

以次優理論及貪婪演算法為基礎之三高患者飲食推薦服務資訊系統

陳哲民 戴紹國 嚴金恩
朝陽科技大學 朝陽科技大學 朝陽科技大學
資訊管理系研究生 資訊管理系教授 幼兒保育系教授
cyimlolz@gmail.com sgdai@cyut.edu.tw ceyen@cyut.edu.tw

摘要

血壓、血脂和血糖這三種指數過高所造成的慢性疾病嚴重影響了國人的健康，而飲食控制是改善並且降低罹患慢性病機率的主要方法之一，但是一般民眾對於食物營養攝取知識的不足，只能透過簡單的經驗法則來減少攝取不利於三高指數的食物，然而這種方式並不能確實且正確的控制，很有可能會控制過度而造成其它營養素的攝取不足，所以個人化的飲食推薦系統是很重要的。然而現有的飲食推薦系統並未針對個人的健康情形來進行推薦，而且目前與他人共食的情形很多，很難依照系統推薦的菜單來進行飲食控制，所以本論文提出以次優理論及貪婪演算法為基礎的三高患者飲食推薦服務系統，在共食當下且有限的飲食選擇中，根據三高患者個人的健康情形，推薦對患者最有利的飲食攝取量。

關鍵詞：飲食推薦；次優理論；貪婪演算法。

1. 前言

由於醫療衛生、科技的快速進步，促使我國國民平均壽命延長，再加上持續低生育率等因素，致使我國人口結構產生改變[1]。1993年，我國 65 歲以上的老年人口占總人口比例為 7.09%，超過世界衛生組織所定義的高齡化社會 (aging society) [1]。國家發展委員會的推估資料顯示我國 2016 年的老年人口比例將達到 13.3%，亦即人口結構中每十人就有一到兩人是老年人口，未來還會持續上升，不斷增加的高齡人口產生了許多健康與照護問題；同時由於現代便利的生活，加上西方飲食文化的進入、工作壓力的影響，以及生活觀念的不同，造成飲食習慣逐漸改變，像是高鹽、高鈉、高膽固醇、高熱量油炸食物、不當飲食等[2]，都是引發患慢性病的因素之一，尤其以高齡人口罹患慢性病的比例最為嚴重，如何改

善不良飲食行為或者是降低慢性病比例都是現今醫療與研究人員想解決的問題。

衛生福利部的統計資料顯示 2012 年我國十大死因裡，就有五項(表 1)與高血壓、高血糖、高血脂(以下稱為三高)有密切關係，總計占了 31.1%，且比例有不斷成長的情形，由此可見三高對我國民之健康的影響日益嚴重。國民健康局在 2007 年的追蹤調查研究指出，無論男女，三高的發生率隨著年齡之增加而增加，換言之，高齡人口因年輕時長期的不良飲食行為，隨著年齡增長而罹患慢性病的機率越高；然而三高是可以從日常生活中的飲食去做預防或者改善，例如高血壓的患者，在營養攝取方面必需嚴格控制鈉營養素的攝取量，並且考慮到個人的健康狀況，來安排適合的飲食份量，來達到改善高血壓的目的。

三高是國人最為常見的慢性健康問題，要改善這些慢性病問題，關鍵是要由飲食控制及改變生活型態開始[3]。一般患者通常會選擇諮詢營養師的專業意見來調整飲食行為，實務做法上會要求患者紀錄每天的飲食情形，營養師得到足夠的飲食資訊才能給出專業的分析與建議，然而這種方法存在著一些問題，例如飲食紀錄的過程中，患者可能會缺漏或是忘記自己吃過什麼，食物份量估計也有準確性的問題，一般患者在沒有測量工具的輔助下，是無法準確紀錄所吃的食物份量，紀錄的數值可能有極大的誤差，錯誤的飲食紀錄會導致改善結果不理想，另外是營養師人力資源不足的問題，通常一位營養師要分析許多病患的飲食紀錄，但是飲食紀錄複雜且龐大，營養師需要花費許多時間分析，才能對病患給予分析與建議。由於科技快速發展與行動上網需求大幅提升下，現代人對手機的依賴度越來越高，個人隨身的主力產品由筆記型電腦轉為智慧型手機發展[4]。資策會創新應用服務研究所的調查顯示我國 2014 年智慧型手機的持有率達到 65.4%，高普及率在加上智慧手機功能繁多，具有多樣特性，又兼有近乎無限的軟體功能[5]

(以下稱為 APP)。因此開發出改善飲食紀錄問題並且提供即時性分析與飲食推薦的 APP，是現今最好的解決方法。

目前與飲食控制有關的 APP，種類與功能繁多，但大多數都是以減重為目的，針對三高疾病開發的 APP 較為稀少，並且多數只具有單一功能且存在著不符合日常生活使用的問題，例如推薦菜單的功能，假設 APP 分析後推薦使用者食用蘋果，但是使用者並不會因為 APP 推薦食用，就會特地去購買蘋果，這樣的推薦結果對使用者來說並不方便，所以這是很不切實際的推薦；同時這些推薦菜單功能並沒有把使用者的整體健康狀況列入分析因子，例如高血壓的患者，專家建議要多攝取蔬果類和低脂食物，並將鈉的攝取量限制在每天 100 meq (2.4 公克的鈉或是 6 公克的氯化鈉) [6]，舉例來說，假設食物 A 的鈉含量稍高，但其它營養素含量較豐富，食物 B 的鈉含量較少，但其它營養素含量較缺乏，若單純以鈉的含量做為推薦因子來推薦菜單，會導致患者的營養攝取不均衡，所以把患者的健康狀況列入推薦因子對於飲食推薦是相當重要的。所以本研究針對三高患者開發出個人化飲食推薦服務資訊系統 APP，具有個人資料、私房菜單、飲食紀錄、飲食評估、飲食推薦等等的功能，並且以次優理論及貪婪演算法為基礎設計飲食推薦演算法，再依據營養師的專業意見來調整推薦因子，以提供三高患者在當下且有限的飲食選擇中，得到一個合適的推薦結果，達到改善不良飲食行為與降低罹患慢性病機率。

表 1 我國十大死因與三高有關項目

Item	Percentage
心臟疾病	11.5%
腦血管疾病	7.3%
糖尿病	6.1%
高血壓性疾病、腎炎	3.3%
腎病症候群及腎病變	2.9%

2. 文獻探討

本章節分為兩個部份，首先針對飲食推薦有密切相關的四個面向進行探討，四個面向包括食物辨識、食物估量、營養素分析系統、行動醫療，最後歸納各個面向的優缺點做為飲食推薦服務資訊系統 APP 設計的參考；第二個部份為我們使用的次優理論與貪婪演算法之探討，以下將依序對各個部份詳細說明。

2.1 食物辨識

目前許多與飲食有關的研究主要方向都集中在食物圖像辨識上，Taichi Joutou [10] 等人提出一個自動食物圖像識別系統，同時也可以紀錄飲食習慣。使用支持向量機(support vector machine, SVM)演算法進行圖像分類，並使用多內核學習(Multiple Kernel Learning, MKL)整合多種圖像特徵，例如顏色、形狀、紋理、尺度不變特徵轉換(Scale Invariant Feature Transform, SIFT)等特徵，對特定五十種食物進行識別測試，達到 61.34% 的識別率。其優點是採用多內核學習整合多種圖像特徵，有效提升對混合性食物辨識的正確率。M. Nilsback[11] 等人也提出使用多內核學習與支持向量機，大幅提升對於花的種類辨識準確率。在現今的飲食文化裡，混合性食物占了很大的比例，多內核學習加上支持向量機的方法提升了混合性食物辨識的正確率，這對於過去混合性食物辨識準確率偏低的情形，是很好的一個突破。圖的說明應置於圖的下方，而表的說明則應置於表的上方。

Ye He[12] 等人提出一個飲食評估紀錄系統，針對食物圖像切割會產生在分割(under segmentation) 或過分割(over segmentation) 的情形，使用最小生成樹(Minimum Spanning Tree, MST)演算法，並透過不斷的切割細化來達到切割最佳化，再使用最近鄰居(k-nearest neighbors, KNN)演算法進行分群，辨識的準確率為 34% 到 63%，其優點是改善食物圖像切割會有過度切割或者切割不完全的情形，這兩種情形的產生都會影響食物的辨識準確率，但是其缺點就是對於非混合性的食物，效果較為明顯，混合性食物的辨識結果就很差。F. Zhu[13] 等人也提出對食物進行多次分割，在通過組合不同的分割，來產生最佳分割學習，並找到分割的最佳化，提高食物的辨識結果，由此可見圖像分割的細緻程度，也會對辨識結果有很大的影響。

2.2 食物估量

目前食物估量研究大多從二維食物圖像進行估量，少數研究提出三維的估量方法。Parisa Pouladzadeh[14] 等人提出一個食物熱量和營養的測量系統，幫助患者與營養師可以管理日常生活中攝取食物營養的情形。使用智慧型手機的相機功能進行食物圖像的拍攝，並加入 G. Villalobos [15] 等人提出在食物圖像拍攝

時，讓拍攝者的食指入鏡的方法，以做為圖像測量的換算基準點，從食物的上方與側面各拍攝一張圖像，取得食物的長與寬以及高度(深度)，接著對食物圖像進行食物切割，切割完後使用支持向量機演算法進行分類辨識食物，非混合性食物的辨識準確率為 85%，混合性食物的辨識準確率為 35%到 65%，在食物辨識完後，使用食物的長與寬以及高度(深度)來推算出體積，並根據密度表換算出食物質量，最後透過食物營養表換算得出食物的熱量與營養素等資訊。該系統最大的優點是解決了過去要使用測量卡或專用餐盤做為基準測量換算工具的不便利性，同時該方法對於非混合性食物的辨識與測量都具有不錯的準確性，但在混合性食物的辨識效果就相當差了，連帶影響了測量結果，準確率有極大的落差，食物熱量的估計也有 1%到 10%不等的誤差。

2.3 營養素分析系統

御廚皇(<http://www.e-kitchen.com.tw/>)公司在 2000 年成立並推出營養統計分析應用軟體，使用衛福部開放資料之食品營養資料集，整理龐大且複雜的營養素數據，提供使用者便利的視窗使用者介面，該軟體可以交叉分析菜單的營養素成份，也可以讓使用者個別建立專案、飲食菜單、飲食紀錄，並有詳細的營養素數據資料，對飲食紀錄有提供統計分析相關功能，但因為需要付費且需具備相關營養知識才能夠正確使用，雖然功能豐富，但還是有著不便利性的問題，且目前也只有推出 PC 版本。

2.4 行動醫療

行動醫療的概念，原本指的是在醫療院所中，採用行動式的醫療儀器或設備，為患者提供更便捷的問診、檢驗等醫療的行為[7]。隨著行動科技不斷進步，健康相關應用程式與行動裝置結合，利用智慧型手機做自我健康管理的人數日益增多，將有利於促進個人健康管理意識提升。以往病患只能親自到醫療院所現場，透過專業醫護人員得到醫療相關健康資訊，如今即使位在偏遠地區，也能透過行動裝置取得資訊。

截至 2015 年 8 月，在 Google Play Store 上健康與醫療相關 APP 的內容涵蓋相當廣泛，從一般消費者使用的計算卡路里、減重管理、糖尿病飲食指引到專業醫療人士使用的病患監測等，實際把 APP 下載來使用，會發現大

多數是一些功能簡單的分析或紀錄工具，例如減重管理和運動紀錄，和疾病有密切相關的 APP 較為少數，例如蔡雙仔[8]提出一個以使用者經驗為出發點，針對糖尿病族群進行訪談，進一步設計適用於智慧型手機的糖尿病紀錄管理 APP，該研究著重在於使用者經驗、人機介面的改進，在飲食紀錄方面沒有詳細的營養素數據，也沒有明確的飲食推薦，由此可見行動醫療 APP 雖然有相關研究與開發，但現有的 APP 數量偏少且偏重於單一功能，對於日常生活使用的實用性也不夠便利。

從食物辨識、食物估量、營養分析系統、行動醫療四個面向的探討，可以觀察出各個系統與研究成果都有其優缺點，但是對於三高患者飲食控制的需求，目前還是沒有一個完善的系統，所以本研究針對三高患者開發出個人化飲食推薦服務資訊系統 APP，食物辨識方面讓使用者自行紀錄飲食狀況，避免食物辨識錯誤的問題；食物估量方面使用份量的概念讓使用者輸入，雖然沒辦法達到 100%的準確率，但可以減少估量誤差過大的問題；營養素分析系統方面設計個人化營養素評估功能，讓使用者可以瞭解自身營養素攝取情形，解決需要具備豐富營養知識與便利性的問題；行動醫療方面設計了飲食推薦功能，提供快速且實用的飲食推薦結果，讓使用者可以方便的紀錄與分析飲食狀況，並依照飲食推薦結果進行飲食控制。

2.5 次優理論與貪婪演算法

次優的一般理論(The General Theory of Second Best)[16]在 1956 年被提出，主要是應用在經濟學領域中，其核心概念為假設一個最優解問題，需要數個條件同時達成才能得到最優解，如果有一個條件無法達成導致不能得到最優解，那麼滿足剩下的條件而得到的次優解，不一定會比滿足部份條件得到的次優解更接近最優解，在飲食推薦因子中，包含了使用者健康狀況、多種營養素、攝取份量等等因子會影響推薦結果，透過次優理論的應用，我們可以很快的得出一個推薦次優解給使用者。

貪婪演算法(Greedy algorithm)[17]是指在每一步選擇中都採取當前狀態下最好或最優(最有利)的擇選，從而希望導致結果是最好或最優的演算法，換句話說貪婪演算法每次都是在取得區域的最優解，而沒有去考慮全域的最優解，在飲食的推薦計算流程中，如果要去考慮到全域的最優解，可能會產生過於長時間的

計算，甚至有可能得不到最優解，因為有太多的因素會去影響推薦結果，所以我們使用者貪婪演算法在每一步的計算過程去取得區域最優解，在結合次優理論去得到全域的推薦次優解，解決無法得到全域最優解的問題之外，也大幅提高了推薦的效率。

3. 研究方法

本研究開發出行動裝置 APP 作為使用者的操作介面，使用時使用者需先註冊成為會員，並且輸入個人資料與健康狀況，接下來紀錄每天的飲食狀況並儲存在資料庫上，最後依據飲食紀錄與個人健康狀況提供個人化飲食營養素數據分析以及飲食菜單推薦。

依照研究與開發流程，將本章節分為四個部份說明，第一部份資料蒐集，首先要分析飲食狀況和給予使用者飲食推薦，需要大量的食物營養素數據，在來需要營養素建議攝取量數據，才能進行計算並將營養素以數據化的方式呈現，最後需要三高相關飲食資訊，以提供針對個人健康狀況的飲食推薦菜單；第二部份資料處理，在蒐集完大量的數據資料後加以整理並建置至資料庫，在來設計營養素計算公式與推薦菜單公式，最後在透過實際計算驗證公式的正確性，以提供正確的分析結果；第三部份資訊整合與系統實作，與營養師進行討論，依據營養師專業意見調整計算公式，並檢視蒐集資料、計算公式是否正確，最後進行 APP 實作；第四部份系統測試與評估，將 APP 經由朝陽科技大學銀髮園與營養師使用，依據銀髮園回饋意見調整系統功能，最後由營養師評估 APP 使用成效，以下依序對各個部份說明。

3.1 資料蒐集

在資料蒐集的部份，我們根據由營養師專業建議，使用衛福部提供的開放資料之食品營養資料集、國人膳食營養素參考攝取量、國人常用食物的升糖指數 (Glycemic Index, 以下簡稱 GI) 對照表以及由營養師提供的三高相關飲食資訊。

3.1.1 衛福部開放資料之食品營養資料集

衛福部整合並提供在網路上的開放資料之食品營養資料集(表 2)，資料集經過正規化處理，食品營養素數據豐富且完善，內容包括食

品分類 18 類，食品種類 1500 種左右，營養素分析項 91 項等數據，以及每 100 克營養素含量之數據。

表 2 食品營養資料集

Item	Value
食品分類	穀物類
資料類別	樣品基本資料
整合編號	A00805
樣品名稱	低筋麵粉
俗名	
樣品英文名稱	Low-gluten flour; Cake flour; Patent flour
內容物描述	生,混合均勻
廢棄率	0.0
分析項分類	水解胺基酸組成
分析項	脯胺酸(Pro)
含量單位	mg
每 100 克含量	1071.0650
樣本數	2
標準差	67.9742
每單位含量	1403.0952

3.1.2 國人膳食營養素參考攝取量

衛生署提供的國人膳食營養素參考攝取量(表 3)，對於各個年齡層、活動強度、性別之所需熱量、營養素訂定建議參考攝取量。將營養素參考攝取量與營養素攝取量相減即可計算出熱量、營養素的攝取量是否過量或者缺乏；本研究也根據營養師的專業意見，將參考攝取量取正負 10% 做為警示攝取量範圍。

表 3 國人膳食營養素參考攝取量

營養素	熱量(Kcal)		蛋白質(g)	
	男	女	男	女
1-3 歲				
稍低	1150	1150	20	20
適度	1350	1350	20	20
4-6 歲				
稍低	1550	1400	30	30
適度	1800	1650	30	30

3.1.3 國人常用食物的升糖指數對照表

衛福部提供的國人常用食物的升糖指數對照表(表 4)。升糖指數 (Glycemic Index) 代表我們吃進的食物，造成血糖上升速度快慢的數值，GI 越高的食物，食用後越容易使血糖升

高，促使胰島素分泌增加，對於糖尿病(高血糖容易罹患)的患者有密切的影響，所以針對高血糖患者的飲食菜單推薦，不能單純以營養素做為推薦因子，GI 也需納入推薦因子。

表 4 國人常用食物的升糖指數對照表

食物種類	GI
蔬菜類	菜豆 39±6
	扁豆 41±1
	大豌豆(夾) 56±12
	胡蘿蔔 68±23
豆類	黃豆 25±4

3.1.4 三高患者營養素建議攝取量

以高血壓患者為例，鈉的攝取量對於高血壓的控制極其重要，根據營養師的專業建議，鈉的參考攝取量以減半計算，高血糖與高血脂的重要相關營養素也以此類推，其中高血糖患者需要嚴格控制熱量來源，避免過多的醣類(碳水化合物)攝取，這個部份下一小節會詳細說明，另外營養素分析的警示攝取量範圍也減半計算。

3.2 資料處理

在資料處理的部份，先將食品營養資料庫、膳食營養素參考攝取量、GI 對照表匯入資料庫，並依照營養師建議給使用者查看的營養素項目予以保留，例如熱量、醣類、礦物質等營養素數據，然後刪除其它不需要的資料；接下來針對個人化分析和推薦需要建立使用者資料表、飲食紀錄資料表，使用者資料表包括性別、身高、體重、年齡、活動強度以及是否有三高疾病；飲食紀錄資料表包括餐別(早餐、午餐、晚餐)、菜單、份量以及日期，最後以這些資料進行系統的設計與開發。

3.2.1 營養素攝取與評估

營養素攝取是否過量或者缺乏，對於飲食控制是很重要的，例如卡路里的攝取過量就可能導致肥胖並且容易罹患三高，所以為了讓使用者可以瞭解自己每日和每餐的營養素攝取情形，我們設計了營養素攝取與評估的計算方法，令每一餐為 $meal$ ，則 $meal = \{f_i; i=1 \dots n\}$ ，其中 f_i 為所吃的食物項目，設每一個食物項目的攝取量為 w_i ， k_{f_i} 代表在 f_i 食物中每 100 克 k 營養素含量，則 $k_{f_{wi}}$ 代表在 f_i 食物中所攝取 w_i

克 k 營養素含量，其計算公式為：

$$k_{f_{wi}} = \frac{w_i}{100} \times k_{f_i} \quad (1)$$

則每一餐 k 營養素攝取量計算公式如下：

$$k_{meal} = \sum_{i=1}^n k_{f_{wi}} \quad (2)$$

透過上面的計算公式，我們可以計算出每一餐 k 營養素攝取量，其中 k 可以是蛋白質、維生素、礦物質等任意營養素，接下來只要和 k 營養素參考攝取量相減，就可以瞭解使用者的營養素攝取情形是否適當。

根據營養師的建議我們將三餐營養素適當的攝取比例設為 t_j ，其中早餐設為 $t_1=35\%$ 、午餐設為 $t_2=35\%$ 、晚餐設為 $t_3=30\%$ ，接著以使用者個人資料和身體狀況設定營養素參考攝取量為 k_p ，則每一餐 k 營養素與每一餐 k 營養素參考攝取量差額的計算公式為：

$$k_{diff} = k_p \times t_j - k_{meal} \quad (3)$$

其中 t_j 的值是根據三餐餐別而定，在根據營養師的專業建議將營養素參考攝取量的警示範圍設為參考攝取量的正負 10%，公式如下：

$$k_{th} = k_p \times 10\% \times t_j \quad (4)$$

最後將警示參考攝取量 k_{th} 對照公式(3)產生營養素評估結果：

$$k_{eval} = \begin{cases} k_{diff} \geq -k_{th} \text{ and } k_{diff} \leq k_{th} & \text{攝取正常} \\ k_{diff} > k_{th} & \text{攝取過量} \\ k_{diff} < -k_{th} & \text{攝取不足} \end{cases} \quad (5)$$

透過上面公式的計算，使用者可以瞭解營養素攝取量是否適當，也可以觀看數據呈現飲食攝取量與參考攝取量。

3.2.2 飲食推薦與推薦攝取量

飲食控制對於三高患者極其重要，但是要設計一個可以套用在三種疾病的飲食菜單推薦公式是非常困難的事情，因為有太多的變數會影響到推薦結果，在衡量三種指數所需控制的營養素之後，我們針對高血糖患者並以糖尿病為例來設計飲食菜單推薦公式。糖尿病在我國十大死因中為所占比例最高的單一疾病，糖尿病通常由高血糖所引起，且需要嚴格的飲食控制才能改善病情。糖尿病需以正常飲食為基礎，調整熱量、蛋白質、脂肪及醣類的攝取，達到血糖控制的目地，其中糖尿病患者的熱量建議攝取來源為醣類(含膳食纖維)占 50% 到 60%，蛋白質占 12% 到 20%，脂肪(含膽固醇)則是需小於 30% [9]，設醣類為 x 、蛋白質為 y 、脂肪為 z ，熱量參考攝取量為 k_c ，假設 $x:y:$

z 占熱量攝取來源比例為 6:2:2，則糖尿病患者單一餐營養素參考攝取量公式為：

$$\begin{aligned} x &= k_c \times t_j \times 60\% \div 4 \\ y &= k_c \times t_j \times 20\% \div 4 \\ z &= k_c \times t_j \times 20\% \div 9 \end{aligned} \quad (6)$$

其中除 4 或是除以 9 是為了轉換為公克數以便於和飲食菜單的統計營養素進行評估，如同公式(4)的警示範圍，糖尿病患者也是以正負 10% 做為警示範圍，公式如下：

$$\begin{aligned} x_{th} &= k_c \times t_j \times 60\% \div 4 \times 10\% \\ y_{th} &= k_c \times t_j \times 20\% \div 4 \times 10\% \\ z_{th} &= k_c \times t_j \times 20\% \div 9 \times 10\% \end{aligned} \quad (7)$$

在計算完糖尿病患者的營養素參考攝取量與警示範圍之後，為了解決共食問題與日常生活使用的便利性，我們事先建好日常生活中常見的飲食菜單，使用者只要在 APP 建立飲食紀錄，系統就可以針對每一筆紀錄進行推薦分析。首先單一筆飲食紀錄透過公式(1)可以計算每一道菜單 k 營養素含量設為 m，公式(2)可以計算單一筆紀錄全部菜單 k 營養素含量設為 n，然後只保留 k 營養素中的 x、y、z 做為與公式(7)進行評估的項目，產生評估結果的公式如下：

$$\begin{aligned} x_n > + x_{th} \text{ or } x_n < -x_{th} & \quad x \text{ 需要調整} \\ x_n < + x_{th} \text{ and } x_n > -x_{th} & \quad x \text{ 正常攝取} \\ y_n > + y_{th} \text{ or } y_n < -y_{th} & \quad y \text{ 需要調整} \\ y_n < + y_{th} \text{ and } y_n > -y_{th} & \quad y \text{ 正常攝取} \\ z_n > + z_{th} \text{ or } z_n < -z_{th} & \quad z \text{ 需要調整} \\ z_n < + z_{th} \text{ and } z_n > -z_{th} & \quad z \text{ 正常攝取} \end{aligned} \quad (8)$$

在得到評估結果後，接下來依據評估結果進行飲食推薦，但是在得出推薦之前，必需先瞭解一個概念，要把每一項營養素的攝取量控制在合適的範圍裡，是不可能的事情，因為有太多的變數會去影響到調整的結果，或者是某些食材特定營養素的含量偏高，都會使調整的結果產生很大的變化，而且要找到一個最優解的飲食推薦是非常費時的，甚至無法找出最優解，另外在調整主要營養素(醣類、脂肪、蛋白質)的攝取量時，其它營養素(維生素、礦物質)的均衡攝取也是很重要的，所以本研究提出以次優理論及貪婪演算法為基礎的飲食推薦演算法一次優平衡演算法：設 P 是使用者資訊包括年齡、高血糖、生活型態， $S=[s_1, s_2, \dots, s_m]$ 為我們所預先要評估的營養素，其中 s_1 是醣類， s_2 是蛋白質， s_3 是脂肪， $R=[r_1, r_2, \dots, r_m]$ 為對應 S 的國人膳食營養素參考攝取量， $V=[v_1, v_2, \dots, v_n]$ 為菜單，是一個向量，裡面是食材的編號，透過編號查詢食材的營養素含量， $U=[u_1, u_2, \dots, u_n]$

為相對應於菜單 U 的份量， $VM = \{vm_{ij} : \text{for } i=1 \text{ to } N \text{ for } j=1 \text{ to } M\}$ where i 代表每一道菜單，j 代表營養素， $SVM = \{svm_j : \text{for } j=1 \text{ to } M\}$ $svm_j = \text{sum}(VM_{ij} : \text{for } i=1 \text{ to } N)$ 為一個向量，代表單一筆飲食紀錄的各個營養素攝取總量， $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ 為推薦的係數，H 為權重，演算法虛擬碼如下：

表 5 次優平衡演算法虛擬碼

```

function Rcommendation
01 input: P
02 output: B
03 set W all 1, H=0.9
04 P→R
05 V,U,W→VM
06 VM→SVM
07 while H<0.1
08   if svm1>xth
09     Let Max(vmi1) is vmk1
10     Wk=(svm1-r1)/vmk1
11     VMkj= VMkj×(1-Wk)×H
12     VM→SVM
13     Let Max(rj/svmj) is vmim
14     Let Max(vmim/vmi1) is vmkj
15     Q=vmkm/VMdiff×(1-VMdiff)+1
16     VMkj= VMkj×Q×H
17     VM→SVM
18     H=H×0.9
19   if svm2>yth
20     repeat 09~18 and 1 to 2
21   if svm3>zth
22     repeat 09~18 and 2 to 3
23 output V,W
24 end

```

其中 H 為一個遞減的曲線，是為了在不斷的調整過程中減少影響幅度，避免產生推薦結果異常的情形，演算法第 13 行裡 j 的範圍為 4 到 M，並不包含醣類、蛋白質、脂肪，該行是為了找出最需要調整的營養素，第 14 行則是為了找出調整其營養素影響最小的菜單，第 15 行裡 VM_{diff} 為上一次的調整比例，第 8 到 12 行是針對主要營養素的調整，第 13 到 17 行是在每一次調整完主要營養素之後(調整的順序是依據對高血糖患者的重要性，依序為醣類、脂肪、蛋白質)，根據調整的量來調整其它營養素(最需要調整的一項營養素)，進而達到平衡的調整，最後為了快速得出推薦結果，我們設了 H 的門檻值為 0.1，當 H 小於 0.1 時對推薦結果的影響是微乎其微的，讓調整的過程保持

穩定而不會出現大幅度的變化。

3.3 資訊整理與系統實作

為了提供正確的飲食推薦服務資訊，本研究由朝陽科技大學健康中心營養師提供專業知識的諮詢與建議，資料蒐集上提供我們專業資料來源和營養素的基礎知識，在菜單推薦公式的設計上也提供食物營養代換的專業建議，除此之外也同時協助菜單推薦結果的評估，我們希望飲食菜單推薦結果能和營養師所推薦的結果相近甚至一致，讓系統能夠具有專業性來減少營養師負擔和提供使用者便利的專業推薦。

在系統實作方面本系統採用 Android 4.0.3 進行開發，蒐集與整理的資料建置在 MySQL Database，並使用 Microsoft WebService 進行 APP 與 Database 的資料存取，以確保資料的安全性。在 APP 介面的設計上非常簡潔，讓使用者可以依直覺進行操作(如圖 1 左邊所示)。APP 功能的部份我們設計了五個功能，分別為個人資料功能：使用者輸入性別、身高、體重、年齡、活動強度以及是否有三高等資訊(如圖 1 右邊所示)，蒐集這些資訊可以進行個人化營養評估與飲食推薦；私房菜單功能：由管理者統一建立菜單，使用者可以觀看管理者所建立的菜單名稱、食材、重量等資訊(如圖 2 左邊所示)；飲食紀錄功能：使用者輸入日期、餐別、食用的菜單以及份量等資訊並建立紀錄(如圖 2 右邊所示)；營養評估功能：分析熱量、蛋白質、碳水化合物、脂肪、膳食纖維、糖類、膽固醇、維生素(A、B1、B2、B6、B12、C、E)、礦物質(鈣、鐵、鎂、磷、鉀、鈉、鋅)等共 21 項營養素的攝取情形，並且可以選擇分析單一餐或一日的攝取情形(如圖 3 左邊所示)；飲食推薦功能：使用者只要設定餐別與時間，便可以針對特定的飲食紀錄進行推薦分析，最後顯示出推薦結果(如圖 3 右邊所示)。



圖 1 主選單(左)和個人資料(右)



圖 2 私房菜單(左)和飲食紀錄(右)



圖 3 營養分析(左)和飲食推薦(右)

3.4 系統測測與評估

朝陽科技大學銀髮園，是由朝陽科技大學銀髮產業管理系附設的日間托老服務，也是全國第一家托老服務中心，園內大約有二十名長者，其中有部份長者患有三高疾病，由於是使用團體生活的方式進行管理，所以午餐是採取團膳的方式，因此無法依個別長者的身體健康狀況提供個人化午餐。我們在朝陽科技大學銀髮園對多名長者進行營養素攝取分析的實際測試，並對一名患有三高疾病的長者進行飲食菜單推薦測試，銀髮園在經過實際測試後給予我們反饋意見，在根據反饋意見進行功能修改、調整，飲食菜單推薦部份則會在與營養師進行推薦的比較，最後由營養師評估飲食推薦的成效。

4. 實驗結果

實驗的部份是針對朝陽科技大學銀髮園的午餐菜單進行測試。銀髮園內的菜單都是由委由營養師設計，但是因為是共食，所以只能針對一般健康情形的長者進行菜單設計，無法針對高血糖患者個別設計菜單與調整烹飪方式，因此我們請在銀髮園內照顧長者們的同學測試飲食推薦服務系統 APP，進行菜單建置和飲食紀錄，並且分析營養素攝取情形，讓同學們協助長者們調整飲食狀況，同時我們針對一名患有高血糖的長者，與營養師一起進行飲食推薦的測試，最後由營養師評估飲食推薦的成效。

首先我們蒐集了全部長者的個人基本資料(表 6)，包含性別、身高、體重、年齡、活動強度以及是否有三高，同時蒐集銀髮園兩周工作日的午餐紀錄(表 7)，包含菜單名稱、食材以及份量，因為是團膳的關係，所以菜單的份量是整道菜的總重量，在計算上我們會除以實際出席人數取平均值。接下來對患有高血糖的長者 2 進行飲食菜單推薦測試，在飲食推薦的計算之前，我們需先排除不完整的營養素資料，排除的營養素包括膳食纖維、糖質總量、膽固醇、鉀、鈉五項營養素，然後將表 7 透過公式(1)和公式(2)計算出營養素的含量(表 8)，再透過公式(6)和公式(7)計算高血糖長者午餐的熱量來源建議攝取量和警示範圍(表 9)，最後把公式(8)的評估結果和表 8、表 9 代入表 5，經過次優飲食推薦演算法的計算，得到長者 2 午餐的飲食推薦結果(表 10)。

表 6 銀髮園長者基本資料

	長者 1	長者 2
性別	男	女
年齡	89	86
身高	156.7	159.3
體重	73	62.9
活動強度	稍低	稍低
高血壓	無	無
高血糖	無	有
高血脂	無	無

表 7 銀髮園午餐菜單內容

菜單名稱(27 人份)	食材
飯	白飯：4131 克
木耳炒肉絲	豬肉條：835 克 木耳：590 克 低納鹽：24 克 調合花生油：14 克
塔香茄子	茄子：1440 克 九層塔：30 克 蒜苗：24 克 調合花生油：21 克 醬油：14 克 低納鹽：36 克
玉米彩椒	甜椒(黃皮)：284 克 甜椒(紅皮)：240 克 甜椒(青皮)：260 克 甜玉米：680 克 調合花生油：49 克
金沙豆腐	傳統豆腐：1200 克 鴨鹹蛋黃：50 克 調合花生油：49 克
蕃茄蛋花湯	紅番茄：630 克 雞蛋(白殼)：618 克 低納鹽：60 克

表 8 銀髮園午餐營養素含量

菜名	蛋白質(g)	醣類(g)	脂肪(g)
飯	4.73	62.75	0.38
木耳炒肉絲	13.67	10.28	2.58
塔香茄子	0.76	3.17	0.89
玉米彩椒	1.21	6.43	2.09
金沙豆腐	4.20	2.68	4.21
蕃茄蛋花湯	3.12	1.35	2.17
總計	27.68	86.66	12.32

表 9 長者 2 熱量來源建議攝取量

	蛋白質(g)	醣類(g)	脂肪(g)
公式(6)	22.75	68.25	10.11
公式(7)+10%	25.03	75.08	11.12
公式(7)-10%	20.475	61.425	9.1

表 10 長者 2 午餐推薦結果

菜單名稱	推薦結果
飯	減量 26.40%
木耳炒肉絲	正常攝取
塔香茄子	正常攝取
玉米彩椒	正常攝取
金沙豆腐	增量 8.09%
蕃茄蛋花湯	正常攝取

產生了推薦結果後，評估推薦結果的好壞是很重要的一件事，因為這會影響使用者的健康情形，我們以一個簡單的評估方式來評估推薦的成效，觀察營養素的變化是最客觀且有效率的評估方式，我們將評估結果分成三種情形，第一種情形 improve：代表的是調整後的營養素是往理想值(標準建議攝取量)的方式去調理，第二種情形 still：調整後沒有變化或者往較差的方向去調整，但調整的幅度在 10% 以內，就都歸類為 still，第三種情形 bad：往壞的方向去調整，調整幅度超過 10%，又或者是原先在理想值的正負 10% 以內，但調整後超出該範圍，都歸類為 bad，評估的結果如表 11 所示，可以看到有 56.25% 的營養素都是呈現改善的情形，且都沒有出現 bad 的情形，證明本研究提出次優飲食推薦演算法可以有效針對高血糖患者進行一個良好的飲食推薦。

表 11 銀髮園午餐營養素含量

營養素	調整前	調整後	理想值	評估
熱量(Kcal)	568.32	499.40	455.00	improve
蛋白質(g)	27.68	26.77	22.75	improve
醣類(g)	86.66	70.31	68.25	improve
脂肪(g)	12.32	12.56	10.11	still
維生素 A(ug)	733.22	737.02	175.00	still
維生素 B1(mg)	0.42	0.41	0.32	improve
維生素 B2(mg)	0.32	0.32	0.35	still
維生素 B6(mg)	0.58	0.56	0.56	improve
維生素 B12(ug)	0.66	0.67	0.84	improve
維生素 C(mg)	46.87	46.51	35.00	improve
維生素 E(mg)	5.09	5.25	4.20	still
鈣(mg)	115.06	119.80	350.00	improve
鐵(mg)	3.53	3.55	3.50	still
鎂(mg)	78.35	76.66	105.00	still
磷(mg)	375.28	364.59	280.00	improve
鋅(mg)	3.72	3.48	4.20	still

5. 結論

本研究開發出以次優理論及貪婪演算法為基礎之三高患者飲食推薦服務資訊系統 APP，我們設計並且實作了針對三高患者的個人化飲食推薦系統，有別於現有系統的推薦服務，在當下且有限的飲食選擇中，根據個人的健康情形，推薦對患者最有利的攝取量，除了飲食推薦之外也實作了個人資料、私房菜單、飲食紀錄、營養評估，也避免食物圖像辨識錯誤，透過份量的概念減少食物估量誤差，完成兼具個人化、便利性、符合日常生活使用等優點的飲食推薦服務資訊系統 APP。

致謝

本論文感謝科技部計畫編號：MOST103-2632-E-324-001-MY3 的支持，特此申謝。

參考文獻

- [1] 李淑芳。政府施政如何因應高齡化時代的來臨—以推動長期照顧十年計畫為例。《行政管理個案精選》，p.340。
- [2] 慈濟大學醫學資訊學系(2013)。食「隨」知「衛」App — 飲食對人體健康之影響評估系統。線上檢索日期：2015 年 8 月 31 日。網址：
http://www.mitest.tcu.edu.tw/cou_project_99.html
- [3] 林嘉貞(2010)。淺談三高飲食及生活衛教。《中山醫學大學電子報》，37。2015 年 8 月 31 日，取自
<http://message.csmu.edu.tw/ePaper/ePaperBrowse.asp?PublishID=59>
- [4] 簡唯倫(2012)。智慧型手機功能發展趨勢與造形風格演變之研究-以 Apple iPhone 為例。未出版碩士論文，大同大學，臺北市。
- [5] 徐鵬翔(2012)。智慧型手機使用滿意度與品牌忠誠度之研究。未出版碩士論文，國立中山大學，高雄市。
- [6] 謝明家、張繁滑、曾慶孝(2009)。老年人高血壓的治療。《台灣老誌》，4 (1)，1-14。
- [7] 范楠祺(2012)。三高健康照護之行動應用程式的開發。未出版碩士論文，南華大學，嘉義縣。

- [8] 蔡雙仔(2012)。以使用者經驗為基礎之設計與研究-糖尿病飲食紀錄日誌 APP 為例。未出版碩士論文，國立台灣科技大學，臺北市。
- [9] 台中慈濟醫院(2013)。糖尿病飲食。線上檢索日期：2015 年 8 月 31 日。網址：
http://taichung.tzuchi.com.tw/opd_web/?mode=data&id=1587
- [10] Taichi Joutou and Keiji Yanai: A Food Image Recognition System with Multiple Kernel Learning, Proc. of International Conference on Image Processing (ICIP), Cairo, Egypt (2009/11).
- [11] M. Nilsback and A. Zisserman, "Automated flower classification over a large number of classes," in Proc. of Proceedings of the Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing, 2008.
- [12] Y. He, C. Xu, N. Khanna, C. Boushey and E. Delp "Food image analysis: Segmentation, identification and weight estimation", Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp.1 -10
- [13] F. Zhu, M. Bosch, N. Khanna, C. Boushey, and E. Delp, "Multilevel segmentation for food classification in dietary assessment," Proceedings of the 7th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, pp. 337-342, Dubrovnik, Croatia, September 2011
- [14] P. Pouladzadeh, S. Shirmohammadi, and R. Almaghrabi, "Measuring Calorie and Nutrition from Food Image", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, February 25 2014, 10 pages. DOI: 10.1109/TIM.2014.2303533
- [15] G. Villalobos, R. Almaghrabi, P. Pouladzadeh, and S. Shirmohammadi, "An image processing approach for calorie intake measurement," in Proc. IEEE Symp. Med. Meas. Appl., Budapest, Hungary, May 2012, pp. 1-5.
- [16] Lipsey, R.G. and K. Lancaster. "The General Theory of Second Best", The Review of Economic Studies, Vol. 24, Issue 1, 11-32.
- [17] Introduction to Algorithms (Cormen, Leiserson, Rivest, and Stein) 2001, Chapter 16 "Greedy Algorithms".