

# 建立生態風險評估模式之不確定分析基本架構

陳俊宏、陳宜清

E-mail: 9411635@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

近期南台灣墾丁之擱淺貨輪滲漏燃油污染事件，由於清理時效的延宕造成污染的擴大，危及海域及海岸生態資源。然而對於生態受衝擊後樣品之採集或生物生態之監測並無一套詳實計畫，甚至生態受損之風險評估仍是闕如。「生態風險評估」是提供一個具有系統性及原則性之架構與方法，能可靠預測生態反應之危機潛勢，補強一般生物生態監測不夠周延及達到全方面考量之缺陷。然而對於生態風險之估計是否可信則是評估有效與否之關鍵，風險評估結果之不確定性產生在於評估模式之程序是否嚴謹完整？所引用資料是否充分可靠？還有資料之密度及監測期長等皆會影響估計值之精準程度。本研究旨在建立一套不確定性分析之基本架構應用於生態風險評估，以確認評估之不確定因子並定性描述之，尋求不確定性產生之關鍵點，及如何確認所得資料之準確性，增加可信度，降低不確定度，皆為本研究之重點。利用克利金推估之空間內插可降低因採樣點的密度不足或不均勻所衍生不確定性問題，而蒙地卡羅模擬法可提供為一種解決可信度分析的方法，可應用於不確定度之量化。因實際生態風險估計之資訊的缺乏下，研究案例則以空氣與水質方面應用克利金推估與蒙地卡羅模擬法來比擬事故發生時採樣上所須注意之事項。研究結果顯示，在數據的缺乏或採樣密度方面應用克利金推估有較佳之推估成效；不確定度量化上應用蒙地卡羅模擬法也可找出較佳之模擬範圍及數據上的不確定性。藉由整體適當之不確定性分析模式基本架構，期望未來能實務應用於生態風險估計及風險管理來準確評估生態風險及提供應變對策之參考。

關鍵詞：生態風險評估；不確定性；克利金推估；蒙地卡羅模擬法

## 目錄

封面內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	iv	英文摘要	vi	誌謝	viii	目錄	ix	圖目錄	xii	表目錄	xiv	第一章 緒論	1.1 研究緣起及目的	1.1.2 風險評估及不確定性概念	3	1.3 研究流程	9	第二章 生態風險評估之相關文獻	2.1 生態風險評估發展及內涵	11	2.2 評估程序架構	14	2.3 生態風險評估案例介紹	19	2.3.1 案例一：高屏溪水生態風險評估	19	2.3.2 案例二：台灣海岸地區溢油污染及清理方式之生態風險評估原則	以珊瑚礁生態系為例	25	2.3.3 歸納結論	35	第三章 不確定性分析之相關理論	3.1 不確定性的來源及分類	37	3.2 克利金推估	43	3.2.1 克利金法簡介	43	3.2.2 空間內插推估理論	44	3.3 蒙地卡羅模擬	50	3.3.1 蒙地卡羅模擬法簡介	50	3.3.2 改善模擬效率的方法	53	3.4 不確定性之界定	54	第四章 生態風險評估之不確定性分析架構	4.1 生態風險評估之不確定性探討	60	4.2 關鍵指標之探討	65	4.3 分析架構之初擬	71	4.3.1 程序不確定性之定量描述	內插資料點	71	4.3.2 程序不確定性之定量描述	不確定度之量化	74	4.3.3 資料模擬流程	蒙地卡羅模擬	78	第五章 案例應用分析	5.1 前言	81	5.2 Kriging法案例應用	83	5.2.1 研究區域範圍設定	84	5.2.2 研究區域臭氧濃度之推估	84	5.2.3 驗證程序	86	5.2.4 推估結果分析	87	5.2.5 小結	89	5.3 蒙地卡羅案例應用	90	5.3.1 淡水河背景現況	90	5.3.2 研究區域範圍設定	91	5.3.3 水質指標之選定與說明	93	5.3.4 結果分析	97	5.3.5 小結	146	第六章 結論與建議	6.1 結論	148	6.2 建議與未來展望	149	參考文獻	151	附錄一 忠孝橋、重陽橋、關渡橋、淡水河口水質測站（豐枯水期）監測值	160	附錄二 蒙地卡羅模擬程式碼撰寫	171	附錄三 各參數數值對應水質點數程式碼撰寫	178
------	-----	-----	-----	------	----	------	----	----	------	----	----	-----	-----	-----	-----	--------	-------------	-------------------	---	----------	---	-----------------	-----------------	----	------------	----	----------------	----	----------------------	----	------------------------------------	-----------	----	------------	----	-----------------	----------------	----	-----------	----	--------------	----	----------------	----	------------	----	-----------------	----	-----------------	----	-------------	----	---------------------	-------------------	----	-------------	----	-------------	----	-------------------	-------	----	-------------------	---------	----	--------------	--------	----	------------	--------	----	------------------	----	----------------	----	-------------------	----	------------	----	--------------	----	----------	----	--------------	----	---------------	----	----------------	----	------------------	----	------------	----	----------	-----	-----------	--------	-----	-------------	-----	------	-----	-----------------------------------	-----	-----------------	-----	----------------------	-----

## 參考文獻

- 中文文獻：1.行政院環境保護署訓練所（1990），河川水質監測實物講習班講義。2.余家慶（1997），「水庫溢流風險及不確定性分析」，國立台灣大學農業工程研究所碩士論文。3.吳榮富（2001），「以排序性階段叢集採樣結合克力金法推估土壤中重金屬分佈」，國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文。4.李達源、莊愷璋（1998），「地理統計於重金屬污染廠址危害範圍界定之應用」，地理統計在農業和環境科學之應用研討會論文集。5.李繼尊（1994），「流通係數空間變異模式之研究 雲林北港溪兩岸之變異探討」，國立台灣大學農業工程學系碩士論文。6.林建元（1993），「山坡地開發災害風險之負擔合理化」，都市與計畫，第三卷，第二十期，第279-301頁。7.林惠嬌（2003），「河川指標污染物及水體分類水質標準之探討」，國立台灣大學公共衛生學院環境衛生研究所碩士論文。8.林瑞晉（2002），「應用貝氏方法配置空氣採樣點以降低不確定性」，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文。9.邱文雅（1999），「關渡濕地水土特性與生態風險之評估」，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。10.侯俐芳（2003），「區域化貯蓄函數法之發展及其不確定性分析」，國立交通大學土木工程系碩士論文。11.洪慶宜（2002），「生態風險評估與海洋環境保護」，海下技術季刊，第十二卷，第一期。12.張國楨（1995），「空間統計分析與地理資訊系統」，自動化科技，133:109-112。13.張揚祺（2002），「環台海溢油污染風險評估」，台灣海洋水質環境管理資料庫系統操作研習會。14.張慶正（2004），「台灣海岸地區溢油污染及清理方式之生態風險評估原則 - 以珊瑚礁生態系為例」，大葉大學環境工程研究所碩士論文。15.莊愷璋（1998）「無母數

地理統計在界定重金屬污染土壤的應用」，國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文。16.莊愷璋、李達源、陳尊賢（1997）「地理統計預測污染土壤中重金屬的空間分佈：I.極端值與半變異圖模式的影響」，中國農業化學會誌，34:560-574。17.許博清（2003），「水再生利用微生物風險評估與決策系統之開發」，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文。18.郭振泰（2002），「水壩安全檢查最佳次序及週期之建立」，經濟部水資源局委託計畫。19.陳大鵬、黃文彥（2000），「土壤與地下水污染場址之健康風險評估方法-風險基準矯正行動（RBCA）」，工業污染防治，第七十五期，第26-48頁。20.陳宜清（2002），「生態風險評估之內涵、方法及應用」，大葉學報，第十一卷，第二期。21.陳宜清、張慶正（2003），「建立台灣海岸溢油污染及清理之生態風險評估準則-應用於珊瑚礁及海岸濕地生態系」，NSC91-2313-B-212-006，行政院國家科學委員會。22.陳盈良（2003），「考慮空間變異性之邊坡風險分析-以梨山地區為例」，國立中興大學土木工程學系碩士論文。23.黃文政、王慶藏（1996），「克利金法於雨量站設置之應用」，農業工程學報，第42卷，第1期，第44-55頁。24.黃文政、蘇春基、楊富堤（1996），「克利金法於空氣品質空間推估之研究」，中國環境工程學刊，第7卷，第3期，第281-288頁。25.黃誌川（2002），「集水區降雨逕流時空分佈之模擬-結合地文參數之不確定分析」，國立台灣大學地理環境資源研究所博士論文。26.楊雅梅（2001），「台灣水庫集水區水質指標與管理系統建立之研究」，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文。27.葛健群（2002），「高屏溪水生態風險評估」，國立高雄師範大學生物科學研究所碩士論文。28.蔡俊男（2001），「焚化爐煙道排放風險評估之不確定性分析」，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文。29.謝添進（2002），「台北、高屏地區土壤污染涵容能力推估」，國立成功大學環境工程學系碩士論文。30.行政院經濟部水利署。http://www.wra.gov.tw/index.asp 31.行政院環保署監資處。http://www.epa.gov.tw/P1/P1-6g.htm 32.鄭福田，「空氣污染概述」，環境教育資訊網。網頁：<http://eeweb.gcc.ntu.edu.tw/topic/air/book8.htm> 英文文獻：1.Armstrong, M. (1998). Basic linear geostatistics. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 2.Aurand, D. (1995). The application of ecological risk assessment principles to dispersant use planning. Spills Science & Technology, 2(4), 241-247. 3.Bartell, S.M., G. Lefebvre, G. Kaminski, M. Carreau & K.R. Campbell. (1999). An ecosystem model for assessing ecological risks in Quebec rivers, lakes and reservoirs. Ecological Modelling, 124, 43-67. 4.Bartell, S.M., R.H. Gardner & R.V. O' Neill (1992). Ecological Risk Estimation. Lewis Publishers. 5.Bartell, S.M., R.H. Gardner and R.V. O' Neill. (1992). Ecological Risk Estimation, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan. 6.Cullen, A. C. (1995). The sensitivity of Probability Risk Assessment Results to Alternative Model Structures: A case Study of Municipal Waste Incineration. Journal of the Air and Waste Management Association 45: 358-546. 7.Efroymson, R.A., W.H. Rose, S. Nemeth & G.W. II Suter (2000). Ecological risk assessment framework for low-altitude overflights by fixed-wing and rotary-wing military aircraft. Report prepared for the U.S. Department of Defence, ORNL/TM-2000/289. 8.Haskell, B.D., B.G. Norton & R. Costanza (1992). What is ecosystem health and why should we worry about it?, In: R. Costanza, B. Norton & B. Haskell eds. Ecosystem Health: New Goal for Environmental Management, Island Press, pp.3-19. 9.Johnston, R.K., P.E. Woods, G.G. Pesch & W.R. Munns. (1989). Assessing the impact of hazardous waste disposal sites on the environment: case studies of ecological risk assessments at selected Navy hazardous waste disposal sites. 14 Annual Army Environmental R&D Symposium. 10.Journel, A.G. (1988). Nonparametric geostatistics for risk and additional sampling assessment. p.45-72. In L. H. Keith (ed.) Principles of Environmental Sampling, American Chemical Society. 11.Kolluru, R.V., S.M. Bartell, R.M. Pitblado and R.S. Stricoff. (1996). Risk Assessment and Management Handbook, McGraw-Hill, Inc., New York, New York. 12.Kuznetsov, V. & N. Maslova (1999). NATO bombing to affect ecology of whole region. Itar - Tass News Wire; New York; Apr 20, 1999. 13.LaGrega, M. D., P. L. Buckingham, and Jeffrey C. E., (2001) " Hazardous Waste Management, 2nd- ", New York, McGraw-Hill Higher Education. 14.Liang, Y., M.H. Wong & R.B.E. Shutes (1999). Ecological risk assessment of polychlorinated biphenyl contamination in the Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong. Water Research, 33(6), 1337-1346. 15.McKay, M.D. (1988). Sensitivity and Uncertainty Analysis Using a Statistical Sample of Input Value. By Ronen, Y., CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 145-186. 16.Poulter, S. R. (1998). Monte Carlo Simulation in Environmental Risk Assessment: Science, Policy and Legal Issues, Risk: Health, Safety & Environment, 9(1), PP.7-26. 17.Suter, G.W. (1992). Screening Level Risk Assessment of Off-site Ecological Effects in Surface Waters Downstream from the U.S. Department of Energy Oak Ridge Reservation, ORNL/ER-8, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. 18.Suter, G.W., II and J.M. Loar (1992). Weighing the ecological risk of hazardous waste sites, the Oak Ridge case. Environ. Sci. Technol. 26(3), 432-438. 19.Suter, G.W.,II. (1996). Risk Characterization for Ecological Risk Assessment of Contaminated Sites. Report prepared for the U.S. Department of Energy, ES/ER/TM-200. 20.U.S. EPA (1988). " Risk assessment guidance for superfund ", vol. 1, part A. 21.U.S. EPA (1992). " Guidelines for exposure assessment. Office of Research and Development ", Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC. 22.U.S.EPA (1992a). Soil Screening Guidance: Technical Background Document, United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D. C., EPA/540/R-95/128, NTIS PB96-963502, May. 23.U.S.EPA (1996a). Clinch Valley Watershed: Ecological Risk Assessment- Planning and Problem Formulation. Risk Assessment Forum, Washington D.C. EPA/630/R-96/005a. 24.U.S.EPA (1996b). Big Darby Creek Watershed: Ecological Risk Assessment -Planning and Problem Formulation. Risk Assessment Forum. EPA/630/R-96/006a. 25.U.S.EPA (1996c). Middle Snake River Watershed: Ecological Risk Assessment - Planning and Problem Formulation. Risk Assessment Forum. EPA/630/R-96/008a. 26.U.S.EPA (1997). Exposure Factors Handbook. Washington, DC, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment. 27.U.S.EPA (1999). An SAB report: review of the index of watershed indicators. Science Advisory Board. EPA-SAB-EPEC- 99-014. 28.Warren-Hicks, W. J. & D. R.J. Moore (1998). Uncertainty analysis in ecological risk assessment, SETAC Press. 29.Zimmermann, H. J. (2000). An Application-Oriented View of Modeling Uncertainty. European J. of Operational Res., Vol.122, No.2, pp.190-198.