

陰性闌尾炎的偵測—決策樹與 Alvarado 計分系統之效能比較

黃德佳^a、鄭滄祥^b、黃慧珠^b、曾婉婷^a

a:柳營奇美醫院；b:南台科大企管系醫管組

djhuang@mail2000.com.tw; cts@mail.stut.edu.tw; wind@mail.ncku.edu.tw; m9308b2@mail.chimei.org.tw

摘要

急性闌尾炎是外科手術中最常見的疾病。雖然急性闌尾炎的治療直接而容易，但是卻難以準確地診斷急性闌尾炎的發生。目前並沒有任何的血液檢查或影像檢查可以準確地診斷出急性闌尾炎。對醫師而言，準確地檢測出該病症以減低病患因闌尾炎而導致闌尾穿孔，或降低因誤判而產生陰性闌尾切除率，藉以維護病患安全，仍是一種挑戰。

資訊科技的進步提供了另一種協助診斷的方法，本研究嘗試利用資料探勘中的決策樹分類分析法 C4.5，以醫師對病患徵候症狀判斷與血液檢查的結果為基礎，期能建構一個可協助醫師正確診斷闌尾炎的分類模式，藉以提升闌尾炎診斷的醫療品質，並有效地降低陰性闌尾切除案例的發生。本研究將利用 Alvarado 計分法作為闌尾炎預測效能比較基準，研究結果顯示以 C4.5 所建構出的闌尾炎預測模式比 Alvarado 計分法更具有預測效能。

關鍵字：急性闌尾炎、資料探勘、決策樹、分類分析、Alvarado 計分法

Abstract

Acute appendicitis is the most common disease, which needs surgical intervention, in the world. Although the treatment of acute appendicitis is simple and straightforward, its diagnosis is still difficult. No single laboratory or image examination can make the diagnosis of acute appendicitis more accurate. Therefore, it is still a challenge to physicians to reduce appendiceal perforation and negative appendectomy rates.

The information technology may provide alternative approaches to acute appendicitis diagnosis. In this study, the decision tree classification approach, C4.5, is applied to build a prognostic model to provide an economical

diagnostic assistance for acute appendicitis. The experimental results showed that the performance of C4.5 outperforms that of the well known Alvarado score system. The results of this study should be helpful to the development of the computer-aided system in the other medical field.

Keywords: Acute Appendectomy, Data Mining, Decision Tree, Classification Analysis, Alvarado Score System

1、前言

急性闌尾炎是須以手術治療的疾病中最常見的一種疾病；終其一生，每個人罹患急性闌尾炎的機率約為百分之七[11]。雖然闌尾炎的治療方式簡單明確，但要對此疾病進行準確的診斷則是一項挑戰。醫師為了確認病患罹患急性闌尾炎而延長觀察的時間以獲取確切的證據，但這樣的處置卻可能增加病患因闌尾破裂而導致腹膜炎的危險[8]；但若冒然認定病患罹患急性闌尾炎而進行闌尾切除術，又可能造成誤判，而增加另一個陰性闌尾切除案例。所謂的陰性闌尾切除案例，是指病人接受闌尾切除手術後，對其手術標本所進行的病理檢查，結果卻發現其闌尾部分並沒有發炎現象，換言之，也就是病人接受了不必要的手術。從維護病患安全的角度而言，讓病患接受不必要的手術所衍生之醫療成本及醫療糾紛也是值得重視的問題。

經過長時間歷練而累積豐富經驗，而有能力準確鑑別急性闌尾炎的外科醫師已經越來越少，雖然各醫院引進實驗室或影像學的檢查輔助，但經驗不足的醫師仍無法對急性闌尾炎的罹患做出精確的診斷。根據文獻的統計，有經驗的外科醫師對於急性闌尾炎的平均診斷準確率也僅為百分之六十七點六[19]。因此，對外科醫師而言，如何在降低闌尾破裂比率與陰性闌尾切除率間取得一個最佳平衡，仍是一項艱難的挑戰。

然而根據多位學者的調查研究，結果顯示，除了以手術中所取得病理標本進行檢驗確定外，光靠任何單一的實驗室或影像檢查都無法準確地診斷出闌尾炎的發生[7]。根據 Bijnen 等學者的研究結果顯示：病患因陰性闌尾切除而需要額外負擔平均約 2712 歐元醫療費用[6]。學者 Flum 與 Koepsell (2002) 所進行的陰性闌尾切除普查研究結果也顯示：陰性闌尾炎的切除也造成美國每年七億四千萬美元的經濟損失[9]。因此如何降低陰性闌尾切除率，成為維護病患安全及降低醫療費用的一項重要議題。

由於急性闌尾炎的臨床病徵廣泛多樣，使得具有豐富經驗的外科醫師也無法十分準確地診斷出該疾病，因此目前的臨床醫療水準仍有百分之二十的陰性闌尾切除比率[13]。利用八項診斷變數所建構出的闌尾炎評估的 Alvarado 計分法是目前最常被引用的闌尾炎診斷計分法[5, 12, 23]。然而隨著資訊技術的進步，可利用歷史性資料建構出有效之決策支援模式的資料探勘技術也成為目前熱門探討的技術議題。本研究因此嘗試運用在資料探勘工作常被使用的決策樹技術 C4.5，以歷史性的病例資料為基礎，整合各種檢驗數據及急性闌尾炎的臨床病徵，建構一個可支援急性闌尾炎診斷的決策支援模式，期能利用該模式提高診斷的準確性、降低陰性闌尾切除比率與闌尾穿孔比率、同時也可藉由該模式進行醫師的隱性闌尾炎診斷知識萃取。本研究期望利用所建構出的診斷支援模式，可有效地協助醫師偵測出可能的陰性闌尾炎案例。本研究將利用在臨床上普遍被運用的 Alvarado 計分系統作為診斷效能比較基準，藉以瞭解以決策樹 C4.5 所建構出的闌尾炎診斷輔助模式對陰性闌尾炎的識別效能。

2、文獻探討

2.1 急性闌尾炎診斷的困境

急性闌尾炎的診斷得依賴外科醫師對病人的病史詢問及身體檢查[11]，因此急性闌尾炎的診斷準確率將與醫師的經驗直接有關，然而非常有經驗的外科醫師在急性闌尾炎的診斷準確率也僅能達到百分之八十[18]。然而要成為有經驗的外科醫師而能準確鑑別出急性闌尾炎的發生得經過長時間歷練，但在目前相對較低的健保給付、較高的醫療糾紛比例及沈重的工作負

擔，很多年輕醫生紛紛轉向其他科別發展，這也使得能準確鑑別出急性闌尾炎的外科醫師人數日趨萎縮。

各醫院因此嘗試引進有助於對急性闌尾炎診斷的實驗室檢查或影像檢查等輔助，期能提高急性闌尾炎診斷的正確率進而降低陰性闌尾切除案例的發生。高解像力的影像工具(如：電腦斷層掃描、超音波檢查)與新式的實驗室檢查項目(如：C-反應蛋白、Interleukin-6)已被發展出，期能用以降低陰性闌尾切除率。然而，這些新方法在臨床上的成效仍待評估，而其需要的醫療成本也必需進一步分析，以確定是否能用於一般的病例上。雖然有些學者在闌尾電腦斷層掃描上的研究結果顯示：電腦斷層掃描的確有助於陰性闌尾切除率及闌尾穿孔率降低[16, 22]。但是，對於懷孕年齡的女性病患及小孩來說，電腦斷層掃描的高劑量放射線暴露與顯影劑毒性是很危險的，不僅會造成畸胎發生的可能，也會提高罹癌或腎衰竭的風險[18]。另一方面，其他學者的研究結果卻呈現：電腦斷層無助於降低闌尾炎的陰性切除率與闌尾穿孔的比率[10, 15, 17, 25]。雖然超音波(Ultrasonography, US)是另一項安全又隨處可得的影像工具，但超音波的診斷準確率卻仍與操作者技巧有高度的相關性，無法解決人力缺乏的問題[18]。

由於臨床的診斷經驗多屬於隱性知識，無法以口語或紙筆等方式傳承，未來有能力進行急性闌尾炎診斷的人力資源也將極為有限。若能利用電腦對歷史案例進行隱性知識的萃取，將可利用電腦給予診斷的輔助、建立適當闌尾炎診斷的臨床操作實務以及診斷經驗的傳承工作[4]。

2.2 Alvarado 計分系統

Alvarado(1986)運用了條件機率分析的方式建立一個廣為人知的闌尾炎計分系統，如表一所示。Alvarado 希望藉由考慮在「徵候」、「症狀」、「實驗室檢查」三方面的八個變數的表現，計算出可衡量病患有闌尾炎的可能性，進而藉以提高醫師對於闌尾炎的診斷正確性[3]。

Alvarado 的闌尾炎計分系統，也常被以八個變數的第一個字母縮寫成 MANTRELS 以利記憶，因此這個方法也常被稱做 MANTRELS 計分法。Alvarado 計分法被提出至今雖然已超過二十年，但到目前為止，仍是

最常被引用的闌尾炎診斷計分法[5, 12, 23]，因此本研究利用此一計分系統作為本研究的比較參考的基準。

表一、Alvarado 計分系統(MANTRELS)

	計分
徵候 (Symptoms)	轉移痛(Migration) 1
	食慾不振-酮體 (Anorexia-acetone) 1
	噁心嘔吐(Nausea-vomiting) 1
症狀(Signs)	右下腹壓痛(Tenderness in right lower quadrant) 2
	反彈痛(Rebound pain) 1
	體溫升高(Elevation of temperature) 1
實驗室檢查 (Laboratory)	白血球數升高(Leukocytosis) 2
	白血球分化左移(Shift to the left) 1
總分	10

2.3 決策樹探勘技術

資料探勘中的分類分析技術，是指根據已知的資料及其類別屬性來建立資料的分類模型。分類模型的建立可以讓我們了解各種類別屬性的資料具備哪些特徵，同時也可以用來預測新進資料的類別屬性。

決策樹(Decision Tree)是一項兼具分類與預測功能的資料探勘技術。決策樹分析技術屬於歸納式學習法(inductive learning)的一種，也屬於監督式(supervised)的知識發掘技術，因此在架構決策樹之前，必須給定一個已分類好的訓練資料集合。在訓練資料集合內的每筆資料，將被以固定數目的描述屬性(attributes)以及一個類別目標屬性(target class)予以描述。由於決策樹具有建立快速以及可產生易於人們解讀的若則決策規則(If-then rule)的優點，因此決策樹在眾多的分類方法中，也成為最廣為被應用的一項技術[1]。

決策樹是指一個樹狀結構，其樹狀結構最頂端的節點稱為根節點(root node)，最底層的節點則稱為葉節點(leaf nodes)，樹的中間節點(non-leaf nodes)代表測試的條件，樹的分支(branches)代表條件測試的結果，每個葉節點(末端)將被分類為一個類別目標屬性值(target class label)。從根節點至每一葉節點間，都存有一條由多個包含資料描述屬性的內部節點(internal nodes)或中間節點(non-leaf nodes)所構成的路徑。每一條路徑也都

可以成為決策樹用以分類未知結果資料的規則。大多數的決策樹演算法具有建立樹狀結構(Tree Building)和修剪樹狀結構(Tree Pruning)兩項主要的工作階段。不同的決策樹演算法在建立樹狀結構的階段中，都會採用特別的切割屬性(Splitting Attribute)挑選方法，每次從屬性集合中挑選出適當的切割屬性，藉以切割訓練集合，期能讓切割後的子集合，其所包含的訓練資料僅屬某一特定目標類別；如此遞迴重複屬性挑選與集合切割的動作，用以達成對資料分類的目的。當應用決策樹演算法進行建樹的過程中，訓練資料集合中的某些特殊訓練資料，將引起決策樹模式上不必要的支幹產生，而產生對於未知結果的新資料分類錯誤，此項錯誤則被稱為過度學習(Over-fitting)。因此當一棵決策樹建構完成後，必須再以剪樹方式，移除因特殊資料所產生的不適當支幹，藉以增加決策樹模式對於新資料預測的正確性[1, 2]。

決策樹建構法是以適當切割屬性挑選函數，從描述訓練資料的所有屬性中，挑選出最佳屬性，用以建構決策樹的根節點(root node)及內部節點(internal nodes)，藉以區分訓練資料所屬的類別。在現有的決策樹方法中，ID3 與 C4.5 最常被採用。C4.5 決策樹學習法是Quinlan 於 1993 年提出用以改良他在 1979 年所提出的 ID3 決策樹學習系統。ID3 與 C4.5 的差異在於：ID3 決策樹僅能文字符號或離散型態的類別性資料；若資料中包含連續性的數值資料，則必須以適當的離散化處理方式，將數值資料進行切割，並以適當的符號予以代替。C4.5 對數值離散化的工作則在建構決策樹過程中彈性地進行，不需以特定的標準進行事先的離散化處理，因此在處理數值資料上也比 ID3 具有彈性[20, 21]。

3、研究材料

本研究採取回溯性研究(Retrospective study)的方式進行，自南部某醫學中心在 92 年 1 月至 94 年 7 月的健保申報資料中，取出其登錄的全民健康保險資料的手術碼為 74002B、術式為闌尾切除術(appendectomy)的病患案例為主要的資料。

本研究共收集得 716 筆有效案例。利用文獻探討與專家意見訪問，本研究為每一個案例收集得十一項描述變數，其中包括年齡、性別、C-反應蛋白的三項變數

以及 Alvarado 計分系統所使用的八項變數。

表二、716 筆闌尾切除案例的敘述性統計

變數	資料統計特徵
年齡	平均 35.62 歲，最小值=3 歲； 最大值=87 歲
性別	女性=302 位；男性=414 位
C-反應蛋白	平均 47.57mg/L，最小值=0.2 mg/L； 最大值=243.1mg/L
體溫	平均 36.97 °C，最小值=35 °C； 最大值=40.5 °C
白血球數值	平均 13459.22 顆/u，最小值=1300 顆/u； 最大值=37800 顆/u
分葉狀嗜中性球	平均 79.73%，最小值=15%； 最大值=99%
轉移性腹痛	是：238 位，否：478 位
食慾不振	是：213 位，否：430 位， 其他案例則遺漏未記錄
噁心或嘔吐	是：250 位，否：466 位
右下腹壓痛	是：690 位，否：26 位
反彈痛	是：483 位，否：233 位
體溫升高	是：190 位，否：526 位
白血球數目升高	是：572 位，否：144 位
白血球分化左移	是：526 位，否：190 位
病理報告(闌尾炎)	是：582 位，否：134 位

本研究所收集的十一項個案描述變數為：年齡、性別、C-反應蛋白、體溫、白血球數值、分葉狀嗜中性球在白血球中所佔比率、是否有轉移性腹痛、是否食慾不振、是否有噁心或嘔吐現象、是否有右下腹壓痛、是否有反彈痛。由於 Alvarado 計分系統需要：體溫是否升高、白血球數目是否升高、以及白血球分化是否左移等三項二元變數，因此這三項變數將利用體溫、白血球數值、分葉狀嗜中性球在白血球中所佔比率等三項變數推導得之。含有所收集的十一項描述變數、三項推導出的 Alvarado 計分中的二元變數、以及每一個案例的病理報告等共十五項變數在 716 筆個案上的敘述性統計將如表二所示。

4、實證評估方式及評估結果

本研究將採用資料探勘工具軟體 Weka 作為分類預測模式建構與效能測試的工作平台[26]，利用 Weka 中的 C4.5 決策樹模組闌尾炎診斷的輔助模式。本研究將使用十摺交叉驗證法，進行分類模式的效能評估。重複進行十次的實證實驗，讓每一份子集都能輪流作為測試資料。本研究將以三次十摺交叉驗證，對於建構出的分類模式進行效能評估；利用這三十次的實驗所測

得的模式效能結果進行平均，用以代表實際分類模式的分類效能，進而藉以挑選出具有良好分類效能的模式。

本研究在建構急性闌尾炎預測模式之前，先把闌尾炎的案例標示為 Y 類別，而將非闌尾炎的案例標示為 N 類別，並且利用敏感性(Sensitivity)與專一性(Specificity)兩種分類效能衡量指標，衡量建構得的模式在不同類別上的分類效能。表三所示的分類結果矩陣(Confusion Table)中，TP(True Positive)代表被分類模式正確預測出得實際闌尾炎案例數目；TN(True Negative)代表被分類模式正確預測的非闌尾炎實際案例數目；FP(False Positive)則代表被分類模式誤認為闌尾炎的案例數；FN(False Negative)代表被分類模式誤認為非闌尾炎的案例數。敏感性(Sensitivity)與專一性(Specificity)衡量指標的計算方法為：敏感性的計算為 $Sensitivity = TP / (TP + FN)$ ，代表分類器能正確預測出闌尾炎案例的比率；專一性的計算為 $Specificity = TN / (TN + FP)$ ，代表分類器能正確預測出非闌尾炎案例的比率。

表三、分類結果矩陣(Confusion Table)

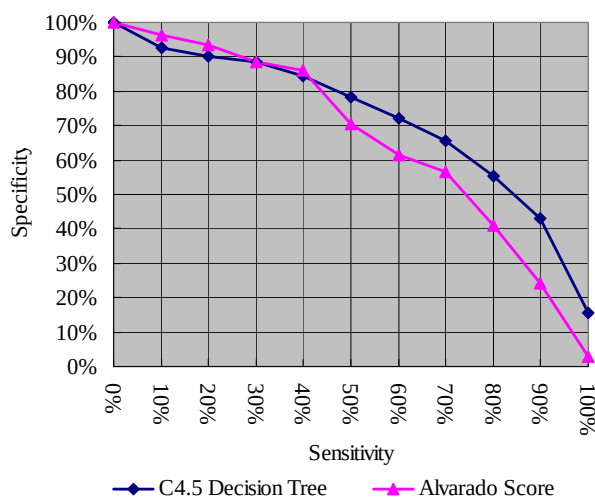
實際 \ 預測	闌尾炎(Y)	非闌尾炎(N)
闌尾炎(Y)	TP	FN
非闌尾炎(N)	FP	TN

為了完整地比較以 C4.5 決策樹演算法所建構出得闌尾炎預測模式與 Alvarado 計分系統間預測效能的差異，本研究採用 Yang 與 Pedersen(1997)評估不同預測模式效能時所使用的 11 點內插效能評估法。由於本研究著重於預防陰性闌尾炎情況的發生，因此得在同樣的比較基準下衡量 C4.5 模式與 Alvarado 計分法在非闌尾炎案例上的識別效能 Specificity 上的差異。本研究因而將兩種方法在闌尾炎案例的識別效能 Sensitivity 固定在 0%, 10%, 20%, ..., 100% 等 11 個效能基準值上，並以內插法的方式估計出兩種方法在這 11 個 Sensitivity 效能基準值上的 Specificity 效能表現。

由於 Alvarado 計分法僅使用了表二中的八項類別變數：是否有轉移性腹痛、是否食慾不振、是否有噁心或嘔吐現象、是否有右下腹壓痛、是否有反彈痛、體溫是否高於等於攝氏 37.5 度、白血球數目是否大於等於 10,000 顆/uL、白血球中的嗜中性球比率是否大於等

於 75%)，而本研究也收集得每個案例的體溫、白血球數目、白血球的嗜中性球比率的實際數值、以及年齡、性別及 C 反應蛋白等三個變數，因此本研究在將利用變數挑選實驗挑選出最佳的 C4.5 預測模式建構變數。根據變數挑選實驗的結果，本研究利用年齡、C 反應蛋白、體溫、白血球數目及嗜中性球比率等五項數值變數，以及性別、是否有轉移性腹痛、是否食慾不振、是否有噁心(嘔吐)現象、是否有右下腹壓痛、是否有反彈痛等六項類別變數，共十一項變數所建構出的 C4.5 模式具有最佳的 Specificity 效能。

利用 11 點內插效能評估法所進行的 C4.5 預測模式與 Alvarado 計分法在急性闌尾炎上的預測效能比較結果將如圖一所示。根據圖一的模式比較結果，在 40% 以下的各種 Sensitivity 效能基準門檻值上，Alvarado 計分法較 C4.5 模式具有稍佳的 Specificity 效能，但當兩種方法的 Sensitivity 效能被調整至 50% 以上的比較基準門檻值時，C4.5 模式則比 Alvarado 計分法具有更佳的 Specificity 效能。若將預測模式的 Sensitivity 標準設定在 80%，則 C4.5 模式仍具有約 55% 左右的 Specificity 效能；若將模式的 Sensitivity 標準降低為 70%，則 C4.5 模式則有約 65% 左右的 Specificity 效能。由於在臨床應用上，模式的 Sensitivity 效能至少需達到 70% 以上才能被接受。因此在這樣的條件下，C4.5 預測模式的確會比 Alvarado 計分法更具有 Specificity 效能，亦即 C4.5 預測模式對非闌尾炎案例有較準確的預測效能，以及具有較佳的陰性闌尾炎偵測效能。



圖一、C4.5 與 Alvarado 計分法的闌尾炎預測效能比較

5、結論

根據研究中的變數挑選實驗，本研究發現年齡、性別與 C 反應蛋白數值等三個變數的加入有助於提升預測模式的效能。由於模式在 Sensitivity 與 Specificity 效能間有互相取捨特性，因此本研究利用 11 點內插效能評估的方法，在 11 個固定的 Sensitivity 效能門檻值上比較不同模式間 Specificity 效能的差異，得以去除了不同效能間取捨所造成的模式效能比較困難。

由於年老病患與孩童病患對於病徵描述與症狀表現與常人有所差異，這也造成診斷的延遲，使得闌尾穿孔或破裂的機會增加；因此急性闌尾炎在年老病患與孩童病患身上則有高達百分之五的死亡率[14]。此外，婦科的急性症狀多與急性闌尾炎類似，因此對於處於適合懷孕年齡階段的女性患者而言，要給予正確急性闌尾炎診斷，對醫師而言更是一項挑戰。根據 Birnbaum 等學者(2000)的調查結果，在所有十到三十九歲間的女性闌尾切除術案例中，高達百分之四十七的案例屬於陰性闌尾切除的誤診案例[7]。據統計，屬於女性的陰性闌尾切除案例數約為男性案例數的兩倍[24]。因此在未來的研究應該就性別(男、女)、年紀(一般人、老年人與孩童)分別建構預測的模式，藉以提高預測模式的準確度，也可瞭解不同性別與年紀病人上應該利用那些變數有效地診斷急性闌尾炎。

本研究是利用回溯性的病理報告資料來取得，這些病例被醫師在術前診斷為急性闌尾炎而進行切除手術的案例。許多被正確診斷為非闌尾炎而未進行手術的案例並未被收錄在此次研究資料集，因此造成模式的預測效能較實際情況低。若能進行較完善的資料收集，將可讓模式效能評估的結果與實際狀況更為接近。

參考文獻

- [1] 丁一賢、陳牧言，資料探勘，頁 4-5，滄海，2005。
- [2] 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉及王慶堯，資料探勘，頁 5-1~5-39，旗標，2005。
- [3] Alvarado, A.(1986), A Practical Score for the early Diagnosis of Acute Appendicitis, Annals of Emergency Medicine, 15, pp.557-564.
- [4] Adams, I.D., Chan, M., Clifford, P.C., Cooke, W.M., Dallos, V., De Dombal, F.T., Edwards, M.H., Hancock, D.M., Hewett, D.J., McIntyre, N., Somerville, P.G., Spiegelhalter, D.J., Wellwood, J. and Wilson, D.H.(1986), Computer aided

- diagnosis of acute abdominal pain: a multicentre study, *British Medical Journal*, 293, pp.800-805.
- [5] Abdeldaim, Y., Mahmood, S. and Mc Avinchey, D.(2007), The Alvarado score as a tool for diagnosis of acute appendicitis, *Irish Medical Journal*, 101(1), p.342.
- [6] Bijnen, C.L., van den Broek, W.T., Bijnen, A.B., de Ruiter, P. and Gouma, D.J.(2003), Implications of Removing a Normal Appendix, *Digestive Surgery*, 20, pp.215-221.
- [7] Birnbaum, B. A. and Wilson, S.R.(2000), Appendicitis at the Millennium, *Radiology*, 215, pp.337-348.
- [8] Ditillo, M.F., Dziura, J.D. and Rabinovici, R.(2006), Is It Safe to Delay Appendectomy in Adults With Acute Appendicitis?, *Annals of Surgery*, 244, pp.656-660.
- [9] Flum, D.R. and Koepsell, T.(2002), The clinical and economic correlates of misdiagnosed appendicitis:nationwide analysis, *Archives of Surgery*, 137, pp.799-804.
- [10] Flum, D.R., McClure, T.D., Morris, A. and Koepsell, T.(2005), Misdiagnosis of Appendicitis and the Use of Diagnostic Imaging, *Journal of American College of Surgeons*, 201, pp.933-939.
- [11] Hardin, D.M.(1999), Acute Appendicitis: Review and Update, *American Family Physician*, 60, pp.2027-2034.
- [12] Horzic, M., Salamon, A., Kopljak, M., Skupnjak, M., Cupurdija, K. and Vanjak, D.(2005), Analysis of scores in diagnosis of acute appendicitis in women, *Collegium Antropologicum*, 29(1), pp.133-138.
- [13] Liang, M.K(2005), The Art and Science of Diagnosing Acute Appendicitis, *Southern Medical Journal*, 98, pp.1159-1160.
- [14] Liu, C.D. and McFadden D.W.(1997), Acute abdomen and appendix, Greenfield L.J, et al.,eds. *Surgery: scientific principles and practice*. 2nd ed. Philadelphia, Lippincott-Raven, pp.1246-1261.
- [15] Mathis, R.D., Chiumento, A.B., Yeh, B. and Dollieslager, N.(2005), An Outcome Study of the Use of Computed Tomography for the Diagnosis of Appendicitis in a Community-based Emergency Department, *Southern Medical Journal*, 98, pp.1169-1172.
- [16] Mun, S., Ernst, R.D., Chen, K., Oto, A., Shah, S. and Mileski, W. J.(2006), Rapid CT diagnosis of acute appendicitis with IV contrast material , *Emergency Radiology*, 12, pp.99-102.
- [17] Naoum, J. J.(2005), Do all Patients with Suspected Appendicitis Benefit from CT imaging in Community-based Emergency Departments?, *Southern Medical Journal*, 98, pp.1157.
- [18] Old, J. L., Dusing, R. W., Yap, W. and Dirks, J.(2005), Imaging for Suspected Appendicitis, *American Family Physician*, 71, pp. 71-78.
- [19] Pieper, R. , Kager, L. and Nasman P.(1982), Acute Appendicitis: A Clinical Study of 1018 Cases of Emergency Appendectomy, *Acta Chirurgica Scandinavica*, 148, pp.51-62.
- [20] Quinlan, J.R.(1986), Induction of Decision Trees, *Machine Learning*, 1, pp. 81-106.
- [21] Quinlan, J.R.(1993), C4.5: Programs for Machine Learning, Morgan Kaufmann, San Mateo, C.A., pp.1-16.
- [22] Rao, P. M., Rhea, J. T., Rattner, D. W., Venus, L. G. and Novelline, R. A.(1999), Introduction of Appendiceal CT-Impact on Negative Appendectomy and Appendiceal Perforation Rates, *Annals of Surgery*, 229, pp.344-349.
- [23] Schneider, C., Kharbanda, A. and Bachur, R.(2007), Evaluation Appendicitis Scoring Systems Using a Prospective Pediatric Cohort, *Annals of Emergency Medicine*, article in press.
- [24] Shelton, T., McKinlay, R. and Schwartz, R. W.(2003), Acute Appendicitis: Current Diagnosis and Treatment, *Current Surgery*, 60, pp.502-505.
- [25] Vadeboncoeur, T. F., Heister, R. R., Behling, C. A. and Guss, D. A.(2006), Impact of helical computed tomography on the rate of negative appendicitis, *American Journal of Emergency Medicine*, 24, pp.43-47.
- [26] <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/index.html>