

## 結合 TOPSIS 與 AHP 法於網路服務信任評估之研究

羅濟群 程鼎元\* 葉靜蓉 陳志華

國立交通大學資訊管理研究所

### 摘要

隨著網路服務所提供的功能越來越多且複雜，網路服務處在網際網路的開放式環境下，其資訊安全問題也日益受到重視。有鑑於此，本研究提出“網路服務信任評估機制 (Web Service Trust Evaluation Mechanism, WSTEM)”，包含有使用者端、服務提供者之簡易物件通訊協定伺服器、以及網路服務登錄中心 (Registry)。WSTEM 選擇適當的網路服務評估準則，同時考慮主觀與客觀的安全因子，以使用者的安全等級要求為基礎，使用理想解類似度偏好順序評估調整法 (Modified Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method, TOPSIS) 做為網路服務推薦方式，並支援回饋修正機制，以信任區間取得可靠之網路服務內容滿意度，再運用層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 取得使用者之回饋權重，建立一個信任的網路服務推薦機制。

在系統模擬實驗中，本論文模擬一可支援 WSTEM 之信任網路服務推薦系統 (Trusted Web Service Recommendation System, TWSRS)，由模擬結果中可發現，本論文提出之 WSTEM 可有效避免存取到惡意服務。

關鍵詞：網路服務信任評估、網路服務推薦、使用者偏好

## Web Services Trust Evaluation Model Using TOPSIS and AHP

Chi-Chun Lo Ding-Yuan Chen Ching-Jung Yeh Chi-Hua Chen

Institute of Information Management, National Chiao Tung University

### Abstract

In recent years, Web Services (WS) are becoming more complex and popular, and their security issues are also important. However, WS-Security standards only support the WS

\* 通訊作者

電子郵件：kewas@iim.nctu.edu.tw



transaction security during transmission and do not consider the WS content (e.g., reliability). In this paper, we propose a novel Web Service Trust Evaluation Mechanism (WSTEM) which uses the appropriate WS evaluation criteria and considers the security factors in subjective and objective. WSTEM which is based on the user's WS-Security requirement uses Modified Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method (TOPSIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) to compute the trust values of WS according to users' feedback and trust value revision for trusted WS recommendation.

In the simulation stage, we propose a system, Trusted Web Service Recommendation System (TWSRS), which is based on WSTEM. The results show that users can avoid invoking the insecure WS through WSTEM. The aim is to improve WS-Security for the evaluation of WS content security and providing more trusted WS to users.

*Key Words: Web Service Trust Evaluation, Web Service Recommendation, User Preference*

## 1. 前言

最近幾年來，以服務導向架構（Service Oriented Architecture, SOA）為基礎的網路服務（Web Services, WS）蓬勃發展，其具備跨平台、跨語言、整合性強等特性，有著大量且豐富的資料，所提供的功能也越來越複雜且多樣化。服務提供者可於通用描述、探索與整合（Universal Description Discovery and Integration, UDDI）登錄中心（Registry）上發佈（Publish）網路服務，而服務使用者再於 UDDI 中查詢（Discover）其所需之服務，並進行服務鏈結（Binding）與使用。但是，隨著網路服務所提供的功能越來越多且複雜，網路服務的安全性大多集中於傳輸上，但無法確保安全性以外（例如可靠性、有效性等）的問題。在使用者向登錄中心要求與查詢網路服務時，如何為使用者找到合適且可信任的網路服務，再將該網路服務推薦給使用者，是一個相當重要的課題。

多準則決策方法（Multi-Criteria Decision Making, MCDM）用於處理決策問題上，其中整合層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）與理想解類似度偏好順序評估調整法（Modified Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method, TOPSIS）的應用，在數目有限的候選方案中，根據評估準則特徵，為各候選方案進行優劣排序，評估並選擇出一個符合使用者理想的妥協解，其概念易懂且計算簡單，被廣泛用於各領域（畢威寧，2005；張欽森，2005；許雅婷，2008），但此兩方法之整合的瑕疵在於評估準則之權重是由專家群給予，無法反應使用者對評估準則的喜好。



有鑑於上述需求，本研究之目的為在符合使用者要求的前提之下，提供安全且可信任的服務資料予以使用者，整合 TOPSIS 與 AHP 於網路服務信任值之計算，再加入使用者回饋，發展一套網路服務信任評估機制。

## 2. 背景知識與相關研究探討

本研究所需之背景知識與相關研究探討包括有：(1)網路服務安全需求、(2) TOPSIS、(3) AHP、(4)整合 AHP 與 TOPSIS 法之應用、以及(5)信任值（Trust Value）評分機制，分述於以下各小節。

### 2.1 網路服務安全需求

在服務選擇時，登錄中心可以為使用者推薦適合的網路服務，為達到信任的服務推薦，本研究參考學者 Dustdar 等人所提出之“A View Based Analysis on Web Service Registries”，建立網路服務登錄中心需考量的安全性需求後，再進行設計，並根據不同型態的網路服務登錄中心考量不同的安全性需求（Dustdar and Triber, 2005），針對不同安全性需求相關整理如表 1 所示。

▼ 表 1 網路服務登錄中心需求表（Dustdar and Triber, 2005）

需求	描述
互動性	定義不同的網路服務環境下交換和使用資訊的能力。
可靠性	定義網路服務登錄中心維持網路服務品質的能力。
安全性	定義存取網路服務登錄中心需要的安全性程度。
容錯的限度	定義網路服務登錄中心在硬體或軟體發生錯誤，還能持續使用的能力。
可擴展性	定義當網路服務登錄中心流量增加時，配合情況應付的能力。
有效性	定義成功使用網路登錄中心的可能性。
搜尋語言	定義網路服務登錄中心搜尋語言的品質程度。
網路服務描述	定義網路服務登錄中心網路服務描述語言的品質。
資料格式延伸性	定義網路服務登錄中心提供網路服務資訊格式延伸程度。
管理性	定義網路服務登錄中心提供管理的能力。

關於網路服務影響信任因子，學者 Bonderud 等人於“Toward Trustworthy Service Consumers and Producers”（Bonderud et al., 2008）一文中提出主要包含有使用次數、權威性、使用者專家、直接推薦、間接推薦、激勵機制、回饋時間等因子，相關整理如表 2 所示。



▼ 表 2 網路服務登錄中心安全影響因子 (Bonderud et al, 2008)

因子	描述
使用次數	如果服務有越多人使用，更具有可信度。
權威性	可信度高服務提供者，提供服務更具可信度。
使用者專家	具有高信任性的使用者推薦，則可信度更高。
激勵機制	藉由回饋提升可信度。
直接推薦	藉由使用者使用過後回饋，提供未來參考。
間接推薦	透過其他使用者推薦，再推薦給其他人參考。
回饋時間	時間點越近的回饋影響度越高。

網路服務信任機制主要用於應用層，由於網路服務是建立在網際網路的開放式環境下，安全性是相當重要的，在安全因子上，需同時考慮主觀與客觀兩個層面：主觀因子指的是根據使用者行為或評價所給定的意見；而客觀因子指的是不牽涉由人所給予之評價，例如：所提供的安全性、加密演算法。主觀因子與客觀因子的研究在（盧盈蓉，2009）中則是分別以實體空間（客觀）與概念空間（主觀）之安全因子進行討論：(1)實體空間主要是透過 WS-Security 來達成，安全因子包含有①不可否認性（Non-Repudiation, NR）、②身分驗證性（Certificates Authorization, CA）、③完整性（Integrity）、④保密性（Confidentiality）。(2)概念空間則參考表 2 之因子，包含有①權威性、②使用者專家、③使用次數、④儲存時間、⑤激勵機制和處罰機制、⑥直接推薦、⑦間接推薦、以及⑧回饋時間等。

## 2.2 TOPSIS

TOPSIS 是一種計算與理想解相似性的多準則決策方法，由 C.L. Hwang 和 K. Yoon 於 1981 年在其著作“Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey”（Hwang and Yoon, 1981）一書中首次提出，主要在於界定正理想解（Positive Ideal Solution, PIS）與負理想解（Negative Ideal Solution, NIS），以評斷各候選方案之優劣，目的在於找到距離正理想解最近、距離負理想解最遠的妥協解，其中正理想解是各候選方案中效益準則值最大且成本準則值最小，反之負理想解是各候選方案中效益準則值最小且成本準則值最大，TOPSIS 計算步驟如下：

- (1)將決策矩陣（Decision Matrix, DM）建立成正規化決策矩陣（Normalized Decision Matrix, NDM）。
- (2)建立權重標準化矩陣（Weighted Decision Matrix, WDM）。
- (3)界定正理想解  $A^+$  和負理想解  $A^-$ 。
- (4)計算各候選方案與正理想解的距離  $d_i^+$ ，以及負理解的距離  $d_i^-$ 。
- (5)計算各方案與理想解的相對接近係數（Relative Closeness Coefficient, RCC）。





(6)依照各方案的相對接近係數（RCC）排序。

其中在第(4)步驟，計算與正負理想解距離的方法是 Euclidean Distance（ED），而 ED 是 Minkowski Distance（Minkowski, 1896, 1911）的特例。以 ED 計算各候選方案與正理想解的距離（ $d_i^+$ ）如下：

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_j y_{ij} - w_j y_j^+)^2} = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j^2 |y_{ij} - y_j^+|^2}$$

$y_{ij}$  為第  $i$  項候選方案的第  $j$  項準則之值， $y_j^+$  為所有候選方案的第  $j$  項準則之值中取效益最大值，由以上公式得知權重（ $w_j$ ）被計算了兩次，如此一來決策結果被權重過度控制，此問題可以使用 Minkowski Distance  $L_p^w$  來克服， $L_p^w$  公式如下：

$$L_p^w(x, y) = \left[ \sum_{j=1}^n w_j |x_j - y_j|^p \right]^{1/p}$$

$w_j$  為第  $j$  項準則權重的重要性，且  $p \geq 1$ ，當  $p=2$  時， $L_p^w$  即為 weighted ED；而本研究將會取得使用者回饋之意見，將其轉換成準則權重，但普遍來說使用者並非專家，因此在考慮使用者偏好的準則權重情況下，又不希望決策結果被權重過度控制，所以本研究使用 weighted ED 取代原 ED。

### 2.3 AHP

AHP 為 1971 年由匹茲堡大學教授 Saaty 所提出（Saaty, 1990, 1994），主要用在不確定情況下，且有多個評估準則的複雜決策問題上，透過層級分解由上而下簡化問題，由決策者對層級要素分析其相對重要性，予以量化的 MCDM 研究方法。主要有以下三個階段：

#### 階段 1：建立層級結構

將決策問題分解成不同層級，其中每一層級的要素建議在七個以下，決策者較能進行合理的比較，並保持其一致性。

#### 階段 2：各層級要素之權重計算，可再分為三個步驟

##### (1) 建成立對比較矩陣

將層級結構下的層級要素，做兩兩比較，假設有  $n$  項要素，則需進行  $n(n-1)/2$  次成對比較，成對比較的評估尺度數值為 9, 8, ..., 2, 1, 1/2, ..., 1/8, 1/9。成對比較矩陣及其元素表示如下：



$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

其中  $a_{ij}$  表示要素與要素  $j$  比較的結果，如要素  $i$  重要性為要素  $j$  重要性的 3 倍，則  $a_{ij} = 3$ ， $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ，右上三角形的值表示要素之間相對重要性，左下三角形為其倒數。

## (2) 計算特徵向量與特徵值

建立完成對比較矩陣  $A$  後，可經由數值分析中的特徵值 (Eigenvalue) 解法，求出特徵向量值 (Eigenvector)，此即為各層級要素的權重  $w$ ，Saaty 提出四種近似求法 (Saaty, 1990, 1994)，其中以行向量平均標準化法可求得較為精確之結果，其公式為：

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

利用求出之特徵向量值 (即權重  $w$ )，計算一致性向量 (Consistency Vector, CV) 以  $v$  表示，公式為：

$$v_i = \left( \sum_{j=1}^n w_j a_{ij} \right) / w_i \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

求得一致性向量  $v$  後，求其算術平均數即為特徵值  $\lambda$ ，公式為：

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

## (3) 一致性檢定

成對比較矩陣  $A$  內之數值，為決策者主觀所下之判斷值，如果層級要素過多，會導致決策者在兩兩比較的判斷之下，難以達成前後的一致性，因此需進行一致性檢定，藉由一致性比率 (Consistency Ratio, C.R.) 來判斷，檢查決策者所作比較經評估指標轉換的成對比較矩陣，是否為一致性矩陣，計算 C.R. 之前，需計算一致性指標 (Consistency Index, C.I.)，其公式為：

$$C.I. = \frac{\lambda - 1n}{n - 1}$$

其中  $\lambda$  代表特徵值， $n$  為該層級要素個數，而  $C.I. = 0$  表示決策者所下之判斷前



後完全一致，根據 Dak Ridge National Laboratory 與 Wharton School 的研究，從評估尺度所產生的正倒置矩陣，在不同層級要素個數下，會產生不同的 C.I.值，稱為隨機指標（Random Index, R.I.），R.I.在使用上不需自己計算，而是使用 Saaty 所整理歸納之隨機指標表，如表 3 所示。

▼ 表 3 隨機指標表								
$n$	1	2	3	4	5	6	7	8
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

一致性比率（C.R.）即為 C.I.值與 R.I.值的比率，當 C.R.值在小於 0.1 時，決策者所作之成對比較矩陣的一致性是很高的，C.R.公式為：

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

### 階段 3：整體層級要素之權重計算

計算各層級要素權重後，整合歸納出整體層級要素之權重。

傳統的 AHP 法，在建立成對比較矩陣時，決策者需要對層級要素進行兩兩成對比較，當有  $n$  項層級要素時，比較次數高達  $n(n-1)/2$  次，且當層級要素過多時，導致決策者在兩兩成對比較的判斷下，較難達成前後的邏輯一致性，Ra 提出連續成對比較法（Chainwise Paired Comparisons, CPC）（Ra, 1999），簡化為每階層只需比較  $n$  次，避免進行成對兩兩比較時，所產生的邏輯不一致問題；而本研究將改善 AHP，提出迅捷層級分析法（Agile Analytic Hierarchy Process, AAHP），將所有層級要素進行整體一次性相對重要程度比較，加以避免邏輯不一致問題。

## 2.4 整合 AHP 與 TOPSIS 法之應用

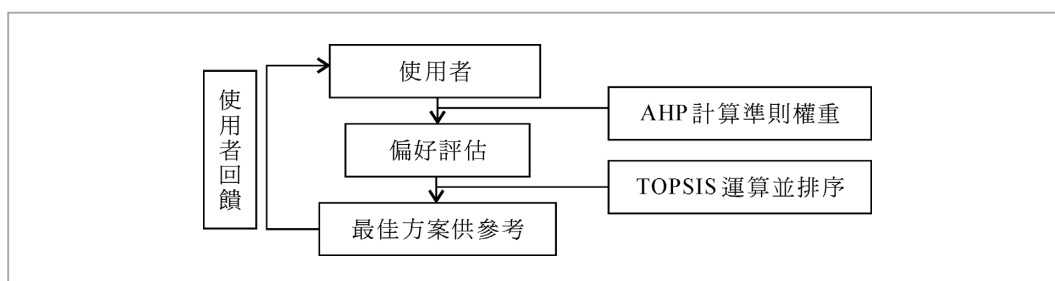
近年來，整合 AHP 與 TOPSIS 的應用，在數目有限的候選方案中，根據評估準則特徵，為各候選方案進行優劣排序，並選擇出一個最接近使用者理想的妥協解，被廣泛用於各領域（畢威寧，2005；張欽森，2005；許雅婷，2008），以解決複雜的決策問題，其進行的流程主要分為兩階段：(1) 準則構面的匯整，蒐集專家意見，運用 AHP 計算準則權重；(2) 進行各候選方案的偏好評估，運用 TOPSIS 計算並排序，以找出妥協可行解。

整合 AHP 與 TOPSIS 處理複雜決策問題的優點，在於其概念易懂，且計算簡單，支援決策者制訂可行解，但是人類在主觀判斷上，經常會發生不確定性與模糊性，為克服此問題，許多學者紛紛加入模糊理論，改以 Fuzzy AHP 或 Fuzzy TOPSIS 來做為



評估選擇方法（葉燉烟等人，2008；Dağdeviren et al., 2009）。

此兩方法之整合，不管是否加入模糊理論來處理主觀判斷上的不確定性，在進行的流程上均大同小異，皆為前述的兩階段流程，然而其流程上有一瑕疵在於準則權重是由專家群給予，無法反應使用者對評估準則的喜好，而最佳方案在尚未有新候選方案加入之前，都不會更動其排序結果，無法反應最佳方案讓使用者不滿意之情況，然而現今在網際網路上取得使用者資訊並非難事，本研究於此整合中加入使用者回饋，進行演化式計算持續修正權重與信任值，反應使用者的準則喜好及服務內容滿意度，以提供可信任的網路服務給使用者，概念如圖 1。



▲ 圖 1 結合 AHP 與 TOPSIS 中加入使用者回饋

## 2.5 信任值評分機制

由於在目前運作的網路服務架構中，尚未有一套有效的信任機制演算法，故本研究主要探討在開放式環境下之網路服務信任機制演算法，並以此為基礎進行網路服務信任評估機制之設計。在開放式的環境下，並非每個網路節點都是可靠的，而網路節點的服務分享機制，可能存在有惡意節點分享不安全、不正確的資料，如何選擇可靠的節點（交易對象），進行服務資料交換是相當重要的。

不管是在安全、電子商務、智慧代理人等領域，在信任值計算模型的應用上，已經有很好的應用（Yu et al., 2000），例如：在 eBay 和 Amazon 等購物網站上廣泛的使用信任值計算，用來提供使用者對於過去的交易記錄或交易者的行為做為一個有效的參考；尤其是未來對於社會網路（Social Network）、網路服務（Web Services）等需要許多人共同參與的環境或是系統，對於訊息交換和共享的需求越來越大，相對應的問題則是，如何從這些實體上選擇適合的交易對象，則是一個非常重要的課題。

Ramchurn et al.（2003）運用模糊集合理論幫助用戶從過去的交易紀錄中計算出交易對象的信任值；Wang and Vassileva（2003）等利用貝氏網路（Bayesian Network）進行信任訊息的交換和傳播，當用戶的偏好度（Preference Ordering）越相近，其建議和推薦出的結果可信度也越高；Hara et al.（2004）等認為利用社群網路其特性的機率可



以擴展信任計算模型；Zheng et al. (2006) 等人也對於機率模型計算信任值有提出一個可以擴充的計算方式；根據劉玉枚等人 (2008) 提出運用 RASSA 算法選出具有高信譽的節點，每個節點具有一個信譽值，而信譽值的來源主要是根據衡量節點資料的完整性、真實性、可靠性來給予評分，並且設定節點對資源提供者的各類資源，有不同的評分給予比率，來表達不同資源的重要性；Pirzada et al. (2004) 提出 Trust-Based Routing 演算法計算可信節點，以  $T_{xy} = W(P_A) \times P_A + W(P_P) \times P_P$ ，使用加權的方式來進行信任值計算；而盧盈蓉 (2009) 則針對節點與節點之間為彼此進行信任值評分，提出一套具體的評分標準。

雖然這些文章提出一些簡單、具體的評分標準，但卻未考慮到使用者的主觀意見（如準則喜好、滿意度），及信任值分數最高卻有可能未必是使用者的最理想解的情況，所以本研究提出一套信任評估機制，考慮到使用者的主觀意見，以及在信任值分數與使用者理想解之間取得平衡。

## 2.6 小結

由於上述相關背景研究所衍生的問題與瓶頸，可了解(1)使用者向登錄中心要求網路服務時，須考慮到登錄中心與網路服務的資訊安全與信任的相關問題；(2)現有的網路服務信任值評分方式，尚未考慮到使用者的主觀意見，及信任值分數與使用者理想解之間的平衡。

根據上述之需求，本研究提出之“網路服務信任評估機制 (Web Service Trust Evaluation Mechanism, WSTEM)”，整合 TOPSIS 與 AHP 於網路服務信任值計算，再加入使用者回饋，其設計原則與功能包括：(1)整合 TOPSIS 與 AHP 法計算服務信任值，修改與簡化 AHP 的計算過程進行權重調整，使用 TOPSIS 進行網路服務排序，取得妥協解；(2)支援回饋修正，運用使用者回饋建立信任機制，進行演化式計算，持續修正權重與信任值，反應使用者的權重喜好與滿意度；(3)結合現有的加解密演算法，考慮主觀與客觀的安全因子，推薦符合使用者要求與可信任的服務給使用者。

## 3. 網路服務信任評估機制設計原理

評估機制主要考慮到不同的使用者會有不同的安全性偏好，因此會根據使用者的安全性偏好去做信任的網路服務推薦，進行推薦時會將使用者的安全等級要求作為網路服務評估準則之一，在使用者回饋之後，將回饋的資料修正回機制中，即時反應使用者意見。本章主要說明評估機制之(1)網路服務評估準則、(2)網路服務評估準則得分值計算，以及(3)機制設計。



### 3.1 網路服務評估準則

網路服務評估準則，係根據盧盈蓉（2009）於“一個支援網路服務的信任機制”一文中，所提及對網路服務信任值修正所用之因子加以修改為：(1)服務內容滿意度  $C_1$ 、(2)服務交易量  $C_2$ 、(3)服務儲存時間  $C_3$ 、(4)服務安全等級要求達成率  $C_4$ 。

(1)服務內容滿意度  $C_1$ ：指的是使用者針對網路服務內容，所給予的滿意度，屬於使用者的個人主觀認知。

(2)服務交易量  $C_2$ ：服務在登錄器中被使用的次數，當有越多人使用，可信度越高。

(3)服務儲存時間  $C_3$ ：服務儲存於登錄器的時間，儲存越久可信度越高。

(4)服務安全等級要求達成率  $C_4$ ：依照使用者給定的服務安全等級要求，依其符合的子準則給予達成率，子準則主要為：①不可否認性（NR） $C_{41}$ 、②身份驗證性（CA） $C_{42}$ 、③完整性（Integrity） $C_{43}$ 、④保密性（Confidentiality） $C_{44}$ 。

①不可否認性（NR） $C_{41}$ ：不可否認性是為了防止整個或部分通訊過程中，任何通訊實體進行否認的行為。在訊息管理中，為了滿足不可否認性的要求，需要進行兩種身份驗證：(a)訊息創建者的身分驗證；(b)發送者和接收方身份的驗證，也稱為發送方/接收方身份驗證。

②身份驗證性（CA） $C_{42}$ ：對訊息的發送者/接送者進行鑑別，以確保身份的正確性。

③完整性（Integrity） $C_{43}$ ：交易訊息的完整性指在交易過程中雙方發送的交易訊息不會被惡意刪除、修改，也就是未授權的第三方無法修改訊息內容，以保持訊息的完整性。

④保密性（Confidentiality） $C_{44}$ ：保證未經授權的第三方無法竊取訊息，在一個開放的網路環境中，訊息傳送的期間，隨時可能被第三方擷取，因此訊息的保密性是相當重要的。

判斷該網路服務的安全等級項目，可由其是否提供相關之加密演算法，常見之加密演算法與安全等級項目關係如表 4 所示。

表 4 加密演算法與安全等級項目關係表			
	One Way Hash Function (MD5)	Symmetric Cryptosystem (AES、DES、RC4)	Asymmetric Cryptosystem (RSA)
Non-Repudiation (NR)			✓
Certificates Authorization (CA)			✓
Integrity	✓	✓	✓
Confidentiality		✓	✓





### 3.2 網路服務評估準則得分值計算

網路服務  $S_g$  的第  $u$  項準則得分值  $SC_{ug}$ ,  $u = 1, 2, 3, 4$ ,  $0 \leq SC_{ug} \leq 1$ , 詳述如下:

(1) 服務內容滿意度  $C_1$  之得分值

對  $S_g$  而言, 有下列兩種情況:

- ①  $S_g$  尚未有使用者回饋, 其服務內容滿意度  $C_1$  的得分初值為 0.5。
- ②  $S_g$  已有使用者回饋, 則將服務內容滿意度 ( $AR_g$ ) 做為  $S_g$  在該項準則的得分值,  $SC_{1g}$ , 即  $SC_{1g} = AR_g$ 。

(2) 服務交易量之得分值

$$SC_{2g} = \frac{TC(S_g)}{\text{Max}(T_g)}$$

$TC(S_g)$ :  $S_g$  在登錄中心的交易次數。

$\text{Max}(T_g)$ : 登錄中心內所有網路服務中之最大交易次數。

(3) 服務儲存時間之得分值

$$SC_{3g} = \frac{LT(S_g)}{\text{Max}(L_g)}$$

$SC_{3g}$ :  $S_g$  在登錄中心的儲存時間。

$\text{Max}(L_g)$ : 登錄中心內所有網路服務中之最長已儲存時間。

(4) 服務安全等級要求達成率之得分值

對  $S_g$  而言, 服務安全等級要求達成率  $C_4$  的得分值  $SC_{4g}$  是根據使用者所提出安全等級要求來計算, 以其達到子準則的比率來做計算, 四個子準則為不可否認性  $C_{41}$ , 身份驗證性  $C_{42}$ , 完整性  $C_{43}$ , 保密性  $C_{44}$ , 得分值計算如下:

$$SC_{4g} = \frac{S_g \text{ 達成使用者的安全等級要求項目的個數}}{\text{使用者的安全等級要求項目}}$$

### 3.3 機制設計

網路服務的選擇與推薦, 在不同使用者有不同的安全等級要求下, 會有不同的推薦結果, 為了達到此需求, 建立一套評估機制, 推薦值得信任且可靠的服務給使用者, 並透過回饋, 不斷地修正服務內容滿意度與準則權重, 即時反應使用者的準則喜好與服務內容滿意度, 其運作流程如圖 2 所示。

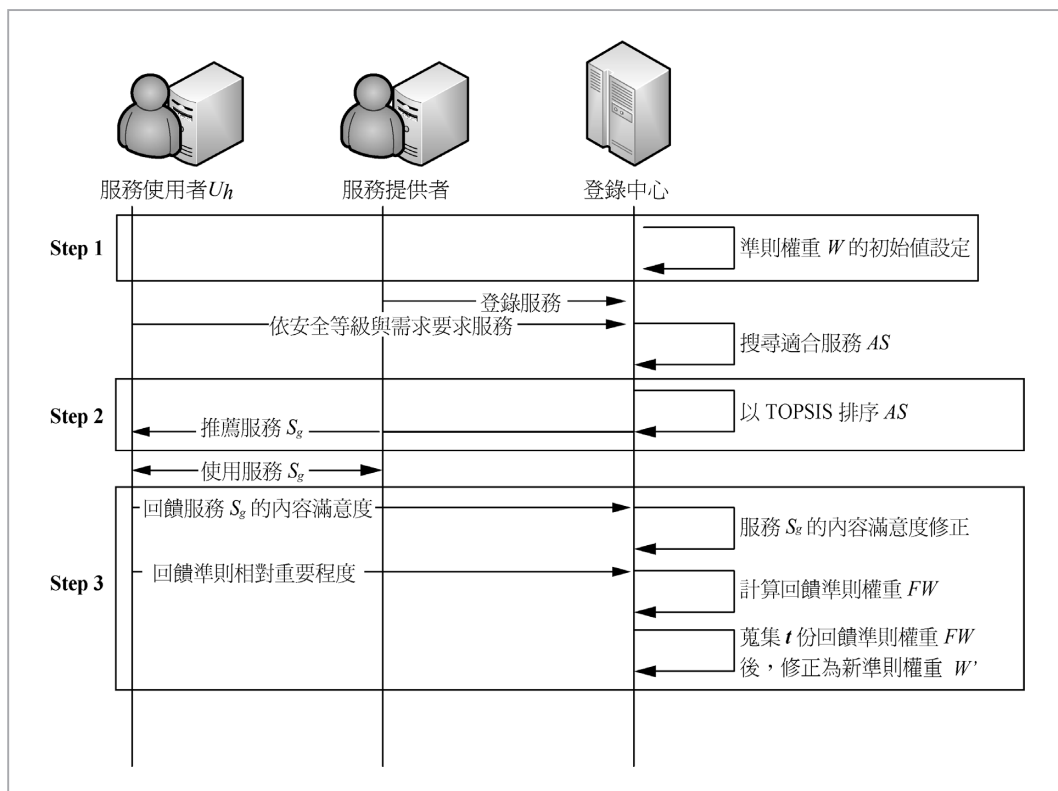
Step 1: 在尚未有任何網路服務與使用者時, 對機制中的各網路服務評估準則權重  $W$  做初始值設定。

Step 2: 使用者依安全等級要求與需求, 向登錄中心提出服務要求, 登錄中心會搜尋適合服務  $AS$ , 計算  $AS$  的各項準則得分值, 並使用 TOPSIS 為  $AS$  排序, 排序結



果最佳的  $AS$  即為最適服務  $S_g$ ，將  $S_g$  推薦給使用者。

Step 3：使用者使用  $S_g$  後進行回饋，透過回饋來修正  $S_g$  的滿意度與準則權重。



▲ 圖 2 單一網路服務登錄器推薦機制流程圖

### 3.3.1 準則權重的初始值設定 (Step 1)

準則權重初始值  $W_u$ ， $u = \{1, 2, 3, 4\}$  設定如下：

$$W_u = 0.25, \sum_{u=1}^4 W_u = 1$$

### 3.3.2 推薦服務 (Step 2)

使用者  $U_h$  提出服務要求，登錄中心從所有網路服務依據使用者要求，搜尋適合服務  $AS$ ，再以 TOPSIS 排序  $AS$ ，將  $S_g$  推薦給  $U_h$ 。其中 TOPSIS 採用與正理想解 (Positive Ideal Solution, PIS) 最接近、負理想解 (Negative Ideal Solution, NIS) 最遠之相對距離，做為排序依據；現有  $m$  項  $AS$  與 4 項評估準則 ( $C_1, C_2, C_3, C_4$ )，其決策矩陣 (DM)  $R$  如下：



$$R = [r_{ij}] = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ \begin{matrix} AS_1 \\ AS_2 \\ \vdots \\ AS_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{m4} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$r_{ij} \in R, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, 3, 4$ , 表示第  $i$  項  $AS$  的第  $j$  項準則之得分值。TOPSIS 計算步驟如下：

(1) 建立正規化決策矩陣 (NDM)  $Y$

正規化決策矩陣  $Y = [y_{ij}]_{m \times 4}$ ,  $y_{ij}$  的計算如下：

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

(2) 界定 PIS  $A^+$  和 NIS  $A^-$

令  $I$  為  $AS$  的集合,  $J$  為評估準則的集合,  $A^+$  與  $A^-$  公式如下：

$$A^+ = \{y_1^+, y_2^+, y_3^+, y_4^+\} = \{\max_{i \in I} y_{ij} | j \in J\}$$

$$A^- = \{y_1^-, y_2^-, y_3^-, y_4^-\} = \{\max_{i \in I} y_{ij} | j \in J\}$$

(3) 計算各  $AS$  與 PIS 的距離  $d_i^+$ , 以及與 NIS 的距離  $d_i^-$

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^4 W_j |y_{ij} - y_j^+|^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^4 W_j |y_{ij} - y_j^-|^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

(4) 計算各  $AS$  與理想解的相對接近係數 (RCC)  $RCC_i$  並排序

$RCC_i$  公式如下：

$$RCC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

$RCC_i$  的值越大者, 表示該  $AS$  與其他  $AS$  相比, 相對地離 PIS 近且離 NIS 遠, 根據  $RCC_i$  的大小, 即可排序出各  $AS$  的優先順序。

(5) 推薦服務

依據  $RCC_i$  所排之優先順序中, 排序最優即為  $S_g$ , 將  $S_g$  推薦給  $U_h$ 。



### 3.3.3 回饋與修正 (Step 3)

使用者  $U_h$  接受推薦後使用服務  $S_g$ ，接著回饋  $S_g$  的“內容滿意度”與“準則相對重要程度”，並利用回饋資料修正(1)  $S_g$  之服務內容滿意度，與(2)網路服務準則權重，讓修正後之推薦能夠反應使用者的準則喜好與服務滿意度，回饋與修正的詳細說明如下：

#### 3.3.3.1 服務內容滿意度之回饋與修正

服務內容滿意度之回饋與修正過程分為三個步驟，詳細說明如下：

- (1)服務使用者回饋網路服務的服務內容個人滿意度：服務內容個人滿意度  $R_{gh}$ ，指的是  $U_h$  使用過  $S_g$  後，所給予的滿意度評分，屬於  $U_h$  的個人主觀認知，評分介於 0 到 1 之間。
- (2)服務內容個人滿意度之信賴區間： $U_h$  對  $S_g$  回饋  $R_{gh}$ ， $0 \leq R_{gh} \leq 1$ ，為判斷  $R_{gh}$  是否位於合理範圍，本研究使用信賴區間 (Confidence Interval) (Casella and Berger, 2002) 做為判斷，避免惡意使用者的惡意回饋，信賴區間是由信賴水準 (Confidence Level)  $1 - \alpha$  來決定， $\alpha = 0.05$  若，信賴水準為 95%，表示有 95% 的  $R_{gh}$  落在隨機抽樣分配的曲線下，信賴區間為  $\mu \pm 1.96\sigma = [\mu - 1.96\sigma, \mu + 1.96\sigma]$ ，其中  $\mu$  為母體平均數， $\sigma$  為標準差， $\mu - 1.96\sigma$  為信賴區間的下限， $\mu + 1.96\sigma$  為信賴區間的上限，如表 5 所示。

▼ 表 5 常用之信賴水準與其信賴區間

信賴水準	信賴區間
0.90	$\mu \pm 1.645\sigma$
0.95	$\mu \pm 1.96\sigma$
0.99	$\mu \pm 2.575\sigma$

- (3)服務內容滿意度之計算與修正：使用信賴區間判斷  $S_g$  是否為可靠個人滿意度  $T(R_{gh})$ ，再以  $T(R_{gh})$  取算術平均，求得  $S_g$  的滿意度  $AR_g$  (為  $S_g$  在服務內容滿意度準則之得分值)，一旦有使用者對  $S_g$  回饋  $R_{gh}$ ，立即計算並修正  $S_g$  的  $AR_g$ ，即時反應使用者對  $S_g$  之滿意度， $AR_g$  為第 1 項準則，服務內容滿意度之得分值。 $AR_g$  計算公式如下：

$$AR_g = \frac{\sum_{h=1}^n T(R_{gh})}{n}$$

選擇信心水準  $1 - \alpha$ ，也就是信賴區間上、下限在  $[\beta, \gamma]$ ，若  $R_{gh}$  落於  $[\beta, \gamma]$  的範圍中，即為  $T(R_{gh})$ ，將所有  $T(R_{gh})$  取其算術平均得到  $AR_g$ 。



### 3.3.3.2 網路服務準則權重之回饋與修正

本研究簡化原始 AHP 的兩兩成對比較過程，提出迅捷層級分析法（Agile Analytic Hierarchy Process, AAHP）計算準則權重，進行準則間整體一次性比較，改善兩兩成對比較，較難達成判斷前後的邏輯一致性的瑕疵。網路服務準則權重之回饋與修正過程分為三個步驟，詳細說明如下：

- (1) 服務使用者回饋網路服務準則之相對重要程度： $U_h$  回饋準則  $C_1, C_2, C_3, C_4$  之間的相對重要程度，依照  $U_h$  對各準則的喜好，依重要程度排序，進行整體一次性比較，由於使用者普遍而言並非專家，因此無法對準則相對重要程度給予明確的判斷，而在應用 TOPSIS 推薦服務的過程中，已使用 Weighted ED 取代 ED，降低準則權重影響決策結果的效用，因此在回饋時以取得使用者之準則喜好為優先，相對重要程度之評估尺度包括兩項：大於  $>$  和等於  $=$ ；其中評估尺度所代表的含義為： $>$  表示兩準則比較結果傾向某一準則， $=$  表示兩準則比較結果同等重要。

使用者回饋準則之相對重要程度，表示方式（ $O$ ）如下：

$$O = (CO_1, I_1, CO_2, I_2, \dots, CO_{n-1}, I_{n-1}, CO_n)$$

$CO_n$ ：排序第  $n$  的準則

$I_{n-1}$ ：排序第  $n-1$  與第  $n$  的準則之間相對重要程度，以  $>$  或  $=$  表示

- (2) 計算回饋權重：AAHP 將使用者所回饋的準則之相對重要程度，轉換為成對比較矩陣，並使用行向量平均值標準化法，求出回饋準則權重  $FW$ ，步驟說明如下：

- ① 將使用者所回饋的準則之相對重要程度，建立成對比較矩陣

$$A = [a_{pq}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 \end{bmatrix}$$

其中  $a_{pq}$  表示準則  $p$  與準則  $q$  重要程度的比較結果，依準則  $p$  與準則  $q$  之間，在相對重要程度表示  $O$  中所有的  $I$  的值為  $>$  的數量來決定  $a_{pq}$  的值。如準則  $p$  與準則  $q$  之間還存有  $x$  個  $>$  和  $y$  個  $=$  的強弱關係，則準則間重要程度則可利用  $a_{pq} = x + 1$  計算，且  $a_{pq} = 1/a_{qp}$ ，其中主對角線為準則自身比較結果，故均為 1。例如：回饋的 4 項準則之相對重要程度為  $O = (C_1 > C_3 > C_2 = C_4)$ ，轉換為成對比較矩陣後，則  $a_{11} = 1, a_{12} = 3, a_{13} = 2, a_{14} = 3$ 。

- ② 使用行向量平均值標準化法求解特徵向量（即回饋準則權重  $FW$ ）



$$FW_p = \frac{1}{4} \sum_{q=1}^4 \frac{a_{pq}}{\sum_{p=1}^4 a_{pq}} \quad p, q = 1, 2, 3, 4$$

(3)修正網路服務準則權重：在取得  $FW$  後先蒐集保留，直到  $FW$  數量達到  $t$  份時，將  $t$  份  $FW$  取算術平均，得出平均回饋準則權重  $AFW$ ，再與原準則權重  $W$  依比例修正至新準則權重  $W'$ ，使  $W'$  可以反應使用者對各準則的喜好程度，計算公式如下：

$$AFW_p = \frac{\sum_{x=1}^t FW_{p,x}}{t} \quad p = 1, 2, 3, 4$$

$$W'_p = W_{original} \times W_p + W_{feedback} \times AFW_p, \quad W_{original} + W_{feedback} = 1, \quad W_{feedback} \neq 0$$

$FW_{p,x}$ ：第  $x$  份  $FW$  中的第  $p$  項準則權重

$W_{original}$ ： $W$  所佔比例

$W_{feedback}$ ： $AFW$  所佔比例

## 4. 系統模擬與分析

本研究將設計網路服務信任評估機制（Web Service Trust Evaluation Mechanism, WSTEM）之信任網路服務推薦系統（Trusted Web Service Recommendation System, TWSRS），進行系統模擬測試，運用 WSTEM，依據服務內容滿意度、服務交易量、服務儲存時間與服務安全等級要求達成率這四項評估準則來進行服務推薦，以驗證 WSTEM，有效地提供使用者值得信任且可靠的服務，並改善通常僅推薦安全等級最高之服務、未考慮到使用者的安全等級要求以及對各準則之喜好的缺點。

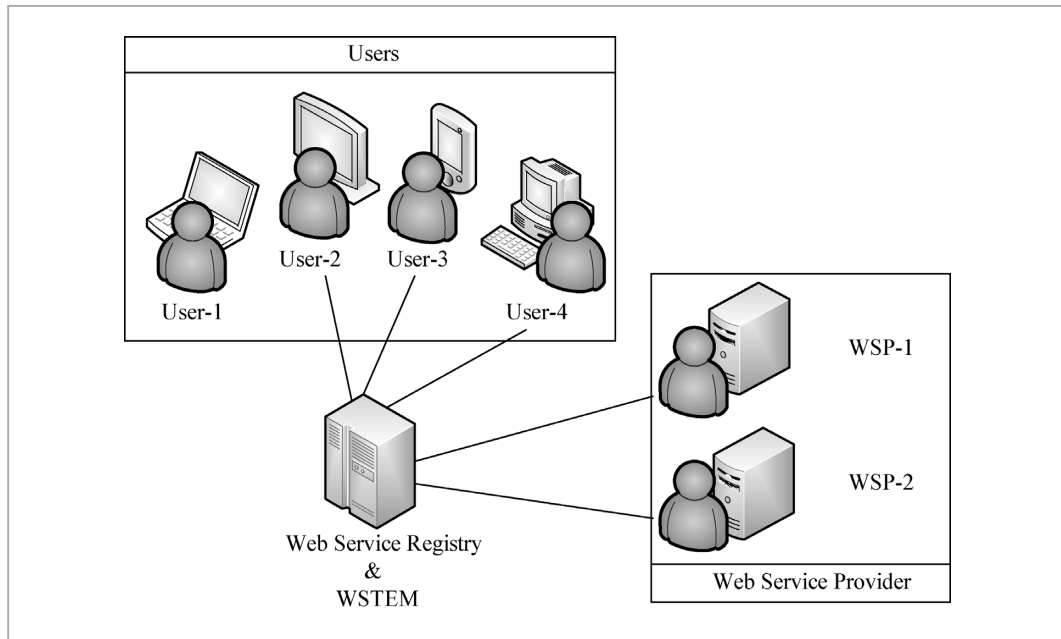
### 4.1 系統模擬架構設計

本小節將模擬一可支援整合異質網路服務資源之 TWSRS。TWSRS 為三大元件（Components）架構，包含有(1)使用者端（Users）、(2)基於 SOAP 伺服器之網路服務提供者（Web Service Provider, WSP）、(3)網路服務登錄中心（Web Services Registry, WSR），如圖 3 所示，使用者可以利用各種終端設備連結 WSR，其中包括個人電腦、筆記型電腦、平板電腦（Tablet PC）與個人數位助理器（Personal Digital Assistant, PDA）透過網頁瀏覽器等存取相關資料。WSP 可以透過網路服務將自己所提供的服務（如：自動訂票等服務）發佈到 WSR 上，提供使用者查詢與使用。在 TWSRS 架構中，使用者將以安全等級要求與服務需求，向 WSR 提出服務要求，WSR 進而使用





WSTEM 推薦服務予使用者，使用者使用推薦之服務後進行回饋，並將此回饋修正回 WSTEM 之準則權重與服務內容滿意度，WSR 藉由 WSTEM，將可提供值得信任且可靠的服務予使用者，相關功能設計分述如下。



▲ 圖 3 以使用者安全等級要求為基礎的 TWSRS 架構圖

#### 4.1.1 使用者端

使用者可以使用各種設備（包括個人電腦、筆記型電腦等）輸入其安全等級要求與服務需求至本系統，本系統將取得需求資訊，以 WSTEM 為基礎，推薦使用者值得信任且可靠的服務，以供使用者存取。

#### 4.1.2 基於 SOAP 伺服器之網路服務提供者

WSP 將建立 SOAP 伺服器環境，發佈網路服務於 SOAP 伺服器上，讓使用者進行存取，達到鬆散耦合，可提供更彈性的自動化服務存取。各個 WSP 可逕行將自己的服務等放置於 SOAP 伺服器，經由異質網路發佈服務到 WSR 上，當使用者有需求時，可經由 WSTEM 推薦值得信任且可靠的服務，以供使用者存取。

#### 4.1.3 網路服務登錄中心

WSP 將網路服務發佈至 WSR 上，在 WSR 中將額外儲存服務的各項準則之得分值，服務的準則得分值計算可透過 WSTEM 取得，根據網路服務本身在 WSR 的資訊



以及使用者的回饋資訊進行準則之得分值計算，將可透過不斷的回饋與修正，降低使用者使用到惡意服務的比例。

#### 4.2 測試平台與環境

本節將針對 TWSRS 之 WSTEM，進行數值實驗的設計與實作，並對模擬結果進行討論說明，透過效能評估分析，用以佐證本論文所設計之 WSTEM 可在達到使用者安全等級要求下，有效避免存取惡意服務，利用使用者回饋重新修正機制的評估準則權重與服務內容滿意度，提供可靠的信任的網路服務推薦。效能分析實驗環境採用 Intel (R) Pentium (R) Dual CPU 1.6GHz 中央處理器、2.0 GB 記憶體與 Microsoft Windows XP 作業系統之電腦主機進行相關測試，實驗開發程式語言為 Java，資料庫管理系统採用 MySQL Server，撰寫代理人程式進行服務使用者和 WSTEM 之模擬，並以資料庫模擬 WSR。

#### 4.3 模擬實驗設計與分析

效能評估分析過程中，本研究設定 2 個 WSP 和 30 個使用者，WSP 在 WSR 中網路服務總數到達 30 個時即不再發佈服務，使用者採均勻分佈隨機依安全等級要求服務，服務的安全等級以均勻分佈隨機依加密方式設定，設定惡意服務比例為 50%，權重修正之原準則權重 ( $W_{original}$ ) 比例為 80%，平均回饋準則權重 ( $W_{feedback}$ ) 比例為 20%，基本環境參數設定如表 6 所示。

▼ 表 6 基本環境參數設定

參數名稱	參數值
WSP 數量	2 (個)
使用者數量	30 (個)
WSP 在 WSR 的網路服務總數	30 (個)
WSP 發佈服務週期	1 (個, 時間單位)
使用者要求服務週期	1 (個, 時間單位)
使用者開始要求服務時間	第 21 (個, 時間單位)
惡意服務比例	50%
使用者對良好服務回饋	(0.5, 1.0]
使用者對惡意服務回饋	[0.0, 0.5)
信賴區間之信賴水準	0.95
平均回饋準則權重之蒐集數量	30 (個)
權重修正之原準則權重比例	80%
權重修正之平均回饋準則權重比例	20%



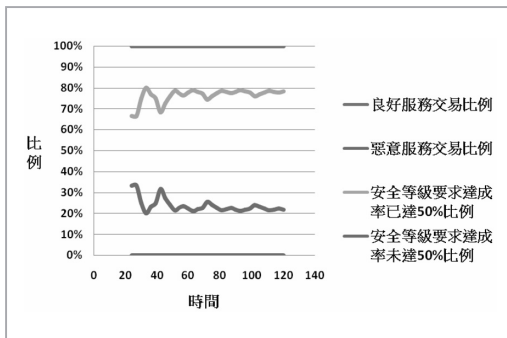
分析之案例則是針對三種不同情境進行評估分析，三種情境分析之案例分別為：

- (1) Case 1：不同惡意服務比例之評估分析
- (2) Case 2：不同回饋準則權重蒐集數量之評估分析
- (3) Case 3：準則權重修正之權重評估分析

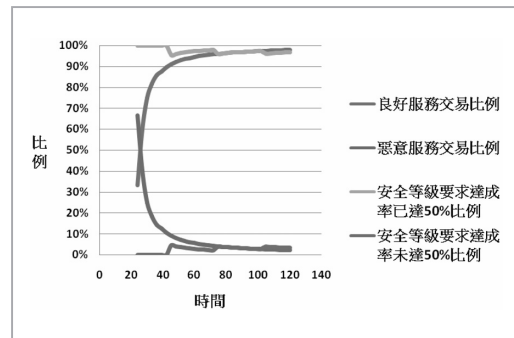
並以「良好服務交易比例」、「惡意服務交易比例」、「安全等級要求達成率已達 50%比例」、「安全等級要求達成率未達 50%比例」作為評估指標，進行效能評估測試及模擬效能結果分析，以下小節即針對各項效能分析實驗進行詳述說明。

#### 4.3.1 不同惡意服務比例之評估分析 (Case 1)

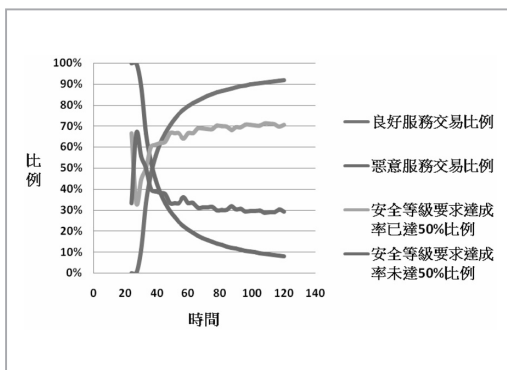
本小節將針對已加入本研究所提出之 WSTEM 下，探討在不同程度惡意服務比例下，系統是否可減少推薦之服務為惡意服務，環境參數參考表 6 進行設定，並設定 10%、50%、90%不同比例時的惡意服務，評估其「良好服務交易比例」、「惡意服務交易比例」、「安全等級要求達成率已達 50%比例」和「安全等級要求達成率未達 50%比例」，實驗結果分別如圖 4~6 所示。



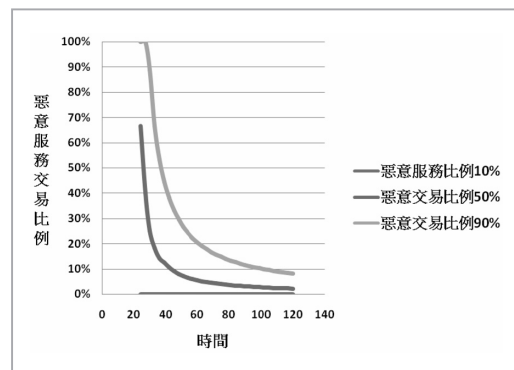
▲ 圖 4 加入 WSTEM 於惡意服務比例為 10%之實驗結果



▲ 圖 5 加入 WSTEM 於惡意服務比例為 50%之實驗結果



▲ 圖 6 加入 WSTEM 於惡意服務比例為 90%之實驗結果



▲ 圖 7 加入 WSTEM 於不同惡意服務比例之實驗結果

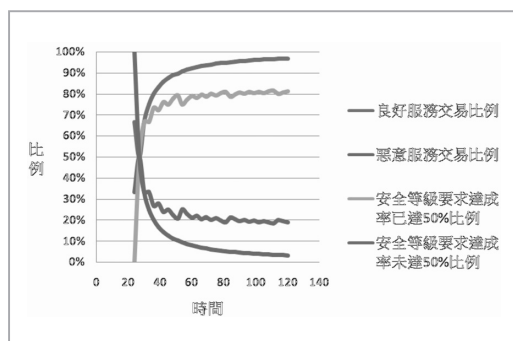


由實驗結果顯示：未加入本研究所提出 WSTEM 前，隨著惡意服務比例的增加，使用者也更容易使用到惡意服務；在加入本研究所提出 WSTEM 後，當惡意服務比例為 10% 時，則可完全避免推薦惡意服務給使用者；當惡意服務比例為 50% 時，在第 40 個時間週期，惡意服務交易比例就已降到 10% 以下；當惡意服務比例高達 90% 時，在第 100 個時間週期下，惡意服務交易比例已降到 10% 以下。由整體實驗結果可觀察出：藉由使用本研究所提出 WSTEM 後，當蒐集到更多的使用者回饋資訊，則可大幅地降低推薦惡意服務給使用者；在惡意服務比例越高時，需要越多使用者回饋來進行修正，所以需要較多時間，如圖 7 所示。

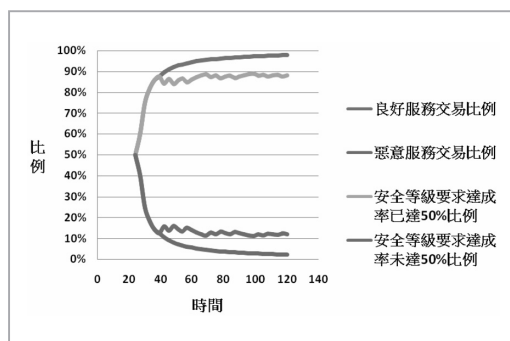
#### 4.3.2 不同回饋準則權重蒐集數量之評估分析 (Case 2)

本小節將針對已加入本研究所提出之 WSTEM 下，在計算平均回饋準則權重時，探討在不同的回饋準則權重蒐集數量下，系統能否提高達成使用者要求的比例，環境參數參考表 6 進行設定，並評估蒐集數量為 1/3 倍、2/3 倍、1 倍使用者數量下的「良好服務交易比例」、「惡意服務交易比例」、「安全等級要求達成率已達 50% 比例」和「安全等級要求達成率未達 50% 比例」，實驗結果分別如圖 8～圖 10 所示。

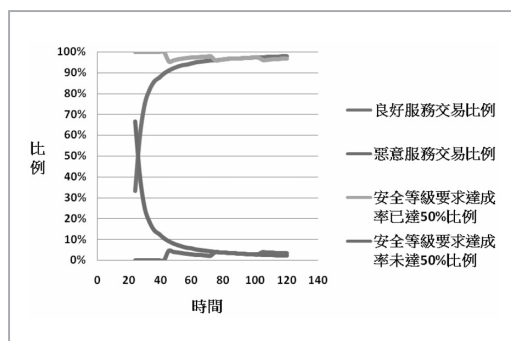
由實驗結果顯示：在加入本研究所提出 WSTEM 後，計算平均回饋準則權重時，隨著回饋準則權重蒐集數量的增加，可讓推薦給使用者之網路服務，在安全等級要求達成率已達 50% 以上的比例越高。當蒐集到使用者回饋的數量越多，所得之平均回饋準則權重與服務內容滿意度越能反應使用者意見，其推薦結果越不易被任意一份回饋資料所影響，而導致平均回饋準則權重與滿意度被少量極端資料影響而造成偏差。由整體實驗結果可觀察出：藉由使用本研究所提出 WSTEM 後，當蒐集到使用者回饋的數量越多時，所推薦給使用者的網路服務能夠更符合使用者所提出之要求，如圖 11 所示。



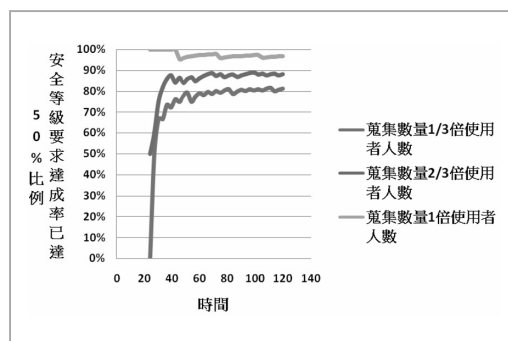
▲ 圖 8 回饋準則權重蒐集數量為 1/3 倍使用者數量之實驗結果



▲ 圖 9 回饋準則權重蒐集數量為 2/3 倍使用者數量之實驗結果



▲ 圖 10 回饋準則權重蒐集數量為 1 倍使用者數量之實驗結果

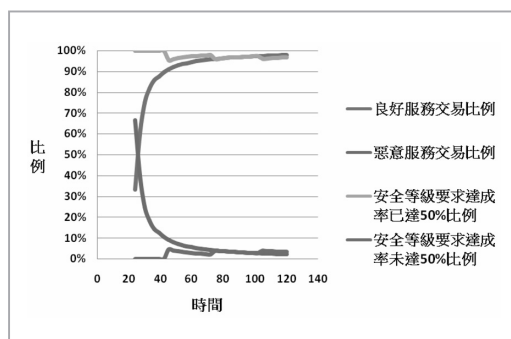


▲ 圖 11 不同回饋準則權重蒐集數量之實驗結果

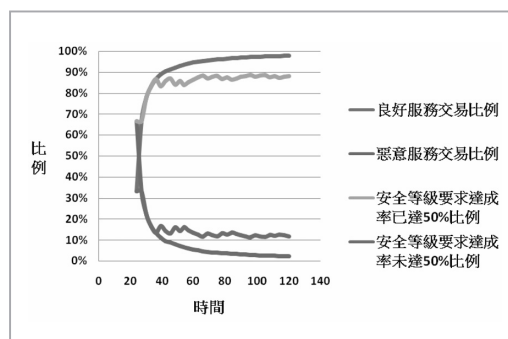
### 4.3.3 準則權重修正之權重評估分析 (Case 3)

本小節將針對已加入本研究所提出之 WSTEM 下，在進行權重修正時，探討在不同比例的原評估準則權重比例，系統能否提高達成使用者要求的比例，環境參數參考表 6 進行設定，並評估蒐集 80%、60%、40% 的不同原準則權重比例下的「良好服務交易比例」、「惡意服務交易比例」、「安全等級要求達成率已達 50% 比例」和「安全等級要求達成率未達 50% 比例」，實驗結果分別如圖 12~圖 14 所示。

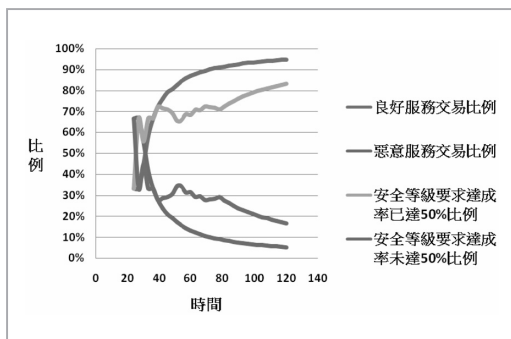
由實驗結果顯示：在加入本研究所提出 WSTEM 後，進行準則權重修正時，隨著原準則權重比例的增加，可讓推薦給使用者之網路服務，在安全等級要求達成率達到 50% 以上的比例越高。隨著時間與回饋次數的增加，當原準則權重比例越高，修正權重時，越不易被小數量之平均回饋準則權重所影響。由整體實驗結果可觀察出：藉由使用本研究所提出 WSTEM 後，當原準則權重比例越高時，所推薦給使用者的網路服務能更符合使用者所提出之要求，如圖 15 所示。



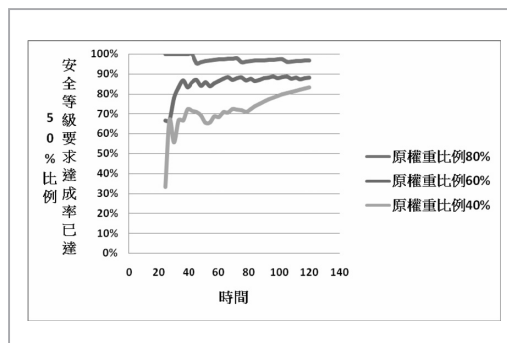
▲ 圖 12 準則權重修正之原準則權重比例為 80% 之實驗結果



▲ 圖 13 準則權重修正之原準則權重比例為 60% 之實驗結果



▲ 圖 14 準則權重修正之原準則權重比例為 40% 之實驗結果



▲ 圖 15 準則權重修正之不同原準則權重比例之實驗結果

## 5. 結論

為達到在信任的環境下，根據使用者的要求去做網路服務推薦，本論文提出 WSTEM，同時考量主觀與客觀的安全因子做為網路服務評估準則，整合 TOPSIS 與 AHP 之應用，加入使用者回饋與修正機制，以找出值得信任且可靠的服務推薦給使用者，並於使用者回饋服務內容滿意度時，使用信任區間來判斷回饋資料的可靠度，避免惡意使用者的惡意回饋，以及改善 AHP 在兩兩成對比較判斷時產生之邏輯不一致，提出 AAHP 來取得使用者的回饋準則權重。

在系統模擬實驗中，本論文模擬一可支援 WSTEM 的 TWSRS，提供網路服務的發佈、查詢、推薦、鏈結，整合 TOPSIS 與 AHP 之應用，支援使用者回饋與修正機制。由模擬結果可發現本論文提出之 WSTEM 在達到使用者的要求下，可有效避免存取到惡意服務，並在考慮到使用者的準則喜好下，提供信任的服務推薦。

## 參考文獻

- 畢威寧（2005），“結合 AHP 與 TOPSIS 法於供應商績效評估之研究”，《科學與工程技術期刊》，1(1)，75-83。
- 許雅婷（2008），《住宅櫥櫃系統選購之決策支援模型》，碩士論文，國立臺灣科技大學建築系。
- 張欽森（2005），《AHP 及 TOPSIS 法在台灣離島碼頭興建方案評選之研究》，碩士論文，國立臺灣科技大學營建工程系。
- 劉玉枚、楊壽保、陳萬明、郭磊濤、韋冬（2008），“P2P 系統中基於信譽感知的超





- 級節點選擇算法研究”，《中國科學院研究生院學報》，25(2)，197-203。
- 葉燉烟、鄭景俗、黃堃承（2008），“應用模糊階層 TOPSIS 方法評估入口網站之服務品質”，《管理與系統》，15(3)，439-466。
- 盧盈蓉（2009），《一個支援網路服務的信任機制》，未出版碩士論文，國立交通大學資訊管理研究所。
- Bonderud, P., Chung, S., and Endicott-Popovsky, B. (2008), "Toward trustworthy service consumers and producers," in *Proceedings of the 2008 Third International Conference on Internet and Web Applications and Services*, Washington, DC, USA, 451-456.
- Casella, G. and Berger, R. L. (2002), *Statistical Inference*, New Delhi: Wadsworth.
- Dağdeviren, M., Yavuz, S., and Kılınç, N. (2009), "Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment," *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8143-8151.
- Dustdar, S. and Treiber, M. (2005), "A view based analysis on web service registries," *Distributed and Parallel Databases*, 18(2), 147-171.
- Hara, K. O', Alani, H., Kalfoglou, Y., and Shadbolt, N. (2004), "Trust strategies for the semantic web," in *Proceedings 3rd International Semantic Web Conference (ISWC), Workshop on Trust, Security, and Reputation on the Semantic Web*, Hiroshima, Japan.
- Hwang, C. L. and Yoon, K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey*, New York: Springer-Verlag.
- Minkowski, H. (1896), *Geometrie der Zahlen*, Leipzig: B.G. Teubner.
- Minkowski, H. (1911), *Gesammelte Abhandlungen von Hermann Minkowski*, Leipzig: B.G. Teubner.
- Pirzada, A. A., Datta, A., and McDonald, C. (2004), "Propagating trust in ad-hoc networks for reliable routing," in *Proceedings of the International Workshop on Wireless Ad-Hoc Networks*, 58-62.
- Saaty, T. L. (1990), *Decision making for leaders-the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*, Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (1994), *Fundamentals of Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*, Pittsburgh: RWS Publications.
- Ra, J. W. (1999), "Chainwise paired comparisons," *Decision Sciences*, 30(2), 581-599.
- Ramchurn, S. D., Jennings, N. R., Sierra, C., and Godo, L. (2003), "A computational trust model for multi-agent interactions based on confidence and reputation," in *Proceedings of 6th International Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*, Melbourne, Australia, 69-75.



- Wang, Y. and Vassileva, J. (2003), "Bayesian network-based trust model," in *Proceedings of IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence*, 372-378.
- Yu, B. and Singh, M. P. (2000), "Trust and reputation management in a small-world network," in *Proceedings of 4th International Conference on MultiAgent system*, 449-450.
- Zheng, X., Wu, Z., Chen, H., and Mao, Y. (2006), "A scalable probabilistic approach to trust evaluation," in *Proceedings of the fourth International Conference on Trust Management*, 423-438.