集和分析包含下列六個主要步驟：

- 確定遊客會從哪些地方來參訪標的生態系，這些地方的總面積，並把這些地方劃分成旅行成本大抵相等的一些區域；
- 在每個區域中，對遊客進行抽樣調查以收集資訊，包括造訪標的生態系所產生的成本、觀光動機與頻率、地點特性和社經方面的變因（例如遊客籍貫、收入、年齡、教育等等）；
- 取得每個區域的造訪率，並利用這些資訊來估計當地每人平均的總遊客人日數；
- 估計旅行成本，包括直接費用（例如燃料和車資、食物、設備、住宿）和花在旅行上的時間；
- 以統計學的回歸分析法來檢視造訪率和其他解釋因子（例如旅行成本和社經變因）之間的關係；
- 建立一呈現造訪次數和旅行成本兩者關係的需求曲線，以不同的價格模擬造訪率，並計算遊客的消費者剩餘。

旅行成本法需要相當龐大的資料集合，且需要相當複雜的統計分析和模式模擬來建立遊客的需求曲線。基本資料的收集通常是透過遊客訪談和問卷調查，這些資料必須包含一年之中的不同季節或時期，且必須能夠代表來自不同地點的各種類型遊客。

適用性、優點和弱點

旅行成本法主要用於遊憩價值的計算，雖然在某些情況下這種方法也可應用於評估生態系產品的消費使用價值。

這種方法的主要弱點在於其需要大量的詳細資料集合和相當複雜的分析技術；執行旅行成本調查通常相當昂貴和耗時間。另一個令人困擾之處在於有幾個因素使得此法很難把和旅行成本相關的某一特定生態系的價值獨立計算出來，這些都必須加以考慮，以避免高估生態系的價值。遊客在單一旅次中，通常有幾個造訪動機或目的地，其中有些與正在研究中的生態系沒有關係；同時對於單一生態系，他們所欣賞的層面與特性通常相當多元；而在某些情況下，旅行本身就是遊客的目的，而非目的地本身。

關於如何運用此評價方法的詳細指引，可在Dixon等人（1986）、Hufschmidt等人（1983）和Winpenny（1991）的著作中找到。



方塊 9. 應用旅行成本評價法來評估美國淡水遊憩區域的環境品質改善

美國的保育保留區計畫（Conservation Reserve Programme；CRP）的目的是減輕農業對環境的影響。曾有一項研究探討非市場的價值評估模型可以如何幫助如CRP這類保育計畫訂定目標。該研究的重點之一在於了解淡水遊憩區環境品質改善的影響。這項研究根據的是一些調查所得資料，而這些調查的目的是要確定水域遊憩、捕魚、狩獵和野生動物的價值。

這些調查在四個次州層級的區域抽取了1,500個受訪者，並要求他們回憶前一年到濕地、湖泊和河流造訪的次數；在這些地方，水對於他們的旅行來說是一個重要因素。然後用旅行成本法來估算這些旅行的成本，接著模擬CRP計畫對環境品質改善和消費者福祉的影響。

該研究發現，美國所有淡水水域的遊憩效益，總計價值略高於一年370億美元。CRP在改善環境品質方面的貢獻，可反映於遊憩性的旅行價值中，據估計稍微超過3,500萬美元，或者大約每公頃2.57美元。

資料來源：Feather等人，1999。

5I 特徵價格法

方法概述及其在入侵種上的應用

即使生態系的產品與服務本身沒有市場價格，但他們的存在、缺乏或者品質都會影響人們為購買其他產品和服務所支付的價格，或供應其他產品和服務時所接受的價格。特徵價格法即是探討可歸因於生態系產品與服務之存在或水準的價格差異。

特徵價格法最常用來檢視在兩個擁有不同環境品質或景觀價值的地點之間，其物業價格和薪資上的差異；其中物業價格在入侵種上的應用最明顯。特徵價格法在入侵種上的應用如：探討當入侵種引起景觀變化時，其可能造成的物業價格變化，例如：

- 當被入侵的棲地有特殊美景，並與最高的物業價格有所關聯時；
- 當生物入侵導致人們很難接近住宅區，或者影響到公用事業的服務提供（如供水）時。

資料收集和分析要求

在運用特徵價格法來評估生態系產品和服務的價值時，其所需資料的收集和分析有下列五個主要步驟：

- 決定指標，以衡量與特定工作或物業有關的生態系產品和服務的品質或數量；
- 確定薪資（或物業價格）和所有與之相關的特性（包括生態系產品和服務）之間的函數關係；
- 收集在不同情況和地區下的薪資或物業價格資料；在這些不同的情況或地區，生態系產品和服務品質和數量會有所不同；
- 使用多元回歸分析來獲得薪資或物業價格與生態系產品和服務之間的相互關係；
- 導出生態系產品和服務的需求曲線。

特徵價格法需要收集很多的資料，以用來進行詳細而複雜的分析。資料通常是透過市場觀察、問卷調查和訪談收集而來，且收集的資料必須能夠代表各種不同的情況和時期。



適用性、優點和弱點

雖然在理論上，特徵價格法可以適用於任何產品或服務，但這種方法最常用在薪資和物業市場方面。

實際上，特徵價格法在生態系產品與服務上的應用例子仍然很少，其中一個原因，也是此法的弱點之一，在於必須收集非常大量的資料和詳細的資訊，包括影響價格的所有主要特點。這種方法通常很難將生態系對薪資或物業價格的特定影響與其他決定因子區分開來。

另一個潛在問題起源於該方法依據這樣的基本假設，即薪水及物業價格容易受到生態系產品和服務的品質和供應的影響。在許多情況下（特別是在發展中國家），物業和就業市場是不完全競爭的，在人們在購買物業或就業時，生態系的品質不是一個決定性的特徵。

關於如何運用此評價方法的詳細指引，可在Dixon等人（1986）、Hufschmidt等人（1983）和Winpenny（1991）的著作中找到。

方塊10. 應用特徵價格評價法來評估美國城市濕地的價值

這項研究的目的是評估俄勒岡州波特蘭都會區濕地環境的優雅舒適價值，它使用特徵價格法來計算市民願意支付多少錢以住在接近濕地的地方。這項研究使用了近15,000個觀察結果，每個觀察結果代表一住宅房屋的銷售情況。每一個銷售資訊都獲得了物業價格和各種與物業有關的結構、鄰里和環境特點，以及與買方有關的社會經濟特徵。

濕地分為4種類型：開闊水域型、挺水植被型、森林覆蓋型和灌木叢生型，並記錄它們所在地區和到物業的距離。第一階段的分析使用了普通的最小平方回歸法估計特徵價格函數，該函數將物業銷售價格和物業的結構特點、鄰里特性與附近濕地（及其他環境資源）的優雅舒適價值等關聯起來。第二階段的分析則針對最靠近住宅的濕地面積大小構建了支付意願函數。

結果顯示，濕地與住宅的距離和濕地面積大小對物業價值有相當的影響，尤其是開闊水域和較大的濕地。

資料來源：Mahan，1997。

5J 重置成本法

方法概述及其在入侵種上的應用

有時可以用替代產品或基礎設施來更換或複製一個特定的生態系產品或服務。例如，人造水庫可以代替天然湖泊，污水處理廠可以替代濕地的污水處理服務，且許多天然產品都有人工替代品。這種以替代品來取代生態系產品或服務的成本，可視為生態系產品與服務的價值指標，因為維持生態系產品與服務可以省下這種支出。

重置成本法可用來評估有可能被其他產品和服務取代（或至少被部分取代）的生態系產品和服務的價值。重置成本法在入侵種上的應用如：當入侵種影響到特定產品和服務的提供，而這些產品和服務可被其他來源取代時，探討這些產品和服務的產出因入侵種衝擊所發生的變化，例如：

- 當入侵種取代其他能產生市售產品或資源的物種，而這些物種或產品必須從其他地方取得或由其他產品取代的時候；



- 當入侵種使水質劣化或影響供水，而需要從替代來源提供水源或淨化水質時；
- 當入侵種導致土壤肥力的改變，而需要施用人造肥料時；
- 當入侵種影響到生態系提供的授粉服務，而需要以人工授粉方式取而代之時；
- 當入侵種影響到生態系提供的土壤侵蝕控制服務，而需要以人工的土壤侵蝕控制結構物取而代之時。

資料收集和分析要求

使用重置成本法來評估生態系產品和服務的價值時，其所需資料的收集和分析有下列三個主要步驟：

- 確定一特定生態系產品或服務的相關效益，該產品與服務如何使用和由誰來使用，其所帶來的效益的大小與程度；
- 確定最有可能提供替代產品、基礎設施或技術的來源，且這替代來源能為同等的人口提供同樣水準的利益；
- 計算那取代生態系產品之替代產品的引入和分配成本，或取代生態系服務的替代服務的設置和營運成本。

資料收集相對簡單明確，且關於特定生態系產品或服務的相關效益及可得的替代產品或服務等資訊的來源，通常依賴於次級資訊。在大多數情況下，可透過專家諮詢和專業人士估計，並輔以直接觀察來確定這些資訊。

適用性、優點和弱點

重置成本法在評估生態系服務的價值時是很有用的一種方法，且因為應用和分析簡單而具有很大優勢。當價值評估研究可得的時間或財務資源有限，或當無法進行詳細調查和實地考察時，此法特別有用。

這項技術的主要弱點是它往往難以確定一生態系所提供的所有產品和服務，或難以找到生態系產品和服務的完美替代品，能夠為相同人口提供相同水準的利益。在某些情況下，由於人為替代源提供的產品和服務之數量較少或品質較低，這會導致對生態系價值的低估。然而這種方法也可能導致生態系效益的高估，因為在某些情況下，替代的產品、基礎設施或技術可能會與次生效益或額外的正面影響有關。在現實中，重置成本法有時也受到質疑：我們可能會質疑，在缺乏運作良好的生態系的情形下，人們是否真得會花這個錢或認為這支出是值得的。

關於如何運用此評價方法的詳細指引，可在Dixon等人（1986）、Hufschmidt等人（1983）和Winpenny（1991）的著作中找到。



方塊11. 應用重置成本評價法來評估烏干達納基武博沼澤地的濕地水質服務

這項研究採用重置成本法評估烏干達納基武博沼澤地 (Nakivubo Swamp) 提供的廢水處理服務的價值。該濕地占地約5.5平方公里，有超過40平方公里的集水區，濕地區域從烏干達首都坎帕拉 (Kampala) 的中心工業區開始，經過密集的住宅區，最後進入默奇森灣 (Murchison Bay) 的維多利亞湖。

與納基武博濕地有關的最重要價值之一，是它在確保坎帕拉城市用水品質方面的作用。該城市唯一污水處理廠的排出以及該城市的主要排水道 (納基武博河)，都流到該濕地的最前端；而後者污水能流到濕地進行水質淨化的這點更形重要，因為超過90%的坎帕拉的人口沒有接管的污水處理服務。納基武博濕地具有緩衝的功能，因為坎帕拉的大多數工業污水和都市廢水，在進入附近的維多利亞湖之前，會經過該濕地進行水質淨化，且該濕地能以物理、化學和生物的方式除去這些廢水中的營養鹽和污染物質。這些服務是很重要的，被淨化的水從濕地流出後進入維多利亞湖，距賈壩水廠 (Ggaba Water Works) 的取水口僅約3公里，而該水廠提供該城市所有的自來水供應服務。

這項研究檢視了以人工技術替代濕地污水處理服務的成本。重置成本包括兩個部分：把納基武博河道連接到一個更新過而能處理額外廢水量的污水處理廠，和建設高架坑式廁所提高附近貧民區污水處理的程度。收集的資料來自國家供水和污水處理公司、土木工程公司和一個已在附近城市濕地地區運作的供水和衛生專案 (其資金來自捐助)。該研究同時也考慮到，要讓納基武博濕地的污水處理更有效，某種程度的干預措施是需要的，其設想的主要干預措施是把流入濕地的污水渠道延長並使成網狀。這些成本在評估濕地的效益時會被扣除。

該研究發現，如果要達到類似於該濕地所提供的污水處理水準，所需要的基礎設施，包括污水排放系統與處理設施的擴增，將帶來高達每年200萬美元的成本。

資料來源：Emerton等人，1999。

5K 減緩和規避支出法

方法概述及其在入侵種上的應用

當一具有經濟價值的生態系產品或服務喪失、或其數量或品質下滑時，這幾乎總是會有負面影響。為避免經濟損失，可能有必要採取措施來減輕或規避這些負面影響。例如，當上游集水區的水土保持功能損失時，即可能必須疏浚水庫和水壩；當濕地水質淨化服務功能損失時，即可能必須更新改善水質淨化設施；而當生態系防洪功能損失時，即可能需要興建防洪堤壩。這些減緩和規避措施的支出，可看作是維持生態系產品和服務的價值指標，因為維護生態系產品與服務可避免這種支出。

因此，當生態系產品和服務損失的影響，可藉由採取特別的投資或市場行動而得以明顯抵銷、規避或減緩時，即可以使用減緩和規避支出法來評估生態系產品和服務的價值。其在入侵種上的應用如：探討當入侵種造成生態系破壞或改變時，要因應或補救這些破壞或改變所需的成本，例如：

- 當入侵種取代重要的食物種類時，需要採取乾旱或饑荒救濟措施來維持當地的營養和食物安全；
- 當被入侵的生態系原本提供的洪峰消滅服務有損失時，需要採取措施以減輕或規避洪水對下游地區的影響；
- 當入侵種成為植物、動物或人類的有害生物或引起疾病時，需要準備好疫苗接種或疾病防治措施；
- 當被入侵的生態系原本提供的土壤侵蝕控制服務有損失時，需要在下游地區設置淤泥收集設施和沉砂清除設施。



資料收集和分析要求

當採用減緩或規避支出法評估生態系產品和服務的價值時，其所需資料的收集與分析有下列四個主要步驟：

- 確定會因一特定生態系產品或服務的損失而產生的負面影響或危害；
- 確定會因生態系產品和服務的損失而受影響的地區和人口，並決定一個分界點，在此之外的影響將不會被分析；
- 取得相關資訊，包括：人們如何回應，人們會採取那些措施以減緩或規避由於生態系產品和服務的損失所造成的負面影響；
- 估計減緩或規避的費用。

資料的收集和分析是相當簡單明確的，且通常藉由訪問、調查、直接觀察和專家諮詢等活動的組合，來收集和分析相關資料。

適用性、優點和弱點

在評估生態系服務的價值時，減緩或規避支出法是很有用的一種方法。與其他基於成本的評價法一樣，主要的優點是容易執行和分析，而且對資料的需求也比較小。

如同重置成本法一樣，為因應生態系產品和服務的損失而採取的減緩或規避措施，並不見得能夠提供同等的效益。在某些情況下，是否實際上會花這筆錢或這筆費用是否會被認為值得花，也是值得懷疑的。在應用這種方法時，另一個要銘記在心的重要因素是，人們對於生態系損失的影響是什麼，要減緩或避免這些影響需要採取什麼措施，其看法可能不見得和「專家」的意見相符。

關於如何運用此評價方法的詳細指引，可在Dixon等人（1986）、Hufschmidt等人（1983）和Winpenny（1991）的著作中找到。

方塊12. 應用減緩或規避支出評價法來評估斯里蘭卡的濕地洪峰消滅服務

這項研究採用規避支出法來評估在斯里蘭卡的穆特拉加維拉沼澤地（Muthurajawela Marsh）洪峰消滅服務的價值。穆特拉加維拉是一個沿海的泥炭沼澤地，占地面積約3,100公頃，緊鄰著距斯里蘭卡首都可倫坡北方10-30公里之間的印度洋。其最重要功能之一，是對當地提供防洪的服務。

這個研究首先調查該沼澤地的生物物理特徵，以及它們與當地洪水型態的關係。資料取自水文調查，其估計該沼澤地最大蓄水能力約1,100萬立方米，最高出流量為12.5立方米／秒，滯洪期超過10天。對歷史降雨和河川流量等資料的分析發現，在雨季，大量來自降雨的水經由周遭更高地表的逕流，及由丹都剛河（Dandugam Oya）、卡拉河（Kala Oya）和凱勒尼河（Kelani Ganga）的洪水進入濕地系統。穆特拉加維拉作為這些洪水的緩衝區並使之慢慢地流入海洋。要計算這些服務的價值，可探討若要減緩或規避濕地損失之影響，需要採取那些防洪措施及其成本為何。在諮詢土木工程師後，結果是這需要建造排水系統和抽水站，加深並加寬流經沼澤區和大海之間的水道，設置基礎設施把洪水轉到一帶洪區，並把水抽到海洋。剛好附近的穆都伊拉（Mudu Ela）濕地，最近被轉為住宅區，其工程經驗可提供這種類型的防洪措施進行成本估算。在穆都伊拉，其設置的基礎設施可確保總共443畝的土地保持排水，以便開墾面積為360畝的土地。

把穆都伊拉的資金成本和維護成本外插，即可取得穆特拉加維拉濕地洪峰消滅的價值，約為每年500萬美元以上，或者每公頃濕地每年1,750美元。

資料來源：Emerton和Kekulandala，2002。



5L 損害成本法

方法概述及其在入侵種上的應用

生態系服務經常可保護其他有經濟價值的資產。舉例來說，集水區保護服務的損失可能會引起下游淤積和洪水增加，這會導致對基礎設施、聚落和農業的破壞。以避免支出的觀點來看，這種損害成本可視為生態系的經濟價值。

因此，當生態系產品和服務的損失會產生明確的經濟損害時，可以用損害成本法來評估其價值。其在入侵種上的應用如：當入侵種影響到特定生態系提供的產品和服務時，檢視其對基礎設施和生產方面所造成的成本。例如：

- 當被入侵的生態系原本提供的防洪服務受損，而導致洪水發生的頻率與強度增加，造成房屋、道路和農業生產受到破壞時；
- 當被入侵的生態系原本提供的水質淨化服務受損，結果導致水質下降，對人類健康產生影響時；
- 當入侵種成為植物、動物或人類的有害生物或疾病，而導致醫療費用增加，生產力下降時。

資料收集和分析要求

在使用損害成本法評估生態系產品和服務的價值時，其所需資料的收集和分析，有下面四個主要步驟：

- 確定生態系提供了那些保護服務：根據其所提供的保護程度以及當這保護服務受損時會對當地與外地造成的損害來論定；
- 對於標的生態系提供的服務所發生的特定變化，找出有那些基礎設施、產出或人口會受到影響，並決定一個分界點，在此之外的影響將不會被分析；
- 取得相關資訊，包括：在不同的生態系損失情境下，危害事件的發生頻率和可能性，以及這些危害事件衝擊的分布範圍和造成損害的程度；
- 計算這些損害的成本，並把生態系服務的貢獻歸之於可減少或避免這類損害。

資料收集在大多數情況下是簡單明確的，且通常藉由歷史紀錄分析、直接觀察、訪談和專家估計等方式的組合來收集資料。然而，要預測和量化在不同的生態系情境下危害事件的可能性和衝擊，通常是較資料收集更為複雜的活動，且可能需要更詳細的資料和模式模擬。

這種方法的優點和弱點

損害成本法在評估生態系服務的價值時是很有用的一種方法。對於損害成本避免法和生產函數評價法兩者的應用，人們往往會有所混淆。因此要在這裏強調，損害成本法處理的是被避免掉的損害，例如污染和自然災害（這是典型的外部性效應），而生產函數法是通常與一些生產投入的變化有關，例如水資源（通常是內部化的）。



一個潛在的弱點是，在大多數情況下，避免損害的估計仍是假設性的。這些估計根據的是「在生態系服務下滑或喪失的情況下，可能會發生什麼事」的預測。即使評估時根據的是從「曾經發生這類事件和災害的情況」取得的實際資料，往往也很難把這些損害和生態系狀態的變化連結起來，或有把握當特定的生態系服務下滑時，同樣的衝擊將會發生。

關於如何運用此評價方法的詳細指引，可在Dixon等人（1986）、Hufschmidt等人（1983）和Winpenny（1991）的著作中找到。

方塊13. 應用損害成本評價法來評估南非的外來入侵植物

外來植物的入侵增加了可提供火災蔓延的燃料量，提升火災的強度，從而增加了火災的負面影響，使得火災更加難以控制，增加危害的風險。更激烈的火災也造成嚴重的土壤破壞，造成雨季時的土壤流失、嚴重的土壤侵蝕，還有洪水一來時對基礎設施的破壞。

這項研究藉由檢視外來植物入侵所造成的損害成本，來評估其在南非的經濟衝擊。與火災有關的成本損失如1999年3月開普半島發生的野火，這次火災使得被入侵地區的地表變成不透水，在這之前，該地區從未有漫地流的現象。在1999年4月，豪雨帶來了洪水，導致15萬美元的清理費用。這個估計不包括被洪災損壞的30處住宅，若估計此項成本至少還要再加上15萬美元。這些衝擊並沒有發生在未被入侵的毗鄰區域。另一個例子是，2000年1月，兩次野火掠過開普半島8,000公頃的土地，隨之而來的保險索賠總額為570萬美元。被燒毀的房屋和結構物大多位在受到外來植物入侵的地區，這些地區的火災強度較鄰近沒有受到外來植物入侵的地區要高得多。那次的消防直接費用沒有記錄，但超過了50萬美元。

資料來源：Van Wilgen等人，2001。

5M 條件評價法

方法概述及其在入侵種上的應用

生態系產品和服務的缺乏價格或市場，或沒有相當的替代品，或無法連結到其他生產或消費過程，並不意味著生態系的產品和服務對人們沒有價值。條件評價法是在假設生態系產品和服務可以購買取得的情況下，藉由直接詢問人們他們願意為這些產品和服務支付多少錢，或願意接受多少補償才允許其損失，來推斷出人們賦予生態系產品和服務的價值。

例如，條件評價法可能會問人們，為了維持水質標準，願意容許自己的水費帳單增加多少錢；他們會自願繳納多少費用來管理上游集水區，以保持供水；他們願意捐贈多少錢給保護美麗地景或稀有物種的基金會；或他們願意分擔多少比例的費用以維持重要的生態系供水服務。條件評價法在入侵種上的應用如：檢視人們對遭受外來種入侵威脅的生態系所賦予的非市場價值，並評估人們對特定地點、物種或產品的選擇價值的看法，例如：

- 當入侵種取代了本土種，或干擾到一生態系，而這些本土種或生態系是國家保護的襲產、或具有特別的科學價值或國際意義的時候；
- 當入侵種取代本土種，或干擾到一生態系，而這些本土種或生態系可能會具有未來的用途價值，例如狩獵、休閒，或作為基因庫的時候；
- 當入侵種取代了本土種，或干擾到一生態系，而這些本土種或生態系是人們希望保留給下一代的時候。



單元五

生態系衝擊的價值評估

資料收集和分析要求

使用條件評價法來評估生態系產品和服務的價值時，其所需資料的收集和分析，有下面五個主要步驟：

- 詢問受訪者對於特定生態系產品或服務的願付金額（WTP）或願受補償金額（WTA）；
- 把各個受訪者答覆的WTP/WTA金額大小和各個金額的答覆人數製成一張頻率分佈表；
- 針對受訪者答覆的WTP/WTA金額和其社經特質及其他相關因素的關係，進行交叉分析；
- 使用多變量統計法將受訪者的回答與受訪者的社經特質關聯起來；
- 把訪談結果進行返計還原（譯註：即排除社經特質等其他因素影響後的WTP/WTA），以取得整體人口或整個使用群體對該生態系產品或服務所可能賦予的價值。

大多數使用條件評價法的研究是透過對個人的訪談或郵寄問卷調查的方法進行，但有時會透過對群體的訪談方式來進行。要讓人們說出他們為了特定生態系產品或服務之數量或品質上的特定變化，而願意支付的金額或願意接受的補償金額，有許多方法可使用。條件評價法的兩種主要變體是：

1. 二分選擇調查法（dichotomous choice surveys），即提供受訪者較高和較低的兩個估計值，讓受訪者從中選一；及
2. 開放式調查（open-ended surveys），讓受訪者決定他們自己的出價。

有時候會用更細緻複雜的方法，例如讓受訪者參與取舍遊戲或使用「要或不要」的試驗法。德懷術（Delphi technique）則是採用專家的意見，而不是直接訪問消費者。

適用性、優點和弱點

條件評價法的一個主要優點在於，因為其不依賴實際的市場或觀察到的行為，在理論上它可應用於任何情形，可應用於任何產品或服務。這種方法現在仍然是唯一可應用在選擇價值和存在價值的方法，並廣泛用於決定生態系服務的價值。條件評價法通常與其他評價方法一起使用，以補充或交叉比對這些方法的價值評估結果。

條件評價法的一個最大缺點是龐大而昂貴的調查、複雜的資料集合和需要細緻繁複的統計分析和模式模擬技術。另一個限制因素是，其乃基於假設情境，而假設情境可能不能反映現實，或對受訪者不具有說服力。

條件評價法要求人們說出他們對生態系產品和服務的偏好，因此該法容易受到各種來源的偏誤所影響，而這可能影響到其結果。最常見的偏誤形式包括策略性偏誤（Strategic bias）、設計偏誤（Design bias）、工具偏誤（Instrument bias）和起始點偏誤（Starting point bias）。

- 當受訪者相信，他們回答WTP / WTA問題的方式，會影響事件的真實發展時，就會發生策略性偏誤。例如，受訪者可能會想，調查中徵收水費或生態系維護費的假設情境是真的在準備中。



- 設計偏誤與資訊放到整個調查文件中的方式有關。例如，調查者對於其假設情境可能提供不適當的資訊，或受訪者受到其描述的誤導。
- 當受訪者對調查中所提出的支付方式強烈不滿時，就會出現工具偏誤（譯註：這裡的工具指的是支付的方式或手段；又稱為「支付工具偏誤」）。例如，受訪者可能會不滿新的稅收或增加的帳單。
- 當要引導人們出價的起始點太高、太低，或者與受訪者的WTP/WTA有顯著不同，而扭曲了答案的可能範圍時，就會發生起始點偏誤。

但是，通過精心的調查設計，這些偏誤大多都可以減少或消除之。

關於如何運用此評價方法的詳細指引，可以在Carson和Mitchell（1989）的著作中找到。

方塊14. 應用條件評價法來評估東印尼的集水區旱情紓解服務

這項研究重點放在印尼東部魯騰國家公園（Ruteng National Park）所提供的流域集水區保護服務上。它使用條件評價法，以評估旱情紓解對當地農民的經濟價值。這項研究依據旱情紓解所帶來的農業增量利潤，導出了農民願意為流域集水區保護服務支付的費用。

首先進行了一些調查，以提供關於居住在國家公園附近的農業人口的社經資訊；然後直接詢問住戶，引導他們說出願意為旱情紓解服務支付的費用。在詢問時引入了條件評價法的問題模式，首先制式地描述國家公園制度和管理的狀況，以確保受訪者獲得均一的資訊。其次提出了一些看法方面的問題，旨在提醒農民注意他們的環境限制和替代可能性等問題，同時描述了集水區的旱情紓解服務。引導農民說出願付金額的支付工具，則是假設國家公園管理機關為保護集水區而要收取一筆費用。在調查中的所有住戶都被問及，他們是否願意為了旱情紓解服務支付一筆年費，再根據他們的反應，詢問他們願意支付較高還是較低的費用。

從受訪者的回答可發現，農民有意識到並關注他們的環境條件，和這些環境條件與水源取得的關係。受訪者願意為旱情紓解服務支付最初費用和後續的年費。而從他們的回答中可發現，各種社會經濟特質和環境條件對他們的答案有統計上的顯著影響。有些農民預期集水區保護會提高稻米收入而增加他們的利潤，而願意為這些服務支付較多的費用；還有些較富裕和教育程度較高的家庭，在看到旱情控制所帶來的效益後，也願意為這些服務支付較高的費用。相反地，住在集水區裡的農民，由於森林覆蓋率較高且有較多雨水，他們願意支付的費用較低，也許是因為他們認為沒有太大必要進行森林保護，且預期該地區不會遭受旱災。

總體而言，研究發現，受訪者願意為旱情紓解服務支付的年費平均為每戶2-3美元，相當於每年農業成本的10%，每年灌溉費用的75%，或每年食物費用的3%。

資料來源：Pattanayak和Kramer，2001。

5N 其他的陳述偏好法：聯合分析和選擇試驗

其他的陳述偏好評價法包括：聯合分析和選擇試驗。由於它們的資料需求和分析方法很複雜，並且由於它們應用在生態系服務上的例子極少，這些方法在此不予詳述。

聯合分析法最初是由行銷和心理學等領域發展出來，目的是衡量個人在面對多重的屬性選擇問題時，個人對不同特質或屬性的偏好。與條件評價法相反，聯合分析法沒有明確要求個人說出他們為環境品質的支付意願。相反，聯合分析法要求個人考慮現狀及另一種可能的狀態。它描述了一個特別的假設情境，要求受訪者在各種環境產品和服務間作選擇。該方法從受訪者引出的資訊是關於他們在面對不同的價格或成本下，對各種環境產品和服務選項的偏好。

選擇試驗法提出一系列可供選擇的資源或生態系使用選項，其中每個選項都以各種屬性（包括價格）加以定義。每一選項組合中被優先選擇的選項，代表人們對生態系屬性的評



價。和條件評價法的情形一樣，選擇試驗法的資料收集和分析是相當複雜的。通常選擇試驗法在進行資料收集時，會採取問卷調查和訪談的方式，要求受訪者評估一系列的選項「組合」，每一組選項包括不同組合的生態系產品和服務。通常，每個選項由一系列的屬性來定義。例如，對於某一特定的生態系，其屬性可能包括物種的混合、生態狀況、景觀、面積、價格或成本。在不同的選項中這些屬性各有千秋，而受訪者會被要求選擇他們最喜歡的選項。計算每個選項被選取的頻率後加以模式化，以推斷每個屬性對受訪者選擇的相對影響，再採用統計方法對一給定選項的每一屬性進行邊際價值的計算。

關於如何運用這些價值評估方法的詳細指導，可在Haab與McConnell（2003）及Louviere等人（2000年）的著作中找到。

50 經濟價值評估的適用性和侷限

生態系的價值評估可提供有用且具說服力的資訊，因為它有助於突顯入侵種的成本和效益（還有成本承擔者和受益者），這在過去的經濟分析中往往被忽略了。然而，正如本單元開始時所提到的，這不是唯一能決定入侵種是否納入決策議程的因素。要記住，價值評估只是提供了一套工具，來作出更好地、更知情的決策。因此，它有一些缺點和弱點。

對其他學科資訊的需求

要記住的一個重要考量是，生態系服務的價值評估不是獨立的作業。要評估入侵種的影響，除非它是基於對生態系管理和入侵種因應的各相關層面（包括生物、生態、水文、制度和社會）的健全理解與良好資訊之上，否則其意義不大，並可能精確度有限。特別是，價值評估研究所需的資料，須包括能將生態系狀態及其服務提供的關係連結起來的資料，還有關於生態系產品與服務的取得及其權、責分配的詳細資訊。

不全的資訊和未能量化的效益

價值評估必然是局部的，它可以更容易地處理市場化的、或與市場相關的產品和服務；在某種程度上，與生物入侵有關的問題在經濟方面是「有趣的」，但這只有當正在受到入侵的空間原本棲息的物種，是那些能產生具經濟價值的產品和服務之物種時（Perrings，2002）。價值評估也並不一定能準確地反映生態系的全部價值，它提出估計，或將計算縮小到一系列可能的價值範圍內。在許多情況下，價值評估方法實際上低估了生態系的服務價值，因為生態系的運作規模是如此龐大，方式如此複雜，其服務不能有效地用技術複製，其影響大大超出對其他市售產品和指標的影響。最後，一些生態系的價值永遠是不可衡量的、無法量化的，因為沒有辦法取得必需的科學、技術或經濟資料。

其他的生態系效益與諸如人類生命、文化或者宗教意義等價值有關；在這些領域內的價值評估會引起嚴肅的道德問題。在某種程度上，生態系價值評估甚至是危險的，如果當它僅注重財務或鈔票的利益，而漠視其他不能（或不應）被評估的價值種類。生態系的經濟價值評估本質上是一種功利性的方法，在文化、本質和初始方面的價值評估，則有其缺陷。



方塊15. 聯合分析法在南非克魯格國家公園河川品質評價上的應用

開發和資源分配的決策過程越來越受到壓力，被要求要考慮到環境的價值，以達到最佳的經濟效益。在南非，需要以新的方法將環境價值納入環境影響評估以及依據「國家水資源法」(National Water Act) 進行的水資源分配中，這兩者都需要比較各種不同的方案對環境的各種影響。這項針對克羅克迪爾集水區 (Crocodile Catchment) 的河流觀光價值的研究，其目的是發展方法，將功能正常的水生生態系所提供的產品和服務的經濟價值納入這類決策過程，這是這方面研究的第一個案例。這些河流目前的觀光價值，是從下列幾個方面來加以考量，包括：克魯格國家公園 (Kruger National Park) 的收入 (遊客於當地的支出)、對經濟的貢獻 (遊客於當地和外地的相關支出) 和遊憩價值 (包括消費者剩餘)。河流水質變化的影響，則使用條件評價法配上聯合分析法一起來評價。

聯合分析法試圖確定一條河流不同屬性的相對價值。其採取多因子評估法，也就是向受訪者提出一系列具有代表性的河流相關屬性的組合 (鱷魚和河馬的數目、水鳥種類的數量、河流景觀的多樣性、沿岸樹木的密度)，並為每個屬性界定了4個等級。這些屬性的等級將取決於集水區的生態管理實務，且適合作為生態變化的指標。當4種屬性配上4種屬性等級，就有256種可能的組合。然後採用一種近似延伸中心點的設計 (an approximation to an extended centre point design)，從這256種組合中，選擇了16種組合。

在此設計中，最壞情境 (所有屬性都最差) 和理想情境 (所有屬性都最佳) 先納入。然後以現況情境形成一中間點，而剩下的13個中間組合 (較現況好一點及差一點的情境) 則以隨機方式產生。將這16個情境分佈在五個問卷版本中，且每個版本中都要包括現況情境 (理想情境) 和河流嚴重退化情境 (最壞情境) 分別只納入五個調查版本中的其中一個版本。

每名受訪者評比4個情境 (現況加上3個相對於現況的情境)。由於每個調查版本提供的情境範圍不同，而會影響到評分結果，為了將這因素納入考量，把5個調查版本中各情境的平均分數予以調整，使每個版本中的現況情境分數等於包含理想情境版本中的現況情境分數。然後以多元回歸分析的一般線性模式，來檢視不同屬性等級和回答 (分數) 之間的關係。

在此一般線性模式中，四個屬性 (鱷魚/河馬、水鳥、河流景觀和樹木) 做為要與反應變項進行適配的變項 (譯註：「反應變項」在此指受訪者對各情境評比的得分)。在與各種組合的連續變項值和類別變項值做比較後，這個模式產生了最佳適配 (譯註：鱷魚/河馬、水鳥和樹木這三個屬性為連續變項，河流景觀為類別變項)。從以上模型可得到一效用函數，輸入任何組合的河流屬性值，即可取得該河流狀態下的效用分數 (utility score)。

兩個條件評價式的問題提供了「理想」情境和「最壞」情境相對於現況情境的價值：(1) 如果克魯格國家公園 (KNP) 所有的河流完全乾涸，因此不再有鱷魚、河馬和水鳥出現，河畔不再有樹木，但在公園裏的任何其他事物都沒改變，你是否會花較少的時間在克魯格國家公園？請估計有多少時間；(2) 考慮到國家公園裡的這些河流其上游已被利用的事實，因此目前這些河流並不處在其原始狀態。如果，假設，這些河流被恢復到原始狀態，也就是說，它們有為數眾多的鱷魚、河馬、水鳥等等，有多樣化的棲息地，包括河畔有許多樹木，你認為你會花更多的時間在克魯格國家公園嗎？請估計有多少時間。

為了將效用分數轉換成貨幣價值，我們將最壞情境、現況情境、理想情境這三個情境下的效用分數和相對應的遊憩價值來做回歸分析。遊憩價值可由遊客支出來表示，包括每趟旅行的平均支出、或克魯格國家公園每年總收入，都可視為該河流的遊憩價值。(譯註：理想情境和最壞情境的遊客支出，可由上述兩個條件評價式問題所得到的答案，配上現況情境的遊客支出來推估。)

據估計，目前克魯格國家公園的觀光價值，若以遊客在當地的支出來看，約為1億3,600萬蘭德 (南非貨幣單位)；若以其經濟貢獻 (或和參訪該國家公園有關的所有開支) 來看，約為2億6,700萬蘭德；若從消費者剩餘來計算，則為10億蘭德。後面兩個值可以加起來，以計算總遊憩價值。調查結果發現，如果河流完全退化，大約30%的旅遊業將會消失。因此，克羅克迪爾集水區內的河流——占克魯格國家公園22%的遊客-夜數——為克魯格國家公園貢獻了900萬蘭德的收入，且其每年的總遊憩使用價值約為8,500萬蘭德 (包括遊客在外地的相關支出和消費者剩餘)。

由聯合分析法可得到一方程式，能夠預測旅行支出 (或克魯格國家公園總收入) 隨這四個屬性中任何一個的等級變化而產生的變化。河流景觀對遊憩使用價值有最大的影響力，接著依序是水鳥多樣性、水生巨型動物和河畔樹木密度。這類模型可用於水資源分配的決策過程，此時，與各個管理情境相關的屬性等級，可由水生生態學家進行預測。

資料來源：Turpie和Joubert，2001。



具體研究結果的轉移性

認為生態系價值評估的研究結果總是確定的、精確的或可在不同情況和地點之間轉移使用，這可能也是一個錯誤的看法。生態系價值評估通常是基於一個特定的個人或團體，在一個特定的時間和地點，對於一特定生態系統服務之價值的看法。價值評估不見得是普遍有效的，或是可以在不同群體、地區和生態系之間或隨著時間演進而推估論斷。

價值評估的偏誤

價值評估活動往往很容易受到其所服務的宗旨和目標的大力影響。例如，希望證明入侵種有重大經濟損失，或促進某一特定反應，這有時候即意味著其結果會受到偏誤，會往高價值取向。當價值評估研究在進行時時，這些因素實際上可能會高估生態系服務的價值，或透過不適當地建立連結生態系、入侵種和經濟之間的生物物理關係，而對入侵種的影響做出毫無根據的假設。

5P 參考文獻

- Carson, R. and R. Mitchell, 1989, Using Surveys to Value Public Goods: the Contingent Valuation Method, Resources for the Future, Washington DC
- Dixon, J.A., Carpenter, R.A., Fallon, L., Sherman, P.B. and S. Manipomoke, 1986, Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects. Asian Development Bank and Earthscan, London.
- Dixon, J.A. and M.M. Hufschmidt, 1986. Economic Valuation Techniques for the Environment: a Case Study Workbook. John Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Emerton, L., Iyango, L., Luwum, P., and A. Malinga, 1999, The Economic Value of Nakivubo Urban Wetland, Uganda, IUCN – The World Conservation Union, Eastern Africa Regional Office, Nairobi
- Emerton, L., and Kekulandala, B., 2002, Assessment of the Economic Value of Muthurajawela Wetland, IUCN — The World Conservation Union, Sri Lanka Country Office and Regional Environmental Economics Programme Asia, Colombo
- Emerton, L. and E. Bos, 2004, Value: Counting Ecosystems as an Economic Part of Water Infrastructure. IUCN, Gland and Cambridge
- Evans, E., 2003, Economic Dimensions of Invasive Species, Choices 5, American Agricultural Economics Association
- Feather, P., Hellerstein, D. and H. LeRoy, 1999, Economic Valuation of Environmental Benefits and the Targeting of Conservation Programs: The Case of the CRP. Resource Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 778, Washington DC
- Gallai, N., Salles, J-M, Settele, J. and B.E. Vaissière, 2007. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted to pollinator decline. Draft manuscript, Institut National de la Recherche Agronomique, Paris



- Haab, T.C. and K.E. McConnell, 2003, Valuing Environmental and Natural Resources: The Econometrics of Non-Market Valuation. Edward Elgar Publishers, Cheltenham
- Hufschmidt, M.M., James, D.E., Mesiter, A.D., Bower, B.T. and J.A. Dixon, 1983. Environment, Natural Systems, and Development: An Economic Valuation Guide. Johns Hopkins University Press, Baltimore and London
- Louviere, J.J., Hensher D.A. and J. Swait, 2000. Stated Choice Methods: Analysis and Applications. Cambridge University Press
- Mahan, B.L., 1997, Valuing Urban Wetlands: A Property Pricing Approach, US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources, Evaluation of Environmental IWR Report 97-R-1, Washington DC
- Pattanayak, S. and R. Kramer, 2001, Pricing ecological services: Willingness to pay for drought mitigation from watershed protection in eastern Indonesia, Water Resources Research, 37(3): 771–778
- Perrings, C., 2002, Biological Invasions in Aquatic Systems: The Economic Problem. Bulletin of Marine Science 70(2): 541–552
- Rietbergen-McCracken, J. and H. Abaza, 2000, Environmental Valuation: a Worldwide Compendium of Case Studies. United Nations Environment Programme and Earthscan, London.
- Seyam, I.M., Hoekstra, A.Y., Ngabirano, G.S. and H.H.G. Savenije, 2001, The Value of Freshwater Wetlands in the Zambezi Basin, Paper presented at Conference on Globalization and Water Resources Management: the Changing Value of Water, AWRA/IWLRI-University of Dundee
- Turpie, J.K. and A. Joubert, 2001, Estimating potential impacts of a change in river quality on the tourism value of Kruger National Park: An application of travel cost, contingent and conjoint valuation methods. Water SA 27(3): 387-398
- Van Wilgen, B. W., Richardson, D. M., Le Maitre, D. C., Marais, C. and D. Magadlela, 2001, The economic consequences of alien plant invasions: examples of impacts and approaches to sustainable management in South Africa. Environment, Development and Sustainability 3: 145–168
- Winpenny, J.T., 1991, Values for the Environment: A Guide to Economic Appraisal. Overseas Development Institute, Her Majesty's Stationery Office, London.



全球入侵種規劃署 The Global Invasive Species Programme
入侵種經濟分析工具手冊

GISP

單元六

形塑因應生物入侵行動





6A 本單元內容

本單元介紹最常用於處理入侵種的管理措施類型，描述有那些經濟分析工具可用來輔助決策、提供決策資訊，並指出可用來因應入侵種的方法。同時，本單元也簡述有那些經濟及財政方面的政策工具，可用以抑制有害入侵種擴散，並加強入侵種的預防、滅除、圍堵或控管等策略。

經由本單元，讀者可更加瞭解何時入侵種議題應被納入以及如何納入輔助經濟決策的資訊和指標中；對於可用於輔助入侵種管理的經濟及財政的政策工具種類，也會有更深的瞭解。

6B 透過管理措施來處理入侵種議題

管理措施符合公共財特性

入侵種造成的問題，不能仰賴市場機制解決（見「2B 辨認造成入侵的經濟因子」與「5D 處理價格扭曲和市場失靈」），必須施以某種經過深思熟慮的干預措施，才能處理這些問題。一如其他的政策或市場失靈，入侵種帶來的社會成本，通常為這種以維護公益為出發點的公共行動或集體行動獲得正當性。

入侵種的預防和控管，都展現古典公共財的許多特徵（Perrings, 2000）。公共財在消費時具有非排他性及非敵對性★兩大特質。為了管理入侵種而採取的任何行動，都將使廣大社會受益，而非只有發起行動的個人或團體獲得好處。不過，這也意味著入侵種的管理幾乎不可能由市場充分提供，因為市場上沒有什麼誘因讓個人採取防治入侵種的行動（若非因為引入或散播入侵種的人，不會因本身的行為而須承擔成本和損失；就是因為其他人也會受益，而使得他們希望其他人能為這種「不勞而獲」的好處付出一點心力。）同時這也表示，使用經濟決策輔助工具的一個主要目標在於：平衡入侵種帶來的公共成本與效益（見6C及6F），並確保個人在作決策時，有把這些代價內部化（見6G）。

入侵種的管理措施分類

接下來將說明管理入侵種時，用經濟分析工具和指標來輔助決策或提供決策資訊的方式，不過進入細節前，有必要先考量在不同入侵階段所採取的管理措施範圍。這些管理措施可以大略地分類為：預防潛在入侵種的引入、移除新的入侵種、圍堵現有入侵種以遏止其進一步的擴散，最後還有控管並減緩已立足的入侵種所造成的影響，並加強生態系承受破壞及入侵的恢復力（圖8）。不同的管理措施需要相當不同的行動，所需的經濟成本不同，達成的效益也不同，且通常其直接花費的程度也有所不同。

還有一點務須分清楚：減緩危害所採取的措施，不同於以調適為目標的措施。前者是用

★譯註：非排他性（non-excludability）：一種財貨如果提供給一個人消費，同時也可以讓其他人消費，便稱此種財貨無排他性，例如公園。非敵對性（non-rivalry）：即消費不具敵對性；指一財貨可在某一期間，同時提供兩人共同使用，且多一人使用並不會影響其他人的消費利益。

來影響一特定後果發生的可能性，其可以降低入侵種立足或擴散的機率（譬如透過滅除或控制）；後者的目的則是影響一特定後果發生的重要性，包括藉由改變行為，降低入侵種立足及擴散的衝擊（Shogren, 2000; Perrings, 2002）。此外，分清楚「事前」（ex ante; before the event）措施和「事後」（ex post; after the fact）措施也很重要：前者意指在物種被引入之前即採取的措施（預防）；後者則是指在物種成為入侵種之後採取的措施（滅除、圍堵、控管、復育）。

圖8. 入侵種的管理措施分類表

針對各入侵階段的干預措施			
入侵階段	干預類型	干預目標	作法列舉
引入 ↓ 立足 ↓ 歸化／擴散 ↓ 入侵	預防	杜絕引入	隔離檢疫、列入黑名單、接種疫苗、禁止貿易或進口、土地利用限制
	滅除	消滅或移除新的入侵種	物理移除、化學滅除、生物防治
	圍堵	制止新的入侵種進一步擴散	物種移動限制、植物防疫檢疫管制、邊境檢查
	控管 復育	控管已立足的入侵種 復育受影響的生態系	定期清除、原生植被／族群的復育、景觀恢復
針對生態系恢復力採取的措施			
保育生物多樣性、保護區、土地及資源的永續管理...等等			

6C 衡量入侵種成本與效益的工具

經濟分析可以為決策者提供重要資訊，協助做出理性、有益並且有效的決策以因應入侵種的問題；這包括判斷是否有必要採取因應入侵種的行動，以及選擇「最佳」管理方案；這些管理措施包括預防、滅除、圍堵和控管入侵種本身，以及促進生態系面對破壞及入侵的恢復力。

基本上，決策必須考量不同行動方案的各種已知利弊得失及相對的成本及效益。以經濟的觀點而言，預防、滅除、圍堵或控管／復育的邊際成本，至少必須等於這些措施的邊際效益，才可達到最大的經濟淨效益（Perrings, 2002）。這項原則運用於入侵種問題時，則通常要將管理措施的直接成本及入侵種本身的經濟效益，對比入侵種帶來的負面經濟衝擊，加以權衡（見4C 界定入侵種的成本與效益）。要判斷特定行動方案的相對優點與缺點，除了許多其他各種（非經濟的）準則以外，經濟的考量及指標在計算利弊得失及決策形成時也佔有很大的份量。

這本手冊已介紹各種可用來評估入侵種成本與效益的方法（見單元五），同時也強調經濟分析的主要重點在於檢視漸次的變化，並且考量在不同程度的入侵及防治措施下的邊際成本和效益（見4E）。將這些成本效益計入那些用來代表及衡量利弊得失的經濟指標，可以提升決策參考資訊的品質，也可以確保除了傳統上會被納入決策考量的經濟成本與效益外，與入侵種相關的成本也有一起被考量到；且在考量時，其份量與傳統的經濟成本與效益的份量相當。



方塊16. 衡量入侵種的效益及成本

效益	成本
來自澳洲的帚尾袋貂 (Brush-tailed possum) 於1858年至1900年間被引入紐西蘭，目的是為發展皮草貿易。但袋貂在紐西蘭的競爭者、獵食者和寄生生物的數量都比原生地來得少，因此成功擴散，有時族群密度甚至成長至澳洲原生地的十倍，成為皮草工業的搖錢樹。	澳洲袋貂被引入紐西蘭之後，對當地原生森林造成重大危害，牠們食用樹葉，導致成為袋貂食物來源的植物逐漸消失，而改變了森林組成與結構。要注意這些成本當中，沒有任何一項特別和獲得主要利益的皮草工業有關。為了控制袋貂的數量，紐西蘭正致力於研究生物防治的媒介，其中包括經基因工程改造的免疫避孕病毒；這種創新的防治法可能也會對世界其他地區造成深遠影響，證明某些問題可能會促使人類找出具有重大全球價值的解決方案。
南非在19世紀中期，曾由世界各地引入數種木本植物，澳洲的金合歡屬植物 (acacia) 便是其中之一。引入這些樹種的目的是為了鞏固沙丘、淬取丹寧以及作為薪柴。這一波外來植物入侵似乎帶來極佳的經濟成果，先是大開普敦地區的木炭和薪柴工業，產值就達3,000萬蘭德 (南非幣)。	引入的外來種造成南非高度特有的岬角植物 (Cape Flora) 面臨重大威脅，而當地流域水量也減少，可能因此讓水價大漲。
中美洲樹種墨西哥合歡 (<i>Prosopis juliflora</i>) 70年前被引入印度塔爾沙漠 (Thar Desert)，成為人類聚落周圍的優勢植物。墨西哥合歡濃密的綠色植被，有助於防止土壤流失、提高沙漠裡的空氣濕度，提供數種野生動物庇蔭，還會長出不論野生動物或家畜都愛吃的豆莢；同時，當地農村人口也有85%的薪柴來自這種植物。	雖然墨西哥合歡提供塔爾沙漠的居民大量薪柴與飼料等好處，卻也排擠了當地原生植物的生存，因此當地人能使用的植物種類減少，生物多樣性也減少。
掠食性扁蟲 (<i>Platydemus manokwari</i>) 最早於1963年在巴布紐新幾內亞被發現，由於掠食性扁蟲善於獵食非洲大蝸牛 (<i>Achatina fulica</i>)，因此被引入太平洋地區，做為已在當地立足的非洲大蝸牛的生物防治媒介。	掠食性扁蟲已經對太平洋地區的原生腹足動物造成嚴重威脅。這是非常棘手的問題，因為太平洋地區的帕圖螺科 (Partulidae) 蝸牛曾出現令人注目的輻射型演化現象，但現在其中24種已被IUCN列入1994年的瀕危物種紅名單當中。掠食性扁蟲現已在關島 (Guam)、塞班島 (Saipan)、天寧島 (Tinian)、羅塔島 (Rotar) 以及帛琉 (Palau) 等地立足。
布袋蓮 (<i>Eichhornia crassipes</i>) 於1930年代自南美洲引進中國，並於1950年代到1970年代之間透過大量宣傳 (宣稱其可作為觀賞植物、家畜食物，且會吸收重金屬，可控制污染) 而擴散開來。	布袋蓮在中國許多水生棲地，已成為頭號「惡草」，造成許多動植物的物種損失。雲南昆明滇池裡的魚種從68種減少至30種，中國科學家認為禍首正是布袋蓮。而布袋蓮大肆入侵，使得湖水面積減少，也導致昆明顯著的氣候變遷。

資料來源：McNeely, 1996、2001。

以下的段落將簡要介紹兩種最常使用的經濟決策輔助工具：成本效益分析 (cost-benefit analysis) 及成本有效性分析 (cost-effectiveness analysis)，另外並介紹第三種工具，其結合了經濟及非經濟指標，且常被用來衡量生態系的相關成本與效益：多準則分析 (multicriteria analysis)。

成本效益分析

成本效益分析 (CBA) 仍是現在最常用以評估與比較經濟和財務利弊得失的決策架構，



是用來評估計畫、方案 and 政策的標準工具，而許多政府及捐助機構的決策制定過程，也都要求要進行成本效益分析。這種分析方法也很容易納入入侵種的價值。

CBA比較不同行動方案的成本及效益，藉此區分優劣。這些行動方案的收益性或是否可取是依據其淨現值（net present benefits）來評估，也就是把評估年度或計畫期程中每年的年度總效益減去年度總成本，然後把其結果以單一尺度的現值來表示（現值以貼現率換算求得，如「6D 整合時間的尺度」所述）。

CBA提供三個基本的價值衡量指標，以評估和比較各項計畫、方案或政策。

- 淨現值（NPV）是貼現後的淨效益總和（淨效益＝效益減去成本），結果顯示一項計畫產生的效益是否多過其所帶來的成本。
- 效益成本比率（BCR）是貼現後的總效益及總成本之間的比率，以顯示計畫效益超過成本的程度。
- 內部報酬率（IRR）是當一項計畫的淨現值為零時的貼現率。

一般來說，如果一項計畫的NPV大於0、BCR大於1，而且IRR大於貼現率，則這項計畫就值得採行。NPV為正數且BCR大於1的意思是，這項計畫產生的效益大於其成本；IRR大於貼現率則代表這項計畫預期產生的報酬，超過其他計畫的預期報酬。

當其他條件相當時，如果一項行動方案的NPV、BCR和IRR越高，其在經濟或財務方面就越可取。當評估一項行動方案是否可取時，應將入侵種的價值也納入這些量化指數，以使入侵種的成本和效益可和其他需考量的成本及效益一起被考量。全面考量入侵種造成的影響，有助於我們在不同的投資、土地利用或資源使用方案之間進行選擇時，做出更知情、完善的決定。

關於如何應用成本效益分析的詳細指引，可參見Irvin（1978）、ODA（1988）和Winpenny（1991）。

方塊17. 美國五大湖區梅花鱸防治計畫的成本效益分析

梅花鱸（*Gymnocephalus cernuus*）入侵北美五大湖區及美國許多地區後，和原生魚種競爭食物及棲地。梅花鱸不但具有很強的繁殖能力，還可以在廣泛的環境條件下保持攝食效率，甚至具有讓可能的獵食者望之卻步的特性，因此入侵新環境後，可以輕易取代其他物種。防治梅花鱸的方法包括投毒、以拖曳網捕捉及管制壓艙水。一項為期11年的梅花鱸防治計畫提案所做的成本效益分析顯示，防治總成本為1,360萬美元；效益方面，以50年為期估計其對商業及娛樂性漁業的影響，結果其效益現值介於1億1,900萬美元到10億元之間。

資料來源：Leigh，2003。

成本有效性分析

成本有效性分析（CEA）是附屬於成本效益分析的分析工具，其以某特定結果為既定條件，企圖找出達成目標的最低成本方法。如果執行一項行動方案的效益無法量化計算，或者已先訂定一特定目標（譬如將某地區的特定入侵種滅除），最為適用成本有效性分析。成本有效性分析以某些特定行動的效益為既定條件，計算達成特定目標所需的所有成本，並加以折現，以找出成本現值最低的選項。



關於如何應用成本有效性分析的詳細指引，可參見Irvin（1978）、ODA（1988）及Winpenny（1991）。

方塊18. 美國威樂巴灣的奇螺防治計畫的成本有效性分析

奇螺（*Ocinebrellus inornatus*）是一種具重大經濟衝擊的有害水生動物，今已意外擴散至全世界。這種直接發育的海蝸牛，因獵食小型蚶類而造成經濟損失。為了找出最低成本的防治方法，以免已立足的奇螺繼續在美國華盛頓州威樂巴灣（Willapa Bay）增長，因此針對各防治方法實施了成本有效性分析。

該分析透過族群彈性分析（population elasticity analysis）來探討繁殖率、幼體存活率與成體存活率對族群數量上升的相對貢獻度，並說明如何找出能以最低成本制止族群成長的生命階段干預措施組合。目前唯一可行的防治方法是以人工移除為主。有鑑於奇螺的生命週期分為兩階段，因此可破壞其卵囊以降低繁殖力、收集其成體以降低成體存活率。分析顯示，只要成體存活率按比例遞減時的邊際成本，介於改變繁殖力成本的0.25至0.45倍之間時，就應兩者兼施。當破壞卵囊的成本相較於移除成體的成本變得更高時，則隨著每單位入侵面積的總年度防治成本增加，最佳方法也跟著轉變成僅只移除成體。

近來的防治工作均針對成體，雖然成體的族群彈性比較低，卻也是最容易移除的階段。同樣地，成本有效性分析顯示，除非正值奇螺繁殖高峰期，否則成體存活率管制應為最佳方案。

資料來源：Buhle等人，2005。

多準則分析

雖然成本效益分析和成本有效性分析都是非常具有影響力的分析工具，然而經濟和財務指標通常只是評估入侵種相關決策時的眾多準則之一；一定還有不能（或不該）以幣值表示的價值存在，且作決策時，也應納入及考量其他許多非經濟因素。

多準則分析為一有效的分析工具，而且漸為人所常用，可以整合不同類型的經濟與非經濟的決策準則。當決策時必須考量多重目標，而這些目標不能化為單一尺度時，即適用多準則分析。有幾位作者建議，在制訂與入侵種相關的決策時，應採用多準則分析（比如參見：Binimelis等人，2006）。

多準則分析通常可區分為三大面向：生態、經濟與社會。每一個面向都設有某些準則，以讓決策者可以權衡各項要素彼此的關連及重要性。在此分析工具中，貨幣化的價值與成本效益分析可以整合成為決策時考量的眾多準則之一，並且可以和其他準則權衡比較。

關於如何應用多準則分析的詳細指引，可參見Winpenny（1991）。

方塊19. 應用多準則分析於入侵種議題的實例

- 在比較澳洲昆士蘭北部敘河（Scheu Creek）流域河畔植被復育方案的決策輔助程序中，多準則分析用來評估各種可能的管理方案，並調解各個不同利害相關團體間互相衝突的看法。在依環境、社會、經濟等面向所受衝擊為不同的利害相關團體來評比各植被復育方案時，其結果呈顯著差異。（Qureshi和Harrison，2001）
- 用來評估基因改造作物的使用對野花的環境衝擊，並以此為例來說明評估環境品質與風險的複雜度。（Aslaksen和Ingeborg Myhr，2007）
- 用來分析夏威夷野豬防治的對立目標間的利弊得失。（Maguire，2004）



6D 整合時間尺度

模擬入侵的途徑

入侵種的入侵途徑一般都不尋常，也很難預測。如同本手冊的單元一所述，每一種入侵種從引入到成為入侵種所花的時間，基本上大不相同，因為入侵階段的進展，會隨著物種和新棲地／生態系的不同而有所差異。再者，有種種複雜的變因，決定一物種是否可以在某個棲地立足，決定該物種會如何對原生種和當地生態系功能造成衝擊，以及衝擊的幅度。這些變因和入侵種本身的特徵有關，也和生態系的條件、被利用的方式及目的有關。

欲了解入侵種入侵的空間軌跡及生物物理途徑，通常需要詳細的科學數據和模擬（但是這些幾乎無可避免受制於高度不確定性，如以下6E所述）。經濟學家必須特別注意的是，在入侵的不同階段，其成本和效益的水準也相當不同，包括入侵種本身可帶來的效益，以及其立足和擴散所造成的成本（有時為累進的連鎖效應）。

處理入侵種的成本也會隨著時間演進、隨著進展到不同的入侵階段而有所不同。在大多數情況下，事先預防措施最容易做，也最省錢，其次是物種脫逃或立足初期階段的管制措施。隨著時間演進，管理和控制的作為（以及各種經濟成本）將會越來越昂貴。舉例而言，一項針對南非水資源工作方案（South African Working for Water Programme）下的外來入侵植物防治工作的成本研究發現，越早開始處理入侵問題，花費就明顯比較低，成本效率也越高。清除非常零星的入侵事件，要比清除滿山滿谷都是的情況便宜許多，前者成本僅為後者的1/3到1/25之間；而在入侵初期階段就予以清除的成本效率（以所產生的額外水資源生產量來看）要比已經達到高密度入侵時才清除高出許多。

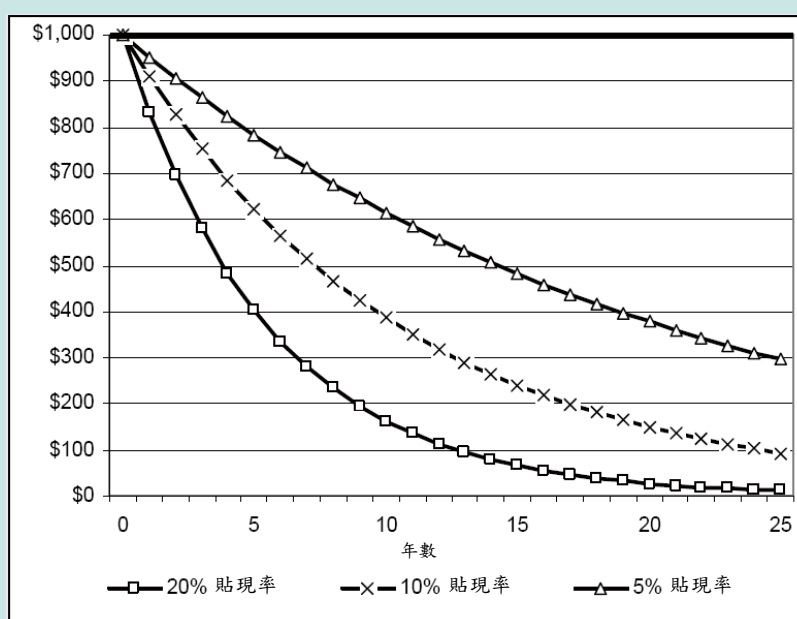
使用貼現率

任何經濟分析中，時間都是一項關鍵因素，對入侵種的問題而言，時間尤其重要。如前所述，入侵過程的各個不同階段所產生的成本與效益，其幅度和類型差異都相當大。在分析入侵種因應措施所涉及的成本和效益時，務必要確保此分析有涵蓋足夠長的時間，以掌握所有的成本、效益與衝擊的情況，並採取步驟將未來的成本及效益以單一價值尺度來表示，以便能夠在考量中的不同決策方案間做比較與判斷（每一種決策方案，通常都包含一系列會在未來不同時間點形成的成本及效益）。

經濟分析中最常用來處理時間因素的方法，就是使用貼現率，以將未來的成本及效益折算為現值，這在本單元稍早談到成本效益分析和成本有效性分析的時候，就已解釋過（見6C 衡量入侵種成本與效益的工具）。貼現率基本上是複利率的相反，也就是對於越在未來滋生的價值，給予較少的權重；這說明了人都喜歡現在先享受利益、以後再付出成本的心理，也說明投注於任何行動或計畫的資金，都可能可以有效投資在其他地方，而獲得報酬或利潤。因此，貼現率多半是依據資金的機會成本（也就是經濟體其他投資中最為普遍的報酬率）。由此可知，高貼現率反映的是強烈偏好現在就消費，而低貼現率則反映較長遠的考量與選擇。如下圖9所示，貼現率越高，以現值表示的未來成本和效益就越低。



圖9. 使用不同貼現率的結果



貼現率的問題通常是和環境成本與效益有關的一些論戰中的主題，尤其是關於使用哪一種貼現率。一般來說，貼現率越高，賦予未來成本和效益的權重就越低；有鑑於入侵種所造成的許多成本都是長期的，但許多效益卻是立即顯現，因此有人認為，以任何貼現率（尤其是高貼現率）來折現，本質上都隱含著反對採取行動以因應入侵種的成見，若要採用貼現率，也應該採用較低的（或零）貼現率。

關於如何應用貼現率的詳細指引，請參見Irvin（1978）。

6E 處理風險及不確定性

估計可能性和預期價值

入侵種問題的經濟分析應同時考量風險（例如特定物種成為入侵種並造成一定衝擊的風險）及不確定性（例如在某給定條件下，特定入侵種的未來入侵途徑及衝擊的不確定性）。如果預期一個事件有機會發生，就存在風險（也因此可以得知可能後果的價值）；相反的，不確定性是指對未來衝擊所知有限的情況，此時也無法推知發生特定後果的可能性，甚至可能發生無法預期的意外結果（因此雖然可以估計可能價值的範圍，卻沒辦法預估發生這些情況的機率）。

風險尚可以評估，至少原則上只要把風險視為成本之一，並將發生的機率以數值表示，納入經濟分析的項目即可；不確定性就很難處理，而且需要以謹慎和預警的原則來對待之（見5C 衝擊的預測和衡量：科學的侷限性）。雖然不論在風險或不確定性之下，處理入侵種問題的最佳策略是使各項措施的邊際成本能等於邊際效益，但是不確定性會改變衡量這些成本和效益的方法。（Horan等人，2002；Anderson和Quiggin，1990）



在進行標準的經濟分析時，必須估計各種行動方案或決策選項的各項成本和效益的預期價值。技術上而言，一變因的預期價值，是該變因在任一時間點上所有可能價值的總和，而每一項可能價值都以其發生機率為其權重。入侵種問題具有高度不確定性及不可預測性，因此一向用來計算預期價值的機率，在應用於入侵種問題時就很難估算。雖然很多入侵種問題發生的機率和風險都不高，但這些問題的成本和潛在危害卻非常高（Horan等人，2002；Perrings，2002）：這種低機率、高危害的特性必須加以權衡。

同樣要考慮的是，刻意引入的物種立足的機率，通常比非刻意引入的物種要高，因為刻意引入的物種已經經過篩選，具有能在新環境生存的能力，同時也可能經過多次引入（Perrings，2002）。入侵種能夠成功立足並擴散的機率高低，須視宿主環境的恢復力及其被使用、管理及改造的情況（以及未來情況是否改變）。此外，還應該考慮一系列複雜的生態變因的影響，這些變因決定了入侵的機率高低，也決定管理入侵的成本；這些變因包括入侵種持續擴散至鄰近的生態系、生態系功能退化及進一步的衝擊，或者滅除或控制後的再次入侵（Born等人，2004）。

將風險及不確定性納入經濟決策輔助工具

方塊 20. 評估各種可能管理策略，以防治澳洲入侵有害植物的決策分析

入侵有害植物首次被發現時，應決定是否採取滅除、圍堵措施，或者什麼也不做。在理想情況下，這些決定應該基於完整的成本效益分析，但這往往是不可能的。然若能結合相關知識（包括：擴散速度、土壤種子庫壽命、防治成本、經濟分析技術），進行部份分析，即有助於作出較好的決定。

澳洲的這個案例便是利用一決策模式，決定什麼時候應該立即滅除有害植物，或更常見的是，是否應該施行有害植物控制。該模式的設計目的，是做為發展快速評估工具的第一步，以便在發現首次入侵後，評估各種可能的管理策略。納入考慮的防治措施包括沿著入侵外圍建立屏障區，且若適當的話，去除已立足的有害植物。不論入侵族群的大小，選擇能夠達成最大淨效益的策略，就是最可取的做法。淨效益是以現值表示，以「什麼也不做的方案」為比較基準來衡量之。這決策模式的重點是要找出兩個「切換點」（switching points）：當入侵族群已大到不利於採取滅除、但還能予以圍堵時的族群大小；以及當入侵族群已大到不利採取任何作為時的族群大小。此模式被應用於自然環境中的多年生木本有害植物。

結果顯示，最大可滅除面積的主要限制因素是土壤種子庫壽命（seedbank longevity）；而最大可圍堵面積的主要限制因素是擴散速度。經採用隨機模擬，得出成本的機率分佈，然後用以評估預算限制對可滅除面積的影響。研究發現，在沒有預算限制的情況下，可採取滅除措施的最大面積可達8,000公頃，但是如果像澳洲當局所面臨的那種程度的預算限制，則可行的滅除面積只有不到1,000公頃。

資料來源：Cacho等人，2008。

實際上，有幾種工具可將風險和不確定性納入經濟分析之中，以下列出三種最廣泛應用的工具：

- **敏感度分析**：經濟分析中，以量化的方式檢測當某些關鍵變因變動時，會產生什麼樣的結果，這個量化過程稱為敏感度分析；這些關鍵變因如貼現率、價格、衝擊的程度、匯率、管理措施的成本等等。敏感度分析通常衡量這些變因的變動對淨現值的影響。敏感度分析除了可幫助人們了解淨現值對哪一項變因的變動最為敏感，同時也可依照相關的未來條件，分析一項特定行動方案的淨效益的可能範圍。關於如何應用敏感度分析的詳細指引，請參見Irvin（1978）、ODA（1988）和Winpenny（1991）。



- **風險效益分析**：這項決策輔助工具，著眼於預防具重大風險的事件，因此特別適用於分析入侵種問題。風險效益分析可視為成本效益分析的反面，因為風險效益分析先假設不採取任何行動，再依據特定風險發生的可能性，評估無所作為的成本；不採取行動的效益，就是省下了採取預防措施的成本。關於如何應用風險效益分析的詳細指引，請參見Irvin（1978）、ODA（1988）和Winpenny（1991）。
- **決策分析**：這項決策輔助工具是依據對風險的看法來衡量一行動方案的預期價值（或者說「可能價值的總和」，這些可能價值是依照它們發生的機率估算），以取得預期效用。這項分析工具整理並評估決策者的偏好、判斷及得失，藉此獲知風險程度不同的結果之價值。關於如何應用決策分析的詳細指引，請參見Irvin（1978）、ODA（1988）和Winpenny（1991）。

6F 區分財務價值與經濟價值

如本手冊前面內容所述，入侵種的問題同時會造成私人及社會的成本及效益，而經濟分析的重要功能之一，即是提供計算和衡量這些成本及效益時所需的資訊。因此，必須分清財務價值和經濟價值的不同，也應瞭解在分析入侵種問題的時候，總是會牽涉到這兩種價值。

財務分析

財務分析關注的只是特定個人或團體所得到的私人報酬。財務分析依照市場價格計算成本和效益，呈現投資人的利潤及開銷的實際現金值——但是如果考量整體「社會」的成本及效益，這些市場和價格實際上可能被高度扭曲，這事實是財務分析沒有權衡的部分。

舉例而言，財務分析可以衡量並比較不同作物組合的相對收益（這些作物當中可能含有潛在的入侵種），或是某個地主採取行動以控制或滅除入侵種的相對成本和效益。在大多數的情形下，財務分析只納入和入侵種本身或是其處理措施有關的直接成本及效益，而不會考慮更廣泛的經濟影響。

經濟分析

相反的，經濟分析是檢視入侵種問題或其處理措施對社會整體或經濟整體的影響。經濟分析會考量影響所及的所有群體之所有成本和效益；有時候會以指定權重的方式讓某些群體受到的影響受到優先重視，也就是他們的成本或效益被視為具有特別重要的經濟意涵（見4F認識入侵種成本和效益的複雜性）。因此，經濟分析主要適用於政府及捐助機構，因為這兩者關注的是整體社會和廣泛經濟的衝擊。

由於經濟分析從社會整體的角度評估一項行動方案是否可取，通常會以調整財務成本及效益的方式，來面對市場各種缺點和扭曲的事實。這包含了以經濟體「真正」付出的成本或獲得的效益，來計算價值，通常會省略移轉支付（transfer payment），並以各個項目帶給社會的機會成本來衡量其價值。當市場價格不能反映「真正的」經濟價值，經濟分析經常會採用「影子價格」來反映價值。



關於如何應用經濟分析的詳細指引，請參見Irvin（1978）、ODA（1988）和Winpenny（1991）。

6G 設計經濟及財政政策工具以處理入侵種問題

將外部成本內部化並矯正市場扭曲

至目前為止，本單元說明的幾種管理措施，大部分是有關管制、減輕入侵種的問題或適應入侵種的存在。經濟和財政政策工具可以提供這些措施重要的一臂之力，因為它們可以藉由提供經濟和金融誘因，改變大眾行為，同時這些政策工具試圖矯正經濟政策、價格和市場上的失靈，而這些都是造成入侵問題的潛在因素。

使用經濟和財政政策工具，以形塑生產、消費、投資和貿易行為，早有前例可循。大部分國家以制訂各式各樣的稅收、補貼、價格、市場和政策，作為經濟管理的核心策略，而全世界也逐漸將這種策略應用至重大的環境問題（譬如參見Munasinghe與Cruz（1994）、OECD（1999）等文獻所述）。雖然，經濟和財政政策工具在入侵種相關問題上的應用，相對而言並沒有什麼發展，但有許多範疇都可考量之。這些政策工具能以具成本效益的方式，影響生物入侵的重要成因，並可強化那些較傳統的管制與管理策略。

經濟和財政政策工具的根本目標是改變政策、價格和市場，以確保個人做決策的時候，能把廣大社會成本或入侵種的外部成本內部化。經濟和財政政策工具和一般常用的環境管理工具，在某些方面確有其相似之處；這些環境管理工具也是要矯正市場的扭曲與失靈，避免其鼓勵某些無益於社會最大利益的消費、生產和貿易行為。但是入侵種的問題和一般經濟學所認知的外部性有一個顯著的不同，也就是不論物種如何成為入侵種，一旦它們開始入侵，多半可靠自身的力量生生不息，而其所造成的衝擊往往與時遽增。一般而言，只有當來源活動持續發生，外部性才會繼續存在，但對入侵種而言卻不是如此。除此之外，入侵種的影響通常被認為具有跨界的外部性，而這使得經濟和財政政策工具的運用變得更加複雜。

入侵種既然有這些獨特性質，也就意味著一般用來處理環境外部性問題的經濟和財政政策工具，只能有限運用於入侵種的問題（Jenkins，2002；Perrings，2002），以下內容將大略檢視幾種應用於入侵種問題的經濟和財政政策工具。有些出版品內有詳細介紹以及案例分析，說明經濟政策工具如何應用於處理環境問題，譬如OECD（1999）、Rietbergen與McCracken（2000）。

可應用於入侵種問題的經濟及財政政策工具類型

有許多種經濟和財政政策工具有運用於入侵種問題的潛力，包括收費、財政政策工具、保證金及押金、貿易措施（圖10）。其中多數都基於「污染者付費」的原則，也就是那些必須為入侵種的引入及擴散負責的公司或個人，應該負擔預防、滅除、圍堵或控管入侵種的成本，還有減緩入侵種危害和復育的成本（Horan等人，2002；Jenkins，2002）。就實務面而言，這就是透過市場及價格，讓生產者、消費者和貿易商面對其行為所產生的和入侵種有關的成本。



經濟政策工具通常具有雙重目的，一是改變經濟參與者所面臨的誘因結構，二是取得足夠的資金，以利第三者團體（通常是政府）採取必要行動因應入侵種及其所造成的危害，這些行動包括直接管理、生態系復育、替代技術及產品的提供，還有補償；後者的用途尤其重要，幾位作者都指出，世界上大多數國家管理入侵種的公共資金，仍然嚴重不足（Jenkins，2002）。還有一點要強調的是，使用經濟及財政政策工具的關鍵步驟之一，是必須先找出政策、市場和價格上，有那些扭曲及不當誘因而導致生物入侵，並加以解構之。

圖10. 處理入侵種問題的經濟及財政政策工具分類表

類型	內容	具體實例
規費	讓使用或依賴入侵種的產品和服務的價格合理化，以促進其替代產品或技術之市場的措施；或以和入侵種有關的配額或許可，來發展市場的措施。	壓艙水費用、可交易的許可權
創造市場	為受到入侵種影響的土地或生態系服務創造市場或價格的措施。	為生態系服務付費、生物多樣性補償措施
財政政策工具	預算方面的措施，對使用或依賴入侵種的產品及活動徵收稅金、或對其替代產品及技術提供補貼。	投資稅、商品稅、優惠貸款
保證金與押金	要求提供財務擔保的措施，確保與入侵種有關的經濟活動造成任何危害時，其危害得以補償。	履約保證金、損害保證金、進口押金、復育押金
貿易措施	利用貿易政策工具防止生物入侵的措施。	進口關稅及配額、進口稅、出口稅、貿易禁令、生態稅、邊境稅調整

資料來源：Emerton，2001。

圖10提供的例子，說明這些經濟和財政政策工具的不同類別如何被應用至入侵種的問題。然而，由於現在以經濟和財政政策工具處理生物入侵問題的案例還非常少，因此很難具體舉例說明特定政策工具的可行與否。但是值得一提的是，一般來說，如果關於入侵種的市場和貿易網路相對健全，而且當地也有能力去落實和規範特定的限制、要求及規費，那麼以上提到的各種政策工具，大多都能發揮最佳效用。

特定政策工具的適用性顯然會因為狀況和情境不同而改變，通常最有效的作法，是設計一套相輔相成的政策工具，多管齊下便可同時提供誘因（鼓勵人們控制入侵種的使用）及反誘因（抑制人們引入及散播入侵種）。對於物種引入的事前預防，還有對於已成為入侵種的引入物種的事後控制，在這些不同情況下的政策工具設計方式顯然有所不同（Perrings，2000）。方塊21所述的是由不同學者提出、用來處理生物入侵問題的一些具體的經濟與財政政策工具。



方塊21. 可用以處理入侵種問題的經濟及財政政策工具

- 採用為環境服務付費的方式，以提供資金讓土地所有人或他人來恢復提供重要服務的受入侵生態系，而費用由這些服務（例如供水、碳吸存、防止火災等）的受惠者來支付。例如，南非的「水資源工作方案」（Working for Water programme），其所收取的水文服務費用，就拿來雇用失業勞工，請他們去清除公有或私人的山地集水區及河岸旁的外來入侵植物，以恢復自然的野火規律、土地生產力、生物多樣性和水文系統的運作。由於成效良好，自來水公司和縣市政府已開始和水資源工作方案簽約，以復育影響到他們供水的集水區。（Turpie等人，2008）
- 對出口商採取入侵風險關稅，讓他們面對自己行為所造成的成本。建議應將入侵風險關稅納入貿易協定中。（Perrings等人，2005a）
- 要求繳交押金，其額度等同於刻意引入的外來種於未來可能造成之最大危害的估計補救成本。（Thomas和Randall，2000）
- 對引入外來種的進口商和從事高風險活動者，要求其提供環境保證金，其額度等同於如果該外來種在本地立足、歸化並成為入侵種時，預估造成的損害成本。（Perrings，2000）
- 對可能造成生物入侵的行為收取費用，這筆款項可用來成立基金，以支付入侵種的預防措施和快速反應措施所需經費。建議這筆費用可向從事全球貿易及旅遊的人士徵收，亦即針對原生於其他洲的所有活體動植物之進口、入關的旅客、貨輪和飛機等對象課徵。（Jenkins，2001、2002）
- 對於可能引入或散播入侵種的活動，要求須符合一套保險與擔保條件，同時施以民事及刑事罰鍰及處罰。（Jenkins，2001、2002）然而要注意的是，這些政策工具許多都有時間落差的問題，而且也很難將生物入侵的原因切割開來。（Jenkins，2002）
- 採用可交易的風險許可權。這種許可權是以某種外來入侵種被引入的可能性或機率來表示。要讓這種許可權交易市場運作，可提供每艘船隻潛在入侵種的風險許可權，並允許這些船隻之間彼此交易許可權，唯一的條件是，每艘船隻實際產生的風險程度，不得超過該船持有的風險許可權。（Horan和Lupi，2005）

6H 參考資料

- Anderson, D., and J. Quiggin. 1990. "Uncertainty in Project Appraisal." Paper presented at the Annual Conference on Development Economics (April 26-27). World Bank, Washington DC
- Aslaksen, J. and A. Ingeborg Myhr, 2007, The worth of a wildflower: precautionary perspectives on the environmental risk of GMOs, *Ecological Economics* 60(3): 489-497
- Binimelis, R., Monterroso, I. and B. Rodriguez-Labajos, 2006, Socio-economic Impact and Assessment of Biological Invasions, in W. Nentwig (ed) *Biological Invasions (Ecological Studies, Vol. 193)* Springer, New York
- Born, W., Rauschmayer, F., and I. Bräuer, 2004, Economic Evaluation of Biological Invasions – a Survey. UFZ-Discussion Papers, UFZ Centre for Environmental Research, Department of Economics, Sociology and Law, Leipzig
- Buhle, E.R., Margois, M. and J. L. Ruesnik, 2005, Bang for buck: cost-effective control of invasive species with different life histories *Ecological Economics* 52(3): 355-366
- Cacho, O., J., Wise, R. M., Hester, S. M. and J. A. Sinden, 2008, Bioeconomic modeling for control of weeds in natural environments. *Ecological Economics* 65: 559-568
- Emerton, L., 2001, Using Economic Incentives for Biodiversity Planning. Asia Regional Environmental Economics Programme, The World Conservation Union (IUCN, Karachi).
- Horan R.D., C. Perrings, F. Lupi and E. Bulte. 2002. Biological pollution prevention strategies under ignorance: the case of invasive species, *American Journal of Agricultural Economics* 84(5): 1303-1310.

- Horan, R. D. and F. Lupi, 2005, Tradeable risk permits to prevent future introductions of invasive alien species into the Great Lakes Ecological Economics 52(3): 289-304
- Irvin, G., 1978. Modern Cost-Benefit Methods: An Introduction to Financial, Economic and Social Appraisal of Development Projects. Macmillan, London
- Jenkins, P., 2001, Who should pay? Economic dimensions of preventing harmful invasions through international trade and travel. in McNeely, J. (ed) The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge
- Jenkins, P., 2002, Paying for Protection from Invasive Species. Issues in Science and Technology, Fall 2002
- Leigh, P., 2003, Benefits and costs of the Ruffe control programme for the Great Lakes fishery. Journal of Great Lakes Research 24(2): 351-360
- Maguire, L., 2004, What Can Decision Analysis Do for Invasive Species Management? Risk Analysis 24 (4):859–868
- Marais, C. and A.M. Wanneburgh , 2007. Restoration of water resources (natural capital) through the clearing of invasive alien plants from riparian areas in South Africa - costs and water benefits. Department of Water Affairs & Forestry, Directorate: Working for Water, Cape Town
- McNeely, J., 1996, The great reshuffling: How alien species help feed the global economy. In Sandlund, O., Schei P. and Å. Viken, (eds). Proceedings of the Norway/UN Conference on Alien Species, Trondheim
- McNeely, J., 2001, Invasive species: a costly catastrophe for native biodiversity. Land Use and Water Resources Research 1, 2: 1–10
- Munasinghe, M. and W. Cruz, 1994, Economywide Policies and the Environment. The World Bank, Washington DC
- ODA, 1988, Appraisal of Projects in Developing Countries: a Guide for Economists, Overseas Development Administration, Her Majesty's Stationery Office, London.
- OECD, 1999, Economic Instruments for Pollution Control and Natural Resources Management in OECD Countries: a Survey. Working Party on Economic and Environmental Policy Integration, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris
- Perrings, C., 2000, The Economics of Biological Invasions. Paper prepared for the workshop on Best Management Practices for Preventing and Controlling Invasive Alien Species South Africa/United States of America Bi-National Commission
- Perrings, C., 2002, Biological Invasions in Aquatic Systems: The Economic Problem. Bulletin of Marine Science 70(2): 541–552
- Perrings C., Dehnen-Schmutz K., Touza J. and Williamson M., 2005a, How to manage biological invasions under globalization, Trends in Ecology and Evolution 20(5): 212-215.
- Qureshi, M. E. and S. R. Harrison (2001). "A decision support process to compare riparian revegetation options in Scheu Creek catchment in north Queensland." Journal of Environmental Management 62(1): 101-112



- Shogren, J.F. 2000. Risk Reduction Strategies against the ‘explosive invader.’ In C. Perrings, M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) *The Economics of Biological Invasions*, Cheltenham, Edward Elgar: 56-69.
- Thomas, M.H. and A. Randall, 2000, Intentional introductions of nonindigenous species: a principal-agent model and protocol for revocable decisions. *Ecological Economics* 34(3): 333-345
- Turpie, J.K., 2004. The role of resource economics in the control of invasive alien plants in South Africa. *South African Journal of Science* 100: 87-93
- Turpie, J.K., Marais, C. and J. N. Blignaut, 2008, The working for water programme: Evolution of a payments for ecosystem services mechanism that addresses both poverty and ecosystem service delivery in South Africa. *Ecological Economics* 65: 788-798
- Winpenny, J.T., 1991, *Values for the Environment: A Guide to Economic Appraisal*. Overseas Development Institute, Her Majesty’s Stationery Office, London



入侵種經濟分析工具手冊

重要參考文獻





- Acquaye, A.K.A, Alston, J.M., Lee, H. and D.A. Sumner, 2005, Economic Consequences of Invasive Species Policies in the Presence of Commodity Programs: Theory and Application to Citrus Canker. *Review of Agricultural Economics* 27(3): 498–504
- AEC Group, 2003, Economic Assessment of Environmental Weeds in Queensland, Department of Natural Resources and Mines, AEC Group, Townsville
- AEC Group, 2007, Economic Impact of Lantana on the Australian Grazing Industry, Department of Natural Resources & Water, AEC Group, Townsville
- Albers, H., M.J. Goldbach and D. Kaffine. 2005. Implications of agricultural policy for species invasion in shifting cultivation systems, *Environment and Development Economics*, in press.
- Andow, D.A., 2003, Biological Invasions: Assessment And Management of Environmental Risk. Department of Entomology, University of Minnesota, St. Paul
- Aslaksen, J. and A. Ingeborg Myhr, 2007, The worth of a wildflower: precautionary perspectives on the environmental risk of GMOs, *Ecological Economics* 60(3): 489-497
- Bangsund, D. A. and F. L. Leistriz, 1991, Economic Impact of Leaf Spurge in Montana, South Dakota, and Wyoming. North Dakota State University, Agricultural Experimental Station, Agricultural Economics Report no. 275.
- Bangsund, D. A., Baltezare, J.F., Leitch, J.A. and F. L. Leistriz, 1993, Economic Impacts of Leafy Spurge on Wildlands in Montana, South Dakota, and Wyoming. North Dakota State University, Agricultural Economics Station, Agricultural Economics Report no 304
- Bangsund, D. A., F. L. Leistriz, and J.A. Leitch, 1999, Assessing Economic Impacts of Biological Control of Weeds: the Case of Leafy Spurge in Northern Great Plains of the United State.” *Journal of Environmental Management* 56: 35-53
- Bell, F. and M. Bonn, 2004, Economic Sectors at Risk from Invasive Aquatic Weeds at Lake Istokpoga, Florida. Report prepared for the Bureau of Invasive Plant Management, Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee
- Bergman, D., Chandler M. and A. Locklear, 2002, The Economic Impact of Invasive Species to Wildlife Services’ Cooperators. In L. Clark, ed., *Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations*. Proceedings of the Third NWRC Special Symposium, National Wildlife Research Center, USDA, Fort Collins
- Binimelis, R., Monterroso, I. and B. Rodriguez-Labajos, 2006, Socio-economic Impact and Assessment of Biological Invasions, in W. Nentwig (ed) *Biological Invasions (Ecological Studies, Vol. 193)* Springer, New York
- Born, W., Rauschmayer, F., and I. Bräuer, 2004, Economic Evaluation of Biological Invasions – a Survey. UFZ-Discussion Papers, UFZ Centre for Environmental Research, Department of Economics, Sociology and Law, Leipzig
- Buhle, E.R., Margois, M. and J. L. Ruesnik, 2005, Bang for buck: cost-effective control of invasive species with different life histories *Ecological Economics* 52(3): 355-366
- Cacho, O., J., Wise, R. M., Hester, S. M. and J. A. Sinden, 2008, Bioeconomic modeling for control of weeds in natural environments. *Ecological Economics* 65: 559-568



- Coombs, E.M., H. Radtke, D.L. Isaacson, and S. Snyder. 1996. Economic and Regional Benefits from Biological Control of Tansy Ragwort, *Senecio Jacobaea*, in Oregon. In VC Moran and JH Hoffmann (eds.) *International Symposium on Biological Control of Weeds*. University of Cape Town. Stellenbosch: 489- 494.
- Costello, C. and C. McAusland. 2003. Protectionism, Trade and Measures of Damage from Exotic Species Introduction. *American Journal of Agricultural Economics* 85(4): 964- 975.
- Dalmazzone, S. 2000. Economic Factors affecting vulnerability to biological invasions, in C. Perrings, M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) *The Economics of Biological Invasions*, Cheltenham, Edward Elgar: 17-30.
- Diaz , R., Wahl, T. and Z. Zhao, undated, *The Economic Implications of Invasive Species in International trade: the Chile-US fresh fruit market*
- Ding, J., Mack, R.N., Lu, P., Ren, M. and H. Huang, 2008, *China's Booming Economy is Sparking and Accelerating Biological Invasions*. *BioScience* (58), pages 317-324
- Evans, E., 2003, *Economic Dimensions of Invasive Species*, Choices 5, American Agricultural Economics Association
- Evans, E.A., T.H. Spreen, and J.L. Knapp 2003. *Economic Issues of Invasive Pests and Diseases and Food Safety*, MGTC 02-2, University of Florida, International Agricultural Trade and Policy Center, Gainesville FA.
- Finnof D., J.F. Shogren, B. Leung and D. Lodge. 2005. The importance of bioeconomic feedback in invasive species management, *Ecological Economics* 52(3): 367-382.
- Finoff, D., Shogren, J, Leung, B. and D. Lodge, 2005, *The importance of bioeconomic feedback in invasive species management* *Ecological Economics* 52(3): 367-381
- Gallagher, K.P., 2003, *Globalisation's Hidden Price Tag: the Economic Cost of Invasive Alien Species*, *Policy Matters* 11: 111-113
- Gutierrez, A.P. and U. Regev, 2005, *The bioeconomics of tritrophic systems: applications to invasive species* *Ecological Economics* 52(3): 383-396
- Higgins S.I., Azorin E.J., Cowling R.M. and Morris M.H. (1997). A dynamic ecological-economic model as a tool for conflict resolution in an invasive alien-plant, biological control and native-plant scenario. *Ecological Economics* 22: 141-154.
- Higgins, S., Turpie, J., Costanza, R., Cowling, R., Le Maitre, D., Marais, C. And G. Midgley, 1997, *An ecological economic simulation model of mountain fynbos ecosystems: dynamics, valuation and management*. *Ecological Economics* 22: 155-169
- Hill G. and D. Greathead. 2000. Economic evaluation in classical biological control, in C. Perrings, M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) *The Economics of Biological Invasions*, Cheltenham, Edward Elgar: 208-223.
- Hoagland, P. and D. Jin, 2006, *Science and Economics in the Management of an Invasive Species*. *BioScience* 56(11): 931-935



- Horan R.D., C. Perrings, F. Lupi and E. Bulte. 2002. Biological pollution prevention strategies under ignorance: the case of invasive species, *American Journal of Agricultural Economics* 84(5): 1303-1310.
- Horan, R. D. and F. Lupi, 2005, Tradeable risk permits to prevent future introductions of invasive alien species into the Great Lakes *Ecological Economics* 52(3): 289-304
- Horan, R., Perrings, C., Lupi, F. and E. Bulte, 2005, Biological Pollution Prevention Strategies: the Case of Invasive Species, *American Journal of Agricultural Economics* 84(5): 1303-1310
- Horan, R.D. and F. Lupi. 2005. Economic incentives for controlling trade-related biological invasions in the Great Lakes. *Ecological Economics* 52(3): 289-304.
- Jenkins, P., 2001, Who should pay? Economic dimensions of preventing harmful invasions through international trade and travel. in McNeely, J. (ed) *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge
- Jenkins, P., 2002, Paying for Protection from Invasive Species. *Issues in Science and Technology*, Fall 2002
- Juliá, R., Holland, D.W. and J. Guenther, 2007, Assessing the economic impact of invasive species: The case of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis* L.) in the rangelands of Idaho, USA. *Journal of Environmental Management* 85: 876-882
- Keller, R.P, Lodge, D.M. and D.C. Finoff, 2007, Risk assessment for invasive species produces net bioeconomic benefits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(1): 203-207
- Knowler D. 2005. Reassessing the costs of biological invasion: *Mnemiopsis leidyi* in the Black Sea, *Ecological Economics* 52(2): 187-200.
- Knowler D. and E.B. Barbier. 2000. The economics of an invading species: a theoretical model and case study application. in C. Perrings, M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) *The Economics of Biological Invasions*, Cheltenham, Edward Elgar: 70-93.
- Knowler, D. and E.B. Barbier. 2005. Importing exotic plants and the risk of invasion: are market based instruments adequate? *Ecological Economics* 52(3): 341-354.
- Knowler, D. and E. B. Barbier, 2005, Importing exotic plants and the risk of invasion: are market-based instruments adequate? *Ecological Economics* 52(3): 341-354
- Kotani, K., Kakinaka, M. and H. Matsuda, 2006, Dynamic Economic Analysis on Invasive Species Management: Some Policy Implications of Catchability. GSIR Working Papers, Economic Analysis & Policy Series EAP06-2, International University of Japan
- Le Maitre D.C., B.W. van Wilgen, C.M. Gelderblom, C. Bailey, R.A. Chapman and J.A. Nel. 2002. Invasive alien trees and water resources in South Africa: case studies of the costs and benefits of management. *Forest Ecology and Management* 160: 143-159.
- Leigh, P., 2003, Benefits and costs of the Ruffe control programme for the Great Lakes fishery. *Journal of Great Lakes Research* 24(2): 351-360



- Leung, B., D.M. Lodge, D. Finnoff, J.F. Shogren, M.A. Lewis, and G. Lamberti. 2002. An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences* 269(1508): 2407-2413.
- Lovell S.J. and S. Stone. 2005. The economic impacts of aquatic invasive species: a review of the literature, Working Paper # 05-02, U.S. Environmental Protection Agency National Center for Environmental Economics, Washington, D.C.
- Lovell, S., Stone, S. and L. Fernandez, 2006, The Economic Impacts of Aquatic Invasive Species: A Review of the Literature. *Agricultural and Resource Economics Review* 35/1: 195-208
- Maguire, L., 2004, What Can Decision Analysis Do for Invasive Species Management? *Risk Analysis* 24 (4):859–868
- Margolis M., J. Shogren and C. Fischer. 2005. How trade politics affect invasive species control, *Ecological Economics* 52(3): 305-313.
- Margolis, Shogren, J. and C. Fischer, 2005, How trade politics affect invasive species control *Ecological Economics* 52(3): 305-313
- McAusland C. and C. Costello. 2004. Avoiding invasives: trade related policies for controlling unintentional exotic species introductions, *Journal of Environmental Economics and Management* 48, 954-977
- McNeely, J., 1996, The great reshuffling: How alien species help feed the global economy. In Sandlund, O., Schei P. and Å. Viken, (eds). *Proceedings of the Norway/UN Conference on Alien Species*, Trondheim
- McNeely, J., 2001, Invasive species: a costly catastrophe for native biodiversity. *Land Use and Water Resources Research* 1, 2: 1–10
- McNeely, J. (ed), 2001, *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge
- McNeely J. A., Mooney, H. A., Neville, L. E., Schei, P. J. and J. K. Waage (eds), 2001, *A Global Strategy on Invasive Alien Species*. IUCN, Gland and Cambridge.
- Mooney, H.A, and R.J. Hobbs, (eds), 2001, *Invasive Species in a Changing World*. Island Press, Washington DC
- Naylor, R. L., 2000, *The Economics of Alien Species Invasions*. In Mooney, H. A. and R. J. Hobbs (eds) *Invasives in a Changing World*, Island Press, Washington DC
- Olson L. J. and S. Roy. 2002. The economics of controlling a stochastic biological invasion. *American Journal of Agricultural Economics* 84(5): 1311-1316.
- O'Neill, C. 1997. Economic impact of Zebra Mussels: Results of the 1995 Zebra Mussel Information Clearinghouse Study. *Great Lakes Res. Review* 3(1): 35-42.
- Perrault A., M. Bennett, S. Burgiel, A. Delach, and C. Muffett, 2003. *Invasive Species, Agriculture and Trade: Case Studies from the NAFTA Context*, North American Commission for Environmental Cooperation, Montreal.



- Perrings, C., 2000, The Economics of Biological Invasions. Paper prepared for the workshop on Best Management Practices for Preventing and Controlling Invasive Alien Species South Africa/United States of America Bi-National Commission
- Perrings C., M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) 2000. The Economics of Biological Invasions, Edward Elgar, Cheltenham.
- Perrings, C., 2002, Biological Invasions in Aquatic Systems: The Economic Problem. *Bulletin of Marine Science* 70(2): 541–552
- Perrings C. 2005a. Mitigation and adaptation strategies for the control of biological invasions, *Ecological Economics* 52 (3): 315-325
- Perrings, C., 2005b, The Socioeconomic Links Between Invasive Alien Species and Poverty. Report to the Global Invasive Species Program
- Perrings, C., Williamson, M., Barbier, E., Delfino, D., Dalmazzone, S., Shogren, J., Simmons, P. and A. Watkinson, 2002, Biological Invasion Risks and the Public Good: an Economic Perspective. *Conservation Ecology* 6(1): 1
- Perrings C., Dehnen-Schmutz K., Touza J. and Williamson M., 2005a, How to manage biological invasions under globalization, *Trends in Ecology and Evolution* 20(5): 212-215.
- Perrings, C., Dalmazzone, S. and M. Williamson, 2005b, The Economics of Biological Invasions. In Mooney, H., Mack, R., McNeely, J., Neville, L., Schei, P. and J. Waage (eds), *Invasive Alien Species: A New Synthesis*, Island Press, Washington DC
- Pimentel, D., 2003. Economic and Ecological Costs Associated with Aquatic Invasive Species, *Proceedings of the Aquatic Invaders of the Delaware Estuary Symposium*, Malvern
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga, and D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience*, 50(1): 53-56.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. and D. Morrison, 1999, Environmental and Economic Costs Associated with Non-Indigenous Species in the United States. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. and D. Morrison, 2000, Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States. *BioScience* 50(1): 53-65
- Pimentel, D., Zuniga, R. and D. Morrison, 2005, Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52: 273– 288
- Pimentel, David, S. McNair, S. Janecka, J. Wightman, C. Simmonds, C. O'Connell, E. Wong, L. Russel, J. Zern, T. Aquino and T. Tsomondo, 2001, Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84:1-20.
- Qureshi, M. E. and S. R. Harrison (2001). "A decision support process to compare riparian revegetation options in Scheu Creek catchment in north Queensland." *Journal of Environmental Management* 62(1): 101-112
- RNT Consulting Inc, 2002, Environmental and Economic Costs of Alien Invasive Species in Canada. RNT Consulting Inc., Ontario



- Rockwell, H. W. Jr., 2008, Summary of a Survey of the Literature on the Economic Impact of Aquatic Weeds. Paper prepared for the Aquatic Ecosystem Restoration Foundation
- Sandlund, O.T., Schei, P.J. and Å. Viken, (eds), 1999, Invasive species and biodiversity management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD). 2005. The impact of trade liberalisation on agricultural biological diversity: domestic support measures and their effects on agricultural biological diversity, SCBD, Montreal.
- Shackleton, C. M. McGarry, D., Fourie, S. Gambiza, J., Shackleton, S. and C. Fabricius, 2007, Assessing the Effects of Invasive Alien Species on Rural Livelihoods: Case Examples and a Framework from South Africa. *Human Ecology* 35:113–127
- Shogren, J.F. and J. Tschirhart, 2005, Integrating ecology and economics to address bioinvasions. *Ecological Economics* 52(3): 267-271
- Shogren, J.F. 2000. Risk Reduction Strategies against the ‘explosive invader.’ In C. Perrings, M. Williamson and S. Dalmazzone (eds) *The Economics of Biological Invasions*, Cheltenham, Edward Elgar: 56-69.
- Simberloff, D., 2005, The politics of assessing risk for biological invasions: the USA as a case study. *TRENDS in Ecology and Evolution* 20(5): 216-222
- Stutzman, S. K. M. Jetter and K. M. Klonsky. 2004. An Annotated Bibliography on the Economics of Invasive Plants, University of California, Davis, Agricultural Issues Center
- Thomas, M.H. and A. Randall, 2000, Intentional introductions of nonindigenous species: a principal-agent model and protocol for revocable decisions. *Ecological Economics* 34(3): 333-345
- Turpie J.K. and B.J. Heydenrych. 2000. Economic consequences of alien infestation of the Cape Floral Kingdom’s Fynbos vegetation. In C. Perrings, M. Williamson and S. Dalmazzone, eds, *The Economics of Biological Invasions*, Edward Elgar, Cheltenham: 152–182.
- Turpie, J.K., 2004. The role of resource economics in the control of invasive alien plants in South Africa. *South African Journal of Science* 100: 87-93
- Turpie, J.K., Marais, C. and J. N. Blignaut, 2008, The working for water programme: Evolution of a payments for ecosystem services mechanism that addresses both poverty and ecosystem service delivery in South Africa. *Ecological Economics* 65: 788-798
- Van Wilgen, B. W., Richardson, D. M., Le Maitre, D. C., Marais, C. and D. Magadlela, 2001, The economic consequences of alien plant invasions: examples of impacts and approaches to sustainable management in South Africa. *Environment, Development and Sustainability* 3: 145–168
- Vilà M. and J. Pujadas, 2001, Socio-economic parameters influencing plant invasions in Europe and North Africa. in McNeely, J. (ed) *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge
- Wise, R., van Wilgen, B., Hill, M., Schulthess, F., Tweddle, D., Chabi-Olay, A. and H. Zimmermann, 2007, *The Economic Impact and Appropriate Management of Selected Invasive Alien Species on the African Continent*. Report prepared for GISP



重要參考文獻

Wittenberg R. and M. J. W. Cock, 2001, Invasive alien species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices. CAB International, Wallingford

Zavaleta E. 2000. The Economic Value of Controlling an Invasive Shrub. *Ambio* 29(8): 462-467.

Zavaleta, R. E., 2000, Valuing Ecosystem Services Lost to Tamarix Invasion in the United States. In Mooney, H. A. and R. J. Hobbs (eds) *Invasives in a Changing World*, Island Press, Washington DC



入侵種經濟分析工具手冊

重要名詞解釋





重要名詞解釋

acclimatised species(= naturalised species)	馴化種(=歸化種)	一外來種被引入一生態系中並存活一段長久時間後，已經被視為是此生態系的一部份，在法規與實務上，已等同視為原生種。
alien invasive species	外來入侵種	已變成入侵種的外來種(見以下的「入侵」)
alien species	外來種	被引入某生態系的非原生物種。
benefit cost ratio (BCR)	益本比	衡量計畫可取性或收益性的指標：計畫總效益與總成本兩者在貼現後的比率。
choice experiment valuation techniques	選擇試驗評價法	以「陳述偏好法」來評價生態系或環境資源的一種方法。其向應答者提出一系列可供選擇的資源或生態系使用選項，之中的每一項皆以各種屬性（包括價格）予以定義，然後利用應答者的選擇，作為生態系屬性的價值指標。
conjoint analysis valuation techniques	聯合分析評價法	以「陳述偏好法」來評價生態系或環境資源的一種技術，其要求個人去考慮現況與替代狀況。它向應答者描述一種特定的假設情境與各種環境產品與服務，應答者必須在之間做出選擇。
consolidation	鞏固	正成為入侵種的外來種的分布範圍擴張情勢的確立。
consumer surplus	消費者剩餘	產品價值與價格之間的差距，換言之，由願意為產品或服務付出比實際價格更多金額的消費者獲得的超出實際支付金額的利益。
containment	圍堵	限制一物種擴散（可能變成入侵）的地區或範圍，試圖去停止其擴散傳播到新的地區。
contingent valuation techniques (CVM)	條件評價法	以「陳述偏好法」來評價生態系或環境資源的一種方法。其在假設環境產品或服務可供購買或銷售的情況下，引導應答者對於環境產品或服務的質或量的特定增加或減少進行評價。其取得的結果是應答者願意為問題中的產品或服務的質或量支付多少金額，或願意為這些產品或服務的損失接受多少補償金。
cost based approaches to valuation	成本基礎評價法	為價值評估方法的一個類別。其檢視當維持生態系產品與服務時，市場的得失或可避免掉的成本，包括重置成本法、減緩或規避支出法以及損害成本避免法。
cost-benefit analysis (CBA)	成本效益分析	一種藉由比較成本與效益去判斷計畫可取性的決策工具。
cost-effectiveness analysis (CEA)	成本有效性分析	依據要達到特定目標的最小成本方式，去判斷計畫可取性的一種決策工具。
damage cost avoided valuation techniques	損害成本避免評價法	一種基於成本去評價生態系或環境資源的方法。其藉由計算下游基礎建設、生產力或族群因生態系服務的存在而得以避免的損害，去評估生態系產品與服務的價值。
decision analysis	決策分析	一種判斷計畫可取性的決策工具，其根據對風險的態度，衡量一特定行動路線的期望值（換言之，依據其發生機率衡量的可能價值之總和），以求取其期望效用（expected utilities）。
direct values	直接價值	總經濟價值的構成要素之一，係指環境與自然資源被直接使用作為原物料和物質產物，以供生產、消費和銷售時的價值。



discount rate	貼現率	用來決定未來成本與效益之現值的利率。
economic analysis	經濟分析	以整體觀點檢視各項計畫、方案與政策對社會之成本與效益的影響，其乃根據經濟或影子價格加以評價。
economic values	經濟價值	依據其對經濟的「真實」成本或效益來衡量的價值，通常省略移轉性支出（transfer payments），並以對社會的機會成本來評價所有項目。
ecosystem	生態系	一群生物和它們的環境交互作用，形成一個明確的、與政治疆界無關的生態單位。一個生態系可能是自然的，也可能被人類活動和影響所改變（例如：森林和農業生態系）。
effect on production valuation techniques	生產影響評價法	以「生產函數法」評價生態系或環境資源的一種方法。其將一特定生態系之產品或服務的質或量的變化和生產之市場價值的變化兩者之間的關係量化。
eradication	滅除	對於正在入侵（或可能入侵）至特定地區或國家的物種之所有存活個體進行完全去除的行動。
establishment	立足	一物種在一新的場域（逐漸）定居，可以不依賴人類幫忙而能夠穩定繁殖的階段（介於引入與歸化之間）。
existence values	存在價值	總經濟價值的構成要素之一，係指環境或自然資源的固有價值，不管其現在或未來使用的可能性。
Externality	外部性	一經濟活動對不相關的第三者造成正面或負面的影響，而未能反映在其所生產之產品或服務的價格上，也沒有因此付出或得到補償。
financial analysis	財務分析	檢視計畫、方案與政策對特定個人或群體之私人收益的成本與效益的影響，其乃根據財務價格加以評價。
financial values	財務價值	以市場價格來衡量，由特定個人或群體所取得或支出的價值。
hedonic pricing valuation techniques	特徵價格評價法	以替代市場法評價生態系或環境資源的一種方法。其將生態系的產品與服務的存在（或品質）與其他事物（例如房產或薪水）的價格關聯起來，藉以評估其價值。
'hitchhiker'	搭便車者	一生物樣本被帶到一新生態系中，但是牽扯其中的人們並不知情。搭便車者通常被另一物種或船隻、車輛、運輸工具或其他東西所攜帶。
habitat	棲地	一物種或族群的環境，通常是在一個更大的系統（生態系）裡面。
indirect values	間接價值	總經濟價值的構成要素之一，係指維持與保護自然和人類系統的環境服務之價值。
internal rate of return (IRR)	內部報酬率	使一計畫的淨現值變成零的貼現率，是用來衡量計畫可取性或收益性的指標。
introduction	引入	一物種移居到一新場域、生態系、國家，而成為當地的外來種。
invasion	入侵	物種入侵或生物入侵是指入侵種在其族群增加與擴散，而且開始對它所進入的生態系產生負面衝擊時的行為。



重要名詞解釋

invasive species	入侵種	藉由進入或影響生態系其他部分的穩定性而對生態系造成傷害（不管是透過不受控制的生殖繁衍或其他方式）的物種。入侵種對一個國家而言通常是外來的，但有些本土種也可能變成入侵種，這是當外在因素改變了生態系，而使得它們變成「外來種」時，即有可能發生。
invasiveness	入侵性	使一物種能夠入侵到一個地區或生態系的特徵。
management of an invasive species	入侵種的控管	是指一旦某物種入侵已經確立時，減少其入侵規模、衝擊和（或）效應的行動。
marginal benefit	邊際效益	每額外消費一單位的產品或服務所產生的效益變化。
marginal cost	邊際成本	每額外生產一單位的產品或服務所產生的成本變化。
marginal value	邊際價值	每額外生產或消費一單位的產品或服務所產生的價值變化。
market price valuation techniques	市場價格評價法	以市場價格來評價生態系或環境資源的方法：要花多少錢來買，或值得賣多少。
mitigative or aversive expenditure valuation techniques	減緩或規避支出評價法	一種以成本為基礎來評價生態系或環境資源的方法。其藉由計算須花費多少成本以減緩或規避因生態系產品與服務之損失所造成的經濟損失，以評價生態系產品與服務的價值。
multi-criteria analysis	多準則分析	一種決策工具，其依據生態、社會和經濟的準則，整合與權衡不同型態的貨幣與非貨幣資訊；生態系產品和服務的經濟評價可以整合為其中一項準則。
native species (= indigenous species) (see “acclimatized species”, above)	原生種（=本土種） （參見之前的「馴化種」）	被認定是原本即屬於某生態系一部分的物種，條件包括：早已經在那裡發展、遠在有這類記錄之前就已來到那個地區、透過自然方式到達（不靠人類活動的幫忙）等。等於本土種。
naturalization	歸化	一外來種變成當地植物相或動物相（新的）一部分的過程，生殖和擴散傳播不需要人類的幫忙。參見之前的「馴化種」。
net present value (NPV)	淨現值	衡量計畫可取性或收益性的指標：一計畫的淨效益（=效益-成本）貼現後的總和。
opportunity cost	機會成本	一產品、服務或資源用於次佳、替代的用途時的經濟價值。
option values	選擇價值	總經濟價值的構成要素之一：人們對於維持環境或自然資源以供未來可能使用所賦予的溢價。此用途可能現在尚未可知，但其經濟價值比現在的直接或間接使用價值為高。
pathways	途徑	（刻意或非刻意）導致外來種引入和（或）使其能夠引入至一個新的生態系、場域或國家的人類活動種類。
pest	有害生物	任何有害於植物、動物或人類活動的植物、動物或微生物（包括病原體）物種（或任何相關的分類群，如亞種、品系、生物型）。（譯註：此為廣義的定義，狹義者則專指害蟲。）



polluter pays principle	污染者付費原則	必須對入侵種的引入或擴散傳播負責的個人或公司，應該承擔下列措施的成本，包括：預防、滅除、圍堵或控管該物種之措施，以及減緩和補救該物種所帶來損害的措施。
precautionary approach	預警作法	如同《里約環境和發展宣言》（Rio Declaration on Environment and Development）的第十五條原則所示，《生物多樣性公約》中所重申：「在面臨嚴重或不可逆的損害威脅時，不應以缺乏充分科學確定性為由，拖延可防止環境退化且具成本效益的措施的採行。」
prevention	預防	阻止一生物體進入一國家、場域或生態系，因為它已被視為是一種可能的有害生物、病原體或入侵種。
private good	私有財	被一人消耗即不能被另一人消耗的產品。私有財的效益是可分割且是排他性的。
production function approaches to valuation	生產函數評價法	為價值評估方法的一個類別，包括生產影響法。其試圖透過在生態系品質、特定服務的提供與相關的生產之間，建立起生物物理或劑量反應的關係，以將市售產品或服務的產出變化，與生態系產品與服務的質或量的可測量變化聯繫起來。
public good	公共財	一產品其效益可提供給所有人享用，且代價與提供給單一個人享用時相當。公共財的效益是不可分割的，無法排除人們去享用它。
replacement cost valuation techniques	重置成本評價法	一種基於成本來評價生態系或環境資源的方法。其藉由決定可能代替生態系產品與服務的人工產物、基礎設施或技術的成本來評價生態系的價值。
reproductive capacity	繁殖力	一生物體生產可存活後代的相對能力（以後代數量或後代能存活至生殖階段的比率來衡量）。
restoration of invaded ecosystems	受入侵生態系的復育	將一受生物入侵傷害的生態系恢復到先前健康或更好且受到認可的狀態。
risk-benefit analysis	風險效益分析	一種決策工具，其聚焦在會引起嚴重風險之事件的預防，並評估當特定危機萬一發生時，不採取行動的代價。
shadow prices	影子價格	用於經濟分析的價格，採用時機為當市場價格被認為無法反映「實際」經濟價值時。
stated preference approaches to valuation	陳述偏好評價法	為價值評估方法的一個類別。其要求消費者直接表達他們對於特定生態產品和服務的評價或偏好。包括條件評價法、聯合分析法以及選擇試驗法。
surrogate market approaches to valuation	替代市場評價法	為價值評估方法的一個類別。其檢視生態系產品和服務的價值間接反映在人們消費支出上的情形，或間接反映在其他市場產品和服務之價格上的情形。包括旅行成本法與特徵價格法。
taxon	分類群、生物類群	將生物分門別類的類群（諸如種、屬與科）。
total economic value (TEV)	總經濟價值	與生態系或環境資源有關聯的所有市場利益與非市場利益的總和，包括直接價值、間接價值、選擇價值與存在價值。



重要名詞解釋

travel cost valuation techniques	旅行成本評價法	以「替代市場法」來評價生態系或環境資源的一種方法。其把人們為參觀一生態系所付出的代價，當做該生態系的遊憩價值。
vectors	媒介	運輸或幫助一物種沿著一路徑移動，以進入一新生態系的媒介。
weed	有害植物	生長在人們不想要它生長的地點之植物（見前面的「有害生物」）。（譯註：此為廣義的定義，包含草本與木本的有害植物，狹義者則專指雜草。）

GISP

The Global Invasive Species Programme



看守台灣協會



行政院農委會林務局