結合使用者行為紀錄之情境推薦系統

張欽智
中華大學資訊工程學系
助理教授
changc@chu.edu.tw

溫思語
中華大學資訊工程學系
碩士班
m10202005@ chu.edu.tw

摘要

傳統的推薦系統普遍是藉由問卷和使用者過去的行為紀錄來找出使用者感興趣的項目，但往往忽略掉每個使用者所身處環境因素，在不同的環境中，使用者所需要的也都不盡相同，再加上使用者本身的個人條件也有所差異，這些環境與個人的變量都是會造成推薦系統失準的原因，因此考量這些環境與個人的變量也成為重要的研究主題。因應現代手持裝置硬體的效能也越來越強，手持裝置可以執行更多的服務與複雜的運算進而衍伸了許多應用服務，讓情境資訊更容易被取得。

本論文主要的目的為提出運用情境及使用者在網頁與行動平台行為紀錄，發展符合情境的推薦機制，將當前最適合的資訊推薦給使用者，為了驗證本論文提出的機制，建置旅遊資訊系統，建構結合使用者行為紀錄之情境推薦機制，並將使用者分成註冊與未註冊進行實驗。本研究採用平均精準度(Mean Average Precision，MAP)來評估推薦效能，實驗結果證明歷史情境推薦優於均值與決策式情境推薦。

關鍵詞：協同過濾、個人化推薦系統、情境感知推薦系統、基於使用率過濾、雲端服務。

Abstract

Traditional recommend system can identify which items are interesting to the current user by using questionnaire and recording user's past behaviors, but often ignore environmental factors for each user. In different environments, which kind of content is needed to a user is different, and every user's own personal conditions may not be same. All these environmental and personal factors may reduce the accuracy of recommend system. So consideration of these environmental and personal variables has become an important research topic. Modern handheld devices are getting better performance. They can execute more complex operations and applications. This makes context information are easier to be obtained.

The main purpose of this paper is to present a context-aware recommender mechanism based on the context and user behaviors on Web and mobile platforms. To verify the proposed mechanism, we built a tourism information system. We divide users into two categories: register users and guests. The Mean Average Precision (MAP) is used to evaluate the performance of the system. The experimental results show the mechanism is feasible.

Keywords: Collaborative filtering, Personal recommendation, Context-based recommendation, filtering base on usage, Cloud services.

1. 緒論

隨著手持裝置及雲端技術的快速成長，人們無時無刻都可以透過雲端使用各項服務，瀏覽各式網頁、影音內容、產品資訊、地圖，也透社群網路分享各種類型的數位內容；同時，越來越普遍的物聯網，大量的感測資料累積在網站或雲端裡。對使用者來說，雖然隨時可取得卻大量的資料，但卻因資料過多，而會有難以消化吸收的情況。

如何將網路上龐大的資料整理成有用的資訊成為一個重要課題，在眾多的資訊中找出使用者的需求，瞭解使用者的興趣，最終給予符合當前情況的建議，是產學都很關注的議題。推薦系統是常運用的解決方案，透過資料的分析及探勘，推薦給使用者適合的內容。推薦的內容必須隨著情境的改變而有所調整，才能在不同的環境下推薦給使用者真的需要的內容，結合行動裝置的情境推薦勢在必行。

本論文主要的目的在探討如何運用使用者者的情境紀錄，結合手持裝置所收集到的情境現況，將最適合的資訊推薦給使用者，並建構旅遊資訊系統以驗證所提出來的機制。

2.相關研究

2.1 情境感知

近年來由於行動技術的發達引領新一波的智慧型環境的建置，此技術的出現伴隨多種感測器並結合感知軟體進而造成情境感知(Context Awareness)的流行。在情境感知的環境中，使用者取得環境資訊，再依情境來決定提供哪些服務給使用者。一般來說所提供的服務主要有兩個因素：個人與環境[1][2][3]，個人因素是個人的狀態或使用者的條件，例如使用者的情感或身理狀態；環境因素主要描述使用者外在情況的所有集合，例如地理位置、天氣的資訊。

行動裝置已經成為人們日常生活的一部分，可利用行動裝置收集資料，記錄使用者的行為。近年來，出現越來越多情境感知服務的應用和推薦系統 [4][5][6][7]；大部分重要的系統都是基於智慧型手機的資料；其中最流行的是應用於智慧型手機的位置感知服務，不同的定位技術用來定出使用者的即時位置和提供適當的服務。[8]的作者指出，不同的支援在不同裝置或伺服端的位置感知框架可以用來完成不同的應用。Chon 和 Cha 發展基於智慧型手機的系統來提供室內定位資訊[9]，此系統可以結合 GPS 和 Wi-Fi 定位來記錄每日行程中使用者的情境，這些情境可以更進一步用來建構進階的基於定位之服務。除此之外，還有另外的發展方向是在開發與健康有關的產品和健康有關的智慧型手機應用程式。Buttussi 和 Chittaro 開發一個結合情境感知的使用者健身遊戲，這遊戲使用智慧型手機的物理感測器來採集使用者在室外的健身活動[10]。[11]的作者發展基於智慧型手機應用可以連續頻繁追踪使用者的健康，並給使用者提供及時的幫助用來提高他們生活的質量。從智慧型手機中獲取行為、環境與社群資訊的混合內容也被用來建立實體網路中的應用，其中有基於位置的社群網路開發與應用和應用位置來給予推薦，詳細的範例可參閱[12][13][14]。

2.2 推薦系統

推薦系統(Recommender System)是一個結合了使用者的個人檔案、資訊過濾和機器學習藉以傳遞給使用者一個更有智慧和主動的訊息服務藉由具體的產品或服務應用的推薦，用這些配對使用者的偏好和需求。推薦技術是優於其它訊息過濾的應用，因為他有能力提供個人化且有意義的訊息推薦。舉例來說，標準的搜尋引擎會對不同的使用者以相同的搜索查詢會得到相同的結果，推薦系統則可以針對個別使用者產生個人化且更相關的結果因為他們考慮到使用者的個人偏好。一般來說，基於推薦的技術的系統中，有無使用情境資訊，可以被劃分為不同的服務領域其中可分為四種類型：內容式過濾、協同過濾、知識過濾與混合式過濾。知識過濾主要是使用預先定義好的項目對使用者進行分類，而沒有採用使用者的行為紀錄，因此推薦的結果並不會根據使用者行為的改變而有所不同。內容式的過濾會根據使用者的歷史記錄預測使用者對於一個新項目的偏好，因此這方法大部分重要的步驟都會根據使用者的行為建構一個預測模型，已經有許多模型運用在推薦機制上，像是規則庫、決策樹、類神經網路和其他基於屬性的分類法，這表示有許多的計算方法是使用統計式的機器學習，用來建構預測模型，論文[15][16]中對這方面更詳細的介紹。相對於內容式過濾，協同過濾並不用對使用者的行為建構預測模型，協同過濾技術利用使用者的個人檔案來擷取使用者過去的評分記錄，因為無需物品知識，所以無需用標籤來定義內容，此方法推薦給使用者的項目是基於其他使用者的意見，利用比較使用者之間的相似度來給予當前使用者建議，相關的內容於論文[17][18]。最後是混合式的過濾，主要是利用上述兩個方法(內容式過濾、協同過濾)的優點進行分析，像是[19][20]所提出的方法。

表 1 推薦技術比較

推薦技術	優點	缺點
知識推薦法	只需使用者已知項目進行分析。	系統必須具備使用者已知的項目。
協同過濾法	只需將每位使用者的評價與經驗進行分析。	稀疏性問題產生
內容式過濾法	找出使用者的歷史資訊進行分析出，瞭解使用者的行為。	只能分析特定的項目，難以分辨項目的好壞。
混合式方法	結合上述的兩種以上方法的優點進行分析。	此方法必須瞭解系統才能進行分析，故較為複雜。

2.3 情境推薦系統

許多研究人員著重於網路上大量增加的數

位訊息和資源，這些可由行動裝置中簡單地獲得[21]。Hussein 和 Neuhaus[22]指出問題不是在資訊的過載，而是要如何找出一種方式可以根據目前的情況來找出對使用者來說是有用的訊息。其中一個可能的解決方法就是利用推薦系統過濾出有用的內容[23]。

推薦系統可以被定義成許多子系統，並可以從大量的選項中提供有意義的推薦給使用者或使用者群組，而所提供的項目也是他們所感興趣的。推薦的內容可以為產品、訊息、服務等，例如：旅遊計劃、數位學習。在某些情況下，推薦的內容必須透過分析他們的個人檔案取得關於個體或群組的知識，這研究領域被稱作個人化推薦系統，主要為描述如何在服務提供的過程中整合使用者的偏好與興趣[24]，舉例來說，像是線上購物網站會紀錄所有使用者的購物資訊，並用這些資訊去預測使用者的興趣，然而傳統的推薦系統只有考慮到使用者的偏好與項目，而沒有考慮到環境因素，此因素也是會影響使用者抉擇的重要原因，例如：一個人獨自去旅行和另外一群是和朋友去旅行，在這個案例中的偏好則會牽涉到情境。除此之外，無線網路(Wi-Fi)的發展與行動裝置也整合進我們的日常生活中，他可以在任何時間、地點提供資訊存取的服務[25]。

情境感知推薦系統(Context-Aware Recommender Systems，CARS)[26]的出現造就了一個新的領域，情境資訊像是行動裝置與環境之間的關係、在附近人們的活動都會可進入推薦的過程中藉以改良推薦的結果，CARS 考慮行動裝置使用者的行為動態觸發的事件，不同的活動會關聯到不同的情境。另一個重要的議題在 CARS 是如何建構一個動態的使用者個人檔案，重點在於系統可以學習使用者的情境，並自動配對適合他們喜好的內容。[25]的作者提出一個混合式的貪婪演算法(hybrid-∈-greedy)，他結合了標準的∈-greedy 演算法、內容式過濾和基於情境的技術進入行動情境感置推薦系統。另外還有一些研究是在使用情境資訊來提供個人化的服務，像是[27]的作者提出基於代理架構的個人化推薦服務，主要是結合了情境的歷史狀態來實現。情境的歷史狀態藉由抽取出有用的資訊來改進推薦的過程，例如從過去的情境與使用者行為的集合中擷取使用者的偏好與行為樣式。表 2 為本論文與相關論文之差異。

表 2 推薦方法差異表

推薦方法	內容
Bamshad Mobasher (2011)[28]	主要提出使用者偏好的預測模型，並將使用者的情境做分類進行篩選給予推薦。
Hao Ma (2011)[29]	提出一個基於使用者信任度的社群推薦系統，主要可以解決評分稀疏的問題，但本身並沒有考慮到情境因素。
Pasquale Lops (2011)[30]	提出一個解決基於內容式過濾缺點的方法，其中用到向量空間模型和語意等概念，並且可動態學習使用者的偏好。
Yuxiang Ye (2015) [31]	建置一個智慧型的購物環境，結合多種感測器來分析使用者的各項行為來證明所提出架構之優點。
Víctor Codina(2015) [32]	提出一個分布式語意預先過濾的架構來改進情境感知推薦系統，利用位置在情境模型中的語意相似度
本論文	主要提出三種推薦方法來改善冷啟動問題並採用情境與使用者操作歷史紀錄來動態推薦目前最適合的項目並考慮使用者間的關聯性

3.研究方法

3.1 情境感知

此機制主要是將使用者的個人資訊(性別、年齡、喜好)、過去的操作紀錄、情境資訊(時間、天氣狀況、氣溫)進行整合與計算，並考慮使用者與使用者之間的關聯性來進行推薦，在記錄歷史操作行為的部分，系統會將使用者對於每種類型的操作次數紀錄在資料庫，並加入時間戳記，系統會依操作行為的時間與當前時間做比對，如果是太舊的資訊則會分別依據其時間的久遠程度進行衰減，以確保推薦的資訊都是最近最新被使用到的，除此之外還有對使用者的操作行為作上限的限制，限制在某一時間區段的最大點擊次數，避免使用者無上限的閱覽導致推薦結果偏向某一方，以下為歷程情境推薦的步驟，圖 1 為推薦方法的流程圖。

步驟1： 判斷使用者使用裝置來辨識使用者，網頁端為 RFID；行動端為 NFC，通過辨識後即登入系統。

步驟2： 系統會向資料庫取得當前使用者的資

訊與操作紀錄；另外還會向個別裝置取得目前的時間。

步驟3： 接著將取出的資料進行 Operate－Operate Filter(OOF) 演算法轉換點擊次數為權重。

步驟4： 將轉換後的權重進行相似度的比對找出最相近的使用者，然後反查該使用者喜好的類型結合自身喜好的類型形成候選推薦列表。

步驟5： 之後再分別向GPS模組與情境資料庫取得目前的位置和情境資料，藉由這些資料找出相對應的景點內容。

步驟6： 將所取出資料進行距離反比公式(1)與情境增幅公式(2)(3)(4)(5)後得到最後的結果並將其推薦給使用者。

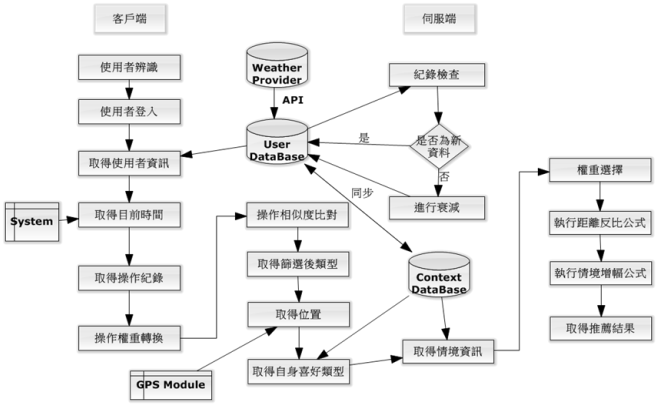

圖 1 歷史情境推薦流程圖

在以距離篩選完景點列表後，首先會先以距離來計算距離權重值，計算的公式如下：

- $w_d = \log \frac{\sum_{i=1}^{n} di}{dj}$ (1)
- di：表示篩選過景點的距離
- dj：表示景點 j 的距離

算完距離權重值後接著計算情境增幅，這部分的權重分配是由使用者決定，以下範例使用的權重為天氣(4) > 時間(3) > 氣溫(2) > 性別與年齡(1)，總權重合計為10，計算的公式如下：

- r_{spot} ： 景點總權重
- r_w, r_d, r_t, r_s：各別權重(其中r_w為天氣權重、r_d為時間權重、r_t為氣溫權重、r_s為性別與年齡權重)
- $Sb_w = r_{spot} \times \frac{\alpha \cdot r_w}{10}$
  (天氣權重計算，當條件符合$\alpha = 1$，否則$\alpha = 0$) (2)
- $Sb_d = r_{spot} \times \frac{\beta \cdot r_d}{10}$
  (時間權重計算，當條件符合$\beta = 1$，否則$\beta = 0$) (3)
- $Sb_t = r_{spot} \times \frac{\gamma \cdot r_t}{10}$
  (氣溫權重計算，當條件符合$\gamma = 1$，否則$\gamma = 0$) (4)
- $Sb_s = r_{spot} \times \frac{\delta \cdot r_s}{10}$
  (性別與年齡權重計算，當條件符合$\delta = 1$，否則$\delta = 0$) (5)

4. 系統實作

4.1 系統開發環境

本研究開發系統分為兩部分，網頁端的部分為景點資訊系統，可以模擬為矗立於每個景點的資訊看板，主要的功能為旅遊行前規劃與景點相關資訊的查詢；而行動端的部分為實作一個旅遊 APP，功能為到達各個景點時，可以藉由收集當前的情境資訊與使用者狀態來獲得最適合的推薦。網頁端的實作是使用 Wamp 整合網站開發包，以 Apache 為網頁端伺服器、資料庫系統是使用 MySQL、伺服語言為 PHP5.0，所使用的開發工具為 Sublime text 2；行動端的部分則是以 JAVA 進行開發、XML 作為頁面佈局的語言、並以 PHP 作為伺服端與手機端溝通與傳遞資料的語言，所使用的開發環境為 Eclipse，詳細的軟硬體如表 3 所示。

表 3 開發的軟硬體設備

PC 硬體	CPU	Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU 3.2GHz
	記憶體	8GB - DDR II
	網路介面卡	Realtek PCIe GBE Family Controller
手持裝置硬體	型號	HTC ONE SV
	CPU	Dual Core 1.5 GHz
	記憶體	1GB RAM
PC 軟體	作業系統	Windows 7 SP1
	開發程式語言	PHP
	網頁伺服器	Apache
	資料庫	MySQL
手持裝置軟體	作業系統	Android 4.1.2
	開發平台	Eclipse
	開發語言	JAVA

使用者必須藉由註冊系統才可以得到完整的推薦功能，圖 2 為網站規劃的頁面圖，內含景點設計、註冊/登入模組、使用者回饋機制和推薦方法。圖 3 為使用者未登入系統時網站

所呈現的內容，如果未進行註冊進入系統時只能看到一般推薦(均值推薦)與目前所在的情境狀況，如天氣狀態、時間、氣溫，如果想要看到更詳細的推薦內容則要進行註冊。

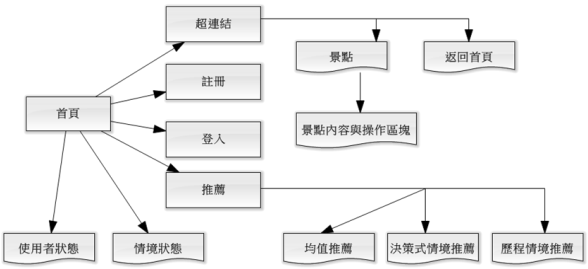

圖 2 網頁規劃圖

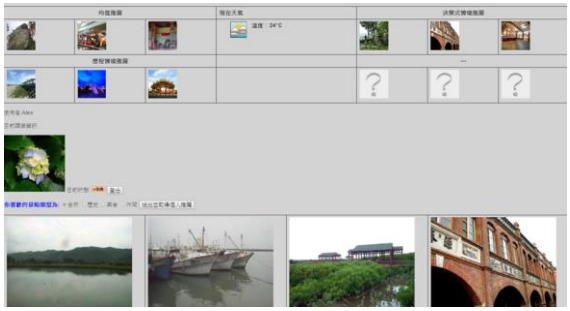

圖 3 網站首頁登入狀態

行動端頁面規劃如圖 4 所示，內含景點設計、註冊/登入模組、操作選單、使用者與情境狀態和推薦方法選擇，圖 5 為使用者剛進入行動端時的畫面，和網頁端一樣會呈現目前的情境資訊。

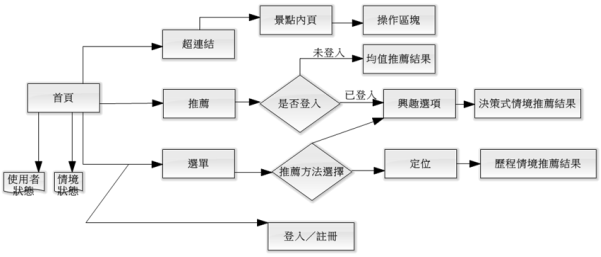

圖 4 行動端頁面規劃

圖 5 行動端登入頁

5. 實驗與分析

實驗主要是針對歷史情境推薦作平均精準度(Mean Average Precision，MAP)的計算，因為使用者行為紀錄推薦所使用的變量與均值推薦和決策式情境推薦較不同，有多考慮了使用者所在「位置」與週邊景點之間的關係，所以獨立開來作位置與 MAP 之間的探討。

實驗皆是以平均精準度來評估系統推薦的準確度，平均精準度(MAP)是可以計算每位使用者進行效能評估，它的方式就是將系統所計算出來的結果進行排名，如排名越前面，則 MAP 值越大。由於本系統的推薦結果是以排名方式呈現，故採用 MAP 作為系統的實驗依據。

■ 公式： $$MAP = \frac{\sum_{i=1}^{N} \frac{i}{Rank_i}}{N} \quad (6)$$

■ N：系統推薦的總數

■ i：系統推薦排名的順序

■ $Rank_i$：系統對使用者 i 景點的排名順序

表 3 為實驗所使用到的資料總量。

表 3 實驗配置

變量名稱	數量
使用者人數	100 人
使用者評分數量	1000 筆
景點總數	400 個
使用者點擊數	3000 筆
候選景點配置 (針對實驗 1~3)	5、10、15、20、40、80、160、240、320、400

實驗結果如圖 6 所示，橫軸表示候選景點的數量，因為此實驗主要是針對歷程情境推薦進行精準度的驗證，所以有考慮位置資訊，橫軸 5、10 一直到 400 表示週邊景點的數量，也可以想像為目前所在景點往外擴散半徑的大小，縱軸表示平均精準度的值，由實驗可以得知系統的精準度不會因為使用者的類型而導致推薦的準度下降，其中當景點在 40 以下的時候 MAP 曲線都重疊的原因是因為後選景點少的情況下系統一定都是挑當前最好的做為推薦，但因為數量少，好的景點就只有少數幾個，因此那幾個景點會重複被挑選到，然後再由圖可以判斷出系統的精準度會在候選景點數量為 80 個的時候達到最高。

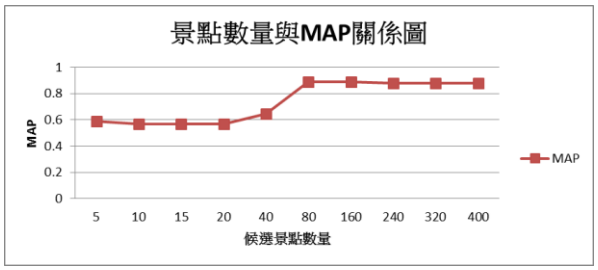

圖 6 使用者類型與 MAP 之關係

天氣與時間的組合總共有 24 種，對這 24 種組合進行平均精準度的計算，由於此部分的項目眾多不容易看出其變化的趨勢，大致只能看出當景點數量較少時推薦的準度會較低，因此再將這些結果作平均後得到如圖 7，呈現的結果跟前面所做的實驗雷同，平均精準度會在候選景點數量達到 80 的時候得到收斂，平均精準度為最高，在這邊可以看出在 80 個景點時平均精準度可以達到 0.8 以上。

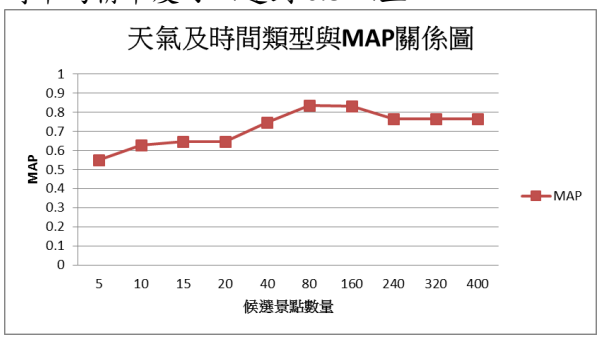

圖 7 天氣與時間類型與 MAP 之關係

圖 8 為上述平均內容的原始資料，從圖中可以看出當候選景點數量只有 5 個的時候平均精準度並不高，大概都介於 0.5~0.6 之間然而當候選景點數量遞增時推薦的準確度就會有明顯的提高，在 80 個景點時有幾個部分準度會比較低的原因是系統擁有該類型的景點數量較少所致，因為所推薦的項目可能為計算過後次高的景點。

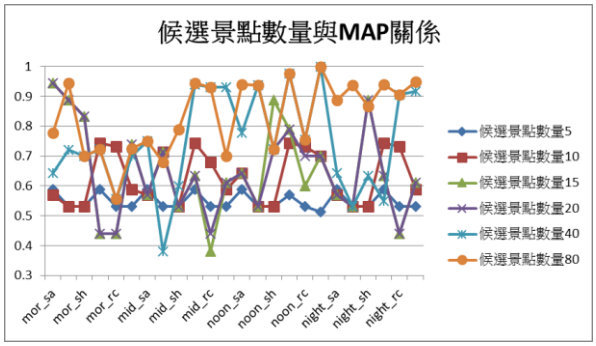

圖 8 候選景點數量與 MAP 關係

6. 結論

本研究所提出的「結合使用者行為紀錄之情境推薦系統」主要是針對網路與手持裝置的流行所啟發構思出來，智慧型手持裝置本身就可以藉由其所搭載的各式感測器來獲取情境資訊，加上行動網路的發達，人們隨時隨地都可連上網路獲取最新的資訊；而網頁端的部分主要的功能是可以進行旅遊的行前規劃，獲取符合當前狀況下最適合的內容，整個系統經過測試與驗證後可以得到以下幾個特性 ：

1. 系統提供合個人化與情境化的推薦 。
2. 建置旅遊網站與旅遊 APP 。
3. 透過 RFID/NFC 達到辨識功能。
4. 辨析使用者的行為找出喜好項目。
5. 整合行動與網頁平台。

在研究中的回饋機制是提供使用者進行景點評分，可以增進均值推薦準確度，決策式情境推薦及歷程情境推薦皆是以均值推薦為基礎，因此使用者的回饋都會影響到推薦的結果。在未來的應用上，可以延伸推薦景點的應用，從推薦幾個點擴展到整個旅遊行程的規劃，根據當前情境改變推薦行程中的各項子行程，其中可能會牽涉到最短路徑選取以及選取服務項目的議題，藉此旅遊的排程提高整體系統的實用性，推薦的結果將會更符合使用者在實際旅遊上的需求。

在行動端應用的部分，將會探討其它變量對於系統的影響，像是當前的行進速度，由這可以推測出使用者目前是在步行或是正在搭乘各種交通工具藉此來調整推薦景點與景點之間的距離；或是利用當前濕度及陽光強弱等來進行更細部的分析研究；也可考量更多的因素如：價格、住宿、飲食等。額外的應用像是景點與景點之間的導覽，此功能可以讓第一次來到景點或不熟悉景點的使用者除了可找到適當的景點外，還可以讓使用者能夠明確的找到下一個推薦的景點，延伸的應用還有加入人潮機制達到景點間的控管，適度的調整各景點與景點之間的人數，讓使用者可以感受到最優質的旅遊行程。

參考文獻

[1] M. Baldauf, S. Dustdar, F. Rosenberg (2007), “A survey on context-aware systems”, International Journal of Ad Hoc Ubiquitous Computing, vol. 2 no. 4, pages 263–277.

[2] M.A. Martínez-Carreras, A. Muñoz, J. Botía (2013), “Building and evaluating context-aware collaborative working environments”, Information Science, vol. 235, pages 224–241.

[3] C. Yu, D. Yao, X. Li, Y. Zhang, L.T. Yang, N. Xiong, H. Jin (2013), “Location-aware

private service discovery in pervasive computing environment", Information Science, vol. 230, pages 78–93.

[4] G. Adomavicius, R. Sankaranarayanan, S. Sen, A. Tuzhilin (2005), "Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach", ACM Transaction on Information System, vol. 23, no. 1, pages 103–145.

[5] D. Querciaxy, N. Lathiaz, F. Calabresey, G. Di Lorenzoy, J. Crowcroftx (2010), "Recommending social events from mobile phone location data", IEEE International Conference on Data Mining, pages 971–976.

[6] N. Sánchez-Pi, J. Carbó, J.M. Molina (2012), "A knowledge-based system approach for a context-aware system", Knowledge.-Based System, vol. 27, pages 1–17.

[7] M. Strobbe, O. van Laere, F. Ongenae, S. Dauwe, B. Dhoedt, F. de Turck, P. Demeester, K. Luyten (2012), "Novel applications integrate location and context information", IEEE Pervasive Computing, vol. 11 no. 2, pages 64–73.

[8] S.J. Barbeau, R.A. Perez, M.A. Labrador, A.J. Perez, P.L. Winters, N.L. Georggi (2011), "A location-aware framework for intelligent real-time mobile applications", IEEE Pervasive Computing, vol. 10 no. 3, pages 58–67.

[9] Y. Chon, H. Cha, LifeMap (2011), "A smartphone-based context provider for location-based services", IEEE Pervasive Computing, vol. 10 no. 2, pages 58–67.

[10] F. Buttussi, L. Chittaro (2010), "Smarter phones for healthier lifestyles：an adaptive fitness game", IEEE Pervasive Computing, vol. no. 9, pages 51－57.

[11] A. Kailas, C.C. Chong, F. Watanabe (2010), "From mobile phones to personal wellness dashboards", IEEE Pulse, vol. 1 no. 1, pages 57–63.

[12] M. Conti, S.K. Das, C. Bisdikian, M. Kumarb, L.M. Ni, A. Passarella, G. Roussos, G. Tröster, G. Tsudik, F. Zambonelli (2012), "Looking ahead in pervasive computing：challenges and opportunities in the era of cyber-physical convergence", Pervasive Mobile Computing, vol. 8 , pages 2–21.

[13] E.M. Daly, W. Geyer (2010), "Effective event discovery：using location and social information for scoping event recommendations", Fifth ACM Conference on Recommender Systems, pages 277－280.

[14] D. Querciaxy, N. Lathiaz, F. Calabresey, G. Di Lorenzoy, J. Crowcroftx(2010), "Recommending social events from mobile phone location data", IEEE International Conference on Data Mining, pages 971–976.

[15] P. Lops, M. de Gemmis, G. Semeraro (2011), "Content-based recommender systems：state of the art and trends", Recommender Systems Handbook, Springer, pages 73－105.

[16] M.J. Pazzani, D. Billsus (2007), "Content-based recommendation systems", The Adaptive Web, vol. 4321, Springer, pages 325–341.

[17] F. Cacheda, V. Carneiro, D. Fernández, V. Formoso (2011), "Comparison of collaborative filtering algorithms：limitations of current techniques and proposals for scalable, high-performance recommender systems", ACM Transaction on Web, vol. 5 no. 1, article no. 2.

[18] J. L. Herlocker, J.A. Konstan, L.G. Terveen, J.T. Riedl (2004), "Evaluating collaborative filtering recommender systems", ACM Transaction on Information Systtem, vol. 22 no. 1, pages 5–53.

[19] D.-R. Liu, C.-H. Lai, W.-J. Lee (2009), "A hybrid of sequential rules and collaborative filtering for product recommendation", Information Science, vol. 179, pages 3505–3519.

[20] C. Porcel, A. Tejeda-Lorente, M.A. Martínez, E. Herrera-Viedma(2012), "A hybrid recommender system for the selective dissemination of research resources in a Technology Transfer Office", Information Science, vol. 184 , pages 1–19.

[21] Xu, B., Bu, J., Chen, C., & Cai, D. (2012), "An exploration of improving collaborative recommender systems via user-item subgroups", 21st international conference on World Wide Web, ACM, pages 21–30.

[22] Hussein, T., & Neuhaus, S. (2010), “Explanation of spreading activation based recommendations”, 1st International Workshop on Semantic Models for Adaptive Interactive Systems, ACM, pages 24–28.

[23] Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., & Friedrich, G. (2010), “Recommender systems an introduction”, Cambridge University Press.

[24] Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2005), "Personalization technologies : A process-oriented perspective”, Communications of the ACM, vol. 48 no. 10, 83 – 90.

[25] Bouneffouf, D., Bouzeghoub, A., & Gancarski, A. L. (2012), “Following the user’s interests in mobile context-aware recommender systems: The hybrid-e-greedy algorithm”, IEEE 26th international conference on advanced information networking and applications workshops, pages 657–662.

[26] Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2008), “Context-aware recommender systems”, ACM conference on recommender systems, pags 335–336

[27] .Hong, J., Suh, E. H., Kim, J., & Kim, S. (2009), “Context-aware system for proactive personalized service based on context history”, Expert Systems with Applications, vol. 36 no. 4, pages 7448–7457.

[28] Gediminas Adomavicius, Bamshad Mobasher,Francesco Ricci, and Alex Tuzhilin (2011), “Context-Aware Recommender Systems”, AI Magazine, vol. 32, no. 3, pages 67-80.

[29] Hao Ma,Dengyong Zhou and Chao Liu (2011), “Recommender Systems with Social Regularization”, ACM International Conference on Web Search and Data Mining, pages 287-296.

[30] Pasquale Lops, Marco de Gemmis and Giovanni Semeraro (2011), “Content-based Recommender Systems：State of the Art and Trends”, Recommender Systems Handbook, pages73-105.

[31] Yuxiang Ye, Run Zhao and Dong Wang (2015), “A Context-Aware Framework for an Intelligent Mall based on Recommender System”, International Conference on Education Technology”, Management and Humanities Science.

[32] Victor Codina, Francesco Ricci and Luigi Ceccaroni (2015), “Distributional Semantic Pre-filtering in Context-Aware Recommender Systems”, User Modeling And User-Adapted Interaction.