

您幸福嗎?應用情境學習理論創作遊戲化幸福城市模擬評估系統之研究

摘要

近年來由於環保概念不斷延伸，而人類對於環境與資源的永無止境消耗與浪費，已成為危害地球環境的主角之一。因此，永續環境教育之目的在於培養人們對於環境正確的認知、態度、價值觀，並且努力透過各種方式解決環境問題之際，建立人與環境正確的相處之道。為了地球能夠永續發展，永續環境教育的概念顯得更為重要。因此，本研究藉由 ODEC 美好生活(幸福城市)十一大指標，逐步評估並建構出一具有永續環境教育之幸福模擬城市。本研究運用模糊德爾非法(FDM)擷取專家意見的共識決，進一步提出「模糊 VIKOR」決策評估技術，來改善傳統決策評估系統使用明確比對的方式，便可決策評估出所適合之方案。最後並以 Unity3D 開發一套 3D 虛擬實境的模擬幸福城市的決策系統，此系統將可有效決策評估適合方案，更進一步地結合 3D 虛擬實境技術將可融合虛擬與真實環境，並完整呈現幸福城市模擬決策評估系統。系統實驗評估採用 VIKOR 最佳化妥協解方法(Compromise Programming)，與 TOPSIS 法 (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution,) 逼近理想解排序法及簡單加權法 simple additive weight(SAW)來進行模擬評估比較測試。結果呈現;本研究所提之模擬評估系統方法與其他兩種方法的前三名排序是一致，研究結果證實;本研究所提的模糊德爾非法(FDM)結合 VIKOR 所呈現的研究流程是嚴謹且具有效能的一致性。

1.簡介

在過去傳統決策評估系統僅能依照使用者所提供對於興趣目標的描述或資訊，然後在資料庫中比對出相似的物件來決策評估。比對的方式多使用屬性的明確值進行比較，但有時候使用者對於某些屬性的等級或程度並不完全瞭解，可能無法把自己的興趣目標描述的很完整。在此情形下，傳統決策評估系統的推薦結果必然會受到影響，這樣的決策評估結果不僅不具彈性，也會降低了決策評估系統的品質。此外，傳統決策評估系統少有屬性權重的概念。雖然在研究方法上，如此作法是把每一個屬性視為均等權重；但實務上，不同使用者對於不同屬性的重視程度皆不相同。沒有屬性權重的概念，無法真正表達使用者的個人偏好。再者，目前永續環境教育的教材少有 3D 虛擬互動的情境模擬教學並無法真實呈現在學習者面前，只有平面資料，導致學習者無法清楚得知幸福城市評估模式與建構的過程，因此如何清楚呈現幸福城市模擬決策評估，是本計畫最大動機。

本研究將以“永續環境教育之遊戲化幸福城市模擬決策系統”為主題，研究以下的問題：

1. 建立 3D 遊戲化情境學習互動學習 APP 應用程式。
2. 透過 ADDIE 教材設計模式來完成互動式 APP 設計。
3. 透過 FDM 結合 VIKOR 建構永續環境為基礎的幸福城市模擬決策系統。

2.文獻回顧與探討

2.1 情境學習理論 (Scenario- based learning)

自從情境認知被提出後，學習不僅要情境化，同時思考也要情境化，於是在建構知識學習的過程要有統整性與不可分割性，由學習者的參與學習而逐漸進入知識的核心學習過程，在整個過程中，須有一位資深教師來引導學習過程，來激發學習者的學習興趣，讓學習者在教師的教學情境的課程設計下，思維能受到訓練。Collines(1989)根據情境認知理論提出情境教學，教師可依據學習者不同的學習特性

差異，設計出多樣化的教學情境環境，透過參與學習而獲得知性與感性的知識學習。情境學習是藉由與情境之間的互動以建構知識與技能，並在社會互動中，瞭解知識的意義，有助於學習者對知識的遷移（transfer）與應用（Brown, Collins & Duguid,1989）。如此較能激發學習者的興趣與動機，因為學習者能夠實際應用到周遭的環境上，以解決問題與滿足需求。Collins(1989)認為情境式學習應包含的策略，茲分述如下：(1)真實性：學習者所應用的真實環境中去學習。(2)交織性：學習者能將學習到的東西舉一反三。(3)連結性：習者對其更進一步的知識的轉移。(4)反思性：學習任務的過程做法上是否有效。(5)循環性：執行和反思的過程，使其能夠精益求精。(6)多元媒體：善用媒體的特性，提升學習的效果。

2.2 遊戲化學習 (Gamification Learning)

一些研究指出學生認為遊戲式學習比其他的學習方式，較為輕鬆容易(DeVries and Edwards, 1972)。Prensky(2001)指出，在一個遊戲中我們所引發的是競爭與合作精神(competitive/cooperative spirit)，並引發玩興(playfulness)、可達成(achievements)並保持挑戰性(keeping challenges)，透過學習及對抗來獲得獎勵。Brophy and Good(1986)認為將反覆的練習嵌進遊戲中，將有助於記憶與學習意願。遊戲也可以提供不斷的練習(continuing practice)，在不斷的練習之後學習者可以獲得較高的準確性並改善記憶力(Driskell, Willis, and Cooper, 1992)。Dempsey、Lucassen、Haynes and Casey(1996)指出遊戲具有許多功能，如教導、娛樂、幫助探索新的技能、提升自尊、練習技能及改變態度，應用在教育上，是有相當大的價值。Bork and King(1998)指出，玩電動遊戲可以即時腦力激盪(real-time brainstorming)，刺激靈感。綜合上述各學者觀點，可歸納出遊戲於學習應用上，可引發學習者競爭與合作精神、增加記憶力、刺激靈感及增進學習意願等。

2.3 永續環境教育

永續發展意味著人類社會發展的型態，包括現在的生活方式、生產體系、與對自然生態的衝擊，以及它們的趨勢，是可以持續下去而不至影響未來世代的權益。永續發展的思潮始自環境汙染、自然資源漸趨耗竭、生態系統退化，以及人類社會經濟的不平衡發展，嚴重影響到了人類長期存在的價值。1972年的聯合國人類環境會議(UN Conference on the Human Environment,1972)發表「人類宣言」，促使人類注意環境的問題，啟始了人類與自然環境良性互動的新紀元。教育部於九年一貫課程大綱也將環境教育融入為課程一個重大特色。對學校與教師而言，永續環境教育創新教學已成為一個重要的議題，對於環境的認知、生態改變、節能養成、減廢的態度與健康的追求而延伸的環境幸福感。「幸福城市」一詞便應運而生。台灣的「幸福城市評估系統」，由「生態、節能、減廢、健康」四大主軸與九大指標所構成，從生態、節能、減廢、健康之英文字首，又被簡稱為「EEWH」系統。現今人們已察覺到地球環境的劇烈變動，為了維護生存環境的永續發展 1998 年的「京都環境會議」，更正式制定了各先進國二氧化碳排放減量的目標，在在顯示了地球環保的問題已成為超國境、超政體的國際要務，同時也顯示「永續發展 (Sustainable Development)」已成為人類最重要的課題(張世傑,2009;林憲德、郭柏巖,2008)。

2.4 幸福城市指標 (Happy City Criteria)

近年來，除廣受大家重視的全球競爭力及國家競爭力相關指標外，幸福程度也成為國民及政府所重視的部分。幸福指數是衡量一個國家或地區居民幸福程度的指標體系。而最早將幸福此概念量化為指標體系為南亞國家不丹。隨後，全球各國皆陸續提出屬於自己的「幸福指數」，以向全球表示國家的「幸福快樂程度」。經濟合作暨發展組織（簡稱經合組織）亦建構出全球第一個跨國性的幸福指標系統（美好生活指數）。OECD 衡量民眾主觀快樂幸福感的實證經驗，值得國內在擬訂「國民幸福指數」之重

要參考。其並出版衡量幸福感的報告 (OECD, 2011)。表 1.所示幸福城市『美好生活指數』的架構含蓋生活品質 (健康狀態、工作和生活平衡、教育和技能、社會聯繫、公民參與和政府治理、環境品質、個人安全、主觀幸福感) 與物質條件 (收入和財富、就業和薪資、居住) 兩大面項共 11 類指標。

2.5 3D 虛擬實境 (Virtual Reality, 3D VR)

隨著網際網路的快速發展，使用者人數急遽增加，螢幕呈現的介面已從早期的純文字介面轉變成如今具有影像、聲音及圖片等視覺效果的多媒體介面。虛擬實境的意義，簡單的說，就是“模擬出一個虛擬的環境，使用者可以在其中任意漫遊，且能以任何的角度、位置來觀看我們周圍的世界，並可以與此虛擬環境中的物體產生互動”(Gradecki,1994)。近幾年隨著電腦軟、硬體的快速發展，使得虛擬實境的應用越加廣泛，諸如模擬訓練、電腦輔助設計、教育導覽、設計規劃及管理等方面皆帶來相當大的助益 (陳泰弘,2001)。Burdea 認為虛擬實境的構成要素主要分為互動性 (interaction)、融入程度 (沉浸) (immersion) 與想像力 (imagination) 三個要素(Schafer,1999)，其中，想像空間與互動關係兩項決定了身歷其境的實際成效，同時也決定了整個虛擬實境在應用上的空間，想像空間可以藉由硬體設施的輔助來完成，在這方面目前有許多的相關研究；至於互動關係則需要一個完善、即時的介面環境，將硬體的機械平臺與虛擬實境軟體作相互的連結，此一介面環境必須能夠提供雙向的通訊管道，使得硬體與軟體間的訊息傳遞模式同時具備發訊與收訊的功能，並且能夠滿足人類感官機能，以達成完整的互動關係。

2.6 多準則決策分析(MCDM)

2.6.1 模糊理論

(一) 模糊數

由於模糊多準則評估中，通常使用模糊數之表示方法，相對於以明確數值表示一個落在某區間之評估值，較能代表一真正之事實。因此，Dubois and Prade (1978)曾對模糊數加以定義，並指出模糊數具有一些性質。

【定義4.1】模糊數 \tilde{A} 為一個模糊子集，其隸屬函數為 $\mu_{\tilde{A}}(x):U \rightarrow [0,1]$ ，並具有以下特性：

1. $\mu_{\tilde{A}}$ 為連續性函數。
2. $\mu_{\tilde{A}}$ 為一凸模糊集。
3. 存在一實數 x_0 ，使得 $\mu_{\tilde{A}}(x_0)=1$ 。

凡滿足此三項特性之模糊集合，便稱之為模糊數。

(二) 模糊集合 (Fuzzy Sets)

由於美國加州柏克萊大學之 Zadeh 教授認為現實環境中，充滿著不確定性 (Uncertainty) 與模糊性 (Fuzziness)，而許多事物之探討並不能以二值邏輯來明確表示所有之概念，更不用說是抽象事物了，例如喜歡、討厭，皆是不易用數學函式即可表示的，而是應以模糊“隸屬函數”(Membership Function) 來詮釋較為恰當。因此，Zadeh (1965)提出模糊集合 (Fuzzy Sets) 之概念，以彌補傳統二值邏輯對事物之敘述不足之缺點。同時 Zadeh 將普通集合論中的絕對隸屬關係多值化，用特徵函數 (Characteristic Function) 來說明，一個介於 0 到 1 間的集合 A 之特徵函數為 $\mu_A(X)$ ，即是說元素 X 屬於集合的程度有大小輕重之分，而當 $\mu_A(X_1) > \mu_A(X_2)$ 則表示元素 X_1 比元素 X_2 之屬於集合 A 的程度大 (或重)。因此這個集合 A 就是一個不明確的元素隸屬關係，這種集合我們稱之為「模糊集合」(Fuzzy Sets)。

2.6.2 模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi)

模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi Methods, FDM)是將模糊理論導入傳統德爾菲法中，改善傳統德爾菲法所遭遇之問題。傳統德爾菲法最先是 1950 年代初期，由蘭德公司(RAND Corporation)的 Dalkey and Helmer 所提出，其為一表示專家群體意見之有系統的程序方法。其共識之達成仰賴於，以問卷調查的方式來徵詢對某問題有所鑽研的專家，反覆採取匿名問卷之施測，使專家之意見可以趨向一致性，再由一位協調人將前一輪之問卷結果，轉在再下一輪之問卷上，讓各專家了解其他專家之想法，以達意見之收斂。然而，傳統德爾菲法雖然已經廣泛地應用於各個領域，但卻有幾項缺點(Hwang and Lin, 1987)，即是要使各專家之意見達到收斂一致性，必須重覆施測多次，才可能達成收斂之目標，而在繁複之施測情況下，勢必所需花費之時間或金錢成本必須增加，且隨著施測次數增加，專家問卷之回收率亦會隨之下降。故鑑於傳統德爾菲之缺點，學者 Klir and Folger 將模糊理論導入德爾菲法形成模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi Method, FDM)；此法在應用上亦可使用幾何平均數作為決策群體篩選評估準則依據，以避免極端值之影響，此法亦可使準則之選取效果更佳，而且在進行專家問卷調查時，摒除傳統的二值邏輯(「是」或「不是」)或是數種等距單一選擇的作答方式，改由專家提供一個可能區間的模糊答案，以取得更接近專家之意見。

2.6.3 VIKOR 演算法

VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) 演算法為 Opricovic (2007)所提出，是多準則決策中最佳化妥協解方法 (Compromise Programming) 之一。此法為評選各衝突準則間之妥協方案，主要核心為將各評估準則分為正理想解與負理想解，其中正理想解為各方案在各評估準則中之最佳者，而負理想解則是各方案在各評估準則中之最差者。使用折衷規劃法中的聚集函數 Lp-metric (Zadeh,1965)加總各評估準則之分數並計算出各方案與理想方案之間的接近程度。

聚集函數 Lp-metric 之定義為：

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^n [w_j (f_j^* - f_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)]^p \right\}^{1/p}, \quad 1 \leq p \leq \infty; i=1,2,3,\dots,m \quad (1)$$

VIKOR之運用特性表示如下(Sherman and Keith,2000)：

1. 妥協是對於衝突而言可接受的解決辦法；
2. 決策者接受最接近理想的方案；
3. 準則函數與決策效用呈線性關係；
4. 準則間存在衝突且不相稱（不同單位）的特性；
5. 方案評估是根據所有建構的準則（績效矩陣）；
6. 決策偏好可以是權重、給定或模擬值。

VIKOR 之演算步驟如下所示（蘇俊榮,2006）：

步驟一：先建立決策矩陣。

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中， x_{ij} 表示第 i 個方案對第 j 個準則的績效評估值， $i=1,2,\dots,m$ ； $j=1,2,\dots,n$ 。

步驟二：正規化決策矩陣。

$$F = [f_{ij}]_{m \times n}, \quad \text{其中,} \quad f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3)$$

步驟三：找出正理想解與負理想解。

$$f_j^* = \left\{ \left(\max_i f_{ij} \mid j \in J_1 \right) \text{or} \left(\min_i f_{ij} \mid j \in J_2 \right) \right\}$$

$$f_j^- = \left\{ \left(\min_i f_{ij} \mid j \in J_1 \right) \text{or} \left(\max_i f_{ij} \mid j \in J_2 \right) \right\}$$

其中， f_j^* 為 j 個評估準則中的最佳解（正理想解）， f_j^- 為 j 個評估準則中的最差解（負理想解）。 J_1 為利潤層面即準則具有越大越好的特性， J_2 為成本層面即準則具有越小越好的特性。

步驟四：計算正理想解和負理想解的距離比值。

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j^* - f_{ij}) / (f_j^* - f_j^-) \quad (4)$$

$$R_i = \max_j [w_j (f_j^* - f_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)] \quad (5)$$

其中， S_i 表示第 i 個方案與正理想解的距離比值而 R_i 表示第 i 個方案與負理想解的距離比值， w_j 為第 j 個準則的權重用以表示各準則之間的相對重要性。

步驟五：計算 VIKOR 指標。

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right] + (1-v) \left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right] \quad (6)$$

其中， $S^* = \min_i S_i$ ， $S^- = \max_i S_i$ ， $R^* = \min_i R_i$ ， $R^- = \max_i R_i$ ， v 代表正理想解與負理想解距離比值的權重。 $\min_i S_i$ 所得之值代表最大群體效用（The maximum group utility），而所得之值 $\min_i R_i$ 即是最小個別遺憾（Minimum individual regret）。

$\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right]$ 表示第 i 個方案大多數人都贊同的比值， $\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right]$ 表示大多數人反對第 i 個方案的比值。因此，若 v 值越大（ $v > 0.5$ ），則表示較偏向贊同者的決定，反之，則較偏向反對者的決策。一般來說， v 均設為 0.5。

步驟六：將 VIKOR 指標排序。

當下麵兩條件成立時，則可將 Q_i （3.6式）進行排序（ Q_i 具有越小越好的特性），具有最小 VIKOR 值者即為最佳方案：

條件一：可接受方案的門檻條件。

$$Q'' - Q' \geq 1/(J-1) \quad (7)$$

其中， Q' 表示依據 Q 值排序後，排序第一個方案之 Q 值而 Q'' 則為排序第二個方案之 Q 值， J 為總方案數。若存在兩個以上的方案時，則必須依序比較排序第一的方案和第二、第三...等方案之間關係是否滿足。

條件二：可接受的決策穩定性。

當 Q 值由小到大排序後，排序第一的方案其 S 值（或 R 值）也必須要同時比排序第二的方案之 S 值（或 R 值）表現好。若存在兩個以上的方案時，則必須依序比較排序第一的方案和第二、第三...等方案之間關係是否滿足條件二。

VIKOR 最終結果可以是根據大多數決議的方式制訂決策，亦即最後的選擇偏向群體效益最大化（ $v > 0.5$ ），或是根據一致性制訂決策同時考慮群體效率最大化與個別遺憾最小化（ $v = 0.5$ ），也可以是偏向單獨考慮最小個別遺憾（ $v < 0.5$ ）（吳宇中,2008）。

3.研究方法

3.1 研究流程

本計畫首先確定研究主題，再藉由蒐集幸福城市、室內擺設及規格等屬性之相關文獻加以說明本研究之系統內容，並依照相關文獻內容分析與設計出一 3D 遊戲化永續環境教育之幸福城市決策評估系統架構，並且進行 3D 遊戲化永續環境教育之虛擬實境演算步驟，在完成系統架構設計後，整合運用模糊 VIKOR 演算法，最後以 Unity3D 來建構 3D 遊戲化永續環境教育之環境並且進行虛擬實境演算步驟，最後整合本計畫所提決策評估機制開發出 3D 遊戲化永續環境教育之幸福城市決策評估系統。其研究流程,如圖 1 所示。

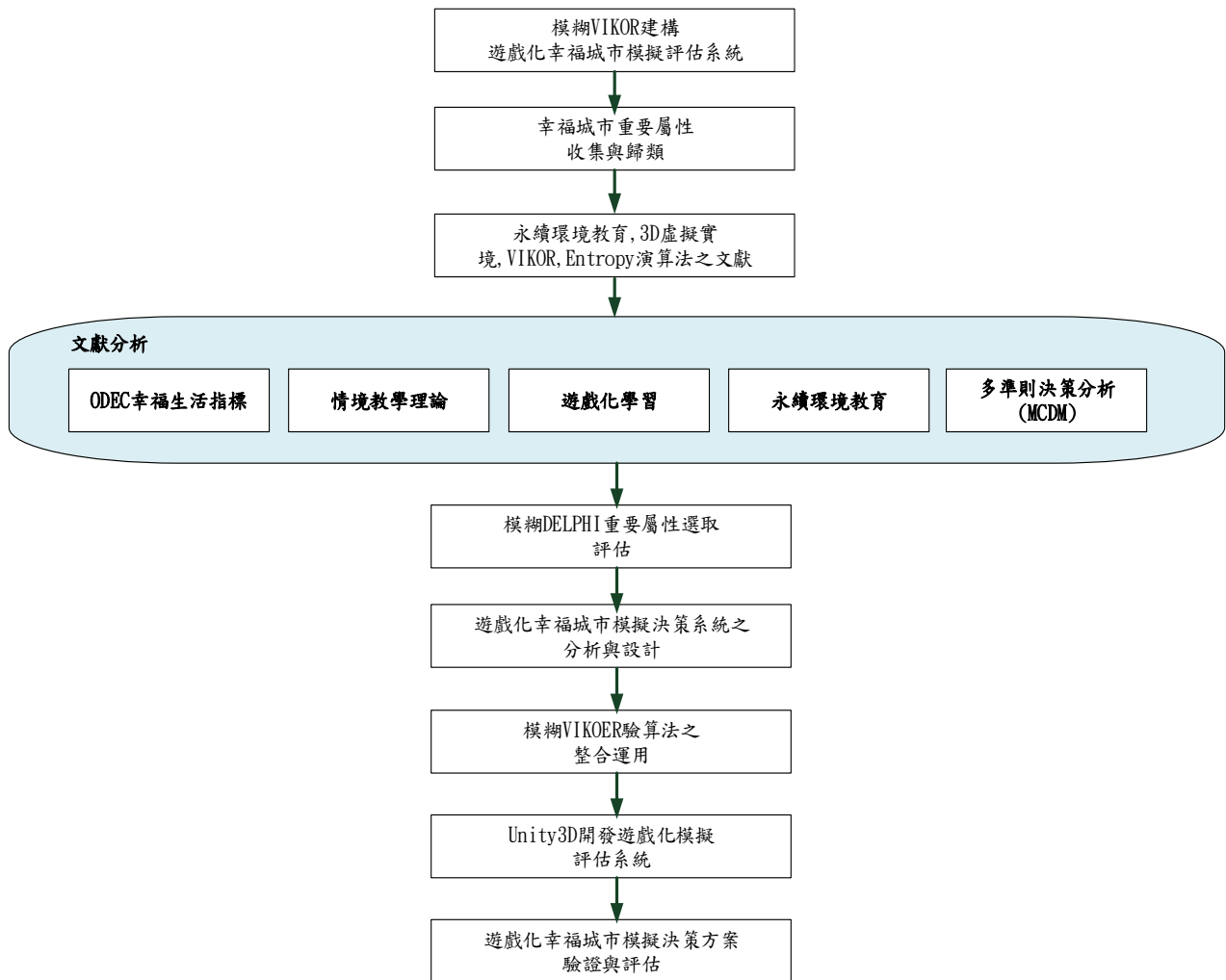


圖 1 研究流程

3.2 幸福城市重要屬性蒐集

屬性的選用，關係到一個決策評估系統之品質，而品質較優之屬性，則表示著資訊之代表性較高，對資訊之敘述也就更加明白；相反的，品質較劣之屬性，不但資訊之代表性低，也無法清楚地讓使用者瞭解此屬性之用意，對於決策評估系統而言，此屬性之重要性也就相對降低了。因此，本研究參考 OECD 美好生活指數「Your Better Life Index」指標為決策評估系統之主要屬性，如表一所示；福祉的物質生活條件（居住、收入及就業）3 大領域及生活品質（社群關係、教育、環境、政府治理、健康、生活滿意度、安全、工作與生活平衡）8 大領域，各領域別下分別選取 1 至 3 項指標，共使用 20 項指標衡量國家實況與人民感受，表 1 概述各領域反映的福祉意義。

3.3 遊戲化雛型介面設計

本研究基於情境學習理論所就建構的永續環境教育之遊戲化-幸福城市模擬決策系統，因此;遊戲的設計類型採用模擬遊戲 (Simulation) 為設計參考。藉由電腦模擬真實世界當中的環境與事件，提供玩者一個近似於現實生活當中可能發生的情境的遊戲。模擬遊戲當中以美國美商藝電的模擬人生系列最為著名，《模擬市民》是一款以模擬普通人生活為主題的電腦遊戲，由美國的美商藝電 (Electronic Arts) 公司出版。遊戲以日常生活作為背景，玩家可以操控模擬人物進行日常生活、社區交流以及建造房屋。在一個模擬的世界中，仿造真實的情境，控制生理和精神的需求，又加入不少創意，增加遊戲的吸引力。因此;本研究先藉由雛型畫面設計，簡易設計出兩款基礎畫面的風格，圖 2.遊戲政策介面,圖 3.遊戲過關介面。

表 1.ODEC 美好生活(幸福城市)十一大指標

| 領域 | 指標 | 定義 |
|---------|-------------|--|
| 居住 | 平均每人享有房間數 | 住宅房間數/住宅居住人數。 |
| | 無基本設備的住宅比例 | 住宅無沖水廁所之百分比。 |
| 收入 | 家庭可支配所得 | 家庭可支配所得包含薪資所得、產業主所得、財產所得淨額(如租金、利息、股息及紅利等)、自用住宅及其他營建物設算租金，以及來自政府的福利補助津貼(含現金與實物)及來自私人的捐贈等移轉收入淨額。 |
| | 家庭金融資產淨值 | 家庭所擁有之各種形式的金融資產(如現金、債券、股票)淨值。 |
| 就業 | 就業率 | 15-64 歲有酬工作就業者占 15-64 歲民間人口比例。 |
| | 長期失業率 | 無工作、有工作意願，且正在尋找工作滿 1 年以上者占勞動力比例。 |
| 社群關係 | 支持網絡品質 | 急困時有親朋可尋求幫助之人口百分比。 |
| 教育 | 教育程度 | 25-54 歲人口具高中以上教育程度之百分比。 |
| | 學生閱讀能力 | 受完義務教育學生(15 歲)之閱讀平均成績。 |
| 環境 | 空氣污染 | 每立方公尺空氣中所含懸浮微粒微克數。 |
| 政府治理 | 決策制定諮商指數 | 描述法規起草階段的正式協商過程，以及諮商影響草案結果之機制是否存在，衡量決策制定之開放及透明化程度，為一綜合性指標。 |
| | 投票率 | 在主要國家選舉中，有投票權的選民參與投票比例。 |
| 健康 | 零歲平均餘命 | 假設一出生嬰兒遭受到某一時期各年齡組所經驗之死亡風險後，所能存活的預期壽命，達到 X 歲以後平均尚可期待生存之年數，稱為 X 歲之平均餘命。零歲平均餘命簡稱「平均壽命」。 |
| | 自評健康狀態 | 自評健康狀態為「好」或「很好」的比例。 |
| 生活滿意度 | 生活滿意度 | 自我評估生活滿意度之平均分數介於 0-10 分間。 |
| | 故意殺人發生率 | 每 10 萬人口故意殺人發生數。 |
| 安全 | 人身受害比率 | 按蓋洛普全球調查 (Gallup World Poll)，過去一年內曾遭人身傷害之受害比例。 |
| | 受僱者工時過長比例 | 受僱者(排除自營者)平均每週工時超過 50 小時之比例。 |
| 工作與生活平衡 | 有子女之婦女就業率 | 有 6-14 歲小孩之婦女就業率。 |
| | 每日休閒及個人照護時間 | 平均一天分配在休閒及個人照護之時間。 |



圖 2.遊戲政策介面



圖 3.遊戲過關介面

3.4 遊戲化模擬系統模組架構

使用者透過以 3D 虛擬實境技術開發的幸福城市決策評估系統，選取所需之幸福城市評定指標之後，決策評估系統以模糊 VIKOR 決策評估技術搭配 Entropy 計算權重，從資料庫擷取資料進行指標之運算與評估，再回傳決策評估內容給使用者作為設計參考，如圖 4 所示。

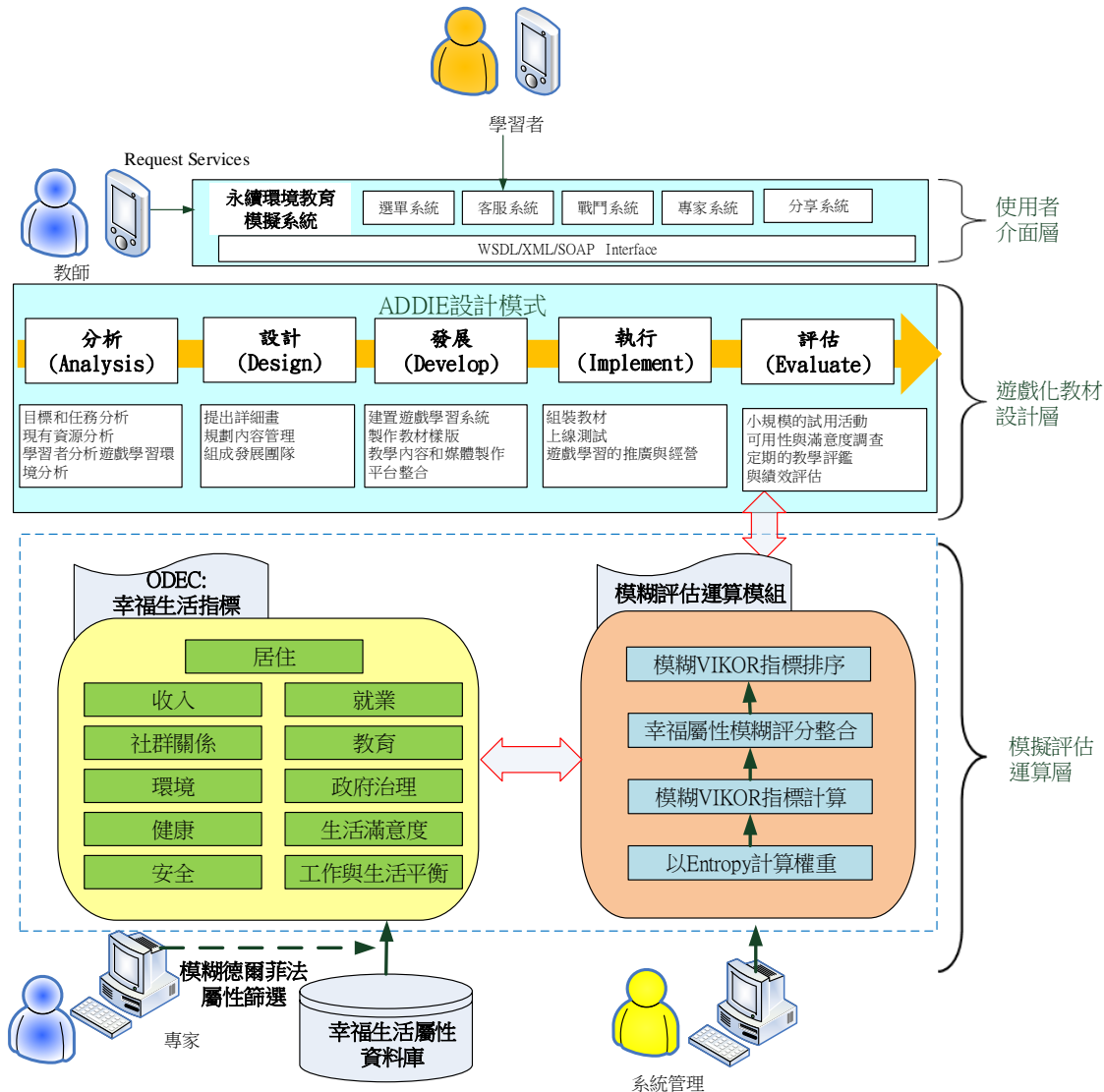


圖 4.決策評估系統模組架構圖

3.5 模擬系統演算步驟

本研究提出以模糊 VIKOR 演算法之整合運用，來設計出 3D 遊戲化永續環境教育之幸福城市決策評估系統架構。首先由使用者選取所需要之指標屬性，並藉由權重的使用來表示其對指標屬性之偏好程度，接著決策評估系統將會把使用者所選用之指標屬性與各指標屬性之權重，加以計算求得各指標屬性之模糊綜合評分，最後將其模糊綜合評分排序，並以 3D 遊戲化永續環境教育之模擬畫面之方式呈現回傳給使用者，讓使用者更加有真實感。此決策評估系統可分為兩大部分，分別為：「模糊德爾菲(Fuzzy Delphi)演算法」和「模糊 VIKOR 演算法」。本研究參考 ODEC 美好生活(幸福城市)十一大指標（如表 1 所示），作為決策評估幸福城市系統之重要考量依據，最後以模糊 VIKOR

以下將說明 3D 幸福城市決策評估系統之演算步驟，其流程如圖 5 所示。演算法求得排序以作為幸福城市決策評估系統給使用者之依據。模擬系統演算步驟如下說明：

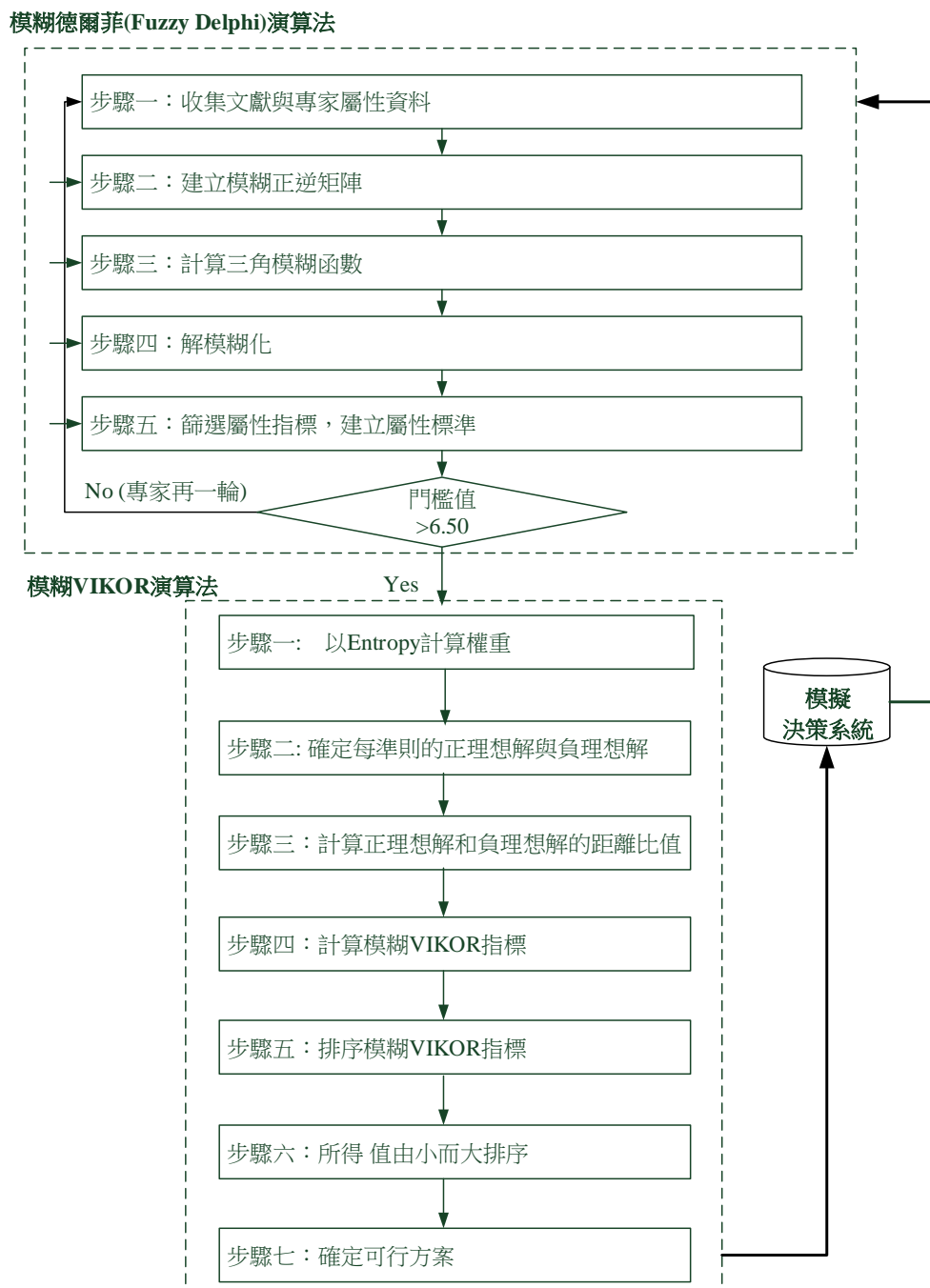


圖 5.模糊 VIKOR 驗算法之整合運用流程

(一) 模糊德爾菲(Fuzzy Delphi)演算法

以下為模糊多準則決策 Delphi 方法之演算步驟：

建立專家知識屬性:由文獻資料收集並採用模糊德爾菲法,擷取專家之決議.

步驟一: 收集決策評估系統相關屬性

透過文獻與專家訪談收集相關文獻,做為後需的決策評估屬性.

步驟二: 建立模糊正逆矩陣 $[\tilde{a}_{ij}]$

透過模糊函數產生模糊矩陣,公式如下:

$$\tilde{W}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$\tilde{W}_j = (a_j, b_j, c_j), j=1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$a_j = \text{Min}_i \{a_{ij}\}, b_j = \{\sum_{i=1}^n b_{ij}\}/n, c_j = \text{Max}_i \{c_{ij}\} \quad (10)$$

步驟三: 計算三角模糊函數

$$W_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), i = 1, 2, 3, \dots, m, \text{公式如下:}$$

$$\tilde{W}_j = (a_j, b_j, c_j), j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (11)$$

$$a_j = \text{Min}_i \{a_{ij}\}, a_j = \sqrt[m]{\prod_i b_{ij}}, c_j = \text{Max}_j \{c_{ij}\} \quad (12)$$

\tilde{W}_j : 模糊權重

ij : 評估項目

n : 項目指標

m : 專家數

步驟四: 解模糊化

解模糊化的方法採用 Center-of-gravity (COG) 公式如下:

$$S_j = \frac{a_j + b_j + c_j}{3}, j = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

步驟五: 篩選屬性指標, 建立屬性標準

(二) 模糊VIKOR演算法

以下為模糊多準則決策 VIKOR 方法之演算步驟：

步驟一: 以 Entropy 計算權重：

$$e_j = \frac{-1}{\ln m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad (14)$$

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (15)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (16)$$

$i = 1, 2, \dots, m$, 代表正規化矩陣。
 $j = 1, 2, \dots, n$, 代表 m 個方案。
 $i = 1, 2, \dots, m$, 代表 n 個判斷準則。

步驟二: 確定每一準則的正理想解與負理想解

假設準則 C_j 的權重係數為 $w_j = [w_{1j}, w_{2j}, w_{3j}, w_{4j}]$ ($w_{1j} \geq 0$) :

$$a_j^* = [\max_i a_{ij}, \max_i b_{ij}, \max_i c_{ij}, \max_i d_{ij}] \quad (17)$$

$$a_j^- = [\min_i a_{ij}, \min_i b_{ij}, \min_i c_{ij}, \min_i d_{ij}] \quad (18)$$

步驟三: 計算正理想解和負理想解的距離比值

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (a_j^* - a_{ij}) / d(a_j^*, a_j^-) \quad (19)$$

$$R_i = \max_j [w_j (a_j^* - a_{ij}) / d(a_j^*, a_j^-)] \quad (20)$$

由上述兩式計算得到的值是模糊數，記為： $R_i = [R_{1i}, R_{2i}, R_{3i}, R_{4i}]$ 。

步驟四：計算模糊 VIKOR 指標

以方程式 (6) 計算

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^*}{d(S^- - S^*)} \right] + (1-v) \left[\frac{R_i - R^*}{d(R^- - R^*)} \right] \quad (21)$$

步驟五：排序模糊 VIKOR 指標

步驟六：所得 Q_i 值由小而大排序。

步驟七：確定可行方案

最佳方案需滿足以下條件：

條件一：可接受方案的門檻條件。

$$Q'' - Q' \geq 1/(J-1) \quad (22)$$

其中， Q' 表示依據 Q 值排序後，排序第一個方案之 Q 值而 Q'' 則為排序第二個方案之 Q 值， J 為總方案數。若存在兩個以上的方案時，則必須依序比較排序第一的方案和第二、第三...等方案之間關係是否滿足。

條件二：可接受的決策穩定性。

當 Q 值由小到大排序後，排序第一的方案其 S 值（或 R 值）也必須要同時比排序第二的方案之 S 值（或 R 值）表現好。若存在兩個以上的方案時，則必須依序比較排序第一的方案和第二、第三等方案之間關係是否滿足條件二。

4. 研究結果

4.1 模糊德爾菲建立指標評估準則 (FDM)

本階段透過模糊德爾菲(FDM)來建立模擬幸福城市指標準則。因此，模糊德爾菲法徵求專家的意見，並通過問卷調查，取得用統計後的共同的意見。一般來說;德爾菲法專家的人數不能太多，通常為 13 比較適合(Noordehoben,1995)。由於模糊德爾菲(FDM)的優勢可以減少問卷的次數並可節省專家往來溝通的時間，因此;比較能達到專家的共識決。本階段共有 13 名專家和學者代表皆超過 10 年以上的遊戲設計和教學設計專業經驗。經由模糊德爾菲(FDM)的會議收斂之後產生了遊戲化幸福城市模擬決策系統評估指標表，如表 2 所示。經由問卷調查方式徵詢專家意見，並採用 Max-Min 之計算(如圖 6)並以統計方法予以呈現，取得專家之共同意見門檻值為 0.65 並取得 20 個**指標評估準則**，Max-Min 計算步驟如下：

Step 1：分別建立認同程度最大值之累積次數函數 $F_1(x)$ 與認同程度最小值之累計次數函數 $F_2(x)$ 。

Step 2：以三角模糊數觀點，分別計算 $F_1(x)$ 的第 1「四分位數」、中位數與第 3「四分位數」(C_1, M_1, D_1)與 $F_2(x)$ 的第 1「四分位數」、中位數與第 3「四分位數」(C_2, M_2, D_2)。

Step 3：個別連結(C_1, M_1, D_1)與(C_2, M_2, D_2)可得到預測值 X^* 。

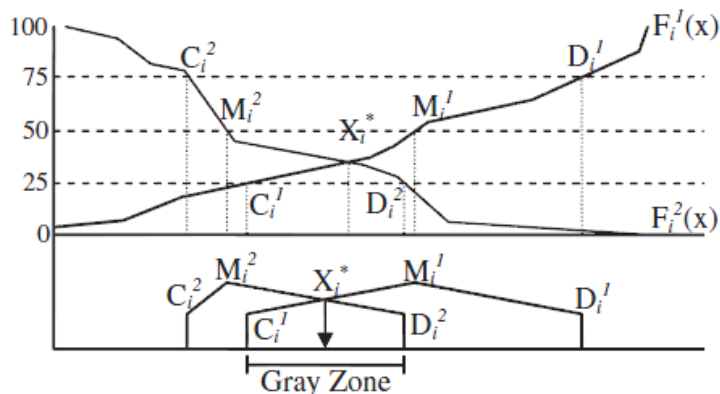


圖 6. Max-Min 灰色區

表 2 幸福城市模擬決策系統評估指標表

| 領域 | 指標 | 領域 權重 | 指標 權重 | 總 權 重 | $F_1^1(x)$ | | | $F_2^2(x)$ | | | x_i^* |
|-------------|------------------|----------|----------|----------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|
| | | | | | C_i^1 | M_i^1 | D_i^1 | C_i^2 | M_i^2 | D_i^2 | |
| 居住 | (S1)平均每人享有房間數 | 0.080 | 0.580 | 0.046 | 7.653 | 8.597 | 9.529 | 5.279 | 8.289 | 7.166 | 7.706 |
| | (S2)無基本設備的住宅比例 | | 0.420 | 0.034 | 7.579 | 8.565 | 9.551 | 5.205 | 8.257 | 7.187 | 7.643 |
| 收入 | (S3)家庭可支配所得 | 0.090 | 0.630 | 0.057 | 6.604 | 7.664 | 8.713 | 4.229 | 7.049 | 6.349 | 6.604 |
| | (S4)家庭金融資產淨值 | | 0.370 | 0.033 | 8.597 | 8.671 | 8.734 | 6.222 | 8.395 | 6.371 | 8.268 |
| 就業 | (S5)就業率 | 0.090 | 0.640 | 0.058 | 8.586 | 8.650 | 8.713 | 6.212 | 8.374 | 6.349 | 8.257 |
| | (S6)長期失業率 | | 0.360 | 0.032 | 6.604 | 7.664 | 8.724 | 4.229 | 7.208 | 6.593 | 6.604 |
| 社群關係 | (S7)支持網絡品質 | 0.080 | 1.000 | 0.080 | 6.561 | 8.173 | 9.784 | 4.187 | 7.823 | 7.547 | 6.943 |
| 教育 | (S8)教育程度 | 0.090 | 0.430 | 0.039 | 8.014 | 8.618 | 9.211 | 5.639 | 8.321 | 6.848 | 7.918 |
| | (S9)學生閱讀能力 | | 0.570 | 0.051 | 7.918 | 8.554 | 9.190 | 5.544 | 8.247 | 6.826 | 7.833 |
| 環境 | (S10)空氣污染 | 0.070 | 1.000 | 0.070 | 6.477 | 7.706 | 8.925 | 4.102 | 7.102 | 6.561 | 6.551 |
| 政府治理 | (S11)決策制定諮商指數 | 0.080 | 0.620 | 0.050 | 7.632 | 8.353 | 9.063 | 5.258 | 7.971 | 6.699 | 7.558 |
| | (S12)投票率 | | 0.380 | 0.030 | 6.710 | 8.035 | 9.349 | 4.335 | 7.547 | 6.985 | 6.869 |
| 健康 | (S13)零歲平均餘命 | 0.080 | 0.390 | 0.031 | 7.653 | 8.226 | 8.787 | 5.279 | 7.802 | 6.424 | 7.494 |
| | (S14)自評健康狀態 | | 0.610 | 0.049 | 7.579 | 8.565 | 9.551 | 5.205 | 8.257 | 7.187 | 7.643 |
| 生活滿意度 | (S15)生活滿意度 | 0.100 | 1.000 | 0.100 | 8.597 | 8.618 | 8.628 | 6.222 | 8.321 | 6.265 | 8.236 |
| 安全 | (S16)故意殺人發生率 | 0.180 | 0.560 | 0.101 | 8.586 | 8.650 | 8.713 | 6.212 | 8.374 | 6.349 | 8.257 |
| | (S17)人身受害比率 | | 0.440 | 0.079 | 6.561 | 8.226 | 9.890 | 4.187 | 7.802 | 7.526 | 6.890 |
| 工作與生活 平衡 | (S18)受僱者工時過長比例 | 0.060 | 0.320 | 0.019 | 8.014 | 8.618 | 9.211 | 5.639 | 8.321 | 6.848 | 7.918 |
| | (S19)有子女之婦女就業率 | | 0.350 | 0.021 | 7.918 | 8.554 | 9.190 | 5.544 | 8.247 | 6.826 | 7.833 |
| | (S20)每日休閒及個人照護時間 | | 0.330 | 0.020 | 6.561 | 8.067 | 9.572 | 4.187 | 7.590 | 7.208 | 6.805 |

4.2 模糊 VIKOR 評估比較分析

幸福城市模擬決策評估系統第二階段為 Entropy 權重計算與 VIKOR 多準則決策(MCDM)之最佳化妥協解方法(Compromise Programming)作為決策評估系統的模擬演算。Entropy 權重經過公式(14,15,16)產生了領域權重與指標權重如表 1 所示，由於指標項目權重主要提供 VIKOR 演算所需要的權重值。接著再過公式(17~22)產生了表 3 VIKOR、TOPSIS 與 SAW 評估比較。為了讓整個評估績效值更具有效

力，系統實驗評估採用 VIKOR 最佳化妥協解方法(Compromise Programming) ，與 TOPSIS 法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution,) 逼近理想解排序法及簡單加權法 Simple Additive Weight(SAW)來進行模擬評估比較測試。結果呈現;本研究所提之模擬評估系統方法與其他兩種方法的前三名;安全-(S17)人身受害比率，安全-(S16)故意殺人發生率與健康-(S14)自評健康狀態排序是一致。研究結果證實;本研究所提的模糊德爾非法(FDM)結合 VIKOR 所呈現的研究流程是嚴謹且具有效能的一致性。

表 3 VIKOR、TOPSIS 與 SAW 評估比較

| 構面指標 | 項目指標 | VIKOR | | TOPSIS | | SAW | |
|---------|------------------|-------|----|--------|----|-------|----|
| | | Q_j | 排名 | C^* | 排名 | Value | 排名 |
| 居住 | (S1)平均每人享有房間數 | 1.081 | 4 | 0.124 | 5 | 0.855 | 5 |
| | (S2)無基本設備的住宅比例 | 0.993 | 10 | 0.056 | 8 | 0.845 | 6 |
| 收入 | (S3)家庭可支配所得 | 1.040 | 6 | 0.143 | 4 | 0.829 | 7 |
| | (S4)家庭金融資產淨值 | 0.990 | 11 | 0.049 | 13 | 0.819 | 13 |
| 就業 | (S5)就業率 | 1.062 | 5 | 0.088 | 6 | 0.824 | 11 |
| | (S6)長期失業率 | 0.986 | 12 | 0.052 | 11 | 0.826 | 9 |
| 社群關係 | (S7)支持網絡品質 | 0.971 | 20 | 0.033 | 20 | 0.806 | 20 |
| 教育 | (S8)教育程度 | 0.983 | 14 | 0.043 | 15 | 0.814 | 15 |
| | (S9)學生閱讀能力 | 0.981 | 15 | 0.042 | 16 | 0.808 | 17 |
| 環境 | (S10)空氣污染 | 0.993 | 9 | 0.057 | 7 | 0.821 | 12 |
| 政府治理 | (S11)決策制定諮商指數 | 0.984 | 13 | 0.050 | 12 | 0.825 | 10 |
| | (S12)投票率 | 0.972 | 18 | 0.035 | 18 | 0.806 | 19 |
| 健康 | (S13)零歲平均餘命 | 0.980 | 16 | 0.045 | 14 | 0.816 | 14 |
| | (S14)自評健康狀態 | 1.088 | 3 | 0.150 | 3 | 0.903 | 3 |
| 生活滿意度 | (S15)生活滿意度 | 0.995 | 7 | 0.055 | 9 | 0.897 | 4 |
| 安全 | (S16)故意殺人發生率 | 1.115 | 2 | 0.177 | 2 | 0.926 | 2 |
| | (S17)人身受害比率 | 1.125 | 1 | 0.187 | 1 | 0.933 | 1 |
| 工作與生活平衡 | (S18)受僱者工時過長比例 | 0.973 | 17 | 0.036 | 17 | 0.807 | 18 |
| | (S19)有子女之婦女就業率 | 0.994 | 8 | 0.055 | 10 | 0.829 | 8 |
| | (S20)每日休閒及個人照護時間 | 0.971 | 19 | 0.034 | 19 | 0.813 | 16 |

5. 結論與建議

5.1 結論

本研究提出一個永續環境教育之遊戲化幸福城市模擬決策系統的多準則評估模型,來實作遊戲化教學幸福城市模擬決策系統流程架構，並採用模糊德非法(FDM)建構篩選出評估準則的要素，接著;透過 Entropy 取得各項指標的權重計算,最後;透過 VIKOR 最佳化妥協解方法作為決策評估系統的模擬演算計算應用個案評的評估績效值。為了讓整個評估績效值更具有效力，最後本研究也透過 TOPSIS 以及 SAW 兩個方法的績效值比較，來檢驗提出評估模型的有效性。並透過一個遊戲化幸福城市模擬決策系統設計案例,來說明了該方法的可行性。

本研究是分成三個階段組成：

第一階段建立的評估要素的準則，採用文獻與專家問卷來完成準則清單，採用 FDM 方法 Max-Min 計算來產生門檻值(0.65)並完成準則的刪減共產生 20 個評估準則。

第二個階段透過 Entropy 法給予模型架構與要素之間的權重，此階段的建立有助於設計者對於設計要素的關連與先後次序的考量。

第三個階段是績效評估的發展與驗證，本階段採用 VIKOR 方法，透過理想解與負理想解來計算個案的評估績效值，為了要讓本研究所提的評估架構更有效性，本階段採用個案與多方法比較驗證評估，透過 VIKOR 以及 SAW 兩個方法的績效值比較差異。結果驗證本研究方法與其他兩種方法所產生的前三項評估指標;安全-(S17)人身受害比率，安全-(S16)故意殺人發生率與健康-(S14)自評健康狀態排序是一致，且具有考量理想解與負理想解之間的優先順序，讓模擬評估系統更為嚴謹。

本研究的方法可以應用到其他數位媒體產品開發關鍵流程的架構建立與績效值的評估，尤其是在不同產品系列的設計過程。除了開發合適的永續環境教育之遊戲化幸福城市模擬決策系統之外，也可以應用到遊戲化產品模組設計的建立。雖然個案中的遊戲化教學模擬系統的設計只是本研究的個案，但是所提出的方法亦可以應用於多媒體產品設計模擬評估領域之研究。

5.2 未來研究

在後續研究方面，本研究將針對智慧化的決策模擬機制，加入灰色系統理論方法來進行模擬評估系統的預測能力，其特色是在資訊不完整或不明確性情形下，進行不明確系統的關聯分析、模型建構、預測及決策(鄧聚龍，1986)，讓系統不只決策能力更要有有人性化智慧學習得能力。

ACKNOWLEDGMENTS

This study is supported by the National Science Council of the Republic of China under contract numbers NSC 104-2815-C-160 -001 -H.

參考文獻

一、中文部份

- [1] 蘇俊欽 (2004)。擴增實境應用於中文注音符號學習之研究。國立成功大學工業設計研究所。
- [2] 蘇俊榮 (2006)。應用灰色多屬性決策演算法於混合實驗最佳化之研究。國立交通大學工業工程與管理學系。
- [3] 吳宇中 (2008)。以消費者選擇偏好建構音樂網站經營型態評選模式。國立交通大學科技管理研究所。
- [4] 張世傑 (2009)。太陽能技術在建築物應用之研究。國立雲林科技大學營建與物業管理研究所。
- [5] 林憲德、郭柏巖 (2008)。亞熱帶幸福城市挑戰。臺北縣：內政部建築研究所出版。
- [6] 陳泰弘 (2001)。以多視景虛擬實境建立網際三維地理資訊系統之研究。國立中山大學海洋環境及工程研究所
- [7] 劉心蘭 (2005)。台灣 EEWB 與美國 LEED 幸福城市分級評估系統比較研究。內政部建築研究所出版。
- [8] 鄧聚龍 (1986)，《灰色預測與決策》，武漢：華中理工大學出版社。

二、英文部份

- [1] Al Mamunur Rashid,(2002), "Getting to know you:Learning New User Preferences in Recommender Systems", Proceedings of the 7th international conference on Intelligent user interfaces.
- [2] Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, P.,(1989), "Situated cognition and the culture of learning", Educational Researcher,18(1), pp.32-42.

- [3] Dubios, D., and H. Prade,(1978), "Operations on fuzzy numbers", InternationalJournal of System Science, Vol.9, pp.613-626.
- [4] Gradecki,(1994), The Virtual Reality Programmer's Kit,John Wiley &.Sons Inc..
- [5] Grigore C. Burdea,Philippe Coiffet,(1993), Virtual Reality Technology second edition
- [6] Hwang, C. L., & Lin, M.J. (1987). Group Decision Making under Multiple Criteria. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- [7] J.Ben Schafer,(1999), "Recommender Systems in E-Commerce", E-Commerce of the ACM.
- [8] McLellan, H.,(1996), Situated learning perspectives, Englewood Cliffs,Educational Technology Publications, New Jersey.
- [9] OECD, <http://www.oecdbetterlifeindex.org/>
- [10] Opricovic, S. & Tzeng, G. H. (2007) . Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. European Journal of Operational Research, 178 (2) , 514–529.
- [11] Opricovic, S. and Tzeng, G. H.,(2004), "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS." European Journal of Operational Research, Vol. 156, No. 2, pp. 445-455.
- [12] Sherman R. Alpert and Keith Grueneberg,(2000), Concept mapping with multimedia on theweb, journal of Educational Multimedia and Hypermedia 9 (4) , 313-331.
- [13] Zadeh, L.A.,(1965), "Fuzzy sets", Information and Control, Vol.8, pp.338-353.
- [14] Zeleny,(1982), Milan, Multiple Criteria Decision Making, New York.

文化創意產業研究學報



 臺灣知識創新學會

論文接受函

陳泰良, 蘇柏元, 蘇中和 先生 / 小姐 惠鑒：

承蒙惠賜稿件，台端大作【您幸福嗎？應用情境學習理論創作遊戲化幸福城市模擬評估系統之研究】，(編號：JCCIRV05N1004) 業經兩位評審委員匿名評審通過，學報編輯委員會同意將其刊登於本學報。

根據本學報徵稿啟事規定：凡投稿本學報，並被本學報接受發表之論文作者，須自動同意本編輯委員會，得以紙本或數位方式將上述論文出版發行；進行數位化典藏、重製、透過網路公開傳輸、授權用戶下載、列印、瀏覽等資料庫銷售或提供服務之行為；再授權國家圖書館或其他資料庫業者將本論文納入資料庫中提供服務；為符合各資料庫之系統需求，並得進行格式之變更。

如您接到本信件並同意上述作法，請填寫授權書並回覆 e-mail 或傳真給本會，以便本會能進行後續的編輯出版事宜。

肅此 順頌
教安

【文化創意產業研究學報】編輯委員會

總編輯 林建德

 敬上

2015 年 11 月 22 日