

國立臺灣大學工學院環境工程學研究所

碩士論文

Graduate Institute of Environmental Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

企業永續水資源績效指標與模糊評量制度研究

Sustainable Water Resource Performance Indicators and
Fuzzy Evaluation System

陳昫翔

Yun-Hsiang Chen

指導教授：林正芳 博士

Advisor: Cheng-Fang Lin, Ph.D.

中華民國 112 年 8 月

August 2023



國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書



企業永續水資源績效指標與模糊評量制度研究
Sustainable Water Resource Performance Indicators and
Fuzzy Evaluation System

本論文係陳昫翔君(學號 P10541201)在國立臺灣大學環境工程學研究所完成之碩士學位論文，於民國 112 年 7 月 29 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

論文審查委員：

李建賢

李建賢博士
財政部推動促參司司長

荷世平

荷世平博士
國立台灣大學土木工程學系教授

林正芳

林正芳博士
國立台灣大學環境工程學研究所教授

指導教授：林正芳

所長：陳昫翔



誌謝



修業即將結束研究論文得以順利完成，主要感謝指導教授林正芳老師在兩年間悉心指導與諄諄教誨，不僅傳授我專業知識，更訓練我學習獨立思考、專注細節、激勵我成長進步，使我在研究所學涯學習方向、思考邏輯、求學態度有更深刻體悟及成就，衷心謝謝老師。

在學習及研究期間，感謝郭孟芸學姐及簡亦廷同學提供寶貴的專業意見，於本研究互相勉勵、共同努力，讓此論文撰寫順利，在此表達由衷感謝。

感謝論文審查委員李建賢司長及荷世平老師，提供非常具有價值的經驗及寶貴建議，讓論文內容更上層樓，在此表達由衷敬意。

最後，感謝最親愛的父母、家人和伴侶，感謝他們在我就讀研究所期間給予支持、鼓勵和關懷，使我無後顧之憂地順利完成學業，謹以此篇論文表達內心最誠摯的感謝。

陳昫翔 謹誌於

國立台灣大學環境工程學研究所

中華民國 112 年 8 月




摘要

企業是永續環境重要參與者，環境永續議題帶動利害關係人關注企業永續發展作為，期企業貫徹 CSR 及 ESG 理念符合永續發展，專家學者建議以指標評量企業環境作為，然而評比方式不透明、缺乏完整性，同一企業在同年度各家評比不一，企業僅關注環境變遷下之風險承受度，忽略永續環境真正代表意義，是故有研究需求與必要性來發展永續績效指標與評量制度，以做為評估企業環境績效基礎平台，考量水資源在環境議題中扮演重要角色，對所有生物和生態系統水是生命的基本要素，在維持民生、農業、工業等經濟活動和環境生態方面至關重要，故以水資源為指標研究主題。

研究流程為先探討整理國際組織與評級機構及學術文獻資料，確定企業在永續水資源方面應致力執行目標，彙整內容轉化成具體議題指標，反映企業在水資源方面的執行要義，接續運用層級分析法，邀請領域產、官、學專家諮詢問卷進行指標權重分配，評定指標相對重要性，以為後續整合指標績效評估產生綜合指數的前驅作業，可提供企業認知水資源重要議題，及擬定優先策略精進環境作為，另外針對具有量化數值指標和質化計畫指標研擬評量模式，量化數值指標採球型統計評量而質化計畫指標採模糊理論評量。

企業永續水資源績效目標包含：揭露企業對水資源的消耗、揭露企業對區域環境的負面影響、要求企業發展環境友善之清潔生產技術、要求企業精進水循環與再利用、要求企業承諾環境目標與進度，由此水資源範疇歸納為「水資源使用」、「水資源來源」、「廢水排放」及「水資源管理計畫」4 大構面及 26 項指標，企業對環境的正面影響給予正分評量，對環境的負面影響給予負分評量之邏輯，建立各項構面指標代表意義及計算方式。

層級分析法及環境專家問卷之排序前五項指標及絕對權重占比分別為「廢水減量減毒計畫(16.46%)」、「廢水回收計畫(10.52%)」、「用水密集度變化(7.74%)」、



「節水計畫(7.17%)」及「廢水再生計畫(6.73%)」，顯示企業致力減少廢水排放、每滴水多次使用、發展清潔生產技術降低單位產品用水量、制定節水及廢水再生技術計畫，符合聯合國 2030 永續目標 SDG6 之確保所有人都能享有乾淨的水、衛生環境及永續發展策略內容。

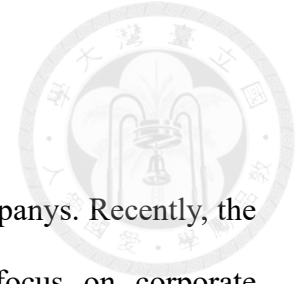
量化指標以球型統計模式(Spherical Model)評量分數以四分位區間設計，評量值為 0 至 10 分，0%至 25%為 0 至 1 分；超過 25%至 50%為 1 至 3 分；超過 50%至 75%為 3 至 6 分；超過 75%至 100%為 6 至 10 分，環境績效努力以區間倍數成長得分方式量度企業相對統計位階排名，同產業間優勢位階愈高，表示該企業投入在該指標項目資源高且績效卓越。

質化計畫指標以模糊理論評量計畫完整性及可行性兩項目，計畫分數設定範圍為 0 至 10 分，差、佳、優之標準分數設定為 0 至 5 分、1.5 至 8.5 分、5 至 10 分，並設定邏輯作為：1.考量企業環境績效務實性，若計畫無具可行性，則計畫完整性為空泛無助實質環境永續效益，評量結果為差；2.鼓勵企業發展積極作為計畫，除可行性為差之計畫外，若完整性與可行性評量相同，則評量結果相同，若完整性與可行性評量有一標準較高，則評量結果以較高者為準，將情境模擬模糊運算結果對比傳統權重評量方式，顯示模糊理論可以合理解釋評量假定及減少絕對主觀影響，提供模糊理論用於質化指標評量的新思維。

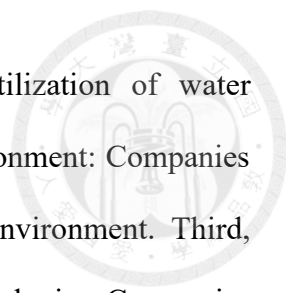
本研究的水資源指標與評量系統可做為政府及企業環境績效檢核與調整永續水資源議題管理策略參考，研擬的評量模式期在學術研究衍生更多評量創思，開發 ESG 評量方式應用，以達企業 CSR 或 ESG 永續水資源之環境意義。

關鍵字：永續水資源績效指標、績效評量、層級分析法、球型統計評量、模糊理論評量

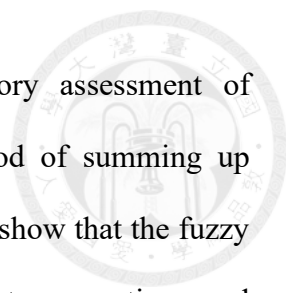
ABSTRACT



The key participants in sustainable environmental practices are companies. Recently, the issue of environmental sustainability has led stakeholders to focus on corporate sustainable development, hoping that companies will implement the concepts of Corporate Social Responsibility (CSR) and Environmental, Social, and Governance (ESG) to align with sustainable development goals. However, international organizations' standards do not enforce the disclosure of ESG-related content by companies. Moreover, the rating methodologies published by various rating agencies lack transparency, comprehensive and comparable issues, resulting in inconsistencies in ratings for the same company in the same year. Furthermore, rating agencies, with a focus on investors' perspective, primarily concentrate on the risks faced by companies due to environmental changes, thereby overlooking the true significance of environmental sustainability. Given the crucial role of water resources in sustaining livelihoods, agriculture, industry, and environmental ecosystems, this research focuses on water resources as a key indicator theme. In this study, first we explore the meaning of sustainability based on the United Nations Sustainable Development Declaration. Second, we examine the characteristics and limitations of international organizational standards and rating agency indicators, and compile international literature to analyze and establish indicators related to water resources. The analytic hierarchy process is used to assign relative importance weights to the performance indicators. At last, considering the qualitative and quantitative aspects of the indicators, we develop fuzzy evaluation methods and a spherical statistical evaluation model to calculate the performance assessment methodology. This research proposes a framework for assessing corporate sustainable water resource performance, which should encompass the following dimensions: First, disclosure of Corporate Water Resource



Consumption: Companies should transparently disclose their utilization of water resources. Second, disclosure of Adverse Impact on Regional Environment: Companies should disclose any negative effects they impose on the local environment. Third, encouragement of Environmentally Friendly Clean Production Technologies: Companies should be encouraged to adopt clean production technologies that are environmentally friendly. Fourth, advancement of Water Circulation and Reuse: Companies should strive to enhance water circulation and promote the reuse of water resources. The last, commitment to Environmental Goals and Progress: Companies should commit to specific environmental objectives and track their progress towards achieving them. According to these, we establish four major themes: quantity of water resource, source of water resource, wastewater treatment, and strategy of water resource, with these issues are 26 material topics (indicators). It also provides a detailed explanation of the representative significance and calculation methods for each indicator, and positive or negative scores based on the company's positive or negative impact on the environment. The results of AHP analysis show that the first five topic indicators are strategy of reducing wastewater quantity and quality (16.46%), strategy of recycle-wastewater (10.52%), changing of product's water required in the past five years (7.74%), strategy of water conservation (7.17%), The above demonstrates that in order to enhance their sustainable water resource performance rating, enterprises should focus on strategies such as reducing wastewater pollution emissions, promoting multiple water recycling, developing clean production technologies to lower water consumption per unit of product, and enhancing water conservation and wastewater reclamation techniques. These efforts align with the objectives of the United Nations' 2030 Sustainable Development Goal 6, which aims to ensure access to clean water and sanitation for all, as well as promote sustainable practices. These strategies can serve as valuable references for enterprises when adjusting their



sustainable water resource strategies. Regarding the fuzzy theory assessment of qualitative planning indicators, compared to the traditional method of summing up weighted scores for each item, the results of the scenario simulation show that the fuzzy theory can provide a more reasonable interpretation of assessment assumptions and reduce absolute subjectivity. Hence, the application of fuzzy theory assessment models for qualitative planning indicators holds great potential and can offer enterprises more objective and reliable evaluation results. This research can aid enterprises in refining their sustainable water resource strategies and improving their overall environmental sustainability performance. The considerations and frameworks of evaluation can be valuable resources for academic research, serving as a basis for generating new research ideas and establishing platforms for further exploration in the field of evaluation. It aims to foster positive and proactive actions, thereby adapt for meeting the ultimate goal of CSR and ESG.

Keyword: Sustainable Water Resource Performance Indicator, Performance Evaluation, Analytic Hierarchy Process, Spherical Quantitative Evaluation, Fuzzy Qualitative Evaluation



目錄



口試委員審定書.....	i
誌謝.....	iii
摘要.....	v
ABSTRACT.....	vii
目錄.....	ix
表目錄.....	xiii
圖目錄.....	xv
第 1 章 前言.....	1
1.1 背景與動機.....	1
1.2 研究項目.....	2
第 2 章 文獻回顧.....	5
2.1 水資源指標.....	5
2.1.1 聯合國永續發展.....	5
2.1.2 國際組織準則.....	7
2.1.3 評級機構.....	13
2.1.4 國際學術文獻.....	16
2.2 決策分析.....	18
2.3 環境評量.....	19
第 3 章 研究方法.....	23
3.1 方法及流程.....	23
3.2 水資源指標.....	25
3.3 績效指標架構.....	28
3.4 權重計算.....	29

3.5 指標評量	32
3.5.1 量化數值評量-球型統計	32
3.5.2 質化計畫評量-模糊理論	32
第 4 章 結果與討論	39
4.1 水資源績效指標	39
4.2 指標權重	51
4.3 量化統計評量	56
4.4 質化模糊評量	60
第 5 章 結論與建議	79
5.1 結論	79
5.2 建議	80
參考文獻	81
附錄	87

表目錄



表 2-1	聯合國世界水資源開發報告.....	7
表 2-2	GRI-303 水與放流水.....	9
表 2-3	ISDS S2 水資源相關指標.....	10
表 2-4	ESRS E3 水資源與海洋資源.....	12
表 2-5	Sustainalytics 水資源相關指標.....	13
表 2-6	MSCI 水資源相關指標.....	14
表 2-7	DJSI 水資源相關指標.....	15
表 2-8	Refinitiv 水資源相關指標.....	16
表 2-9	符合四大永續性類別水資源指標.....	17
表 2-10	河川污染指數(RPI)計算及比對基準.....	20
表 3-1	國際組織水資源揭露準則關聯性.....	26
表 3-2	評級機構水資源指標關聯性.....	27
表 3-3	國際文獻報告水資源指標類別.....	28
表 3-4	層級分析法(AHP)評估尺度意義.....	30
表 3-5	專家問卷設計形式.....	30
表 3-6	R.I.(Random Index)值對應表.....	31
表 4-1	水資源議題指標參考依據.....	41

表 4-2	企業永續水資源績效指標.....	45
表 4-3	一致性檢定結果.....	52
表 4-4	議題及指標權重及指標絕對權重.....	55
表 4-5	企業水資源使用情形模擬.....	58
表 4-6	企業水資源使用模擬結果績效分數.....	60
表 4-7	多元邏輯情境規則.....	61
表 4-8	九種質化多元情境模擬.....	64
表 4-9	模糊評量情境模擬結果.....	66
表 4-10	傳統權重評量與模糊評量情境模擬結果.....	78

圖目錄



圖 2-1	層級關聯性.....	18
圖 2-2	污染去除預算與去除率關係圖.....	20
圖 3-1	研究流程圖.....	24
圖 3-3	A1 低及 A2 高模糊集合圖.....	36
圖 3-4	B1 低及 B2 高模糊集合圖.....	36
圖 3-5	C1 冷、C2 剛剛好及 C3 熱模糊集合圖.....	36
圖 3-6	D1 調低、D2 微調及 D3 調高模糊集合圖.....	37
圖 3-7	模糊理論範例情境模擬.....	37
圖 4-1	水資源四大議題及指標層級同心圓.....	51
圖 4-2	議題相對權重圖.....	52
圖 4-3	指標相對權重圖.....	53
圖 4-4	球型統計評量模式圖.....	57
圖 4-5	完整性評量 A1 差、A2 佳、A3 優之模糊集合圖.....	62
圖 4-6	可行性評量 B1 差、B2 佳、B3 優之模糊集合圖.....	62
圖 4-7	評量 C1 差、C2 佳、C3 優之模糊集合圖.....	62
圖 4-8	質化指標模糊評量範例(面積重心法).....	63
圖 4-9	質化指標模糊評量範例(面積等分法).....	63

圖 4-10	模糊評量情境模擬 A(面積重心法).....	67
圖 4-11	模糊評量情境模擬 A(面積等分法).....	67
圖 4-12	模糊評量情境模擬 B(面積重心法).....	68
圖 4-13	模糊評量情境模擬 B(面積等分法).....	68
圖 4-14	模糊評量情境模擬 C(面積重心法).....	69
圖 4-15	模糊評量情境模擬 C(面積等分法).....	69
圖 4-16	模糊評量情境模擬 D(面積重心法).....	70
圖 4-17	模糊評量情境模擬 D(面積等分法).....	70
圖 4-18	模糊評量情境模擬 E(面積重心法).....	71
圖 4-19	模糊評量情境模擬 E(面積等分法).....	71
圖 4-20	模糊評量情境模擬 F(面積重心法).....	72
圖 4-21	模糊評量情境模擬 F(面積等分法).....	72
圖 4-22	模糊評量情境模擬 G(面積重心法).....	73
圖 4-23	模糊評量情境模擬 G(面積等分法).....	73
圖 4-24	模糊評量情境模擬 H(面積重心法).....	74
圖 4-25	模糊評量情境模擬 H(面積等分法).....	74
圖 4-26	模糊評量情境模擬 I(面積重心法).....	75
圖 4-27	模糊評量情境模擬 I(面積等分法).....	75


第1章 前言



1.1 背景與動機

經濟為首時期，企業責任就是追求更多的公司利潤，然同時衍生自然資源消耗、自然環境不可復原的全球環境問題(Ardakani & Soltanmohammadi, 2019)，經濟學家 Wood 提出，在環境被破壞，自然資源減少同時，企業應擔負起經濟、社會及環境三面向的責任，其中經濟是指企業財務表現、帶動就業、擴及新技術開發，及創新等帶來之財務影響；社會則是著重於對人力資源的責任，包括企業員工以及相關利害關係人；環境則是指企業應盡的環境保護義務，重視氣候變遷影響，使環境邁向永續發展(Wood, 1991)；Elkington 學者於 1994 年發表的 *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business* 首提出 Triple Bottom Line，分別在環境、社會和治理(Environmental Social Governance, ESG)三個維度的綜合績效解析企業行為(Elkington, 1994)，這一概念被廣泛應用及描述企業在環境永續和社會責任的表現作為；國際研究學者亦深度探討以企業社會責任報告書，作為解釋企業 ESG 行為(Verschoor, 2011)，故企業 ESG 相關資訊為重要的一環，目前國際間已有 ESG 報告相關揭露準則，包括由全球報告倡議組織(Global Reporting Initiative, GRI)提出的 GRI 準則(GRI Standards)、國際永續準則委員會(International Sustainability Standards Board, ISSB)整合 SASB(Sustainability Accounting Standards Board)所提出的 ISDS(IFRS Sustainability Disclosure Standard)，及歐盟於 2022 年發布歐洲永續發展報告準則(European Sustainability Reporting Standards, ESRS)，供企業及利害關係人作為 ESG 報告揭露項目參考。

永續議題受到強烈關注，眾多專家學者建議採用指標來評估企業永續發展的進度及行為(Pires et al., 2017)，哈佛管理學院 Florian 等學者研究指出，各企業揭露的 ESG 資訊、內容、範圍、風格、複雜性與完整性皆有差異，雖有國際知名評級



機構如 Sustainalytics、MSCI、S&P、Refinitiv 等制定相關指標評量系統，但各家評量系統皆不同、評量指標不一、未揭露指標細部計算方式等原因，造成相同企業但評級結果不一(Florian al., 2021)，例如三星電子(Samsung Electronics Co., Ltd.)於 2021 年 Refinitiv 評比 ESG 分數為 94 分，但於 DJSI 評比 ESG 分數卻為 38 分，此外評級機構對企業 ESG 考量主要以投資角度，評估企業是否能承擔環境劇烈變遷下的營運風險，而忽略 ESG 的真正涵義為企業應對社會、環境造成的影響承擔責任(David et al., 2022)

部分企業 ESG 報告僅美觀說明對社會或社區所貢獻的慈善行為、僅符合基本法律規範的員工關懷等流於形式或博取名聲方式撰寫，於重要的環境議題僅揭露數據未加以說明，一般利害關係人無專業環境背景，難從報告判斷其環境績效；水資源在環境議題中扮演重要角色，水是生命的基本要素，對所有生物和生態系統至關重要，水資源的重要性不僅僅涉及生活需求，還牽涉到經濟、社會和環境各個方面，保護和有效管理水資源是實現環境永續發展的重要關鍵，MIT 史隆管理學院大學 Florian 等人利用皮爾森(Pearson)積差相關係數分析，將不同評級機構對同一產業的水資源指標評分進行比較，各家相關係數介於 0.23 至 0.34，平均相關係數為 0.30 (Florian et al., 2022)，顯現機構在評估企業水資源議題及方法存在巨大差異，利害關係人無法了解企業在永續水資源議題之行為，企業也無法透過評量結果，擬定優先策略來快速精進環境作為，是故無論從評量制度或環境永續議題，都要必要發展企業永續水資源績效指標及評量方法。

1.2 研究項目

本研究目標是研擬具有完整性、多面向、可比較性、可執行性及符合永續涵義的企業永續水資源績效指標，評估企業在永續水資源議題上之作為，除企業績效成績外，指標提供利害關係人了解現今重要水資源議題，及提供企業制定環境優先決

策之參考，研究內容包含分析指標相對權重，同時考慮指標具有質化和量化特性，須擬定不同評量方式，指標的評量績效與其對應的權重產生綜合指數，代表企業永續水資源績效表現，研究項目為：

1. 研擬企業永續水資源績效指標
2. 研擬指標權重
3. 發展量化數值評量方法
4. 發展質化計畫評量方法



第2章 文獻回顧

首先對聯合國永續發展涵義進行回顧，包括聯合國永續宣言、相關報告等，特別是涉及水資源議題，回顧國際組織水資源制定準則、國際評級機構水資源評量指標，整理評估企業水資源績效主要標準和方法，整理國際文獻水資源指標研究及應用權重作為決策分析及環境評量相關文獻。

2.1 水資源指標

2.1.1 聯合國永續發展

1983 年聯合國開始關心世界因經濟發展而忽略日益嚴重的環境污染、環境破壞及自然資源逐漸匱乏等問題，發表著名「布倫特蘭報告」提出永續定義及在 2015 年「2030 年永續發展目標」，明確制定國際間永續發展指導策略。

聯合國於 1983 年召開世界環境與發展委員會 (World Commission on Environment and Development, WCED) 及成立布倫特蘭委員會 (Brundtland Commission)，並於 1987 年發表「布倫特蘭報告，我們共同的未來(Our Common Future)」，內容述明永續定義為既能滿足我們當代需要，同時不損及未來世代發展 (Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.)，報告闡述當代氣候變遷及經濟發展間的緊張關係，並指出經濟發展的同時應避免環境資源過度使用或浪費，布倫特蘭報告被廣泛認為是永續環境的重要起點。

1992 年，聯合國環境與發展會議(地球高峰會)，在巴西里約熱內魯發表「里約環境與發展宣言 (Rio Declaration on Environment and Development)」，里約宣言經過 178 個國家代表通過，宣言重申自然資源使用方式除滿足當代需要，同時不損及未來世代發展，並明確指出不以人定勝天，應與環境共同相處，環境保護是永續

發展重要議題，企業禁止內部成本外部化，國家與企業應致力發展新技術，減少不永續的生產及消費方式，減少污染產生，增加自然資源使用效率。

「聯合國氣候變遷綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change)」在里約地球高峰會議中開放簽屬並於 1994 年 3 月 21 日生效，公約內容指出因應氣候變遷的環境政策，應考慮到經濟、社會和環境三方面的永續發展因素，確保政策不對永續發展產生負面影響。

2000 年，千禧高峰會(Millennium Summit)提出千禧年發展目標(Millennium Development Goals)，目標指出為改善環境問題，保障環境永續發展，需減少水域污染，提升用水品質及乾淨用水人口。

2002 年，南非約翰尼斯堡舉行的永續發展地球峰會(World Summit on Sustainable Development, WSSD)發佈了「約翰尼斯堡宣言(Johannesburg Declaration)」，以里約宣言為基礎，目標促進全球永續發展和實現千禧年發展目標，讓全球社會、經濟和環境永續發展。

2012 年，舉行里約+20 峰會，是里約宣言 20 年後再次於里約召開永續發展會議，宣言重申永續發展的承諾，確認綠色經濟和貧困削減之間必然關係，呼籲國家和利益相關者採取行動，加強技術創新與國際合作，致力減少自然資源使用及增加使用效率，並再次強調提升乾淨飲水及用水品質。聯合國世界水資源開發報告提出，大多數國家因缺乏有效的系統或指標，阻礙水資源政策管理及永續發展，報告中以 DPSIR(Driver, Presures, State, Impacts, Responses) Assessment Framework 思維概念，Drivers 代表不同產業、Presures 代表產業製造的污染、State 代表污染造成的環境問題、Impacts 代表環境問題衍生之健康及經濟問題、Reponses 代表針對環境問題的因應策略，以此概念建立水資源參考指標做為水資源數據管理決策，本研究整理如表 2-1 所示，包含供水、污染管理、財政支出等，供給各國政府作為水資源管理政策參考。

表 2-1 聯合國世界水資源開發報告

主題	指標
資源壓力等級	非永續水資源指數、鄉村及城市水污染指數、水資源壓力指數、氮氮負荷承載量、大型水壩懸浮固體物承載量、水再利用指數
管理	水資源政策管理目標
資源狀況	再生水量、單位人口數再生水量、來至其他國家再生水量、可再生水量、地下水量、地下水受鹽化量
生態系統	總氮量、集水區保護策略
健康	提升飲用水水質策略
糧食及農業發展	農業用水占區域總供水量比例、地下水使用量
工業和能源	工業用水量、放流水之生化需氧量濃度
風險管理策略	水資源風險管理策略
資源管理費用	政府供水部門占總財政支出百分比、供水系統生產管理維護費、自來水費占家庭支出百分比

資料來源：本研究參考 2012 聯合國世界水資源開發報告整理

2015 年，聯合國永續發展峰會通過一全球性議程，以千禧年發展目標作衍生，制定 2015 年至 2030 年致力完成 17 項永續發展目標，也稱為 2030 永續發展目標 (SDGs)，其中 SDGs 第 6 項潔淨水與衛生強調在 2030 年前，改善水質、減少水污染及有毒物化學物質；將未處理的廢水比例減少一半，增加水回收再生水的使用率；全面實施系統化水資源管理，擴大及交流廢水處理、水回收及再生水技術；減少區域水資源衝擊，讓全球每一個人都有安全且能負擔的飲用水資源。

2.1.2 國際組織準則

為因應聯合國永續宣言，除政府制定環境政策外，企業營運行為最能影響永續發展的邁進，為了解企業營運是否符合永續發展，國際組織紛紛擬定及公佈企業揭

露準則，協助企業及利害關係人了解營運行為，以下整理關於水資源揭露準則。

全球報告倡議組織(Global Reporting Initiative, GRI)成立於 1997 年，是一獨立國際組織，GRI 在經濟、環境和社會方面強調以全面性和透明性的報告，並提供了一個系統化方法，幫助識別和報告永續性關鍵績效，以促進永續發展。GRI 於 2021 年 10 月推出通用準則 2021(GRI Universal Standards, 2021)，準則簡單區分為核心報告原則、主題範疇、補充指導，GRI 2021 指南強調報告的原則性、完整性、可比性、及一致性，目前被廣泛應用於企業的報告實踐。

GRI-303 水與放流水，原 GRI-306 廢污水及廢棄物合併至 GRI-303，有關計算方式與單位如表 2-2 所示，其中水與放流水準則，要求揭露企業及上下游供應商之取水量、用水量、放流量、放流水水質標準依據、承受水體概況，及揭露水資源相關管理策略等。

表 2-2 GRI-303 水與放流水

名稱	計算方式與單位	說明
303-1 水資源共享 及關連性	無	揭露企業營運行為與水資源的關聯性及造成的環境衝擊，包含企業本身及上下游供應商，針對政府政策的管理方針等，其內容包括但不限於取水、使用水、排放水及使用用途。說明工具以水足跡、環境衝擊評估、情境模擬等專業方式說明。
303-2 放流水造成 衝擊及管理	無	揭露企業放流水水質標準依據、承受水體概況、放流水管理等管理策略。
303-3 取水量	噸	揭露企業及上下游廠商之取水量，包括地表水、地下水、海水、產出水等之取水量，並強調須揭露於水資源短缺區域(參考世界基金會資料)之取水量，另揭露淡水($\leq 1,000$ mg/L 總溶解固體)及其他($> 1,000$ mg/L 總溶解固體)之取水量。
303-4 放流量	噸	揭露企業及上下游廠商之放流量，包括地表水、地下水、海水、產出水等之放流量，並強調須揭露於水資源短缺區域(參考世界基金會資料)之放流量，另揭露淡水($\leq 1,000$ mg/L 總溶解固體)及其他($> 1,000$ mg/L 總溶解固體)之放流量。
303-5 用水量	用水量= 總取水量- 總放流量 噸	揭露企業及上下游廠商之用水量，並強調須揭露於水資源短缺區域(參考世界基金會資料)之用水量，若企業有儲存水，也需一併揭露。

資料來源：本研究參考 GRI Universal Standards 整理

國際財務報導準則基金會(International Financial Reporting Standards Foundation, IFRS)前身為國際會計準則委員會，是由各國會計團體發起創立，2021 年 11 月，IFRS 成立國際永續準則委員會(International Sustainability Standards Board, ISSB)，旨在制定國際通用永續揭露準則；2022 年 3 月，ISSB 發布國際財務報導永續發展

揭露準則(IFRS Sustainability Disclosure Standard, ISDS)草案，其併入 Sustainability Accounting Standards Board 提出的 SASB Standards，內容包括環境、社會資本、人力資源、商務模式、創新、企業領導及公司治理，規章分為 S1(永續相關財務資訊揭露規定)：揭露企業永續發展風險與機會，內容包括公司治理、策略、風險管理、指標及目標；S2(氣候相關揭露議題)：揭露企業於氣候變遷下之風險與機會，此外不同行業別，S2 需揭露議題皆不同。

水資源準則位於 S2 規章，內容如表 2-3 所示，準則包含企業本身及相關管理服務之淡水取用量，缺水地區取水占比、是否透過創新生產技術減少產品用水量。

表 2-3 ISDS S2 水資源相關指標

指 標 (Indicator)	指 標 (Indicator) 計算方式與單位	說明
水管理	噸 百分比 數量	揭露企業淡水取用總量、淡水用水總量、再利用百分比、於基線用水壓力高或極高區域之百分比，未遵循水質法規或標準之事件數量。
水管理服務	噸 百分比	揭露企業營運行為中使用之淡水總量、再循環之百分比
產品創新	報導貨幣 百分比	揭露企業在新技術下，使用及/或生產過程中減少用水量，相關產品於整體潛在市場及市場占有率。

資料來源：本研究參考 ISDS 整理

歐盟轄屬機構下的歐洲財務報導諮詢小組(European Financial Reporting Advisory Group, EFRAG)於 2022 年 4 月 29 日公佈「歐洲永續發展報告準則」草案(Draft European Sustainability Reporting Standards, ESRS)，以 E(環境)、S(社會)、G(治理)作為揭露主題，準則參考其他國際組織優點，為歐盟公佈第一套企業永續發展揭露準則，旨在更符合 2030 永續發展目標(SDGs)。

歐盟另外規定，符合以下規模之企業，須於 2024 年依據 ESRS 準則揭露企業 ESG 營運行為：員工總數超過 250 名、年營業額超過 4 千萬歐元、企業總資產超

過 2000 萬歐元；或已公開上市員工總數超過 10 名、年營業額超過 2 千萬歐元；或企業在歐盟境內至少有一家子公司或分支機構、年營業額超過 1.5 億歐元之企業。

在 ESRS 中，有關水資源準則記載於 ESRS E3 水資源與海洋資源(Water and Marine Resources)，內容詳如表 2-4，ESRS E3 遵循 2030 永續發展目標 SDG6 及 SDG14，要求企業揭露本身及上下游關係供應商，如何使用或影響水資源與海洋資源，其中包括取水量、用水量、儲水量、減少污染排放至承受水體狀況、單位產品或營業額的取水量、用水量、儲水量、密集度、水循環；針對水資源及海洋資源相關風險所衍生的行動方針、管理策略，有無制定自我管理目標，在財務方面實際或潛在風險、環境議題承諾等等。

表 2-4 ESRS E3 水資源與海洋資源

名稱	計算方式與單位	說明
E3-1 實施管理 水資源和 海洋資源的 策略	如說明	揭露企業在水資源和海洋資源以辨別、評估、管理或補救等方式、風險和機會策略，策略應涵蓋與營運有關的水資源管理與取得、供應商篩選、產品和服務設計以解決水資源、保護海洋資源相關問題，承諾減少取水量、用水量、放流量，污染量及水循環策略。
E3-2 水資源和 海洋資源的 可衡量目標	噸 噸/單位產品數	揭露企業每年取水量、用水量、放流量、單位產品用水量、密集度。
E3-3 水資源和 海洋資源的 行動計畫	如說明	揭露企業透過哪些過程、倡議或參與方式來預防、減輕和補救與水資源和海洋資源相關的重要實際影響，與污染相關之風險、機會，採取的計畫、行動和目標。
E3-4 水資源績效	噸	揭露企業每年取水量、用水量、放流量、放流水質、回收水量、再利用水量、儲水量，營運方面上的水循環作為和每年應實現目標。
E3-5 水資源 密集度績效	噸/金額	揭露企業於每單位淨利之取水量、用水量、放流量。
E3-6 海洋資源 相關績效	噸	揭露企業所使用的海洋資源商品(如砂礫、深海礦物、海鮮等)性質數量及管理績效、廢棄物或回收量。
E3-7 水資源和 海洋資源 相關的 影響、風險 和機會產生 的財務影響	無	揭露企業對於水資源和海洋資源相關影響所產生的重要風險和機會，財務上產生的潛在影響，影響包括企業短、中、長期發展階段、業績和商業地位、企業價值。

資料來源：本研究參考 ESRS 整理



2.1.3 評級機構

評級機構以國際組織準則依據建立環境指標，供給一般投資人或利害關係人了解企業在永續發展議題上，對環境變遷造成的風險耐受度，各評級機構分別以問卷調查、公開資訊、媒體報導、間接資訊等方式，依據不同環境指標給予評量，以下整理各評級機構水資源指標。

Sustainalytics 於 2018 年推出 Company ESG Risk Ratings，評量資料以企業公開資訊為主，分數範圍 0~50 等第，評量分數越低代表企業風險耐受度越高，關於水資源指標記載於 ESG 揭露主題(Material ESG Issues)中之 8.排放、廢水和廢棄物及 19.資源使用，這些指標關注企業污染排放行為及水資源使用效率，關於水資源指標具體計算方式和評分單位等細節並未公佈，本研究依據僅有公開資訊整理如表 2-5 所示。

表 2-5 Sustainalytics 水資源相關指標

指 標 (Indicator)	指 標 (Indicator) 計算方式與單位	說明
排放、 廢水和 廢棄物	無	評估企業營運時對空氣、水和土壤的 排放管理，不包括溫室氣體排放。
資源使用	無	評估企業在生產中如何有效率使用資源 (不包括能源和石油產品)，及如何管理相關 風險。

資料來源：本研究參考 Sustainalytics Company ESG Risk Ratings 整理

MSCI (Morgan Stanley Capital International) 評量資料以企業公開資訊及間接資訊為主，評量表達方式為 CCC、B、BB、BBB、A、AA、AAA 七個等第，關於水資源指標，記載於環境架構(Environment Pillar)下，內容如表 2-6 所示，指標包括自然資源-水資源短缺：針對因排放增加的內部成本及社會成本、因生產區域之居民反對是否會失去市場機會、因法規加嚴而需加裝設備和系統，以上導致成本增加之揭露；針對節水方式、減少生產用水強度、替代水源(例如生活污水、雨水、

廢水)用水量占比、使用替代水源的證據、水資源循環再利用率；針對目標與績效
 著重用水效率、目標及與同業比較之揭露；污染與廢棄物-有毒污染物質排放和廢
 棄物；著重於法規制定之策略、建置環境管理系統(EMS)、擁有 HAZWOPER 認證
 或 ISO 14001 的場所比例、改善製程減少污染排放之程度、定期進行環境影響審核
 資料揭露；減少污染排放之目標年設定、每年減少幅度(%)、與同業比較之揭露；
 環境潛力-清潔生產技術議題：水污染防治與控制、廢污水回收及再生、有無參與
 清潔生產技術研發、因清潔生產技術節省的支出、投資清潔生產技術公司等資訊揭
 露。

表 2-6 MSCI 水資源相關指標

指 標 (Indicator)	指 標 (Indicator) 計算方式與單位	說明
自然資源- 水資源短缺	百分比	評估企業營運中的用水強度、替代水源使用情形、營運區域的用水壓力以及其與水有關的風險、目標及績效。
污染與 廢棄物- 有毒污染 物質排放和 廢棄物	百分比 年 數量	評估企業營運中可能導致的環境污染、有毒物質、致癌物質排放、產生的營運風險，污染與廢棄物相關管理策略、目標及其績效。
環境潛力- 清潔生產 技術	金額	評估企業清潔生產技術之創新能力、策略、發展、從清潔生產技術中獲得之收益。

資料來源：本研究參考 MSCI ESG Rating 整理

DJSI(Dow Jones Sustainability Indices)為美國標準普爾道瓊指數公司(S&P Dow Jones Indices LLC)於 1999 年推出永續指數，企業資料調查方式為透過問卷方式取得，不同產業其問卷題目也不同，評量分數為 0~100，DJSI 以 GRI 準則為基礎，水資源指標記載於環境維度(Environmental Dimension)下，內容如表 2-7 所示，包括水資源使用：自來水使用量(政府或民間企業提供之水量)，地表水量(不含海水淡化)、地下水量(不包括含鹽地下水)；在水質方面參考澳洲礦業協會(Mineral Council

of Australia, MCA)設置的水質標準，分別為 1 級：水質優良，可能只需要進行最少且低成本的處理(例如消毒或沉澱)就能達到適當的飲用水標準；2 級：水質中等，各個成分的濃度涵蓋範圍較廣，需要進行中等程度的處理，如消毒、酸鹼中和、去除固體物和化學物質，以達到適當的飲用水標準；3 級：水質較差，各個成分中總溶解固體物濃度較高、水中溶解性金屬濃度高、pH 值極端，需要進行複雜處理，以去除溶解固體或金屬含量達到適當的飲用水標準。

表 2-7 DJSI 水資源相關指標

名稱	計算方式與單位	說明
水資源使用	噸	A.使用：總自來水供水量 B.使用：地表水(濕地、湖泊、河川) C.使用：地下水 D.排放：使用的原水或使用相似或更高的水質水排放回水源地(僅適用於 B 和 C) E.總使用量(A+B+C-D)與前一年相比
水資源相關風險	無	評估企業營運於水資源匱乏地區、與水資源相關的法規或價格發生變化、面臨與水資源利益相關者造成衝突、供應鏈等相關風險。

資料來源：本研究參考 DJSI 整理

Refinitiv 前身為路透社轄下金融風險事業部，現為倫敦證卷交易所集團子公司，Refinitiv 建立 ESG Score 供投資人參考企業行為，評估方式以產業屬性分類，再利用序位法獲得百分位換算分數，最後依據企業公開資訊、新聞媒體有無相關爭議(Controversies)報導做扣減分得最後總分，評量分數為 0~100，關於水資源指標記載於 Environmental Pillar 下，本研究整理如表 2-8 所示，其中排放-廢棄物：在生產及營運過程減少的廢棄物來評估企業環境承諾及績效；資源使用-水：企業有無逐漸減少水資源使用量、改善供應鏈管理策略及提升用水效率來評估績效。

表 2-8 Refinitiv 水資源相關指標

名稱	計算方式與單位	說明
排放-廢棄物	如說明	透過觀察企業在生產或營運的過程中，相對減少的廢棄物，來評估環境承諾和績效。
資源使用-水	如說明	透過觀察企業減少水資源使用量、改善供應鏈管理策略、高效率水資源使用等方式來評估水資源使用的績效與能力。

資料來源：本研究參考 Refinitiv ESG Score 整理

2.1.4 國際學術文獻

國際上有許多因應永續水資源管理策略及指標研究文獻，Matthew 等人提出，因氣候變遷的影響，英格蘭在 2030 年可能損失 5%的總供水量，現今供水計算無法因應而提出動態水資源管理程式，程式以供需平衡為概念：

$$tWAFU=DO-CC+SR-OR-OA-PL-RWE+RWI-PWE+PWI \text{ 式(1)}$$

其中：tWAFU(可使用水資源總量)、DO(可提供水資源總量)、CC(氣候變化影響量)、SR(為永續，企業減少的用水量)、OR(其他減少量)、OA(停電減少量)、PL(製造流程使用或減少量)、RWE(原水輸出量)、RWI(原水輸入量)、PWE(處理過如飲用水輸出量)、PWI(處理過如飲用水輸入量) (Matthew & Nigel, 2011)；Lobato 等人利用 pH、溶氧、總磷、氨氮、硝酸鹽、鐵、鎂、鈉建立指標，分析巴西亞馬遜流域水力發電廠水庫下游區域及取水區經濟情形，因子分析結果，取樣站水質較差區域，受人為影響因素較大，相對當地居住品質及經濟發展也較差(Lobato et al., 2015)；Pires 等人將永續水資源分為四大類別，社會面永續：確保人類獲得良好水質用水；經濟面永續：確保提升用水效率來促進城市與鄉下的發展；環境面永續：確保土壤、生態、水之自然資源得到適當保護；體制面永續：確保適當體制促進水資源綜合管理，再利用 DPSIR 方法、專家學者意見篩選符合四項永續水資源指標如表 2-9 所示，其中水貧困指數有助於了解水資源供應方式與社會福利關係、及社會影響；氣候脆弱指數綜合考量不同區域環境下水資源可用量、獲取能力，並結合人身安全進

行全面評估；水資源短缺指數衡量受水資源短缺影響的人數和國家，及水資源供需不平衡狀況；受營養短缺而失去健康指數反映因缺水導致糧食短缺，進而導致營養缺乏產生的健康問題比例；水再利用指數涵蓋了生活用水、生活污水、工業廢水和農業用水等再次利用比例，反映水資源有效利用程度；水足跡指數以人均直接用水和間接用水量評估水資源的使用狀況；乾旱對社會經濟影響指數考量因缺水而造成的社會經濟問題，包括人口死亡和財物損失等；霍亂、腹瀉指數反映水質受污染而導致疾病爆發，突顯水質健康的重要性；產業用水需求指數評估生活、農業和工業等對水資源需求情況；綜上指數可促進水資源合理使用，減少環境衝擊，並確保人民健康福祉(Pires et al., 2017)。

表 2-9 符合四大永續性類別水資源指標

指標	說明
水貧困指數	了解水資源供應方式與社會福利關係。
氣候脆弱指數	考量不同區域環境下，關於水資源之可用量、獲得水資源之能力、水資源可有效利用之方面結合人身安全綜合評估。
水資源短缺指數	遭受水資源短缺的人數及國家。
受營養短缺而失去健康指數	因水資源匱乏影響而造成糧食短缺，以致營養缺乏造成的健康比例。
水再利用指數	包含生活用水、生活污水、工業廢水、農業用水等類別水再次利用比例。
水足跡	每人直接用水及間接用水量。
乾旱對社會經濟影響	因缺水造成的社會經濟影響(死亡、財損)
霍亂、腹瀉	因水質受污染而造成霍亂、腹瀉的情形
產業用水需求	生活、農業、工業的用水需求

資料來源：本研究參考(Pires et al., 2017)整理



2.2 決策分析

決策者需要在政治、環境和經濟影響之間權衡，觀點不同、缺乏專業知識、時間緊迫等情形下變得複雜，Ivy 等人提出現今氣候變化劇烈、創新技術迭代迅速外，往往鑒於資訊的不確定或不對等的情況下，決策者難以權衡取捨及做判斷，故在整合多目標議題，需要適當的工具來分析相對重要程度，及輔與專家建議來制定優先管理策略，此簡稱為多目標決策(Multi Criteria Decision Analysis)，以系統化方法，將各方案進行審慎且專業排序，提供最佳方案來進行策略制訂(Ivy et al., 2012)；Marco 等人利用多目標決策概念，應用於美國受污染場址改善決策，考量指標包括經費、當地居民意見、替代場所、污染程度等制定優先決策(Marco et al., 2021)。

斯特拉斯克萊德大學 Belton 教授提出環境議題之間存在層級結構，觀察各因素權重影響程度，幫助決策者制訂策略，在多目標決策法(Multi-objective decision-making method, MCDA)，使用層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)最適合(Belton & Stewart, 2002)，層級分析法於 1971 年由匹斯堡大學 Saaty 教授發展出來，原主要為替美國國防部從事應變計畫提出解決方案(Contingency Planning Problem)，若目標包含多個構面，構面皆有不同準則且有層級關聯性(如圖 2-1)，可將此複雜的問題用層級分析法做出優先順序決策及議題衡量績效(Saaty, 1980)。

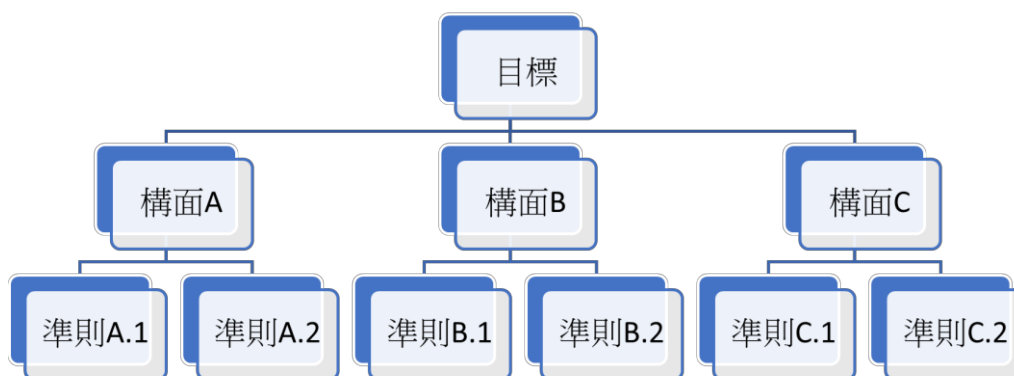
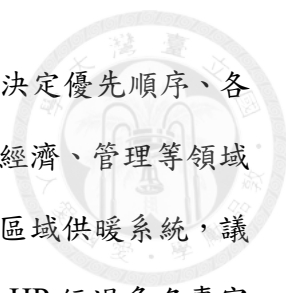


圖 2-1 層級關聯性



根據 Saaty 的應用經驗，層級分析法可應用於多目標決策中決定優先順序、各別績效、權重配比，及規劃最佳或替代策略，故於環境、社會、經濟、管理等領域做廣泛的應用(Luis, 1990)；Janis 學者等人利用 AHP 評估永續性區域供暖系統，議題包括供熱能源選擇、管道建置、傳輸方式、管理策略等，因 AHP 經過多名專家專業分析，與其他多元決策方法相比較為準確且可簡化複雜問題，最終評估結果以智慧電網控制傳輸方式為最大權重占比(Janis et al., 2022)；Gülser 及 Alpay 利用 AHP 提出一種物流倉庫選址方法，將不同因素可兩兩比較特性，決定物流倉庫系統設計、位置、規模等複雜決策問題(Gülser & Alpay, 1998)。

2.3 環境評量

Leonard 教授提出一般環境標準及評量並非以達標、未達標或有污染、無污染等二分法方式，是以 DPSIR 分析框架邏輯制訂(Leonard, 1997)，一般評量河川污染、水質優劣之二分法區分方式，基本上是以相對統計位階法(Statistical Ranking)來對應絕對評點，例如常用河川污染指數(RPI)為依據水質量化數值轉換為點數，各項加總平均計算污染指數積分值(S)來評量河川污染程度(如表 2-10)；陸域地面水體(河川、湖泊)分級同樣也以水質狀況，評量河川水質分級。

表 2-10 河川污染指數(RPI)計算及比對基準

水質/項目	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
溶氧量(DO) mg/L	$DO \geq 6.5$	$6.5 > DO \geq 4.6$	$4.5 \geq DO \geq 2.0$	$DO < 2.0$
生化需氧量 (BOD ₅) mg/L	$BOD_5 \leq 3.0$	$3.0 < BOD_5 \leq 4.9$	$5.0 \leq BOD_5 \leq 15.0$	$BOD_5 > 15.0$
懸浮固體 (SS) mg/L	$SS \leq 20.0$	$20.0 < SS \leq 49.9$	$50.0 \leq SS \leq 100$	$SS > 100$
氨氮(NH ₃ -N) mg/L	$NH_3-N \leq 0.50$	$0.50 < NH_3-N \leq 0.99$	$1.00 \leq NH_3-N \leq 3.00$	$NH_3-N > 3.00$
點數	1	3	6	10
污染指數 積分值(S)	$S \leq 2.0$	$2.0 < S \leq 3.0$	$3.1 \leq S \leq 6.0$	$S > 6.0$

資料來源：河川污染指數(RPI)

Leonard 教授在環境經濟學研究分析顯示，投入廢污處理成效(如去除率)的預算是以指數函數增加，投資倍數金額並無法達到倍數的污染物去除效果，而是須要更多倍數以上的金額(如圖 2-2)，堪薩斯州立大學 Chang 教授等人提出由量化數值轉換建立的數學模型涉及排名與比較時，尤其於複雜的環境領域無法按線性順序排列(Chang & Lee, 1994)。

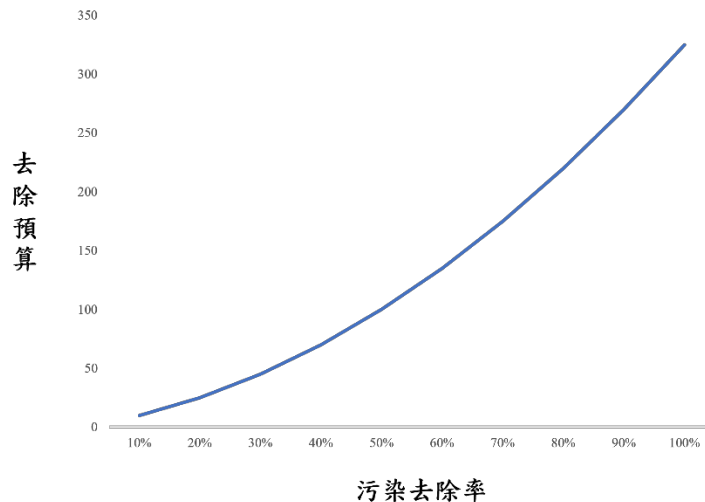
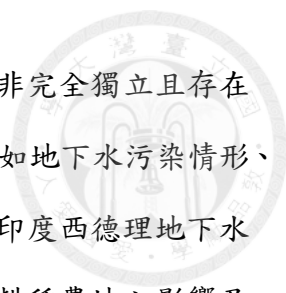


圖 2-2 污染去除預算與去除率關係圖



Partha 博士等人則利用球型統計(Spherical Model)在函數並非完全獨立且存在非線性變化關聯、環境空間位置因變異產生隨機函數之特性，例如地下水污染情形、區域降雨量、氣溫分佈、污染物濃度與污染源相對位置等，分析印度西德理地下水中碳酸氫鹽、硫酸鹽、氯、鎂、鈉分佈情形，來評估抽取地下水耕種農地之影響及居民健康環境問題(Partha et al., 2010)。



第3章 研究方法



3.1 方法及流程

探討聯合國永續發展、國際組織、評級機構以及學術文獻中關於永續水資源內容，研擬企業績效指標架構及評分邏輯，彙整轉化成具體議題及指標，確保這些指標能夠反映企業永續水資源績效表現；在指標權重方面，運用層級分析法(AHP)作為權重分析工具，邀請產、官、學環境領域專家填寫 AHP 問卷，在指標評量方法，針對量化數值指標和質化計畫指標分別建立不同評量模式，量化數值指標採球型統計評量而質化計畫指標採模糊理論評量，並設計模擬情境驗證評量方法具效力及可行，另質化計畫一般以項目權重成績加總進行評量，探討模糊理論與項目權重加總兩者評量方法差異，本研究流程如圖 3-1 所示。

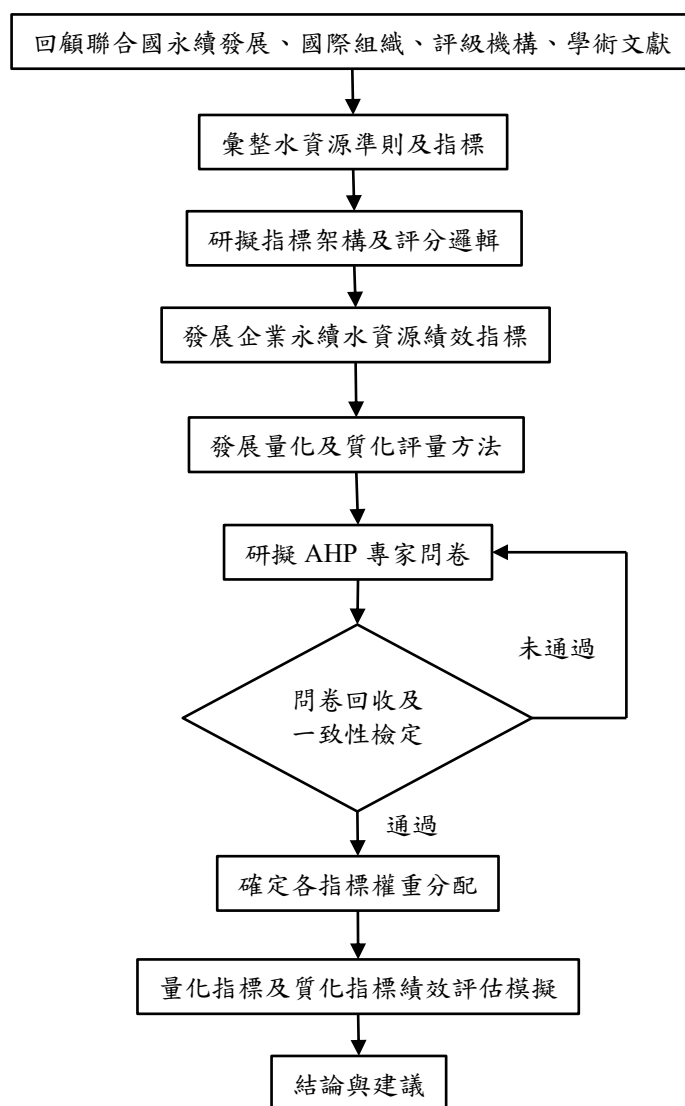


圖 3-1 研究流程圖



3.2 水資源指標

布倫特蘭報告指出永續定義為在滿足當代資源使用，也須同時滿足未來世代的發展，強調地球資源不是無限，應節約使用；在聯合國氣候變遷綱要公約及約翰尼斯堡宣言，要求企業除了經濟發展，也須兼顧社會和環境的 ESG 精神；里約宣言及里約+20 宣言強調提升地球資源使用效率、發展清潔生產技術、減少污染產生、避免內部成本外部化；千禧年發展目標及 2030 永續發展目標，更明確制定提升用水水質、減少廢水及污染、提升水回收及再生水技術等永續發展策略。

國際組織以聯合國永續宣言為基礎，制定企業行為揭露準則(彙整於表 3-1)，其中 GRI、ISDS、ESRS 皆要求企業揭露取水量、用水量及水資源管理策略，這有助於公開企業水資源使用情形；GRI 及 ESRS 額外要求企業揭露放流量、水質等造成環境污染項目；ISDS 及 ESRS 依據聯合國 2030 永續發展目標，要求企業揭露更多水資源數據，例如揭露回收水、再生水使用情形、水資源再利用(循環)百分比、節水量等，國際組織水資源管理揭露準則，促使企業更加透明和負責任地管理水資源。

表 3-1 國際組織水資源揭露準則關聯性

水資源揭露準則	國際組織
取水量	GRI、ISDS、ESRS
用水量	GRI、ISDS、ESRS
用水來源	GRI
節水量	ISDS、ESRS
放流量及水質	GRI、ISDS、ESRS
水資源再利用百分比	ISDS、ESRS
單位產品或淨利用水量(密集度)	ESRS
回收水及再生水量	ISDS、ESRS
水資源管理策略	GRI、ISDS、ESRS

評級機構有別於國際組織，主要專注環境變遷或水資源減少時企業風險承受度，各家皆評估水資源管理策略，關於評級機構水資源指標彙整於表 3-2，Sustainalytics、MSCI、DJSI、Refinitiv 關注企業因應水資源缺乏時之策略，Sustainalytics、MSCI 及 Refinitiv 關注企業污染排放管理、是否有效處理和減少污染，MSCI 及 Refinitiv 關注企業有無發展清潔生產技術、節省水資源使用及減少環境污染。

表 3-2 評級機構水資源指標關聯性

水資源指標	評級機構
水資源減少時企業因應作為及風險承受度	Sustainalytics、MSCI、DJSI、Refinitiv
企業污染排放管理	Sustainalytics、MSCI、Refinitiv
企業用水來源種類	MSCI、DJSI
企業清潔生產技術	MSCI、Refinitiv

有關學者對於水資源管理探討，Lobato 學者關注流域水質、居住品質、經濟層面之關聯性；Matthew 學者建立動態水資源管理方程式，專注水資源供給需求面；Pires 則認為永續水資源應包含社會面(獲得良好水質用水)、經濟面(提升用水效率促進發展)、環境面(環境生態保護)、體制面(健全管理政策)，綜上研究結果整理於表 3-3，指標類別可區分為三大議題：水質、水量、水資源管理策略，這些指標與聯合國永續宣言論述一致，以國家或政府角度探討水資源永續管理，其中水量議題指標最多，因用水量涉及到民生、農業、工業等所有層面需求，對社會經濟具有重要影響；水質議題與環境、健康生態息息相關，而水資源管理策略的擬定直接影響水量供給需求平衡、水質良好保證健康和環境生態穩定不受影響。

表 3-3 國際文獻報告水資源指標類別

類別議題	永續水資源指標
水量	可使用水資源總量、可提供水資源總量、氣候變化影響量、為了永續，企業減少之用水量、停電減少量、製造流程使用或減少量、原水輸出量、原水輸入量、處理過如飲用水輸出量、處理過如飲用水輸入量、經濟面永續水資源、水資源狀況、糧食及農業發展、工業與能源、水足跡、乾旱對社會經濟影響、產業用水需求
水質	社會面永續水資源、環境面永續水資源、硝酸鹽、總磷、氨氮、鐵、鎂、鈉、流域水資狀況、水資源狀況、生態系統、健康、工業與能源、霍亂及腹瀉、產業用水需求
水資源管理策略	體制面永續水資源、水資源政策管理、風險管理策略、水資源管理費用

3.3 績效指標架構

由上節彙整，企業行為之永續水資源議題，需透過水資源使用量、污染行為、精進生產技術及利用效率來節省水資源，並制定策略目標及公布進度，企業永續水資源績效指標架構應包含：

1. 揭露企業對水資源的消耗
2. 揭露企業對區域環境的負面影響
3. 要求企業發展環境友善之清潔生產技術
4. 要求企業精進水循環與再利用
5. 要求企業承諾環境目標與進度

水資源的消耗揭露企業水資源使用量；區域環境的負面影響揭露企業環境污染狀況；發展環境友善之清潔生產技術和精進水循環與再利用，揭露企業為節省水資源投入的努力；承諾環境目標與進度代表企業環境聲譽及對環境負責任行為，此

外企業行為皆會對環境造成衝擊及影響，企業環境正面影響給予正分評量，對環境負面影響給予負分評量，依上述架構及邏輯制定企業永續水資源績效指標。



3.4 權重計算

企業行為對環境產生正負面影響，在眾多評量指標下，若企業不具備環境專業知識，不一定了解最重要永續水資源議題，或其行為對環境產生的影響，為讓企業快速精進環境作為，在重要項目投入最多資源，需分析各指標相對重要性，供企業策略擬定調整依據，本研究使用 AHP 作為指標權重計算各指標相對重要性。

根據 Saaty 教授，AHP 主要步驟為：

1. 先確認目標議題及邊界
2. 利用德菲法(Delphi Method)將相關聯之議題因素列出
3. 建立上下層級構面及準則
4. 設計專家意見調查問卷
5. 一致性比率檢定(Consistency Ratio, C.R.)
6. 計算各層級權重
7. 提供決策

確定永續水資源為議題及邊界，目標為各議題指標相對重要性，水資源議題設定為構面，議題下之指標設定為準則並依據圖 2-1 建立上下層級關聯性，分別評估每一層級構面準則相對重要性，將複雜的系統問題簡化，專家問卷設計為兩兩成對重要比較，協助評估者填寫時專注思考，重要比較比例尺度使用 1-9，1 為兩要素同等重要、9 為絕對強烈傾向某一要素，各尺度定義介紹如表 3-4 所示，問卷設計舉例如表 3-5 所示，假設層級有三個指標，填寫方式為先比較指標 1 與指標 2 兩要素重要性，若指標 1 相對指標 2 極為重要，則勾選左側 7；再比較指標 1 指標 3，若指標 3 相對指標 1 頗為重要，則勾選右側 5；最後比較指標 2 與指標 3，若指標

3 相對指標 2 絕對重要，則勾選右側 9。

表 3-4 層級分析法(AHP)評估尺度意義

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩要素同等重要
3	稍微重要 (Weak Importance)	稍微傾向某一要素
5	頗為重要 (Essential Importance)	強烈傾向某一要素
7	極為重要 (Demonstrated Importance)	非常強烈傾向某一要素
9	絕對重要 (Absolute Importance)	絕對強烈傾向某一要素
2 4 6 8	相鄰尺度中間值 (Intermediate Values)	評估尺度介於上述兩者之間

資料來源：Saaty, The Analytic Hierarchy Process, 1980

表 3-5 專家問卷設計形式

議題(Issue)介紹說明																		
相對重要性	絕對重要		極為重要		頗為重要		稍為重要		同等重要		稍為重要		頗為重要		極為重要		絕對重要	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
指標 1			✓															指標 2
													✓					指標 3
指標 2																	✓	指標 3

資料來源：Saaty, The Analytic Hierarchy Process, 1980

為避免問卷填寫邏輯遞移性不一致情形，例如指標 1 比指標 2 重要，指標 2 比指標 3 重要，但指標 3 卻比指標 1 重要之邏輯謬誤，需將回收問卷進行一致性檢定，確定問卷具有效力，一致性檢定步驟如下：

1. 計算實數特徵值的平均值：

層級分析法(AHP)以 A 矩陣計算，若某一層級有 n 個項目，其尺度比例是由專家進行主觀判斷給予相對重要性，專家只需評估比較矩陣 A 上三角形 a_{ij} 的部分，下三角形數值則以上三角形相對位置的倒數計算，

對角線部分數值為 1，在此以幾何平均數計算多名專家綜合判斷值，舉例同一層級有三個指標，指標 1 對比指標 2 重要性幾何平均數列於 a_{i1j1} 、指標 1 對比指標 3 重要性幾何平均數列於 a_{i1j2} 、指標 2 對比指標 3 重要性幾何平均數列於 a_{i2j2} ，下三角形數值為 a_{i1j1} 、 a_{i1j2} 、 a_{i2j2} 之倒數，計算範例如式(2)所示：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{i1j1} & a_{i1j2} \\ 1/a_{i1j1} & 1 & a_{i2j2} \\ 1/a_{i1j2} & 1/a_{i2j2} & 1 \end{bmatrix} \quad \text{式(2)}$$

2. 計算 C.I.(Consistency Index)值：

C.I.值計算公式如式(3)：

$$C.I. = (\text{實數特徵值平均值} - n)/(n - 1) \quad \text{式(3)}$$

3. 對應各層級 n 個項目之 R.I.(Random Index)值：

兩兩比較項目越多時，邏輯性一致性難度也越高，因此若 n 值越大，對應之 R.I.值也越大，代表可接納之不一致性程度越高，各 n 值對應之 R.I.值如表 3-6 所示。

表 3-6 R.I.(Random Index)值對應表

n	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

資料來源：Saaty, The Analytic Hierarchy Process, 1980

4. 計算 C.R.(Consistency Ratio)值：

若 C.R.值小於等於 0.1 時，代表一致性結果符合邏輯標準，此問卷結果可以作為決策判斷依據，若 C.R.值大於 0.1，則問卷需重新填寫或議題指標需重新設計，其計算公式如式(4)：

$$C.R. = C.I./R.I. \quad \text{式(4)}$$



3.5 指標評量

量化企業環境作為是檢視企業環境績效的重要事項，如何建置通用、客觀、合理且各領域共識的指標評量制度是相當艱難的工作，在此並非要建置統一指標評量制度，而是要提出評量系統的思考與思維模式，將此評量系統模式作為衍生更多研究評量的種子與平台。

評估方式為考慮量化數值和質化計畫兩面向，可量化數值包括企業使用地球資源的數據、排放水質濃度等數值，量化數值可直接以球型統計模式評量；質化計畫涉及企業水資源管理計畫，不易以數值方式表示，因此研擬以專家審閱結合模糊理論模式進行評量。

依據各指標計算分數，再以相對權重計算加總後可得企業永續水資源績效成績綜合指數，指標個別分數及總得分得以讓企業檢視其環境績效的優點與弱點，亦可讓企業理解本身在同行業中環境績效的位階，鞭策企業提升環境績效。

3.5.1 量化數值評量-球型統計

如前章節所述，跨國規模等級評級機構對同一家企業的評分方式不同，評級結果也產生極大差異與歧見，另產業類別相異、製程差異、屬性不同及觀點分歧等皆會影響評量系統的設計與建構，例如單位產品用水量或廢水排放量等，因產業類型不同、企業規模不同，故很難單純以數值多寡評定企業行為，本研究思考以相對統計位階及球型統計法(Spherical Model)來關聯量化數值與環境績效相對關係，並以同產業進行比較，企業在相同產業間的位階愈高，表示該企業相比其他企業，使用較少地球資源、對環境負面影響較小、或投入環境改善成本資源高等等。

3.5.2 質化計畫評量-模糊理論

評量企業管理計畫與目標制定無實質數據，無法使用球型統計執行同行業績效比較，環境計畫扮演重要的環境意義，不適合單純以類似布林(Boolean)方式之評估企業「有」或「無」此計畫，所以管理計畫的評量必須藉助專業領域專家審閱評

量。

企業管理計畫內容包含管理策略與目標制定等，對於企業精進環境績效及實現永續發展具有關鍵作用，確保計畫的完整性和可行性至關重要，完整性代表計畫應涵蓋所有必要的領域因素，若缺乏細節或未能考慮相關要素將導致無法應對環境問題，可行性則在現實條件下是否能夠有效執行，其中可能涉及到人力、物力、技術、資源、財務與環境等條件，然而計畫完整性及可行性並非兩獨立要素，需要綜合評量，即使企業提出完整性十分完備計畫，若缺乏可行性，則計畫的實際執行可能會遭遇困難，結果無助於實際環境永續效益，故評估計畫時，完整性及可行性應相輔相成，非單獨評估。

此外，不同背景之審閱委員具有絕對主觀評量偏見，主觀看法皆不同，完整性及可行性分數代表之差、佳、優定義不一，此語意具有多價值觀與模糊不確定性，故將此模糊不確定性最終轉化為確定之量化分數，是評量企業質化指標績效重要關鍵議題也是模糊理論的真正用意。

柏克萊加利福尼亞大學 Zadeh 教授最早於 1965 年提出如何解模糊 (Defuzzification) 的模糊理論 (Fuzzy Theory)，有別於以往質化評量的優劣、對錯、是否之二分法評量方式，Zadeh 教授認為在傳統系統控制下，人們習慣建立數學模式來控制影響系統較大的因子，但有些情形無法明確以數學概念表達，包括思想、推理、感知、意識皆互相干擾判斷，將這些判斷轉為精確控制的百分位數產生了困難，故提出模糊理論來簡化議題的複雜度，使之轉化為傳統系統控制數據，Zadeh 教授提出明確解釋模糊理論之應用，包含定義模糊、建立模糊規則、模糊推論運算、解模糊方式、語意式分析法 (Linguistic Approach) 及多元邏輯觀念應用 (Zadeh, 1978)。

模糊理論可將二值邏輯語意變數(例如無為 0、有為 1)，轉換為百分占比或 0 到 1 之間多值邏輯評量方法，此外在模糊理論結合語意式分析法及多元邏輯觀念推理，表達方式為：

如果 $x=A$ 則 $y=B$ 式(5)



式(5)中，而 x 或 y 為 0 到 1 之間的值稱隸屬函數， A 與 B 為 x 與 y 對應之模糊集合，以多元邏輯表達，式(5)可更改為：

$$\text{如果 } x=A \text{ 及 } y=B \text{ 則 } z=C \quad \text{式(6)}$$

或

$$\text{如果 } x=A \text{ 或 } y=B \text{ 則 } z=C \quad \text{式(7)}$$

模糊理論最重要的步驟為解模糊(Defuzzification)，為將模糊集合中不確定和模糊的數值，經過解模糊過程計算一確定數值之結果(Werner et al., 1997)，解模糊化方式很多，最常用的是隸屬最大值平均法、面積重心法及面積等分法(Jager et al., 1992)，隸屬最大值平均法(Mean of Maximum)選取具有最高函數隸屬度作為解模糊的結果值，當有多個函數具有最大隸屬度值時，取這些最大值的平均值作為解模糊結果(Jean et al., 2004)，假設 A 是一模糊集合，其隸屬函數 $\mu(x)$ 在 $x \in X$ ，去模糊化值為 x' ， M 等於 A 的高度、 $|M|$ 為集合個數，表示公式如式(8) (Aarthi et al., 2006)：

$$x' = \frac{\sum_i x_i \in M x_i}{|M|} \quad \text{式(8)}$$

面積重心法(Centre of Area)為計算出各個集合範圍內的面積，其重心為模糊集合面積上保持平衡之垂直線位置(垂直線兩側同力矩)，表示公式如式(9) (Jager et al., 1992)：

$$x' = \frac{\sum_i \mu(x_i) x_i}{\sum_i \mu(x_i)} \quad \text{式(9)}$$

面積等分法(Bisector of Area)與面積重心法相似，為模糊集合面積分割成兩個面積相等的子區域之垂直線位置(垂直線兩側面積相等)，有時結果與重心線相等，表示公式如式(10) (Mogharreban & DiLalla, 2006)：

$$\int_{\alpha}^{x'} \mu_A(x) dx = \int_{x'}^{\beta} \mu_A(x) dx \quad \text{當 } \alpha = \min\{x|x \in X\} \text{ 及 } \beta = \max\{x|x \in X\} \quad \text{式(10)}$$

實務上模糊理論也應用於家電洗衣機操作控制、冷氣機冷暖調整、交通車輛自動行車速度設定等多元管理系統，在此以冷氣機智慧溫控調整作為模糊理論案例說明：

冷氣機智慧溫控調整，為依據當下的冷氣機設定溫度、室溫、體溫感測，來自動判斷冷氣調高、調低、或是微調溫度，上述設定溫度及室溫高低、體溫感測冷暖剛剛好、冷氣溫度調高調低微調溫度皆為語意變數；溫度設定、室溫高低、體感等參數非獨立三項目且共同影響結果(式(6))，故以模糊交集運算(T-norm 運算)，依據式(6)，案例在多元邏輯規則下可表示為：

如果 設定溫度低 及 室溫低 及 體感剛剛好 則 冷氣微調 式(11)

如果 設定溫度低 及 室溫高 及 體感熱 則 冷氣調低 式(12)

如果 設定溫度高 及 室溫低 及 體感冷 則 冷氣調高 式(13)

如果 設定溫度高 及 室溫高 及 體感剛剛好 則 冷氣微調 式(14)

以模糊數設定各語意變數：假設冷氣設定溫度低為 16~27 度、高為 22~32 度；室溫低為 16~28 度、高設定為 24~36 度；體感冷設定 0~0.5、剛剛好 0.3~0.7、熱設定 0.5~1；冷氣調低-16~0 度、冷氣微調-8~8 度、冷氣調高 0~16 度，令 x 設定溫度隸屬函數、y 室溫隸屬函數、z 體感隸屬函數、w 冷氣溫度調整隸屬函數、A1 為冷氣設定溫度低模糊集合、A2 為冷氣設定溫度高模糊集合、B1 為低模糊集合、B2 為高模糊集合、C1 為體感冷模糊集合、C2 體感剛剛好模糊集合、C3 為體感熱；D1 為冷氣調低模糊集合、D2 為冷氣微調模糊集合、D1 為冷氣調高模糊集合，則式(11)至(14)可改寫為：

如果 $x=A1$ 及 $y=B1$ 及 $z=C2$ 則 $w=D2$ 式(15)

如果 $x=A1$ 及 $y=B2$ 及 $z=C3$ 則 $w=D1$ 式(16)

如果 $x=A2$ 及 $y=B1$ 及 $z=C1$ 則 $w=D3$ 式(17)

如果 $x=A2$ 及 $y=B2$ 及 $z=C2$ 則 $w=D2$ 式(18)

本研究應用 Matlab_2023a 軟體作為模糊運算工具，上述各模糊集合如圖 3-3 至 3-6 所示。

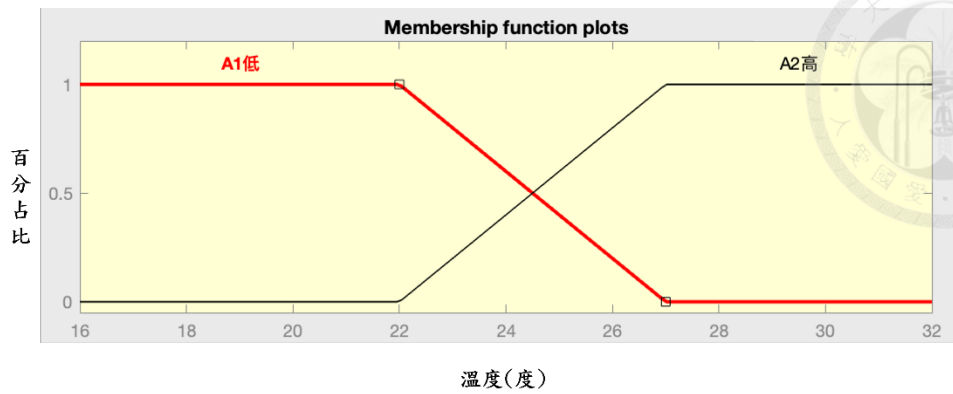


圖 3-2 A1 低及 A2 高模糊集合圖 (以 Matlab_2023a 輸出)

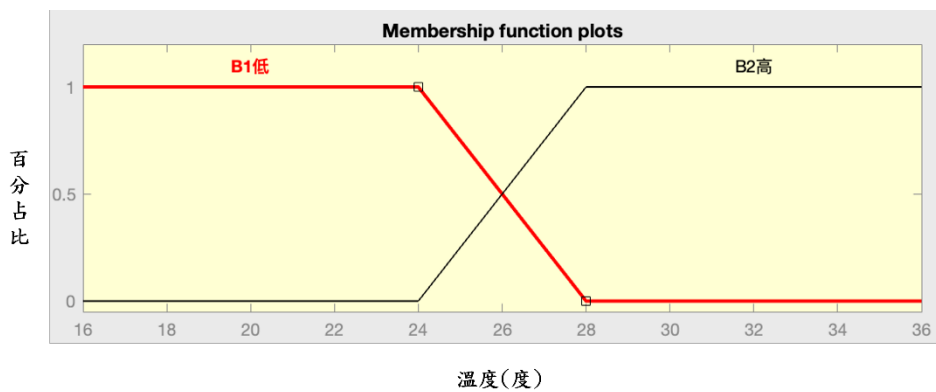


圖 3-3 B1 低及 B2 高模糊集合圖 (以 Matlab_2023a 輸出)

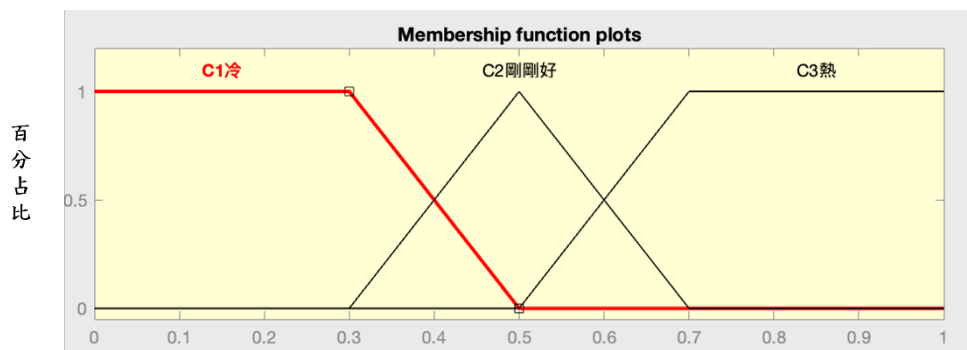


圖 3-4 C1 冷、C2 剛剛好及 C3 熱模糊集合圖 (以 Matlab_2023a 輸出)

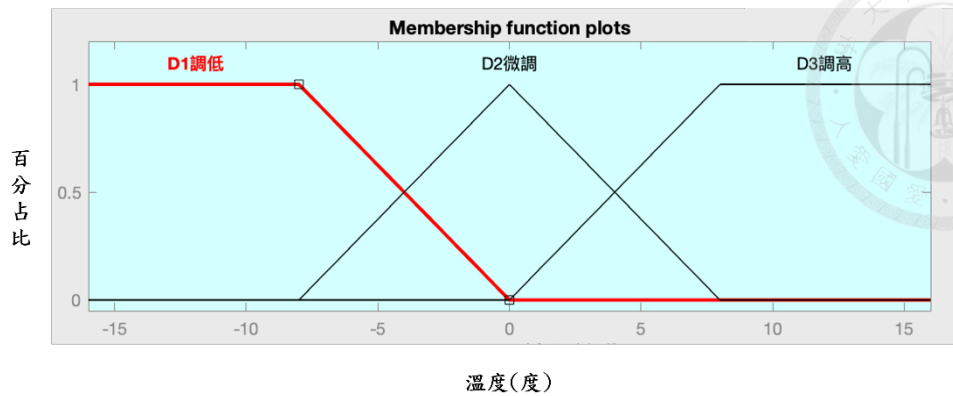


圖 3-5 D1 調低、D2 微調及 D3 調高模糊集合圖 (以 Matlab_2023a 輸出)

在模擬計算方面，分別輸入溫度設定、室溫及體感之隸屬函數，假設溫度設定 20 度、室溫 25 度、體感溫度 0.6，使用面積重心法作為解模糊方式，則軟體會依據多元邏輯運算規則解模糊算出冷氣自動調低-3.2 度，軟體運算輸出如圖 3-7 所示。

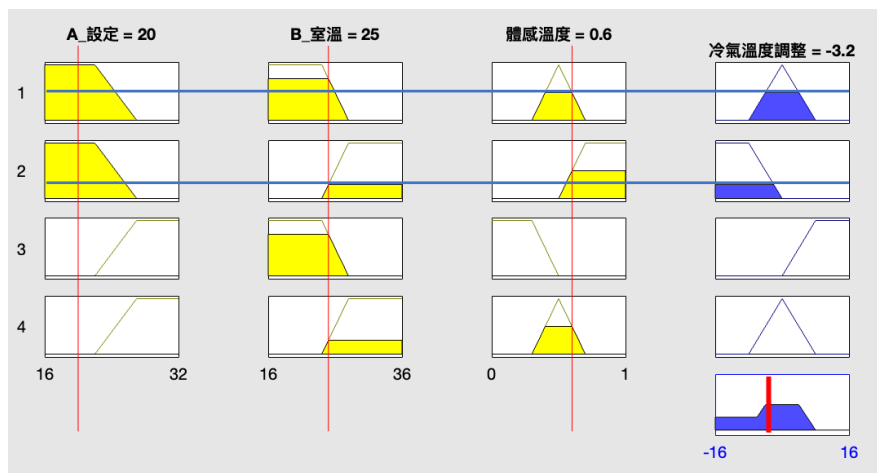


圖 3-6 模糊理論範例情境模擬：溫度設定 20 度、室溫 25 度、體感溫度 0.6 冷氣溫度調整-3.2 度(以 Matlab_2023a 輸出)

圖 3-6 左側數字 1 至 4 分別代表式(15)至(18)之多元邏輯規則、黃色與藍色面積各自代表隸屬函數於模糊集合占比，溫度設定之隸屬函數 x 於 A1 低模糊集合占比 100%、A2 模糊集合各占比 0%；室溫 25 度之隸屬函數 y 於 B1 低之模糊集合占比 75%、於 B2 高之模糊集合占比 25%；體感溫度之隸屬函數 w 於 C1 冷之模糊集

合占比 0%、於 C2 剛剛好之模糊集合占比 50%、於 C3 熱之模糊集合占比 50%，因 x 僅於 A2 有占比故 $x=A2$ ；y 於 B1、B2 皆有占比故 $y=B1、B2$ ；z 於 C2、C3 皆有占比故 $z=C2、C3$ ，依據多元邏輯規則符合式(15)(16)故 $w=D2、D1$ ；式(15)中 A1 占比 100%、B1 占比 75%、C2 占比 50%，依據模糊交集運算(T-norm 運算)D2 占比為 50%；式(16)中 A1 占比 100%、B2 占比 25%、C3 占比 50%，依據模糊交集運算(T-norm 運算)D1 占比為 25%；最後軟體會依據選擇之解模糊方式，將符合規則式(15)(16)之模糊集合面積 D2 及 D1 結合(最下方藍色面積)後計算結果，紅色垂直線為模糊集合面積上保持平衡之位置(面積重心法)-3.2。

模糊理論將語意變數依據設定隸數函數而產生模糊集合，利用不同條件下選擇不同解模糊方式，將質化轉換為量化結果，模糊理論做為質化計畫評量方法。

第4章 結果與討論



4.1 水資源績效指標

國際組織及投資機構皆專注於水資源使用情形，觀察無論傳統及高科技產業，任何生產及營運行為皆須使用水資源，水資源使用及規劃是企業永續經營及提升競爭力重要關鍵議題，企業用水量對當地的生活及其他類型用水產生衝擊，資源有限情況下，用水量會影響未來世代發展，確定企業用水量及用水變化才能因應永續發展(Francisco & José, 2016)；此外 ESRS 準則也強調需揭露企業每年用水量的變化、用水密集度，這些顯示企業用水效率、採用清潔生產技術節省水量，水資源指標應包含企業用水量現況、變化、用水密集度，水資源使用管理計畫等指標，以顯示企業在營運生產活動，是否有提升水資源使用效率及節約用水。

除水資源使用量及變化，在極端氣候下豐枯水期明顯、區域降水不均，企業使用自然水資源勢必排擠其他用水類別，GRI 準則要求企業揭露地表水、地下水、第三方產出水之總用水量占比，揭露企業使用來源不同，對自然資源耗竭程度不同，耗用自然資源過高不符合環境永續涵義；廢水回收及再生技術已成熟發達，使用回收水及再生水為時代趨勢(Francisco & José, 2016)，增加回收水與再生水不僅更有效利用每一滴水，也減少對自然資源過度使用(Jefferson et al., 2000)；ESRS 準則要求企業揭露水資源循環策略，制定每年實現目標及績效；MSCI、DJSI 也關注企業除自然水資源外，有無污廢水回收或使用再生水資源；2030 永續發展目標明確指出，企業應精進循環經濟與水資源再利用，致力發展回收水及再生水技術。因此在水資源指標中，應包含企業自然資源占區域用水比率、各類用水來源使用量及變化，以及相關回收水與再生水管理計畫，以揭露企業有無致力水循環、精進廢水回收及再生技術，確保對水資源珍惜及負責任態度。

里約宣言開始不僅要減少資源使用及浪費，也避免企業內部成本外部化，致力

減少環境污染，企業各種營運行為皆會產生污染，並對環境產生負面影響(Radehaus et al.,2013)；此外 GRI、ISDS、ESRS 皆制定相關準則，要求企業揭露廢水排放情況及相關管理計畫，Sustainalytics、MSCI 評估企業在營運過程製造的環境污染和有毒物質排放，及環境破壞行為衍生的營運風險，因此水資源指標應包含企業廢水排放量、變化趨勢、廢水水質及相關廢水管理計畫，確保企業在經濟增長的同時，保護區域環境及生態。

多面向與全面性企業永續水資源績效指標要包含企業用水量現況、變化、用水密集度，自然資源占區域用水的比率、各類用水來源使用量及變化，廢水排放量、變化，廢水水質狀況，相關回收水及再生水使用，及水資源管理計畫及策略等，針對用水來源，包含自來水、地下水、回收水及再生水，回收水及再生水來源於廢水，併入廢水議題，經整理加以建立之企業永續水資源績效指標有四大議題：水資源使用、水資源來源、廢水排放、水資源管理計畫，內容如下所述，議題指標依據參考如表 4-1 所示：

- 水資源使用：用水量現況、用水量變化、用水密集度現況、用水密集度變化。
- 水資源來源：自來水使用現況、自來水使用變化、自來水使用量占區域總自來水供水量比率、自來水使用量占區域總自來水供水量比率變化、地下水使用現況、地下水使用變化、回收水使用現況、回收水使用變化、再生水使用現況、再生水使用變化。
- 廢水排放：廢水排放現況、廢水排放量變化、廢水毒性現況、廢水毒性變化、廢水回收率現況、廢水回收率變化、再生水生產比率現況、再生水生產比率變化。
- 水資源管理計畫：節水計畫、廢水減量減毒計畫、廢水回收計畫、廢水再生計畫。

表 4-1 水資源議題指標參考依據

議題	指標	相關指標來源
水資源使用	用水量現況	GRI-303-5 用水量、ISDS 水管理、ESRS-E3-2 水資源和海洋資源可衡量目標、DJSI 水資源使用
	用水量變化	ISDS 產品創新、ESRS-E3-4 水資源績效、Refinitiv 資源使用-水
	用水密集度現況	ISDS 產品創新、ESRS-E3-2 水資源和海洋資源可衡量目標、Sustainalytics 資源使用、MSCI 自然資源-水資源短缺
	用水密集度變化	ESRS-E3-4 水資源績效、Sustainalytics 資源使用、
水資源來源	自來水使用現況	GRI-303-3 取水量、DJSI 水資源使用
	自來水使用變化	DJSI 水資源使用
	自來水使用量占區域總自來水供水量比率	GRI-303-1 水資源共享及關連性、GRI-303-5 用水量、ISDS 水管理、MSCI 自然資源-水資源短缺、DJSI 水資源相關風險
	自來水使用量占區域總自來水供水量比率變化	GRI-303-1 水資源共享及關連性、ISDS 水管理、MSC 自然資源-水資源短缺、DJSI 水資源相關風險
	地下水使用現況	GRI-303-3 取水量、DJSI 水資源使用
	地下水使用變化	DJSI 水資源使用
	回收水使用現況	ISDS 水管理、ESRS-3-4 水資源績效、MSCI 自然資源-水資源短缺
	回收水使用變化	ISDS 水管理服務、ESRS-3-4 水資源績效、MSCI 自然資源-水資源短缺
	再生水使用現況	ISDS 水管理、ESRS-3-4 水資源績效、MSCI 自然資源-水資源短缺
再生水使用變化	ISDS 水管理服務、ESRS-3-4 水資源績效、MSCI 自然資源-水資源短缺	

議題	指標	相關指標來源
廢水排放	廢水排放現況	GRI-303-4 放流量、ISDS 水管理、ESRS-E3-2 水資源和海洋資源可衡量目標 Sustainalytics 排放、廢水和廢棄物、MSCI 污染與廢棄物-有毒污染物質排放和廢棄物、DJSI 水資源使用、Revinitiv 排放-廢棄物
	廢水排放量變化	ISDS 水管理、ESRS-E3-4 水資源績效、Sustainalytics 排放、廢水和廢棄物、MSCI 污染與廢棄物-有毒污染物質排放和廢棄物、DJSI 水資源使用、Revinitiv 排放-廢棄物
	廢水毒性現況	GRI-303-2 放流水造成衝擊及管理、Sustainalytics 排放、廢水和廢棄物、MSCI 污染與廢棄物-有毒污染物質排放和廢棄物、Revinitiv 排放-廢棄物
	廢水毒性變化	Sustainalytics 排放、廢水和廢棄物、MSCI 污染與廢棄物-有毒污染物質排放和廢棄物、Revinitiv 排放-廢棄物
	廢水回收率現況	ISDS 水管理、ESRS-E3-4 水資源績效
	廢水回收率變化	ISDS 水管理服務、ESRS-E3-4 水資源績效
	再生水生產比率現況	ISDS 水管理、ESRS-E3-4 水資源績效
	再生水生產比率變化	ISDS 水管理服務、ESRS-E3-4 水資源績效
水資源管理計畫	節水計畫	GRI-303-1 水資源共享及關連性、ISDS 產品創新、ESRS-E3-1 實施管理水資源和海洋資源的策略、Sustainalytics 資源使用、MSCI 自然資源-水資源短缺、DJSI 水資源相關風險、Refinitiv 資源使用-水
	廢水減量減毒計畫	GRI-303-2 放流水造成衝擊及管理、ESRS-E3-1 實施管理水資源海洋資源的策略、Sustainalytics 排放、廢水和廢棄物、

議題	指標	相關指標來源
		MSCI 污染與廢棄物-有毒污染物質排放和廢棄物、Refinitiv 排放-廢棄物
	廢水回收計畫	ESRS-E3-1 實施管理水資源海洋資源的策略
	廢水再生計畫	ESRS-E3-1 實施管理水資源海洋資源的策略

水資源使用、水資源來源、廢水排放議題指標屬量化數值指標，以量化球型統計評量，水資源管理計畫議題指標屬於質化計畫指標，以質化模糊理論評量，依據績效指標評量邏輯，企業對環境正面影響給予正分、對環境負面影響給予負分評量，評分邏輯如下所述：

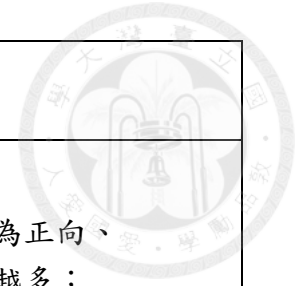
- 水資源使用：要求企業揭露當年度使用總水量、生產每當位產品之用水量，此兩項指標屬於消耗自然資源，為負面評分，如用水量越高負分越多；當年度單位產品耗水量與密集度變化，若減少為正面評分，增加為負面評分。
- 水資源來源：消耗自來水、地下水等自然資源屬於負面作為，為負面評分；為鼓勵企業增加使用再生水及回收水，使用越多及在總用水量占比越大屬於正向作為，為正面評分；企業在水資源來源使用變化量，此為正負向指標，以積極作為正面評分而消極作為負面評分。
- 廢水排放：要求企業揭露廢水排放量、關注之毒性物質數量，數量越大環境影響越劇烈，屬於負面作為，給予負面評分；鼓勵企業將廢水回收及再生使用，水量越多正分越多；觀察企業在廢水排放每年變化，當年度與過去做比較，此設定為正負向指標，積極作為正面評分，消極作為負面評分。
- 水資源管理計畫：水資源使用效率為一觀察重點，企業若能逐漸節水也可降低風險，故針對節水、廢水排放減量減毒、回收水及再生水設定環境目標與進度規劃，設定在完整性和可行性之前提下企業越積極作為則正分越多。

另參考國際組織準則，水量以噸為單位，各類用水量及廢水排放量以年度作為單位變化比較，設定當年度數值與前五年度平均數值作為變化比較，以此建置之企業水資源績效指標、計算方式、單位及相關完整說明如表 4-2 所示。



表 4-2 企業永續水資源績效指標

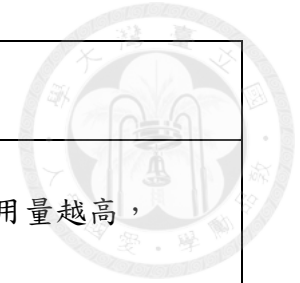
議題(Issue)	指標(Indicator)	指標(Indicator)計算方式與單位	說明
水資源使用	用水量現況	當年度總用水量(噸/年)	本項指標為負向指標，用水量越高，負分越多。
	用水量變化	當年度總用水量與前五年度總用水量之差異： (當年度總用水量-前五年度總用水量平均值)/ 前五年度總用水量平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，減少為正向、 增加為負向，增加越多，負分越多； 減少越多，正分越多。
	用水密集度現況	生產每單位產品之總用水量： 當年度總用水量/當年度產品總產量 (噸/單位產品數)	本項指標為負向指標，用水密集度越高， 負分越多。
	用水密集度變化	當年度用水密集度與 前五年度用水密集度之差異： (當年度用水密集度-前五年度用水密集度 平均值)/前五年度用水密集度平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，減少為正向、 增加為負向，增加越多，負分越多； 減少越多，正分越多。
水資源來源	自來水使用現況	自來水使用比率：當年度自來水使用量/ 當年度總用水量 100%(%)	本項指標為負向指標，自來水使用比率越高，負 分越多。



議題(Issue)	指標(Indicator)	指標(Indicator)計算方式與單位	說明
	自來水使用變化	當年度自來水使用比率與 前五年度自來水使用比率之差異： (當年度自來水使用比率- 前五年度自來水使用比率平均值)/ 前五年度自來水使用比率平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，減少為正向、 增加為負向，增加越多，負分越多； 減少越多，正分越多。
	自來水使用量 占區域總自來水 供水量比率	當年度自來水使用量占區域總自來水 供水量之比率： 當年度自來水使用量/ 當年度區域總自來水供水量 x100%(%)	本項指標為負向指標，比率越高，負分越多。
	自來水使用量 占區域總自來水 供水量比率變化	當年度自來水使用量占區域總自來水供水量之 比率與前五年度自來水使用量占 區域總自來水供水量比率之差異： (當年度自來水使用量占區域總自來水 供水量比率-前五年度自來水用量占區域 總自來水供水量比率平均值)/前五年度自來水 使用量占區域總自來水供水量比率平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，減少為正向、 增加為負向，增加越多，負分越多； 減少越多，正分越多。



議題(Issue)	指標(Indicator)	指標(Indicator)計算方式與單位	說明
	地下水使用現況	地下水使用比率：當年度地下水使用量/ 當年度總用水量 x100%(%)	本項指標為負向指標，地下水使用比率越高， 負分越多。
	地下水使用變化	當年度地下水使用比率與 前五年度地下水使用比率之差異： (當年度地下水使用比率- 前五年度地下水使用比率平均值)/ 前五年度地下水使用比率平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標， 減少為正向、增加為負向，增加越多，負分越多； 減少越多，正分越多。
	回收水使用現況	回收水使用比率： 當年度回收水使用量/ 當年度總用水量 x100%(%)	本項指標為正向指標，回收水用量越高， 正分越多。
	回收水使用變化	當年度回收水使用比率與 前五年度回收水使用比率之差異： (當年度回收水使用比率-前五年度 回收水使用比率平均值)/前五年度回收水 使用比率平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，增加為正向、 減少為負向，增加越多，正分越多； 減少越多，負分越多。



議題(Issue)	指標(Indicator)	指標(Indicator)計算方式與單位	說明
	再生水使用現況	再生水使用比率： 當年度再生水總使用量/當年度總用水量 x100%(%)	本項指標為正向指標，再生水用量越高， 正分越多。
	再生水使用變化	當年度再生水使用比率與 前五年度再生水使用比率之差異： (當年度再生水使用比率-前五年度 再生水使用比率平均值)/前五年度再生水使用 比率平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，增加為正向、 減少為負向，增加越多，正分越多； 減少越多，負分越多。
廢水排放	廢水排放現況	當年度廢水總排放量：(噸/年)	本項指標為負向指標，廢水排放量越高， 負分越多。
	廢水排放量變化	當年度廢水總排放量與 前五年度廢水總排放量之差異： (當年度廢水總排放量- 前五年度廢水總排放量平均值)/ 前五年度廢水總排放量平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，減少為正向、 增加為負向，增加越多，負分越多，減少越多； 正分越多。



議題(Issue)	指標(Indicator)	指標(Indicator)計算方式與單位	說明
	廢水毒性現況	當年度廢水中含有毒物質數量： 廢水中各項含有毒物質濃度加總 x 廢水總排放量(噸/年)	本項指標為負向指標，排放之廢水中所含 有毒物質數量越高，負分越多。
	廢水毒性變化	當年度廢水中含有毒物質數量 與前五年度廢水中含有毒物質數量之差異： (當年度廢水中含有毒物質數量- 前五年度廢水中含有毒物質數量平均值)/ 前五年度廢水中含有毒物質數量平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，減少為正向、 增加為負向，增加越多，負分越多，減少越多； 正分越多。
	廢水回收率現況	當年度廢水回收率：廢水總回收量/ 廢水總排放量 x100%(%)	本項指標為正向指標，廢水回收比率越高， 正分越多。
	廢水回收率變化	當年度廢水回收率與 前五年度廢水回收率之差異： (當年度廢水回收率- 前五年度廢水回收率平均值)/ 前五年度廢水回收率平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，增加為正向、 減少為負向，增加越多，正分越多，減少越多； 負分越多。



議題(Issue)	指標(Indicator)	指標(Indicator)計算方式與單位	說明
	再生水生產比率 現況	當年度再生水生產比率： 再生水總生產量/廢水總排放量 x100%(%)	本項指標為正向指標，再生水生產比率越高， 正分越多。
	再生水生產比率 變化	當年度再生水生產比率與前五年度 再生水生產比率之差異：(當年度再生水生產 比率-前五年度再生水生產比率平均值)/ 前五年度再生水生產比率平均值 x100%(%)	本項指標為正負向指標，增加為正向、 減少為負向，增加越多，正分越多，減少越多； 負分越多。
水資源 管理計畫	節水計畫	節水計畫之完整性及可行性。	本項指標為正向指標，計畫評比越高， 正分越多。
	廢水減量減毒 計畫	廢水減量減毒計畫之完整性及可行性。	本項指標為正向指標，計畫評比越高， 正分越多。
	廢水回收計畫	廢水回收計畫之完整性及可行性。	本項指標為正向指標，計畫評比越高， 正分越多。
	廢水再生計畫	廢水再生計畫之完整性及可行性。	本項指標為正向指標，計畫評比越高， 正分越多。



4.2 指標權重

企業永續水資源績效指標有 4 項議題，水資源來源議題有 10 項指標、廢水排放議題有 8 項指標、水資源管理計畫議題有 4 項指標，共計 26 項指標，四大議題設定為最上層級，各指標為下一層級，層級關係同心圓圖如 4-1 所示。

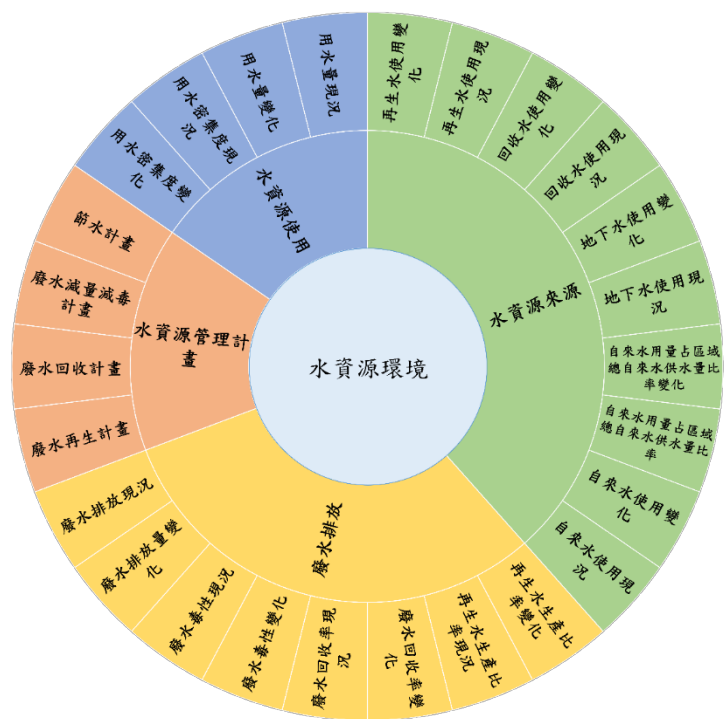


圖 4-1 水資源四大議題及指標層級同心圓

AHP 專家問卷填寫對象為該領域產、官、學之專家，共舉辦三場「ESG 環境績效指標建立研究」說明座談會議，說明各議題指標涵義、問卷填寫方式、提升填答品質、減少填寫邏輯謬誤，及精進議題指標內容，完整問卷內容詳如附錄，共發放 12 份問卷、回收 11 份，比例為 90.9%，一致性檢定 C.R.值計算結果如表 4-3 所示，水資源四項議題 C.R.值為 0.061，水資源使用議題之 4 項指標為 0.005、水資源來源議題之 10 項指標為 0.036、廢水排放議題 8 項指標為 0.012、水資源管理計畫議題 4 項指標為 0.054，各議題指標 C.R.值皆小於等於 0.1，代表 AHP 專家問卷通過一致性檢定。

表 4-3 一致性檢測結果

議題	水資源 四項議題	水資源使用	水資源來源	廢水排放	水資源 管理計畫
C.R.值	0.061	0.005	0.036	0.012	0.054

水資源四議題之權重計算結果整理如圖 4-2 所示，「水資源管理計畫」所占權重最高為 40.88%、「水資源來源」權重為 22.85%、「廢水排放」權重為 18.49%、「水資源使用」權重為 17.78%，其中「水資源管理計畫」與「水資源來源」兩項占整體權重 63.73%，顯示專家建議企業務實投入資源達成實質效益，企業除對水資源需進行良好規劃管理外，亦應積極使用再生水及回收水，減少使用源於自然資源之自來水及地下水。

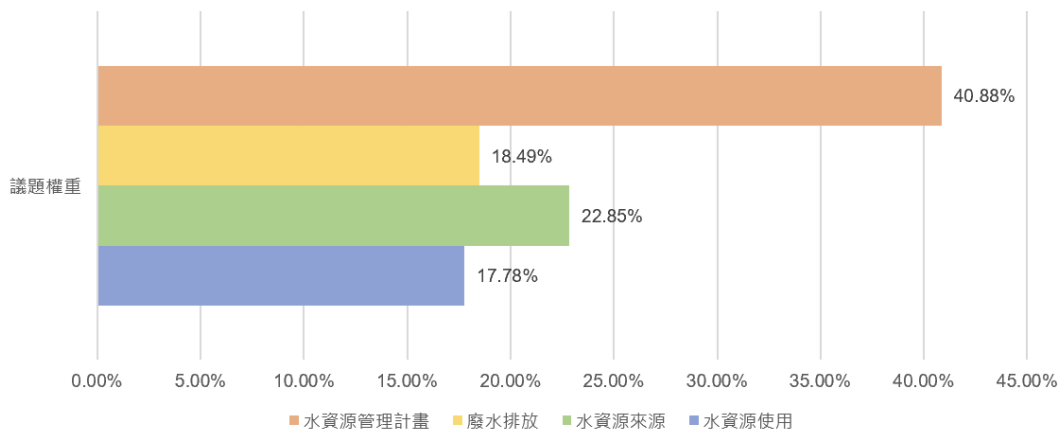


圖 4-2 議題相對權重圖

各層指標項目的權重分布如圖 4-3 所示，「水資源使用」議題之「用水密集度現況」及「用水密集度變化」兩項權重共占 73.81%，顯示企業應長期追蹤生產每單位產品用水量，積極開發新技術以降低單位產品用水量；「水資源來源」議題中「回收水使用現況」及「回收水使用變化」權重分別為 17.90%及 21.39%，「再生水使用現況」及「再生水使用變化」權重則分別為 16.47%及 17.31%，相較於「自來水使用現況」、「自來水使用變化」、「地下水使用現況」、「地下水使用變化」等 4 項權重僅占 3.34%~4.69%，顯示提升水資源利用率及減少自然水資源使用之重要

性；「廢水排放」議題中，「廢水回收率現況」、「廢水回收率變化」、「再生水生產比率現況」、「再生水生產比率變化」等 4 項指標權重占比分別為 16.62%、21.98%、11.90%及 14.78%，明顯高於「廢水排放現況(3.70%)」及「廢水排放量變化(4.06%)」，顯示近年因氣候變遷導致資源匱乏現象頻繁，企業應轉型使用回收水及再生水以降低營運風險，並提升相關技術朝向聯合國永續發展目標 SDG 6「確保所有人都能享有水及衛生及其永續管理」及 SDG 13「採取緊急措施以因應氣候變遷及其影響目標」，「水資源管理計畫」議題之「廢水減量減毒規劃」權重占比 40.27%，顯示工業廢水中難分解及持久性高之化學物質或環境荷爾蒙，造成環境生態嚴重負面影響及衝擊，此項為企業最需專注重點指標，其次為「廢水回收計畫」25.74%，顯示企業應積極制定廢水回收計畫，增進水資源循環，減少廢水排放。

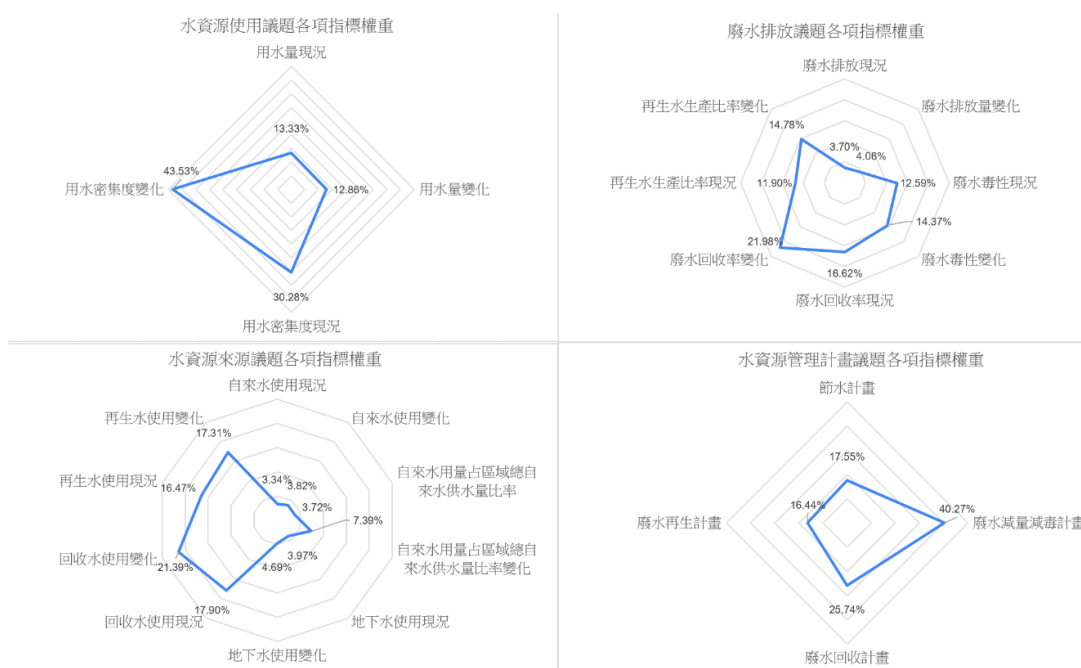


圖 4-3 指標相對權重圖

表 4-4 所示為水資源各項指標權重及絕對權重，指標絕對權重可由議題權重乘以指標權重求得，排序前五大項為「廢水減量減毒規劃(16.46%)」、「廢水回收計畫(10.52%)」、「用水密集度變化(7.74%)」、「節水計畫(7.17%)」及「廢水再生計畫(6.73%)」，以上顯示企業若要提升永續水資源績效評分，因致力減少廢水污染排放、

每滴水多次使用、發展清潔生產技術降低單位產品用水量、制定節水及廢水再生技術規劃及策略，此結果也符合聯合國 2030 永續目標 SDG6 之確保所有人都能享有乾淨的水、衛生環境及永續發展策略內容。



表 4-4 議題及指標權重及指標絕對權重

議題	議題 權重	指標	指標權重	指標絕對權重
水資源 使用	17.78%	用水量現況	13.32%	2.37%
		用水量變化	12.87%	2.29%
		用水密集度現況	30.28%	5.38%
		用水密集度變化	43.53%	7.74%
小計			100.00%	17.78%
水資源 來源	22.85%	自來水使用現況	3.34%	0.76%
		自來水使用變化	3.82%	0.87%
		自來水用量占區域 總自來水供水量比率	3.72%	0.85%
		自來水用量占區域 總自來水供水量比率 變化	7.39%	1.69%
		地下水使用現況	3.97%	0.91%
		地下水使用變化	4.69%	1.07%
		回收水使用現況	17.90%	4.09%
		回收水使用變化	21.39%	4.89%
		再生水使用現況	16.47%	3.76%
		再生水使用變化	17.31%	3.96%
小計			100.00%	22.85%
廢水 排放	18.49%	廢水排放現況	3.70%	0.69%
		廢水排放量變化	4.06%	0.75%
		廢水毒性現況	12.59%	2.33%
		廢水毒性變化	14.37%	2.66%
		廢水回收率現況	16.62%	3.07%
		廢水回收率變化	21.98%	4.06%
		再生水生產比率現況	11.90%	2.20%
		再生水生產比率變化	14.78%	2.73%
小計			100.00%	18.49%
水資源 管理 計畫	40.88%	節水計畫	17.55%	7.17%
		廢水減量減毒計畫	40.27%	16.46%
		廢水回收計畫	25.74%	10.52%
		廢水再生計畫	16.44%	6.73%

議題	議題 權重	指標	指標權重	指標絕對權重
小計			100.00%	40.88%
合計	100.00%			100.00%

4.3 量化統計評量

球型統計作為量化數值指標評量，以企業投入資源及心力與績效關係為非線性倍數增加，類似環境經濟類指數函數關係，企業環境績效排名也為同樣情形，有關球型統計評量法計算說明如下：

1. 計算指標數值，進行同行業排序，計算於同行業環境績效表現百分等級排序 r ，並將 r 分為 $0\% \leq r \leq 25\%$ 、 $25\% < r \leq 50\%$ 、 $50\% < r \leq 75\%$ 以及 $75\% < r \leq 100\%$ 之四分位區間。
2. 各項量化指標分數以 y 表示，評量值為 0 至 10 分，依於同行業績效表現百分等級排序 r 對應分數：
 - $0\% \leq r \leq 25\%$ 區間，分數為 $0 \leq y \leq 1$ ；
 - $25\% < r \leq 50\%$ 區間，分數為 $1 < y \leq 3$ ；
 - $50\% < r \leq 75\%$ 區間，分數為 $3 < y \leq 6$ ；
 - $75\% < r \leq 100\%$ ，分數為 $6 < y \leq 10$ 。

計算公式如下：

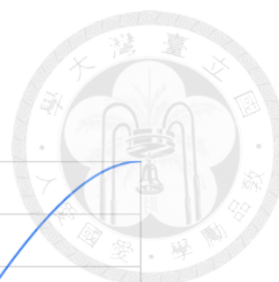
$$0 \leq r \leq 25\% \text{ 區間 } y = \frac{3}{2} \left(\frac{r}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{r^3}{a^3} \right), \text{ 其中 } a=25\% \quad \text{式(19)}$$

$$25\% < r \leq 50\% \text{ 區間 } y = 1 + 2 \left\{ \frac{3}{2} \left[\frac{(r-25\%)}{a} \right] - \frac{1}{2} \left[\frac{(r-25\%)^3}{a^3} \right] \right\}, \text{ 其中 } a=25\% \quad \text{式(20)}$$

$$50\% < r \leq 75\% \text{ 區間 } y = 3 + 3 \left\{ \frac{3}{2} \left[\frac{(r-50\%)}{a} \right] - \frac{1}{2} \left[\frac{(r-50\%)^3}{a^3} \right] \right\}, \text{ 其中 } a=25\% \quad \text{式(21)}$$

$$75\% < r \leq 100\% \text{ 區間 } y = 6 + 4 \left\{ \frac{3}{2} \left[\frac{(r-75\%)}{a} \right] - \frac{1}{2} \left[\frac{(r-75\%)^3}{a^3} \right] \right\}, \text{ 其中 } a=25\% \quad \text{式(22)}$$

統計排序及評量得分關係如圖 4-4 表示，依球型統計評量計算指標分數再乘以



對應權重，即得量化指標項目分數。

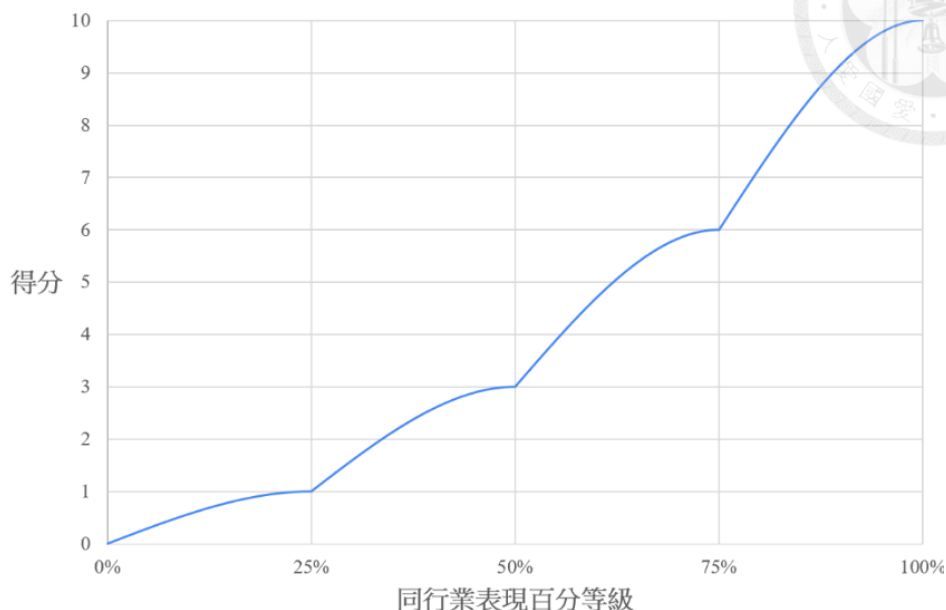


圖 4-4 球型統計評量模式圖

假設有八家同產業企業，企業 A 用水量現況為 100,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 180,000(噸/年)，則用水量變化為-44.44%、用水密集度現況為 0.120(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.141(噸/單位產品數)，則用水密集度變化為-14.89(%)，企業 B 用水量現況為 50,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 45,000(噸/年)，則用水量變化為+11.11%、用水密集度現況為 0.322(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.301(噸/單位產品數)，則用水密集度變化為+6.89(%)，企業 C 用水量現況為 60,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 61,000(噸/年)，則用水量變化為+1.64%、用水密集度現況為 0.235(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.245(噸/單位產品數)，則用水密集度變化為-4.08(%)，企業 D 用水量現況為 55,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 52,500(噸/年)，則用水量變化為+4.76%、用水密集度現況為 0.301(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.300(噸/單位產品數)，則用水密集度變化為+0.33(%)，企業 E 用水量現況為 85,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 87,000(噸/年)，則用水量變化為-2.30%、用水密集度現況為 0.180(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.188(噸/單位產

品數)，則用水密集度變化為-4.26(%)，企業 F 用水量現況為 33,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 30,000(噸/年)，則用水量變化為+10.00%、用水密集度現況為 0.286(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.279(噸/單位產品數)，則用水密集度變化為+2.51(%)，企業 G 用水量現況為 20,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 23,500(噸/年)，則用水量變化為-14.89%、用水密集度現況為 0.330(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.370(噸/單位產品數)，則用水密集度變化為-10.81(%)；企業 H 用水量現況為 43,000(噸/年)、前五年度總用水量平均值為 45,000(噸/年)，則用水量變化為-4.44%、用水密集度現況為 0.287(噸/單位產品數)、前五年度用水密集度為 0.280(噸/單位產品數)，則用水密集度變化為+2.50(%)，以上企業水資源使用數據彙整於表 4-5。

表 4-5 企業水資源使用情形模擬

企業	用水量現況 (噸/年)	用水量變化 (%)	用水密集度現況 (噸/單位產品數)	用水密集度變化 (%)
A	100,000	-44.44	0.120	-14.89
B	50,000	+11.11	0.322	+6.98
C	60,000	+1.64	0.235	-4.08
D	55,000	+4.76	0.301	+0.33
E	85,000	-2.30	0.188	-4.26
F	33,000	+10.00	0.286	+2.51
G	20,000	-14.89	0.330	-10.81
H	43,000	-4.44	0.287	+2.50

企業用水量越高，對環境造成負面影響，為負向指標，用水量變化為正負向指標，減少為正向、增加為負向，用水密集度現況為負向指標，越高負分越多，用水密集度變化為正負向指標，增加越多負分越多、減少越多，正分越多，其次依據上述邏輯，將所有企業百分等級排序，用水量現況指標百分排序為企業 G-20%、企業 F-33%、企業 H-43%、企業 B-50%、企業 D-55%、企業 C-60%、企業 E-85%、

企業 A-100%，用水量變化指標百分排序為企業 A+100%、企業 G+34%、企業 H+10%、企業 E+5%、企業 C+4%、企業 D-11%、企業 F-23%、企業 B-25%，用水密集度現況指標百分排序為企業 A-36%、企業 E-55%、企業 C-71%、企業 F-87%、企業 H-87%、企業 D-91%、企業 B-98%、企業 G-100%；用水密集度變化指標百分排序為企業 A+100%、企業 G+73%、企業 E+29%、企業 C+27%、企業 D-2%、企業 H-17%、企業 F-17%、企業 B-47%。依據 AHP 所得到之權重，用水量現況指標權重 13.32%、用水量變化指標權重 12.87%、用水密集度現況指標權重 30.28%、用水密集度變化指標權重 43.53%。

再依據球型統計公式(19)~(22)將各指標百分排序轉換為對應分數，最終企業 A 在用水量現況指標分數為-10.00、用水量變化指標分數為+10.00、用水密集度現況指標分數為-2.23、用水密集度變化指標分數為+10.00、各權重相乘加總可得水資源使用議題分數為 3.63；企業 B 在用水量現況指標分數為-3.00、用水量變化指標分數為-1.00、用水密集度現況指標分數為-9.96、用水密集度變化指標分數為-2.96、各權重相乘加總可得水資源使用議題分數為-4.83；企業 C 在用水量現況指標分數為-4.70、用水量變化指標分數為 0.24、用水密集度現況指標分數為-5.89、用水密集度變化指標分數為 1.24、各權重相乘加總可得水資源使用議題分數為-1.84；企業 D 在用水量現況指標分數為-3.89、用水量變化指標分數為-0.62、用水密集度現況指標分數為-9.32、用水密集度變化指標分數為-0.12、各權重相乘加總可得水資源使用議題分數為-3.47；企業 E 在用水量現況指標分數為-8.27、用水量變化指標分數為 0.30、用水密集度現況指標分數為-3.89、用水密集度變化指標分數為 1.48、各權重相乘加總可得水資源使用議題分數為-1.60；企業 F 在用水量現況指標分數為-1.93、用水量變化指標分數為-0.99、用水密集度現況指標分數為-8.66、用水密集度變化指標分數為-0.86、各權重相乘加總可得水資源使用議題分數為-3.38；企業 G 在用水量現況指標分數為-0.94、用水量變化指標分數為 2.03、用水密集度現況指標分數為-10.00、用水密集度變化指標分數為 5.97、各權重相乘加總可得水資

源使用議題分數為-0.29；企業 H 在用水量現況指標分數為-2.79、用水量變化指標分數為 0.57、用水密集度現況指標分數為-8.66、用水密集度變化指標分數為-0.86、各權重相乘加總可得水資源使用議題分數為-3.29，以上各企業指標分數及議題總分彙整於表 4-6。

就上述情境模擬結果，球型統計可以將企業行為轉換為環境績效分數，企業更可透過同業比較，了解自身定位、精進環境作為。

表 4-6 企業水資源使用模擬結果績效分數

企業	用水量現況 (13.32%)	用水量變化 (12.87%)	用水密集度現況 (30.28%)	用水密集度變化 (43.53%)	水資源使用 議題總分
A	-10.00	10.00	-2.23	10.00	3.63
B	-3.00	-1.00	-9.96	-2.96	-4.83
C	-4.70	0.24	-5.89	1.24	-1.84
D	-3.89	-0.62	-9.32	-0.12	-3.47
E	-8.27	0.30	-3.89	1.48	-1.60
F	-1.93	-0.99	-8.66	-0.86	-3.38
G	-0.94	2.03	-10.00	5.97	-0.29
H	-2.79	0.57	-8.66	-0.86	-3.29

4.4 質化模糊評量

模糊理論評量計畫完整性及可行性，差(Poor)、佳(Good)、優(Excellent)作為評量標準，評量方式為專家審閱先評估計畫完整性，再評估可行性，考量企業環境績效的務實性，縱然企業提出的計畫具完整性，然若無具可行性，計畫的完整性則為空泛無助實質環境永續效益，則評量結果皆以差為定，另考量鼓勵企業發展積極作為計畫，除可行性為差之情境，評量結果以兩項目較高評價為準，故計畫完整性及可行性非兩獨立因素，皆會互相影響評量結果，依據模糊理論以模糊交集運算，評量結果共有九種多元邏輯情境如表 4-7 所示。



表 4-7 多元邏輯情境規則

規則	完整性評量	可行性評量	評量結果
1	差	差	差
2	差	佳	佳
3	差	優	佳
4	佳	差	差
5	佳	佳	佳
6	佳	優	優
7	優	差	差
8	優	佳	優
9	優	優	優

首先將語意變數差、佳、優之模糊數設定為：差 0~5 分、佳 1.5~8.5 分及優 5~10 分，令 x 為完整性隸屬函數、 y 為可行性隸屬函數、 z 為評量結果隸屬函數、 A_1 為完整性評量差模糊集合、 A_2 為完整性評量佳模糊集合、 A_3 為完整性評量優模糊集合、 B_1 可行性評量差模糊集合、 B_2 可行性評量佳模糊集合、 B_3 可行性評量優模糊集合、 C_1 為評量結果差模糊集合、 C_2 為評量結果佳模糊集合、 C_3 為評量結果優模糊集合，依據多元邏輯規則表示為：

$$\text{如果 } x=A_1 \text{ 及 } y=B_1 \text{ 則 } z=C_1 \text{ 式(23)}$$

$$\text{如果 } x=A_1 \text{ 及 } y=B_2 \text{ 則 } z=C_2 \text{ 式(24)}$$

$$\text{如果 } x=A_1 \text{ 及 } y=B_3 \text{ 則 } z=C_2 \text{ 式(25)}$$

$$\text{如果 } x=A_2 \text{ 及 } y=B_1 \text{ 則 } z=C_1 \text{ 式(26)}$$

$$\text{如果 } x=A_2 \text{ 及 } y=B_2 \text{ 則 } z=C_2 \text{ 式(27)}$$

$$\text{如果 } x=A_2 \text{ 及 } y=B_3 \text{ 則 } z=C_3 \text{ 式(28)}$$

$$\text{如果 } x=A_3 \text{ 及 } y=B_1 \text{ 則 } z=C_1 \text{ 式(29)}$$

$$\text{如果 } x=A_3 \text{ 及 } y=B_2 \text{ 則 } z=C_3 \text{ 式(30)}$$

如果 $x=A3$ 及 $y=B3$ 則 $z=C3$ 式(31)

模糊集合擬用非線性變化之高斯函數，上述各模糊集合如圖 4-5 至 4-7 所示。

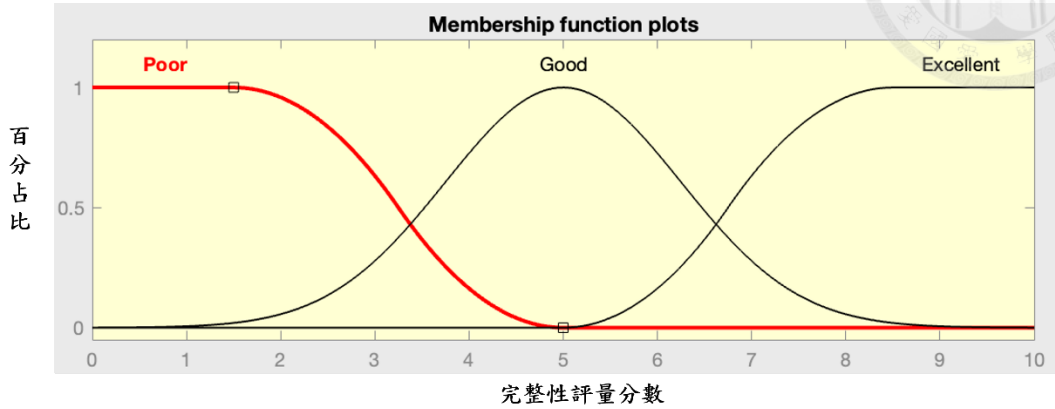


圖 4-5 完整性評量 A1 差、A2 佳、A3 優之模糊集合圖 (以 Matlab_2023a 輸出)

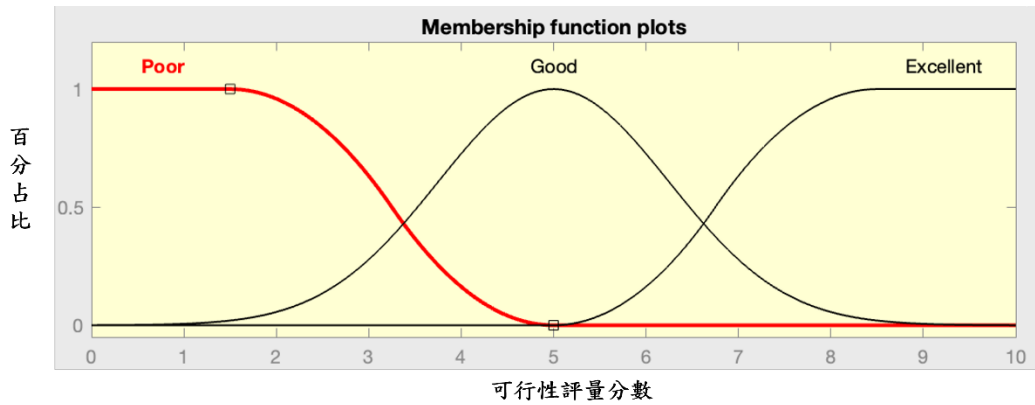


圖 4-6 可行性評量 B1 差、B2 佳、B3 優之模糊集合圖 (以 Matlab_2023a 輸出)

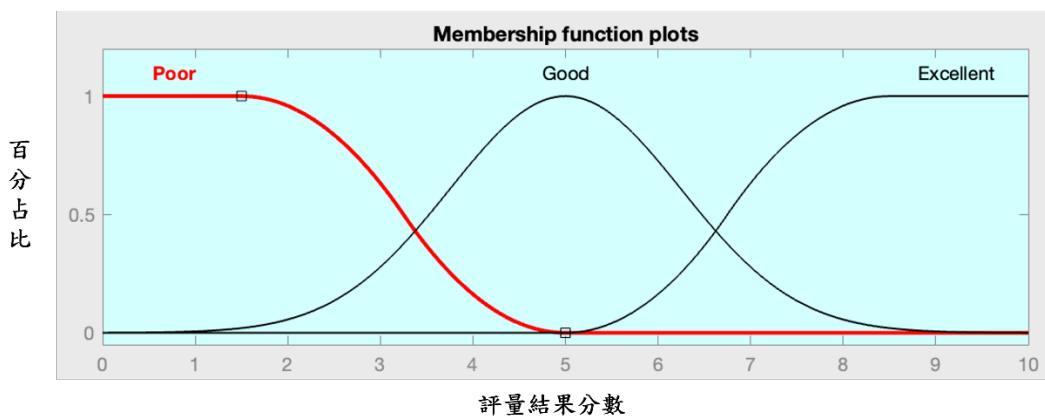


圖 4-7 評量 C1 差、C2 佳、C3 優之模糊集合圖 (以 Matlab_2023a 輸出)

審閱委員評量質化計畫給予計畫完整性與可行性評分，舉例企業計畫完整性為 6.7、可行性為 8.4，則面積重心法及面積等分法計算結果分別為 7.82(圖 4-8 所

示)及 8.00(圖 4-9 所示),最後用平均法把每一審閱委員解模糊後的結果分數取平均值作為最終該計畫的評量成績。

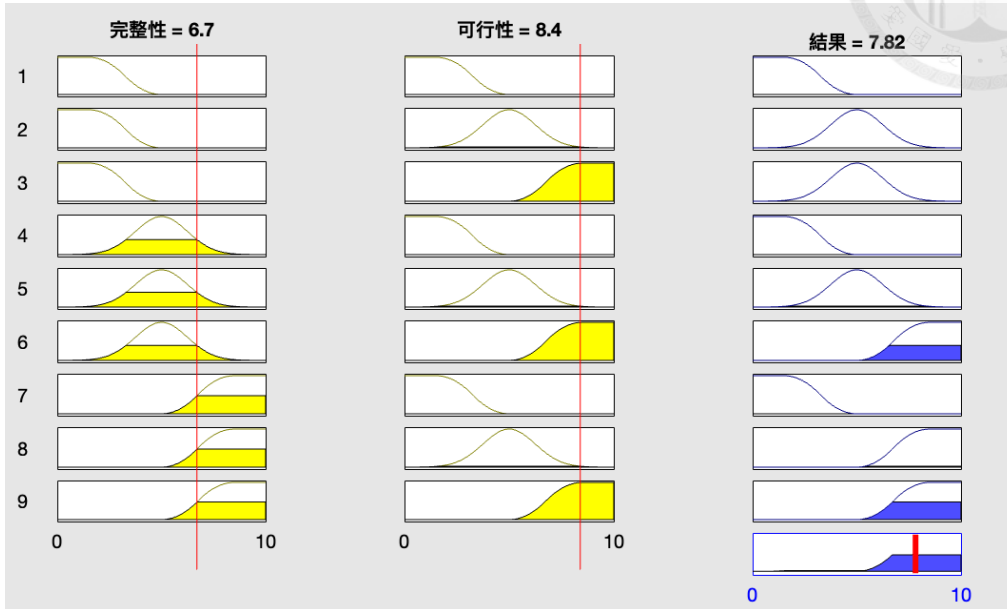


圖 4-8 質化指標模糊評量範例(面積重心法)(以 Matlab_R2023a 輸出)

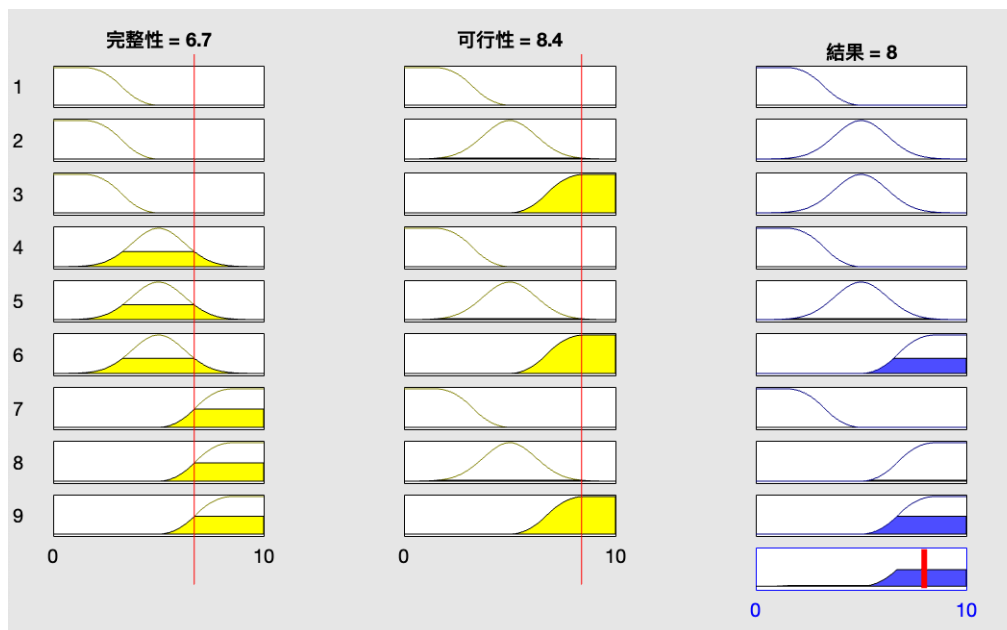


圖 4-9 質化指標模糊評量範例(面積等分法)(以 Matlab_R2023a 輸出)

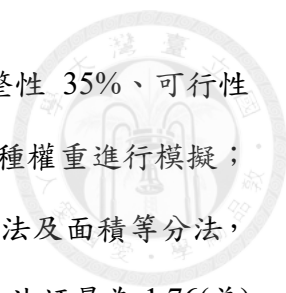
用模糊理論計算質化指標分數為基於多方邏輯考量，表面上，模糊理論評量方法與傳統的質化權重評量相似，質化權重評量根據計畫各個評量項目進行評分，然

後依據事先設定權重配比將各個評分加總，得出最後分數，然而，相較於質化權重評量，模糊理論評量具備符合特定情境邏輯的能力，並且能減少審閱委員的絕對主觀影響，為驗證模糊理論的特性，本研究乃就這兩種評量方式進行情境模擬比較，分析兩者之差異及其物理意義。

首先對完整性及可行性設定九種不同情況情境分數，分別代表情境 A 完整性差、可行性差；情境 B 完整性差、可行性佳；情境 C 完整性差、可行性優；情境 D 完整性佳、可行性差；情境 E 完整性佳、可行性佳；情境 F 完整性佳、可行性優；情境 G 完整性優、可行性差；情境 H 完整性優、可行性佳；情境 I 完整性優、可行性優，各情境模擬分數如表 4-8 所示。

表 4-8 九種質化多元情境模擬

情境	完整性評分	可行性評分
A	完整性 差	可行性 差
	1.82	1.25
B	完整性 差	可行性 佳
	1.65	5.34
C	完整性 差	可行性 優
	2.25	8.78
D	完整性 佳	可行性 差
	6.53	1.05
E	完整性 佳	可行性 佳
	5.80	7.30
F	完整性 佳	可行性 優
	6.83	9.25
G	完整性 優	可行性 差
	9.83	2.56
H	完整性 優	可行性 佳
	8.53	6.52
I	完整性 優	可行性 優
	8.12	9.30



傳統質化計畫評量將完整性與可行性權重占比分別設定完整性 35%、可行性 65%；完整性 50%、可行性 50%；完整性 65%、可行性 35%三種權重進行模擬；其次再以模糊理論評量進行情境模擬，解模糊方式選擇面積重心法及面積等分法，依據 Matlab_2023a 軟體計算結果顯示，情境 A 模擬結果面積重心法評量為 1.76(差)、面積等分法評量為 1.60(差)，情境 B 計畫模擬結果面積重心法評量為 5.03(佳)、面積等分法評量為 5.00(佳)，情境 C 模擬結果面積重心法評量為 5.20(佳)、面積等分法評量為 5.10(佳)，情境 D 模擬結果面積重心法評量為 2.03(差)、面積等分法評量為 1.90(差)，情境 E 模擬結果面積重心法評量為 7.38(佳)、面積等分法評量為 7.80(佳)，情境 F 模擬結果面積重心法評量為 8.07(優)、面積等分法評量為 8.10(優)，情境 G 模擬結果面積重心法評量為 2.89(差)、面積等分法評量為 2.10(差)；情境 H 模擬結果面積重心法評量為 7.88(優)、面積等分法評量為 8.00(優)，情境 I 模擬結果面積重心法評量為 8.29(優)、面積等分法評量為 8.40(優)，情境模擬結果數據如表 4-9 所示，Matlab_R2023a 模擬結果輸出圖 4-10 至 4-27 所示。

表 4-9 模糊評量情境模擬結果

情境	完整性評分	可行性評分	總和計畫評分 (面積重心法)	總和計畫評分 (面積等分法)
A	完整性 差	可行性 差	結果 差	結果 差
	1.82	1.25	1.76	1.60
B	完整性 差	可行性 佳	結果 佳	結果 佳
	1.65	5.34	5.03	5.00
C	完整性 差	可行性 優	結果 佳	結果 佳
	2.25	8.78	5.20	5.10
D	完整性 佳	可行性 差	結果 差	結果 差
	6.53	1.05	2.03	1.90
E	完整性 佳	可行性 佳	結果 佳	結果 佳
	5.80	7.30	7.38	7.80
F	完整性 佳	可行性 優	結果 優	結果 優
	6.83	9.25	8.07	8.10
G	完整性 優	可行性 差	結果 差	結果 差
	9.83	2.56	2.89	2.10
H	完整性 優	可行性 佳	結果 優	結果 優
	8.53	6.52	7.88	8.00
I	完整性 優	可行性 優	結果 優	結果 優
	8.12	9.30	8.29	8.40

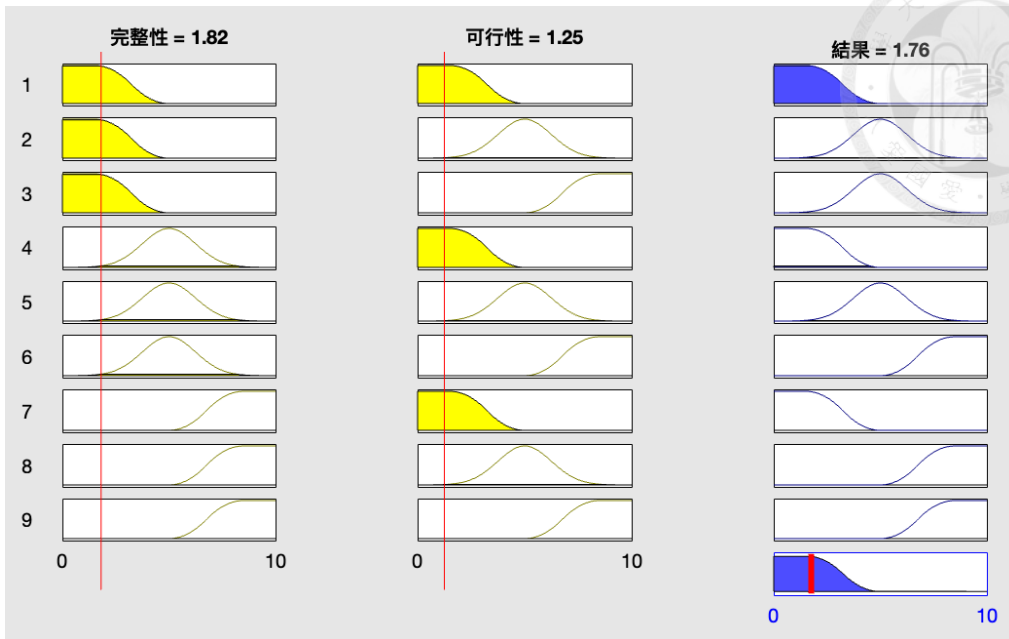


圖 4-10 模糊評量情境模擬 A(面積重心法)：完整性差、可行性差
結果 1.76(差) (以 Matlab_R2023a 輸出)

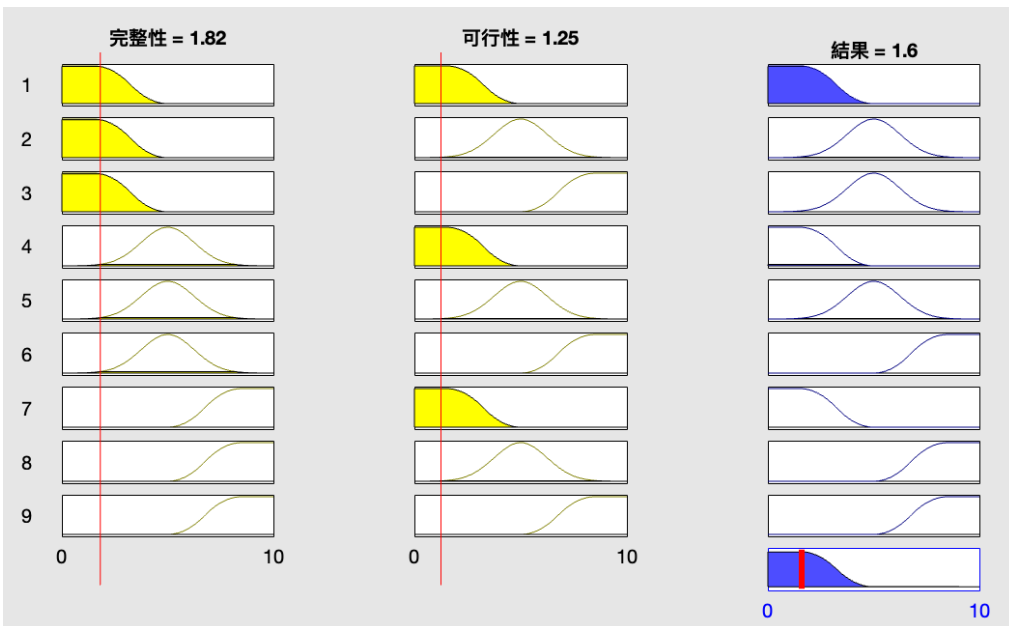


圖 4-11 模糊評量情境模擬 A(面積等分法)：完整性差、可行性差
結果 1.60(差) (以 Matlab_R2023a 輸出)

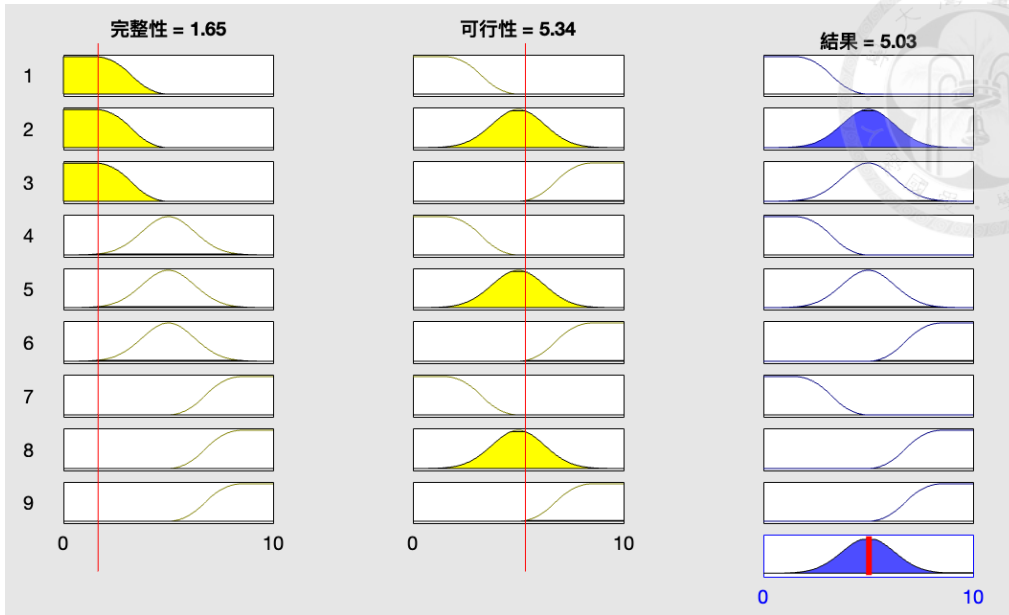


圖 4-12 模糊評量情境模擬 B(面積重心法)：完整性差、可行性佳
結果 5.03(佳) (以 Matlab_R2023a 輸出)

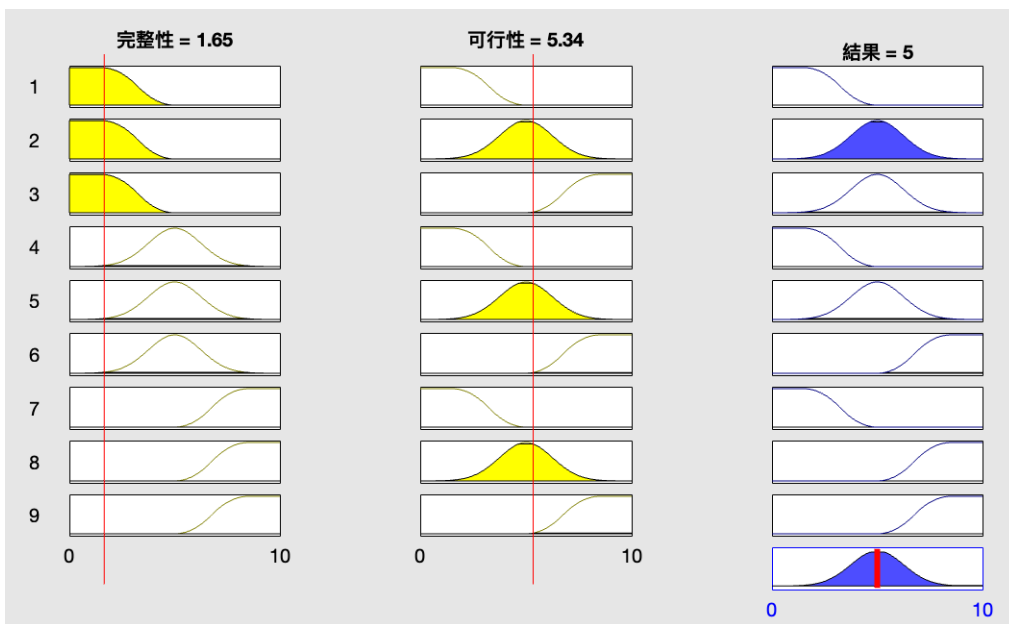


圖 4-13 模糊評量情境模擬 B(面積等分法)：完整性差、可行性佳
結果 5.00(佳) (以 Matlab_R2023a 輸出)

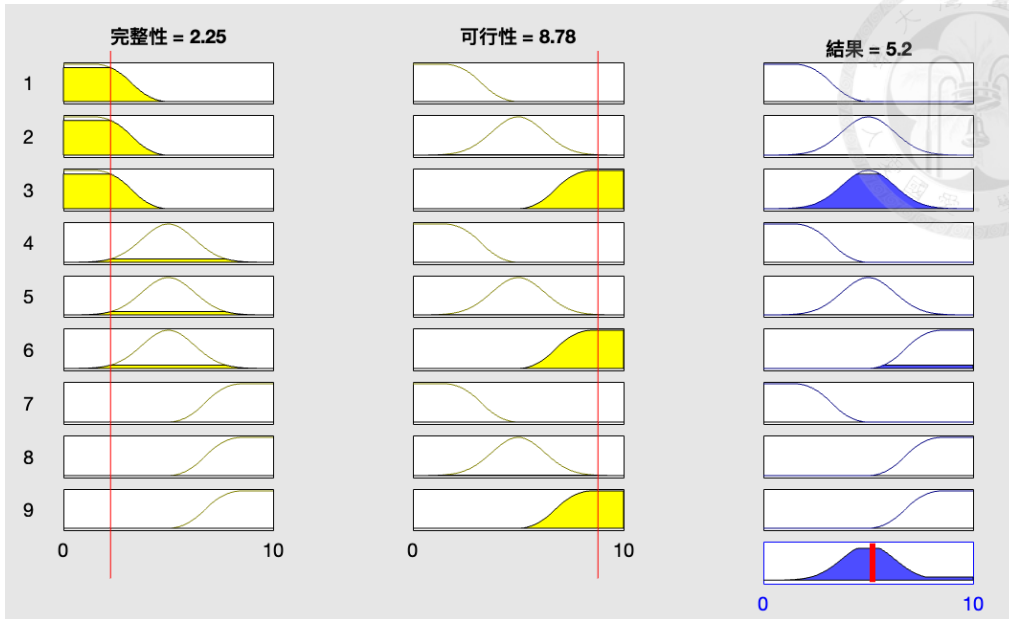


圖 4-14 模糊評量情境模擬 C(面積重心法)：完整性差、可行性優
結果 5.20(佳) (以 Matlab_R2023a 輸出)

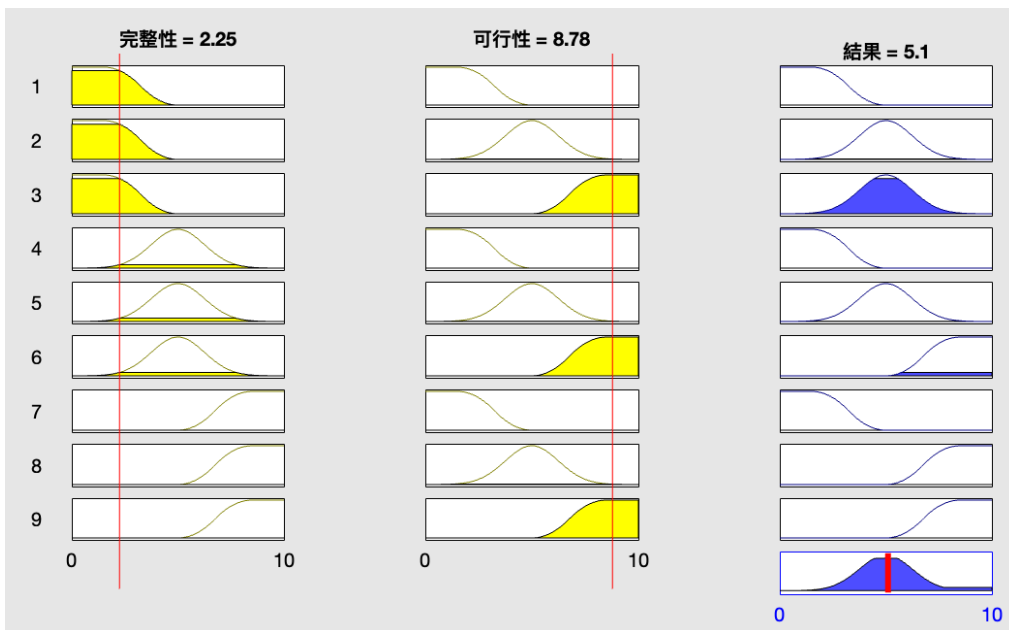


圖 4-15 模糊評量情境模擬 C(面積等分法)：完整性差、可行性優
結果 5.10(佳) (以 Matlab_R2023a 輸出)

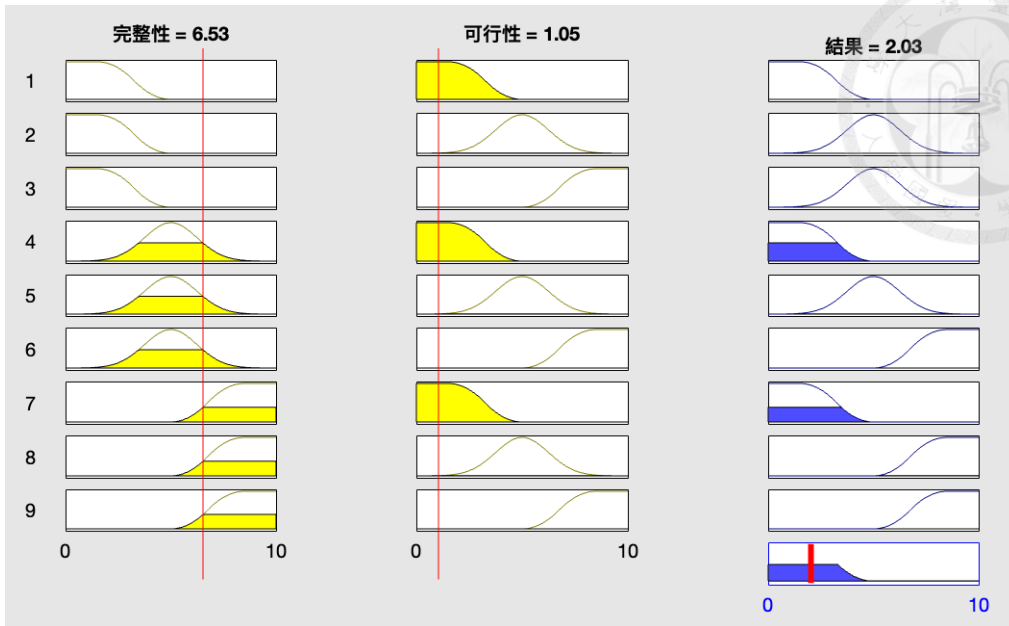


圖 4-16 模糊評量情境模擬 D(面積重心法)：完整性佳、可行性差
結果 2.03(差) (以 Matlab_R2023a 輸出)

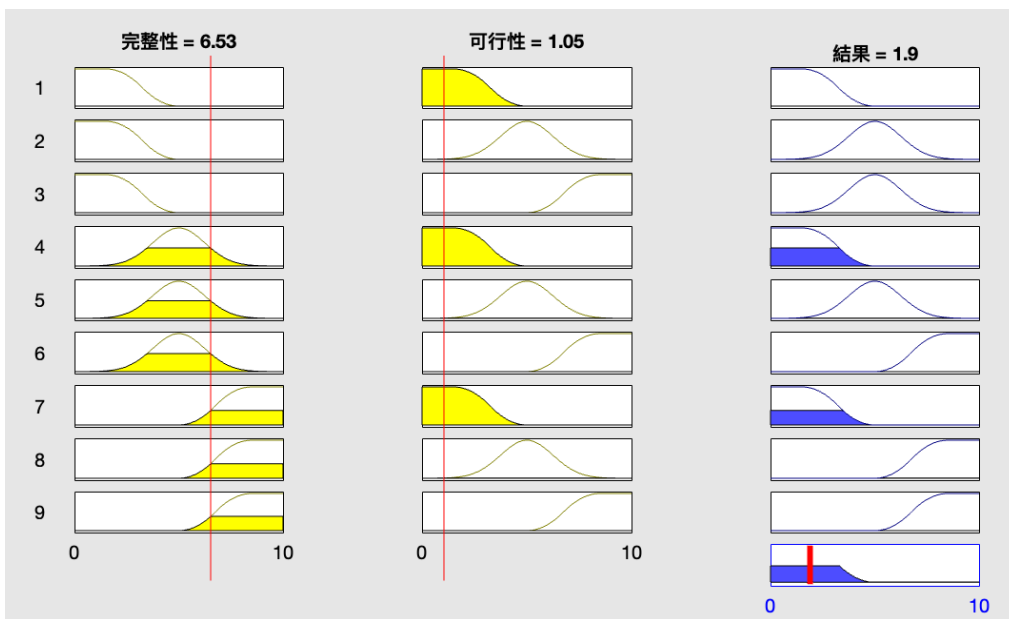


圖 4-17 模糊評量情境模擬 D(面積等分法)：完整性佳、可行性差
結果 1.90(差) (以 Matlab_R2023a 輸出)

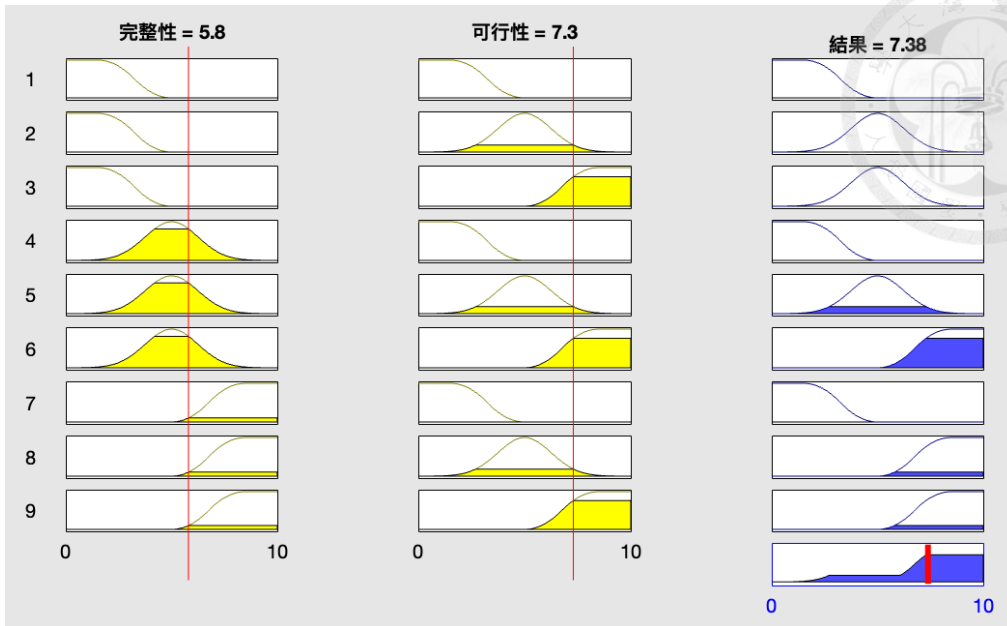


圖 4-18 模糊評量情境模擬 E(面積重心法)：完整性佳、可行性佳
結果 7.38(佳) (以 Matlab_R2023a 輸出)

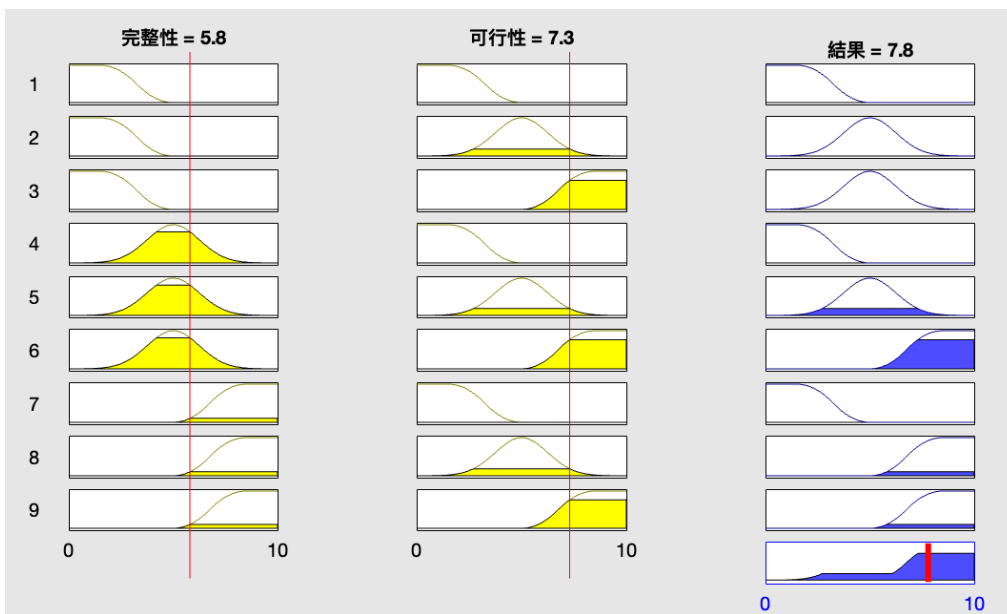


圖 4-19 模糊評量情境模擬 E(面積等分法)：完整性佳、可行性佳
結果 7.80(佳) (以 Matlab_R2023a 輸出)

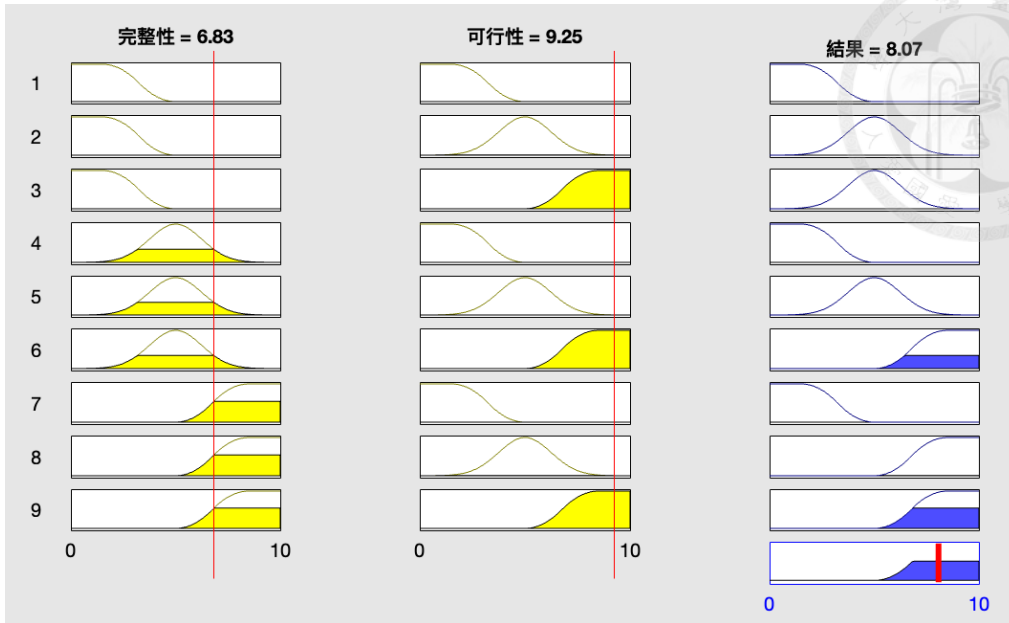


圖 4-20 模糊評量情境模擬 F(面積重心法)：完整性佳、可行性優
結果 8.07(優) (以 Matlab_R2023a 輸出)

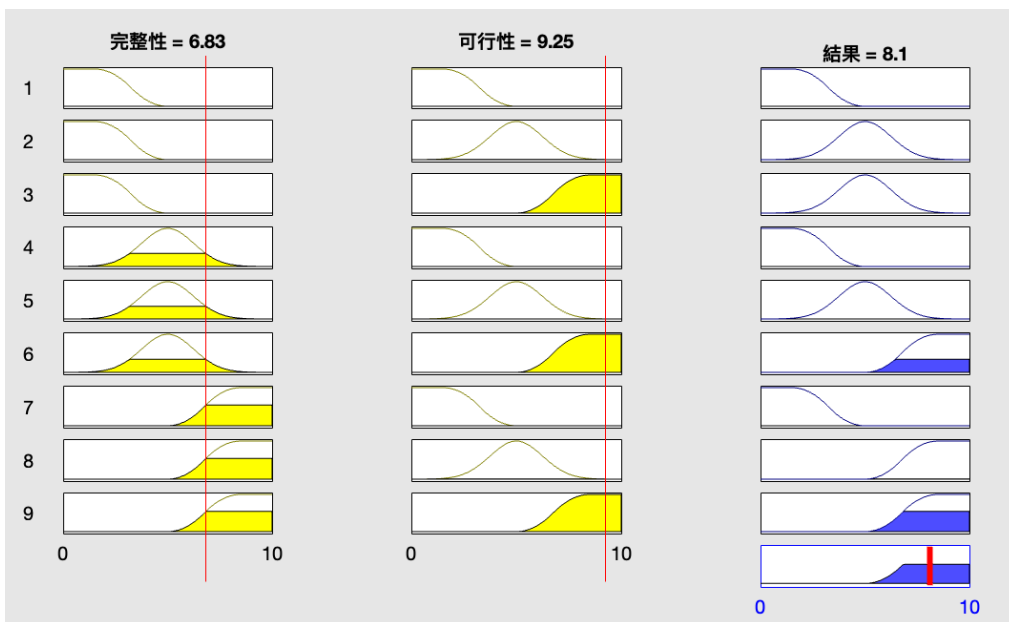


圖 4-21 模糊評量情境模擬 F(面積等分法)：完整性佳、可行性優
結果 8.10(優) (以 Matlab_R2023a 輸出)

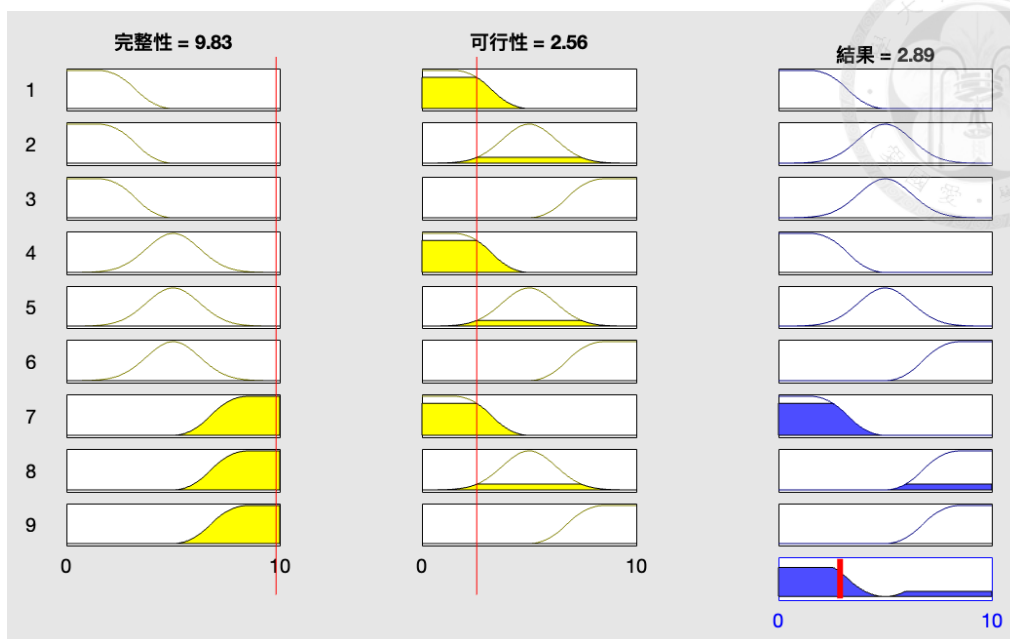


圖 4-22 模糊評量情境模擬 G(面積重心法)：完整性佳、可行性差
結果 2.89(差) (以 Matlab_R2023a 輸出)

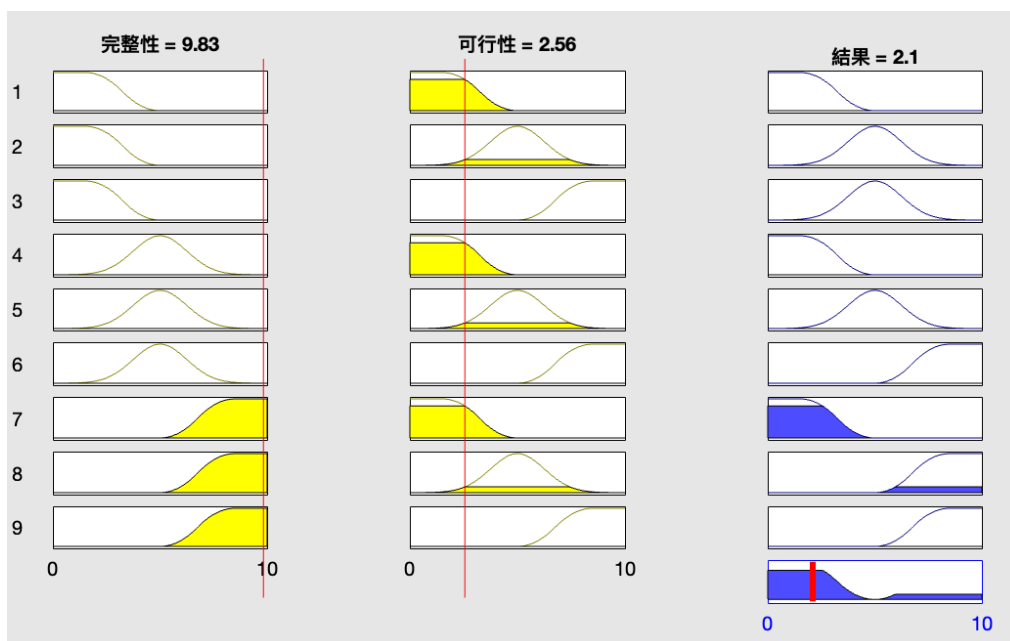


圖 4-23 模糊評量情境模擬 G(面積等分法)：完整性佳、可行性差
結果 2.10(差) (以 Matlab_R2023a 輸出)

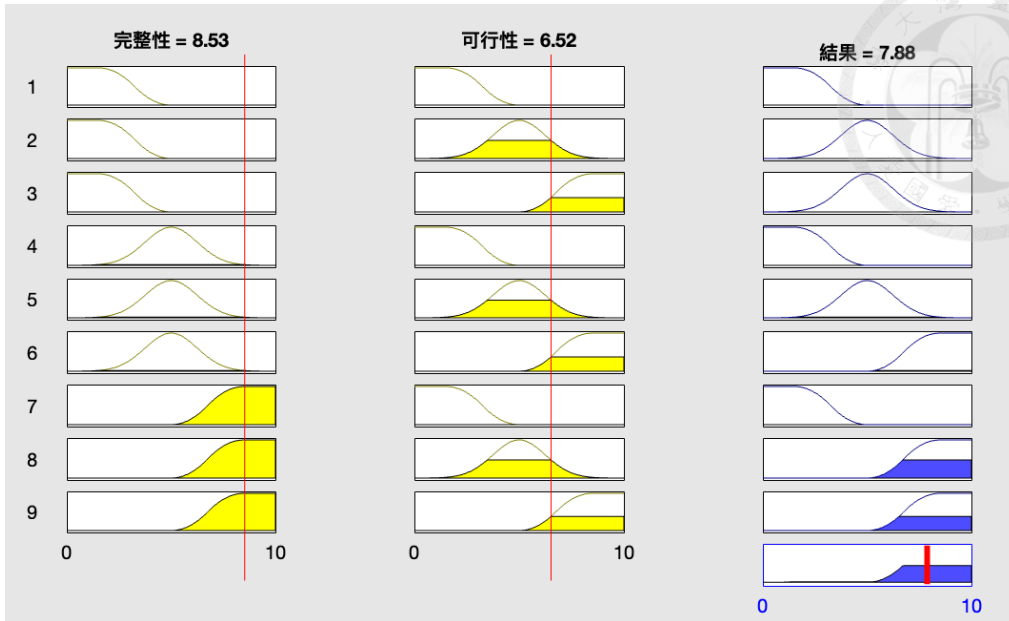


圖 4-24 模糊評量情境模擬 H(面積重心法)：完整性優、可行性佳
結果 7.88(優) (以 Matlab_R2023a 輸出)

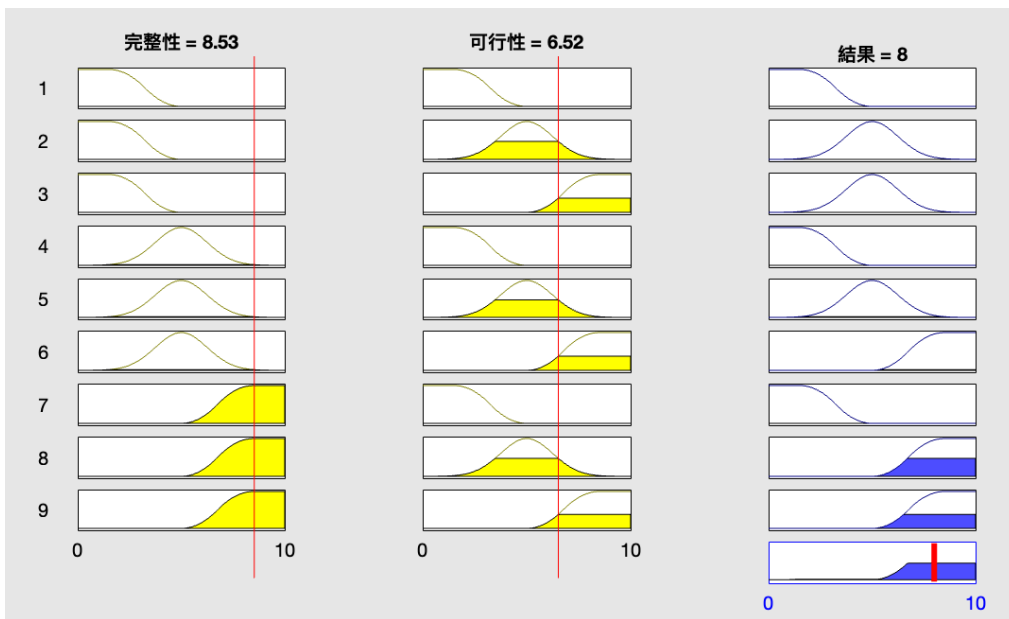


圖 4-25 模糊評量情境模擬 H(面積等分法)：完整性優、可行性佳
結果 8.00(優) (以 Matlab_R2023a 輸出)

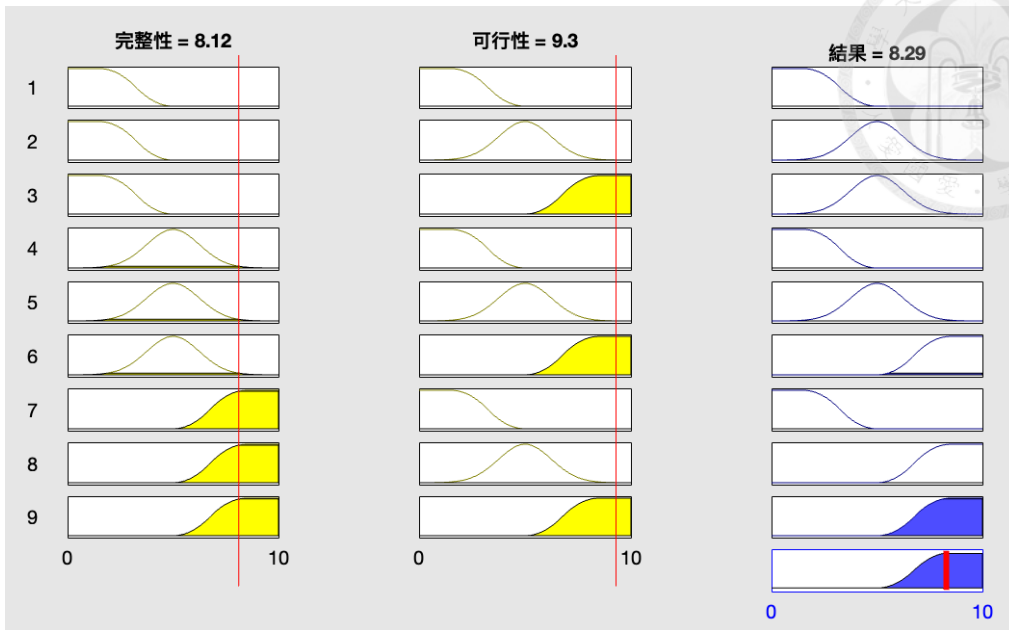


圖 4-26 模糊評量情境模擬 I(面積重心法)：完整性優、可行性優

結果 8.29(優) (以 Matlab_R2023a 輸出)

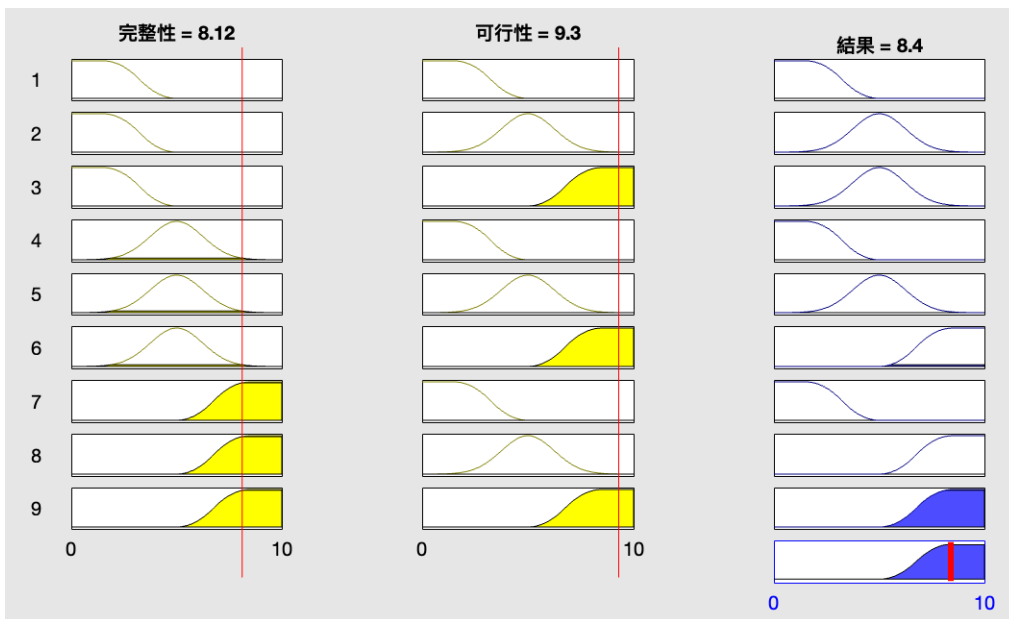


圖 4-27 模糊評量情境模擬 I(面積等分法)：完整性優、可行性優

結果 8.40(優) (以 Matlab_R2023a 輸出)

傳統質化計畫評量依據同樣情境模擬，完整性與可行性權重占比分別設定完整性 35%、可行性 65%；完整性 50%、可行性 50%；完整性 65%、可行性 35%三種權重進行模擬，情境模擬結果：在情境 A 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 1.45(差)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 1.54(差)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 1.62(差)；在情境 B 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 4.05(差)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 3.50(差)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 2.94(差)；在情境 C 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 6.49(佳)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 5.52(佳)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 4.54(佳)；在情境 D 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 2.97(差)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 3.79(差)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 4.61(差)；在情境 E 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 6.55(佳)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 3.79(佳)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 6.33(佳)；在情境 F 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 8.40(優)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 8.04(優)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 7.29(佳)；在情境 G 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 5.10(佳)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 6.20(佳)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 7.29(佳)；在情境 H 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 7.22(佳)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 7.53(佳)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 7.83(佳)；在情境 I 模擬結果完整性(35%)可行性(65%)評量為 8.89(優)、完整性(50%)可行性(50%)評量為 8.71(優)、完整性(65%)可行性(35%)評量為 8.53(優)。

傳統計畫評量計算之分數無法融入對應評量邏輯，情境 G 完整性優 9.83、可行性差 2.56，依據前述之邏輯設定，若計畫完整性為空泛無助實質環境永續效益，評量結果應為差，但無論何種權重設定方式，評量結果皆為佳以上 5.10、6.20、7.29；另完整性(65%)可行性(35%)相同權重設定下，其情境 D 結果為差 4.61 但分數比情境 C 佳 4.54 及情境 B 佳 2.94 還高之主觀偏見情形，對比模糊理論評量，九種情境模擬皆能符合本研究所研擬之評量邏輯，兩種評量方式之情境模擬結果對比如表

4-10 所示，情境模擬結果可以指出，模糊理論用於評量計畫得以融入邏輯規則及減少絕對主觀影響，此為以傳統權重法評量質化計畫之望塵莫及。



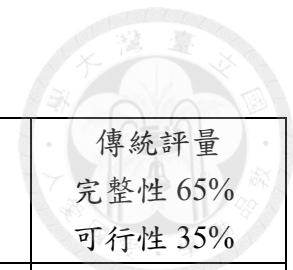


表 4-10 傳統權重評量與模糊評量情境模擬結果

情境	完整性評分	可行性評分	模糊評量 (面積重心法)	模糊評量 (面積等分法)	傳統評量 完整性 35% 可行性 65%	傳統評量 完整性 50% 可行性 50%	傳統評量 完整性 65% 可行性 35%
A	完整性 差	可行性 差	結果 差	結果 差	結果 差	結果 差	結果 差
	1.82	1.25	1.76	1.60	1.45	1.54	1.62
B	完整性 差	可行性 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳
	1.65	5.34	5.03	5.00	4.05	3.50	2.94
C	完整性 差	可行性 優	結果 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳
	2.25	8.78	5.20	5.10	6.49	5.52	4.54
D	完整性 佳	可行性 差	結果 差	結果 差	結果 差	結果 差	結果 差
	6.53	1.05	2.03	1.90	2.97	3.79	4.61
E	完整性 佳	可行性 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳	結果 佳
	5.80	7.30	7.38	7.80	6.78	6.55	6.33
F	完整性 佳	可行性 優	結果 優	結果 優	結果 優	結果 優	結果 優
	6.83	9.25	8.07	8.10	8.40	8.04	7.68
G	完整性 優	可行性 差	結果 差	結果 差	結果 佳	結果 佳	結果 佳
	9.83	2.56	2.89	2.10	5.10	6.20	7.29
H	完整性 優	可行性 佳	結果 優	結果 優	結果 優	結果 優	結果 優
	8.53	6.52	7.88	8.00	7.22	7.53	7.83
I	完整性 優	可行性 優	結果 優	結果 優	結果 優	結果 優	結果 優
	8.12	9.30	8.29	8.40	8.89	8.71	8.53

第5章 結論與建議



5.1 結論

以永續水資源為主題，建制企業永續水資源績效指標四項構面：「水資源使用」、「水資源來源」、「廢水排放」及「水資源管理計畫」四大議題，水資源使用構面之指標包括企業用水量、每年變化、密集度；水資源來源構面之指標包括自來水、地下水、再生水、回收水的使用量、每年使用量變化、區域總供水量比率；廢水排放構面之指標包括廢水排放及毒性之現況及每年變化，包括廢水回收、再生之比率及每年變化；水資源管理計畫構面之指標包括節水、廢水減量減毒、廢水回收及再生計畫。總共 4 大議題 26 項指標；為確定水資源指標之相對重要性，另引用 AHP 法及專家問卷來計算各指標權重，4 構面權重分析結果顯示「水資源管理計畫」為最大權重占比 40.88%，其內之「水資源管理計畫」與「水資源來源」兩項占整體權重 63.73%，26 項指標絕對權重分析結果顯示前五大指標為，廢水減量減毒規劃占比 16.46%、廢水回收計畫占比 10.52%、用水密集度變化占比 7.74%、節水計畫占比 7.17%、廢水再生計畫占比 6.73%，顯示企業若要提升永續水資源績效評分，因致力減少廢水排放、每滴水多次使用、發展清潔生產技術降低單位產品用水量、制定節水及廢水再生技術計畫。

發展球型統計模式(Spherical Model)評量質化指標，評量分數以四分位區間設計，評量值為 0 至 10 分，0%至 25%為 0 至 1 分；超過 25%至 50%為 1 至 3 分；超過 50%至 75%為 3 至 6 分；超過 75%至 100%為 6 至 10 分，企業環境績效努力以區間倍數成長得分方式評估企業相對統計位階排名，相同產業間的優勢位階愈高，表示該企業相較其他企業投入較多資源且產生較高績效，模擬九家同產業水資源使用情形，顯示球型統計可以合理將企業水資源執行作為轉換為環境績效評分。

另研發應用模糊理論(Fuzzy Theory)評量質化性質之管理方案，管理計畫品質

差(Poor)設定為 0~5 分、佳(Good)設定為 1.5~8.5 分及優(Excellent)設定為 5~10 分，評分採取鼓勵方式，若可行性與完整性有一項得分較高，則評量結果採取高分，若報告可行性評估為差，則完整性無論差、佳、優，其評量結果皆為差，以此多元邏輯規則及語意變數建立不同情境規則，並利用 Matlab_R2023a 軟體進行評量計算，對比傳統權重評量方式，假定九種模擬情境，模糊理論無論使用面積重心法或面積等分法都可避免傳統權重評量之主觀影響或邏輯偏差等問題。

指標系統與評量方法得以量化企業綜合環境執行績效，企業更可透過同業比較，了解自身定位與精進環境作為，務實環境永續。

5.2 建議

未來研究可針對不同產業類別，實質量化數據及質化計畫進行評量及驗證績效指標，及參考近期聯合國永續宣言策略調整、國際組織準則迭代及最新環境議題進行指標或權重調整，進一步精進完善企業永續水資源績效指標，使研究更符合 CSR 及 ESG 之真諦。

參考文獻

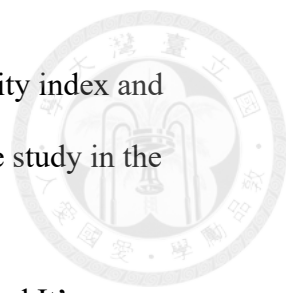


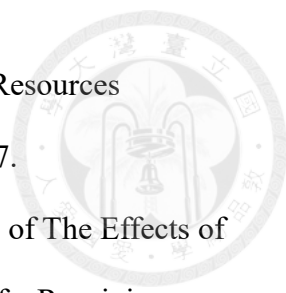
- Aarhi, C., Rao, M. V. C., & Arumugam, M. S. (2006). Two New and Useful Defuzzification Methods Based on Root Mean Square Value. *Soft Computing*, 10, 1047-1059.
- Ardakani, D. A., & Soltanmohammadi, A. (2019). Investigating and Analyzing the Factors Affecting the Development of Sustainable Supply Chain Model in The Industrial Sectors. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 26, 199-212.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer Science & Business Media, Kluwer Academic Publishers, Springer New York, NY.
- Chang, P. T., & Lee, E. S. (1994). Ranking of Fuzzy Sets Based on the Concept of Existence. *Computers Math. Applic*, Pergamon, 27(9110), 1-21.
- David, F. L., Lukasz, P., Brian, T., & Edward, M. W. (2022). *ESG Ratings A Compass Without Direction*. Stanford Closer Look Series, Center for Corporate Governance at Stanford University Working Paper Forthcoming, SSRN,16.
- Florian, B., Julian, F. K., Roberto, R. (2022). Aggregate Confusion: The Divergence of ESG Ratings. *Oxford, Review of Finance*, 26(6), 1315-1344.
- Francisco, P. M., & José, M. M. P. (2016). The Water Footprint as an Indicator of Environmental Sustainability in Water Use at The River Basin Level. *Science of the Total Environment*, 571, 561-574.
- Gülser, K., & Alpay, E. (1998). Planning and design of industrial engineering education quality. *Computers & Industrial Engineering*,35(3-4), 639-642
- Hellendoorn, J. (1990). Reasoning with Fuzzy Logic. *Electrical Engineering*,

Mathematics and Computer Science, Semantic Scholar, Published by Delft
University of Technology, Delft, The Netherlands.



- Herva, M., & Roca, E. (2013) Review of Combined Approaches and Multi-Criteria Analysis for Corporate Environmental Evaluation. *J. Clean. Prod*, 39, 355-371.
- Ivy, B. H., Jeffrey, K., & Igor, L. (2011) Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3578-3594.
- Jager, R., Krijgsman, A. J., Verbruggen, H. B., & Bruijn, P. M. (1991). Rule-Based Controller Using Fuzzy Logic. *Microprocessor-Based and Intelligent Systems Engineering book series*, Kanoni, Corfu, Greece, Euriscon, ISCA, 9.
- Jager, R., Verbruggen, H. B., & Bruijn, P. M. (1992). The Role of Defuzzification Methods in The Application of Fuzzy Control. *IFAC Proceeding Volumes*, 25(6), 75-80.
- Janis, E. D., Raimonda, S., Elina, D., & Jelena, Z. (2022). A Comparison of Multi-Criteria Decision Analysis Methods for Sustainability Assessment of District Heating Systems. *Sustainability Transformations in the Energy, Water and Agri-Food Sectors*, *Energies*, 15(7).
- Jean, J. S., & Hassan, B. D. (2004). Defuzzification Methods and New Techniques for Fuzzy Controllers. *Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering*, 3(2), 161-174.
- Jefferson, B., Laine, A., Parsons, S., Stephenson, T., & Judd, S. (2000). Technologies for Domestic Wastewater Recycling. *Urban Water*, 1, 285-292.
- Leonard, O. (1997). *Environmental Regulation and Impact Assessment*. Published by John Wiley & Sons, Inc, New York, 150-157.
- Lobato, T. C., Hauser-Davis, R. A., Oliveira, T. F., Silveira, A. M., Silva, H. A. N., &

- 
- Tavares, M. R. M. (2015). Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. *Journal of Hydrology*, 522, 674-683.
- Luis, G. V. (1990). An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8.
- Marco, C., Michael, A. G., Robert, F., John, M., Salvatore, C., Miłosz, K., & Roman, S. (2021). Supporting contaminated sites management with Multiple Criteria Decision Analysis: Demonstration of a regulation-consistent approach. *Journal of Cleaner Production*, 316(128347).
- Matthew, B. C., & Nigel, W. A. (2011). Adapting to climate change impacts on water resources in England-An assessment of draft Water Resources Management Plans. *Global Environmental Change*, (21). 238-248
- Mogharreban, N., & DiLalla, L. F. (2006). Comparison of Defuzzification Techniques for Analysis of Non-interval Data. Published by NAFIPS 2006 - 2006 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers Xplore, 6.
- Nicholson, E., Collen, B., Barausse, A., Blanchard, J. L., Costelloe, B. T., Sullivan, K. M. E., & Milnergulland, E. J. (2012). Making Robust Policy Decisions Using Global Biodiversity Indicators. *Plos One* 7(7).
- Omkarprasad S. V., & Sushil, K. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29.
- Partha, P. A., Chandrasekharan, H., Debashis C., & Kalpana, K. (2010). Assessment of groundwater pollution in West Delhi, India using geostatistical approach. *Environ Monit Assess*, 167, 599-615.
- Pires, A., Morato, J., Peixoto, H., Botero, V., Zuluaga, L., & Figueroa, A. (2017).

- 
- Sustainability Assessment of Indicators for Integrated Water Resources Management. *Science of the Total Environment*, 578, 139-147.
- Radehaus, P. M., Egeler, P., Wölz, J., & Fliedner, A. (2013). Analysis of The Effects of Industrial Wastewater on Aquatic Organisms: A Case Study of a Receiving Stream in North Rhine-Westphalia, Germany. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(7), 5505-5520.
- Rashed, A. H., & Shah, A. (2021). The Role of Private Sector in The Implementation of Sustainable Development Goals. *Environ, Dev, Sustain*, 23, 2931-2948.
- Saaty, T. L., & Paul, C. R. (1976). Higher Education in The United States: Scenario Construction Using a Hierarchical Framework with Eigenvector Weighting. *Socio-Economic Planning Sciences*, 10, 251-263.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources Allocation*. McGraw-Hill Inc.
- Surya, P., Vijay, P. S., Ranbir, S., & Lokesh, V. (2022). Adopting Green and Sustainable Practices in The Hotel Industry Operations: An Analysis of Critical Performance Indicators for Improved Environmental Quality. *Management of Environment Quality, Emerald*, 34(4), 1057-1076.
- Thomas, K., & David, B. (2013). Participatory Selection of Sustainability Criteria and Indicators for Bioenergy Developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 92-102.
- Verschoor, C. C. (2011) Should Sustainability Reporting be Integrated. *Strategic Finance*, 93, 12-15.
- Werner, V. L., & Etienne, E. K. (1997). Defuzzification: Criteria and Classification. *Fuzzy Sets and Systems*, 108(2), 159-178.
- Wood, D. J.(1991). Corporate Social Performance Revisited. *The Academy of*

Management Review, 16(4), 691-718.

Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. Fuzzy Sets and Systems, 1, 9-34.





附錄

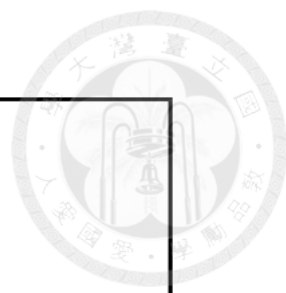


水與廢水 包含水資源使用、水資源來源、廢水排放、水資源管理計畫，若以「“水與廢水”的ESG環境意義為目標」，請依照您的專業與立場，兩兩比較其相對重要性為何？																	
相對重要性	絕對重要	相對非常重要	相對重要	相對稍重要	同等重要	相對稍重要	相對重要	相對非常重要	絕對重要								
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
水資源使用																	水資源來源
																	廢水排放
																	水資源管理計畫
水資源來源																	廢水排放
																	水資源管理計畫
廢水排放																	水資源管理計畫

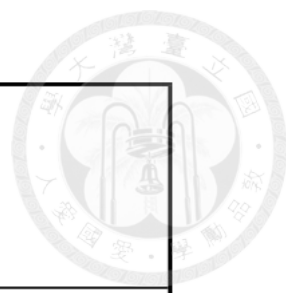
a.水資源使用 包含用水量現況、用水量變化、用水密集度現況、用水密集度變化，若以「“水資源使用”的ESG環境意義為目標」，請依照您的專業與立場，兩兩比較其相對重要性為何？																	
相對重要性	絕對重要	相對非常重要	相對重要	相對稍重要	同等重要	相對稍重要	相對重要	相對非常重要	絕對重要								
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
用水量現況																	用水量變化
																	用水密集度現況
																	用水密集度變化
用水量變化																	用水密集度現況
																	用水密集度變化
用水密集度現況																	用水密集度變化



b.水資源來源																	
包含自來水使用現況、自來水使用變化、自來水用量占區域總自來水供水比率、自來水用量占區域總自來水供水比率變化、地下水使用現況、地下水使用變化、廠內回收水使用現況、廠內回收水使用變化、廠外再生水使用現況、廠外再生水使用變化若以「“水資源來源”的ESG環境意義為目標」，請依照您的專業與立場，兩兩比較其相對重要性為何？																	
相對重要性	絕對重要	相對非常重要	相對重要	相對稍重要	同等重要	相對稍重要	相對重要	相對非常重要	絕對重要								
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
自來水 使用現況																	自來水 使用變化
																	自來水用量占 區域總自來水 供水比率
																	自來水用量占 區域總自來水 供水比率 變化
																	地下水 使用現況
																	地下水 使用變化
																	廠內回收水 使用現況
																	廠內回收水 使用變化
																	廠外再生水 使用現況
																	廠外再生水 使用變化
自來水 使用變化																	自來水用量占 區域總自來水 供水比率
																	自來水用量占 區域總自來水 供水比率 變化
																	地下水 使用現況
																	地下水 使用變化
																	廠內回收水 使用現況

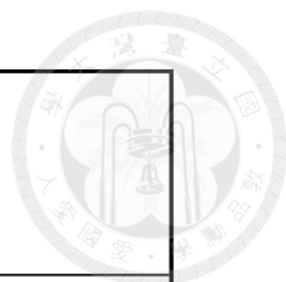


相對重要性	絕對重要		相對非常重要			相對重要			相對稍重要			同等重要			相對稍重要			相對非常重要			絕對重要		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
自來水 使用變化																						廠內回收水 使用變化	
																							廠外再生水 使用現況
																							廠外再生水 使用變化
自來水用量占 區域總自來水 供水量比率																						自來水用量占 區域總自來水 供水量比率 變化	
																							地下水 使用現況
																							地下水 使用變化
																							廠內回收水 使用現況
																							廠內回收水 使用變化
																							廠外再生水 使用現況
																							廠外再生水 使用變化
自來水用量占 區域總自來水 供水量比率 變化																						地下水 使用現況	
																							地下水 使用變化
																							廠內回收水 使用現況
																							廠內回收水 使用變化
																							廠外再生水 使用現況
																							廠外再生水 使用變化
地下水 使用現況																						地下水 使用變化	
																							廠內回收水 使用現況
																							廠內回收水 使用變化
																							廠外再生水 使用現況



相對重要性	絕對重要		相對非常重要		相對重要		相對稍重要		同等重要		相對稍重要		相對非常重要		絕對重要		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
地下水使用現況																	廠外再生水使用變化
地下水使用變化																	廠內回收水使用現況
																	廠內回收水使用變化
																	廠外再生水使用現況
																	廠外再生水使用變化
廠內回收水使用現況																	廠內回收水使用變化
																	廠外再生水使用現況
																	廠外再生水使用變化
廠內回收水使用變化																	廠外再生水使用現況
																	廠外再生水使用變化
廠外再生水使用現況																	廠外再生水使用變化

c.廢水排放																		
包含廢水排放現況、廢水排放量變化、廢水毒性現況、廢水毒性變化、廢水回收率現況、廢水回收率變化、再生水生產比率現況、再生水生產比率變化，若以「“廢水排放”的ESG環境意義為目標」，請依照您的專業與立場，兩兩比較其相對重要性為何？																		
相對重要性	絕對重要	相對非常重要	相對重要	相對稍重要	同等重要	相對稍重要	相對重要	相對非常重要	絕對重要									
										9	8	7	6	5	4	3	2	1
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
廢水排放現況																		廢水排放量變化
																		廢水毒性現況
																		廢水毒性變化
																		廠內廢水回收率現況
																		廠內廢水回收率變化
																		廠外再生水生產比率現況
																		廠外再生水生產比率變化
廢水排放量變化																		廢水毒性現況
																		廢水毒性變化
																		廠內廢水回收率現況
																		廠內廢水回收率變化
																		廠外再生水生產比率現況
																		廠外再生水生產比率變化
廢水毒性現況																		廢水毒性變化
																		廠內廢水回收率現況
																		廠內廢水回收率變化
																		廠外再生水生產比率現況
																		廠外再生水生產比率變化
廢水毒性變化																		廠內廢水回收率現況



相對重要性	絕對重要	相對非常重要	相對重要	相對稍重要	同等重要	相對稍重要	相對重要	相對非常重要	絕對重要								
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
廢水毒性變化																	廠內廢水回收率變化
																	廠外再生水生產比率現況
																	廠外再生水生產比率變化
廠內廢水回收率現況																	廠內廢水回收率變化
																	廠外再生水生產比率現況
																	廠外再生水生產比率變化
廠內廢水回收率變化																	廠外再生水生產比率現況
																	廠外再生水生產比率變化
廠外再生水生產比率現況																	廠外再生水生產比率變化

d.水資源管理計

包含節水規劃、廢水減量減毒規劃、廢水回收規劃、廢水再生規劃，若以「水資源管理計畫」的ESG環境意義為目標，請依照您的專業與立場，兩兩比較各其相對重要性為何？

相對重要性	絕對重要	相對非常重要	相對重要	相對稍重要	同等重要	相對稍重要	相對重要	相對非常重要	絕對重要								
分數	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
節水規劃																	廢水減量減毒規劃
																	廠內廢水回收規劃
																	廠外廢水再生規劃
廢水減量減毒規劃																	廠內廢水回收規劃
																	廠外廢水再生規劃
廠內廢水回收規劃																	廠外廢水再生規劃