

國立勤益科技大學
研發科技與資訊管理
研究所碩士班

碩士論文

應用六標準差方法提升國小學
童體適能之研究



研究生：蘇銘祥

指導教授：陳坤盛博士
董俊良博士

中華民國 101 年 06 月 19 日

應用六標準差方法提升國小學童體適能之研究

A Study on application of Six Sigma methods to enhance the physical
fitness of elementary school students

研究生：蘇銘祥

指導教授：陳坤盛博士、董俊良博士

Student : Su, Ming-Hsiang

Advisors : Dr. Chen, kun-cheng Dr. Tung, Chun-Liang

國立勤益科技大學

研發科技與資訊管理研究所碩士班

碩士論文

A Thesis Submitted to Department of Institute of Innovation Technology
and Information Management

National Chin-Yi University of Technology

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

in

Innovation Technology and Information Management

June 19, 2012

Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國 101 年 06 月 19 日

國立勤益科技大學
研究所碩士班
論文口試委員會審定書

本校 研發科技與資訊管理研究所碩士班 蘇銘祥 君
所提論文 應用六標準差方法提升國小學童體適能之研究
合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

論文口試委員會：

召集人：王請欣

委員：葉坤盛
臺俊良

指導教授：葉坤盛 臺俊良

所長：蔡嘉彥

中華民國一〇一一年六月

應用六標準差方法提升國小學童體適能之研究

學生：蘇銘祥

指導教授： 陳坤盛博士
董俊良博士

國立勤益科技大學研發科技與資訊管理研究所碩士班

摘要

因科技發達加上家庭生活品質提高，導致學童營養過盛，同時過度仰賴現代科技造成學童運動不足與體適能下降的情形，影響學生學習和生活品質。為讓學童在求學中建立良好體適能，擁有理想的健康與生活，成為國內教育單位及家庭等重視的焦點。本文以六標準差為工具，針對國小學童體適能進行評估與改善，並定義出體適能衡量標準。透過以心肺適能等 4 項動態體適能，定義出體適能衡量標準與靜態體適能指標發展一套評估模式；找出學童體適能不足的原因與改善對策，建立評估體適能分析圖(DPFIAC)與管制圖；將學童所有的分項動態體適能水準描繪於分析圖上，分析各分項動態體適是否達到要求的標準，並針對未達標準之學童體適能分析其原因與改善對策，發展體適能統計與管制圖模式，改善成效並持續進行管制。

A Study on application of Six Sigma methods to enhance the physical fitness of elementary school students

Student : Su,Ming-Hsiang

Advisors : Dr. Chen, kun-cheng
Dr. Tung, Chun-Liang

Department of Institute of Innovation Technology and Information Management
National Chin-Yi Institute of Technology

ABSTRACT

Because progressive science and improvement in quality of life made students to get excessive nutrition. At the same time, the students' learning and life quality and lack of exercise and the decrease in physical fitness for students are affected by over relying on modern technology. Educational institutions and families should pay much attention to make students have good physical fitness and ideal health and life. This research aims to apply six sigma to evaluate and improve physical fitness of students in elementary school and define evaluation standard of physical fitness. To begin with, we dopt four dynamic physical fitness to define evaluation standard of physical fitness and static body fitness indicators to develop a evaluation model. Then we find out the reasons why students lack physical fitness and improving methods. The physical fitness analysis chart and control chart are built. We draw all standards of students' physical fitness items on analysis chart and analyze the standard of each physical fitness item whether is reached or not. Finally, based on the analysis results, the physsical fitness of students can be improved.

誌 謝

首先誠摯的感謝指導教授陳坤盛博士及董俊良博士，在老師悉心的教導使我從論文領域起點，得以一窺學術領域的深奧，在老師百忙之中，不時指點我正確的學習方向，使我在短短這些年中獲益匪淺。老師對學問的嚴謹更是我學習的典範，從一堂課中到另外一堂中不斷獲得知識，開啟智慧的殿堂。

本論文的完成另外亦得感謝王靖欣老師大力協助，因為有你的體諒及幫忙，使得本論文能夠更完整而嚴謹，也感念老師對學生數學上的指導，能解破千千結以登大堂之殿。

這兩年當中的同窗同學，在一起的學習下，研究所的課程因為松佑、啟華、安湘、威豪、義翔，有你們的課堂更顯得多姿多彩，讓我參與其中也與有榮焉，學習歷程中夾雜著歡笑與知識之間的切磋。在勤益科技大學的大樹下，遇到許多擁有大智慧的老師們，一場場演講下不同學長姐的分享，開拓我不同的視野，多面向的觀察，畢竟學也無涯，能多了解大千世界中的一角，也不罔此生。

最後，感謝學校的同仁尤其是麗蘭姐，在人生中失去方向時，能給予指點迷津，是我生命中重要的貴人。謝謝家中的內人，能夠體諒與包容，讓我在職場與家庭之間，抽出時間回到校園重新學習，填滿新的能量再度出發。也謝謝默默支持我的父母，謹將這一篇論文獻給所有幫助我的人。



目 錄

中文摘要	-----	i
英文摘要	-----	ii
誌謝	-----	iii
目錄	-----	iv
表目錄	-----	v
圖目錄	-----	vi
符號說明	-----	vii
一、	緒論-----	1
二、	定義-----	2
三、	衡量-----	6
3.1	動態體適能衡量指標-----	6
3.2	程式化衡量指標-----	10
四、	分析與改善-----	12
4.1	分析與改善對策-----	12
4.2	學童體適能改善能力的評量方法-----	15
五、	控制-----	19
5.1	動態體適能指標管制圖-----	19
5.2	程式化動態指標管制圖-----	21
六、	結論-----	22
參考文獻	-----	23
附錄	-----	27

表目錄

表 1	動態總指標值與分項動態體適能指標值之品質水準表-----	9
表 2	各種 n 值所對應的常數項 b_f 值表-----	17
表 3	m 個觀測組及樣本大小為 n -----	20



圖目錄

圖 1	動態型體適能指標圖(DPFIAC)-----	7
圖 2	國小學童動態體適能指標分析圖(DPFIAC)-----	10
圖 3	體適能程式化輸入操作圖-----	11
圖 4	學童動態體適能指標分析圖-----	11
圖 5	體適能不足因素魚骨圖-----	12
圖 6	C_I 動態體適能指標管制圖-----	21
圖 7	C_I 程式化管制圖-----	21



符號說明

- μ_y : arithmetic mean
- σ_y : standard deviation
- Φ : normal distribution
- Γ : gaussian function
- Π : direct product



一、緒論

近年來由於社會科技發達與人們生活飲食型態改變，使得國小學童的態趨於肥胖，造成學童體能有明顯下降的趨勢，所以國內教育部及教育單位特別注重體適能 (Physical fitness) 的提升與研究，且研究的重心點逐漸由 Performance physical fitness 移向 Health related physical fitness，主要原因在於人們過度仰賴現代科技而學童導致許多運動不足的症狀，這些症狀造成各國醫療的龐大支出，影響學生的學習和生活品質。為了讓學童在求學過程中建立良好的體能，擁有理想的健康與生活，是教育機構、教育工作者、體育、醫療、家庭等單位重視的焦點。

體適能(Physical Fitness)為身體適應生活、運動與環境（例如；溫度、氣候變化或病毒等因素）的綜合能力。體適能較好的人在日常生活、工作或學習中，從事體力性活動或運動皆有較佳的活力及適應能力，而不會輕易產生疲勞或力不從心的感覺。目前台灣地區推動學生體適能，除了參考美國軍隊的體適能標準模式，同時也建立健康標準，希望借由體適能讓人民做好健康管理，亦可改善醫療體系在健保上的支出。

根據 Corbin 與 Pangrazi (2001) 指出，過去數十年來，各方面對體適能 (physical fitness) 定義的意見不一，直至 1996 年美國 (U.S. Department of Health and Human Services, 1996) 的一份報告《Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General》發表後，才逐漸對體適能有了共識。整體來說，許多國家對於體適能指標的擬定不外乎身體組成、柔軟度、肌肉適能、心肺適能、敏捷性、速度、平衡感和瞬發力等部分。臺灣教育部參考這七個項目，擬定**心肺適能、肌肉適能、爆發力適能、柔軟度和 BMI 值**來做為衡量學童的 5 個體適能指標。其中**身體適能指標 (I_{BMI})**是由受測學童的身高與體重的比率換算而來，事實上身高與體重為學童現況的呈現，因此屬靜態的評估，本文稱為靜態指標(Static Index; SI)。除此之外，**心肺適能指標 (I_{CE})、肌肉適能指標 (I_{ME})、爆發力適能指標 (I_{MS})、柔軟度指標 (I_{FB})**等 4 個指標都是學童本身體適能的動態表現，藉由這 4 種體適能的活動訓練可以提高學童的體適能表現，亦有助於**身體適能指標 (I_{BMI})**的提升，因此它屬於動態的評估，本文稱為動態指標(Dynamical Index; DI)。

此外，在衡量體適能的工具方面，市面上有許多體適能測量的工具已發展成熟並電腦化，而在管理體適能績效方面目前並沒有具體有效的方法。根據 Peter (2000), Ham and Lee(2002), Chen et al. (2006b)與 Wang et al. (2011)均指出，由於六標準差是運用品管手法或統計工具，嚴謹、有系統地分析並解決問題，可以確保產品品質及服務績效能達到顧客期望或增加財務效益，因此許多企業如美國奇異公司、Motorola、SONY、IBM、Nokia 與其他美洲、歐洲、亞洲國際大企業為了使企業更有競爭力，期使企業得以永續經營，因此紛紛導入此六標準差改善手法以降低成本,確保產品及服務品質；同時也有許多學者例如 Caulcutt (2001), Chen et al. (2005), Chen et al. (2007), Chen et al. (2009)與 Huang et al. (2010)等人皆應用 Michael(2002)所提之六標準差品質改善步驟流程：定義(Define)、衡量 (Measure)、分析 (Analyze)、改善 (Improve)與控制 (Control)，成功地應用在各種產業，均獲得顯著的績效。

因此，本研究將應用 Michael(2002)所提之六標準差 DMAIC 流程，提升國小學童的體適能。首先，本研究以前述所提心肺適能等 4 項動態體適能定義出體適能衡量標準，接著透過動態與靜態體適能指標發展一套可以評估學童體適能之評估模式與體適能分析，可以將學童所有的各項動態體適能水準描繪於分析圖上，分析各分項動態體適是否達到要求的標準，並針對未達標準之學童體適能分析其原因與改善對策，最後發展體適能統計檢定與管制圖模式，評估學童體適能改善成效並持續進行管制。希望藉由本研究發展之學童體適能改善流程，可以清楚分析現有學童體適能狀況，協助學校單位持續提升學童的體適能水準。

二、定義

體適能(Physical Fitness)為身體適應生活、運動與環境（例如；溫度、氣候變化或病毒等因素）的綜合能力。Lin (1997)曾指出，體適能即「身體的適應能力」，是心臟、血管、肺臟與肌肉效率運作的能力，是指完成每日的活動而不致過度疲勞，且尚有足夠體能應付緊急狀況的能力。Cheuk (1996)也指出，學校裡是以學生為對象，優先強調的是健康體適能(health-related physicalfitness)，包括心肺適能、肌肉適能、柔軟度和身體組成等四部分，其目的是為了避免疾病的侵襲，並更健康的生活，並能在課業之餘，有能力享受生活樂趣，進而提昇生活品質。

根據 Corbin 與 Pangrazi (2001) 指出，過往數十年來，各方面對體適能 (physical fitness) 定義的意見不一，直至 1996 年美國 (U.S. Department of Health and Human Services, 1996) 的一份報告《Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General》定義體適能為“一組人類與生俱來或後天獲得，與身體活動能力相關的特質”後，才續漸有了共識。

雖然每個人對於體適能的定義及範籌或許有些差異，但綜合以敘述的主要內容，學生體適能主要包括柔軟性、敏捷、靜態肌力、動態肌力、爆發力、速度反耐力等七個項目(AAHPERD 美國，衛生，體育，康樂及舞蹈聯盟, 1976)，臺灣教育部參考這七個項目，擬定**心肺適能**、**肌肉適能**、**爆發力適能**、**柔軟度**和 **BMI 值**來做為衡量學童的 5 個體適能指標。接著本文將訂定這 5 個衡量指標如下：

心肺適能(Cardio respiratory Endurance)：

心肺適能是以國小學童在完成 800 公尺跑走所花費的時間來做為評估的依據，測量的成績是以「秒」為單位，完成的秒數愈小表示其心肺適能愈佳。假設某國小學童完成此檢測的時間為 X 秒，則很顯然的 X 為一隨機變數。根據教育部針對心肺適能標準常模的建立概念，每個年齡層均訂定一個完成的時間上限 U_{CE} ，當完成此檢測的時間小於此上限值($X \leq U_{CE}$)，代表此學童的心肺適能是合格的。舉例而言，某國小 5 年級的 11 歲男童，在某次測驗中跑完 800 公尺，共花費 298 秒($X=298$)，由於其完成的時間小於常模的時間上限值 334 秒($U_{CE}=334$ 秒)，代表其心肺適能是合格的。根據以上敘述，就品質管理的角度而言，心肺適能屬**望小型**品質特性。接著為了**心肺適能**指標(I_{CE})的訂定，本文令 $Y = X / U_{CE}$ ，則不管任何年齡層其完成時間的上限均轉變為 1，因此只要根據檢測結果所轉換的 Y 值，即可直接判斷學生的心肺適能狀態，當 Y 值小於或等於 1 時，表示其心肺適能佳，反之當 Y 值大於 1 時，代表其心肺適能不佳。

肌肉適能 (Muscular endurance)：

肌肉適能主要是以國小學童在 1 分鐘內完成屈膝仰臥起坐的次數來做為評估的依據，測量的成績是以「次數」為單位，在 1 分鐘內完成的次數愈多，代表其肌肉適能愈佳。假設某國小學童在 1 分鐘內完成屈膝仰臥起坐的次數為 X 次，則很顯然的 X 為一隨機變數。根據教育部針對肌肉適能所建立的標準常模，每個年

齡層均訂定一個完成次數下限 L_{ME} ，當國小學童在 1 分鐘內完成屈膝仰臥起坐的次數大於此下限值時($X \geq L_{ME}$)，代表此學童的肌肉適能是合格的。舉例而言，在某次測驗中，某國小 5 年級的 11 歲女童，在 1 分鐘內完成屈膝仰臥起坐共 21 次($X = 21$)，由於其達成的次數大於常模的次數下限值 19 次($L_{ME} = 19$)，因此代表此學童的肌肉適能是合格的。根據以上敘述，就品質管理的角度而言，肌肉適能屬望大型品質特性。接著為了肌肉適能指標(I_{ME})的訂定，本文令 $Y = X / L_{ME}$ ，則不管任何年齡層其達成次數的下限均轉變為 1，因此只要根據檢測結果所轉換的 Y 值即可直接判斷學生的肌肉適能狀態，當 Y 值大於或等於 1 時，表示其肌肉適能較佳，反之當 Y 值小於 1 時，代表其肌肉適能不佳。

爆發力適能 (Muscle strength)：

爆發力適能主要以國小學童原地雙腳立定跳遠所跳距離來測量大腿肌肉爆發力適能，測量成績以「公分」為單位，所跳的距離愈大其肌肉爆發力也就愈佳。假設某國小學童完成此檢測的距離為 X ，則很顯然的 X 為一隨機變數，根據教育部針對爆發力適能的標準常模建立，每個年齡層均訂定一個完成距離下限 L_{MS} ，當完成此檢測的結果大於此下限值($X \geq L_{MS}$)，代表此學童的爆發力適能是合格的。舉例而言，某國小 6 年級的 12 歲男童，在某次測驗中做完原地雙腳立定跳遠，所跳成績為 150 公分($X = 150$)，由於其達成的距離大於常模的下限值 142 公分($L_{MS} = 142$)，因此代表此學童的爆發力適能是合格的。根據以上敘述，就品質管理的角度而言，爆發力適能屬望大型品質特性。接著為了爆發力適能指標(I_{MS})的訂定，本文令 $Y = X / L_{ME}$ ，則不管任何年齡層其達成距離的下限均轉變為 1，因此只要根據檢測結果所轉化的 Y 值即可判斷學生的爆發力適能狀態，當 Y 值大於或等於 1 時，表示其爆發力適能較佳，反之當 Y 值小於 1 時，代表其爆發力適能不佳。

柔軟度 (Flexibility)：

柔軟度表示國小學童坐姿體前彎方式測量腿部、手部與下背關節可動肌肉組織的伸展最大長度做為測量身體柔軟度指標，測量成績以「公分」為單位，測量長度愈長其柔軟度也愈佳。假設某國小學童完成此檢測的伸展距離為 X ，則很顯然的 X 為一隨機變數，根據教育部針對柔軟度的標準常模建立，每個年齡層均訂定一個完成距離下限 LF ，當完成此檢測的結果大於此下限值($X \geq LF$)，代表此學童的柔軟度適能是合格的。舉例而言，某國小 6 年級的 12 歲女童，在某次測驗中做完坐姿體前彎測驗，所得到的成績為 24 公分($X = 24$)，由於其完成的距離大於常模的

下限值 20 公分($LF = 20$)，因此代表此學童的柔軟度是合格的。根據以上面所述敘，就品質管理的角度而言，柔軟度屬**望大型**品質特性。接著為了柔軟度指標(I_{FB})的訂定，本文令 $Y=X/LF$ ，則不管任何年齡層其達成距離的下限均轉變為 1，因此只要根據檢測結果所轉化的 Y 值即可判斷學生的柔軟度狀態，當 Y 值大於或等於 1 時，表示其柔軟度較佳，反之當 Y 值小於 1 時，代表其柔軟度不佳。

BMI 值 (Body composition) :

國小學童檢測身高、體重之比率換算成身體質量指數 (BMI) 來推估個人之身體組成測量 BMI 值，測量身高的單位為公尺及體重的單位為公斤，即 BMI 如右： $BMI = \text{體重}(\text{kgw})/\text{身高}^2(\text{m})$ 。 BMI 指數過高表示過度肥胖；太小表示太瘦弱。因此 BMI 值太大或太小均表示學童的健康狀況較為不佳，因此 BMI 值必須適中，因此臺灣教育部針對學童的 BMI 值也建立了一個 BMI 值常模，針對每個年齡層均規範了適中 BMI 值的區間(L_{BMI} , U_{BMI})，假設某國小學童測量到的 BMI 值為 X ，則當 $L_{BMI} \leq X \leq U_{BMI}$ ，表示此學童的 BMI 值是正常的，當 $X > U_{BMI}$ 表示此學童的 BMI 值過大，是不正常的；反之，當 $X < L_{BMI}$ 表示此學童的 BMI 值過小，也是不正常的。接著為了指標的訂定，本文令 $Y = (x - m)/d$ ，其中 $m = (L_{BMI} + U_{BMI})/2$ ，且 $d = (U_{BMI} - L_{BMI})/2$ ，經過此變數變，則 BMI 值所對應的適中 Y 值的區間為 $[-1, 1]$ ，也就是說，當 Y 值趨近於 0 時，代表此學童的 BMI 值愈佳，比 0 大愈多或愈少代表此學童 BMI 值愈不正常。

三、衡量

3.1 動態體適能衡量指標

如前所述，體適能指標包含**心肺適能指標**(I_{CE})、**肌肉適能指標**(I_{ME})、**爆發力適能指標**(I_{MS})、**柔軟度指標**(I_{FB})與**身體質量指數**指標(I_{BMI})等5個指標，其中**身體質量指數**(I_{BMI})是由受測學童的身高與體重的比率換算而來，事實上身高與體重為學童現況的呈現，因此屬靜態的評估，本文稱為**靜態指標**(Statical Index; SI)。除此之外，**心肺適能指標**(I_{CE})、**肌肉適能指標**(I_{ME})、**爆發力適能指標**(I_{MS})、**柔軟度指標**(I_{FB})等4個指標都是學童本身體適能的動態表現，藉由這4種體適能的活動訓練可以提高學童的體適能表現，因此它屬於動態的評估，本文稱為**動態指標**(Dynamical Index; DI)。藉由增加前述4個動態體適能的活動，除了可以增加4個動態指標，亦可增加身體質量指數指標(I_{BMI})，因此本文結合4個動態指標與1個靜態指標發展體適能指標評估模式，可有效衡量學童體適能狀況。

動態指標(DI)中的**心肺適能指標**(I_{CE})屬望小型品質特性，而**肌肉適能指標**(I_{ME})、**爆發力適能指標**(I_{MS})及**柔軟度指標**(I_{FB})屬望大型品質特性，因此本文將定義這4個體適能指標如下：

$$I_j = \begin{cases} \frac{1-\mu_y}{\sigma_y}, & j \in \{ CE \} \\ \frac{\mu_y-1}{\sigma_y}, & j \in \{ ME, MS, FB \} \end{cases} \quad (1)$$

其中 μ_y 是隨機變數 Y 的平均數，而 σ_y 是隨機變數 Y 的標準差。隨機變數 $Y=X/U_j$ ， $j \in \{ CE, ME, MS, FB \}$ ，經過此標準化的概念，如此便能將體適能指標中的動態指標(DI)指標值，經由標準化後轉變為(-1, 0, 1)，可以在相同的衡量基礎下進行比較，只要根據檢測結果所轉化的 Y 值即可判斷學生的體適能狀態。首先，當望小型特性之**心肺適能指標**(I_{CE})的期望值為 C 時，則：

$$I_{CE} = \frac{1-\mu_y}{\sigma_y} = C \Rightarrow \mu_y + C\sigma_y = 1 \quad (2)$$

其中當 $\sigma_y = 0$ 時，則 $\mu_y = 1$ ，而當 $\mu_y = 0$ 時，則 $\sigma_y = 1/C$ ；同理，當望大型特性之**肌肉適能指標**(I_{ME})、**爆發力適能指標**(I_{MS})及**柔軟度指標**(I_{FB})期望值為 C 時，則：

$$I_j = \frac{\mu_y - 1}{\sigma_y} = C \Rightarrow \mu_y - C\sigma_y = 1 \quad (3)$$

其中 $j \in \{ME, MS, FB\}$ ，當 $\sigma_y = 0$ 時，則 $\mu_y = 1$ ，而當 $\mu_y = 2$ 時，則 $\sigma_y = 1/C$ 。因此，根據上述的概念，我們將以 μ_y 為橫座標，以 σ_y 為縱座標，本文則根據方程式(2)與(3)，建構一個動態型體適能指標圖(DPFIAC)，如圖 1 所示。

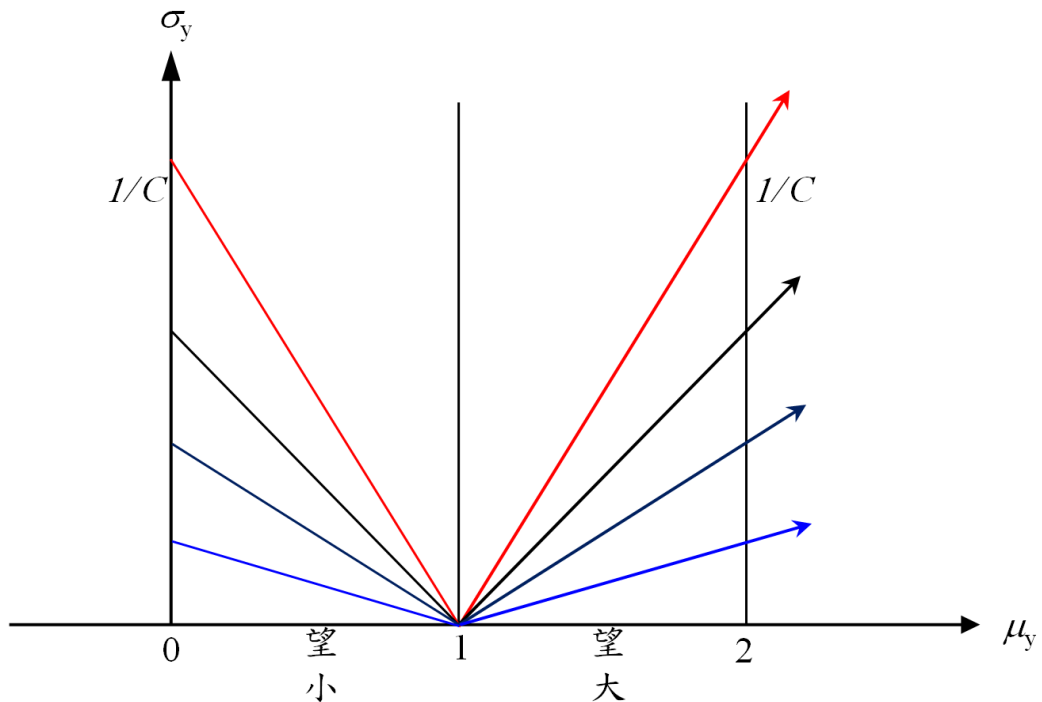


圖 1 動態型體適能指標圖(DPFIAC)

很顯然的，每一個座標 $(\mu_{y_j}, \sigma_{y_j})$ 都代表一個動態指標(DI)，只要將每個座標點描繪於分析圖上，即可根據其位置而判斷每一個體適能動態指標(DI)的狀況。事實上，體適能指標中的動態指標(DI)，包含心肺適能指標(I_{CE})、肌肉適能指標(I_{ME})、爆發力適能指標(I_{MS})及柔軟度指標(I_{FB})與提升比率有一對一的關係；很顯然的，當 $I_j = C$ 時，令：

$$P_j = \Phi(I_j) \quad (4)$$

其中 $j \in \{CE, ME, MS, FB\}$ ， Φ 為標準常態分配， P_j 代表體適能提升比率。當體適能指標中的動態指標 DI 值(C)愈大時，則體適能提升比率愈高。由於體適能

指標中的各項動態指標(DI)彼此是獨立關係，所以整個**動態總指標**(I_T)與 4 個分項指標的關係式表示如下：

$$P = \prod_{j \in DI} P_j = \prod_{j \in DI} P(\Phi(I_j)), DI \in \{I_{CE}, I_{ME}, I_{MS}, I_{FB}\} \quad (5)$$

根據上述的關係式，本文定義一個可以反應體適能提升比率的**動態總指標**(I_T)，表示如下：

$$I_T = \Phi^{-1}[\Phi(I_{CE}) \times \Phi(I_{ME}) \times \Phi(I_{MS}) \times \Phi(I_{FB})] = \Phi^{-1} \left[\prod_{j \in DI} \Phi(I_j) \right] \quad (6)$$

接著根據(4)式，並將(5)式兩邊開根號、移項整理後，可以獲得體適能提升比率與整個**動態總指標**(I_T)的關係式如下所示：

$$P = \Phi(I_T) \quad (7)$$

很顯然地，當整個動態體適能總指標(I_T)愈高時，則體適能提升比率也愈高。由於體適能指標中的動態指標(DI)包含**心肺適能**指標(I_{CE})、**肌肉適能**指標(I_{ME})、**爆發力適能**指標(I_{MS})及**柔軟度**指標(I_{FB})等 4 個動態分項指標，根據 Huang and Chen (2002), Chen et al. (2006)與 Wang et al. (2011)的概念，若希望整個動態總指標(I_T)達到要求的水準，則動態指標(DI)中的每一個指標值必須比整個動態總指標(I_T)要高。假設整個**動態總指標**(I_T)要求為 $I_T = v$ 時，即：

$$I_T = \Phi^{-1} \left[\prod_{j \in DI} \Phi(I_j) \right] = v \quad (8)$$

若要求每一個動態指標值均相同且為 w 時，即根據(8)式可以推導出 w 值如下所示：

$$\begin{aligned} I_T &= \Phi^{-1} \left[\prod_{j \in DI} \Phi(w) \right] = v \\ \Rightarrow w &= \Phi^{-1} \left[\sqrt[4]{\Phi(v)} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

根據 Chen et al. (2006b) 與 Wang et al. (2011) 的研究中指出，Motorola Bill Smith 的六個標準差可以利用在品質控制上，動態指標值(DI)是一項我們需要控制合格的品質水準，因此品質水準是指製程標準 $\sigma = d/6$ 且容許製程偏移 1.5σ ，即 $\sigma_y = 1/6$ 且 $\mu_y = 0.25$ 。因此，當 4 個動態的體適能指標的水準達到 k 個標準差時，其指標可以表示如下：

$$I_j(k) = \frac{1-1.5/k}{1/k} = k - 1.5 \quad (10)$$

根據上式，6 個標準差所對應的動態總指標(I_T)值須大於 4.5，此時由於整個動態體適能總指標具有 4 個分項動態體適能指標，根據(9)式可換算出所對應的分項動態體適能指標 I_j 值為 $I_j = 4.79$ ，依此方法可分別計算出 5 個標準差、4 個標準差和 3 個標準差時各種品質水準所對應的 I_T 值與 I_j 值如表 1 所示。

表 1 動態總指標(I_T)值與分項動態體適能指標 I_j 值之品質水準表

品質水準	動態總指標 I_T 值	分項動態體適能指標 I_j 值
6 Sigma	$I_T = 4.50$	$I_j = 4.79$
5 Sigma	$I_T = 3.50$	$I_j = 3.85$
4 Sigma	$I_T = 2.50$	$I_j = 2.96$
3 Sigma	$I_T = 1.50$	$I_j = 2.12$

本文以台灣地區某國小學童體適能為例，品質要求適中且學童能達得到的能力為水準，若要求學童的體適能水準需達 3 個標準差，即要求 $I_T = 1.50$ ，而由於整個動態體適能總指標具有 4 個分項動態體適能指標，所以要求每一個分項動態體適能指標值 $I_j = 2.12$ ，接著以 μ_y 為橫座標，以 σ_y 為縱座標，劃出 $0 < \mu_y < 2$ ，且 $\sigma_y = 0.47$ 的動態型體適能指標分析圖(DPFIAC)，如圖 2 所示。自國小學童中取每一組樣本大小(Sample size) n 為 11，共截取 $m = 30$ 組，分別計算各分項動態體適能指標值的 μ_{y_j} 與 σ_{y_j} 值，並將每一個分項動態指標之座標點 $(\mu_{y_j}, \sigma_{y_j})$ 描繪於分析圖上，即可根據其位置而判斷每一個體適能動態指標(DI)的狀況。

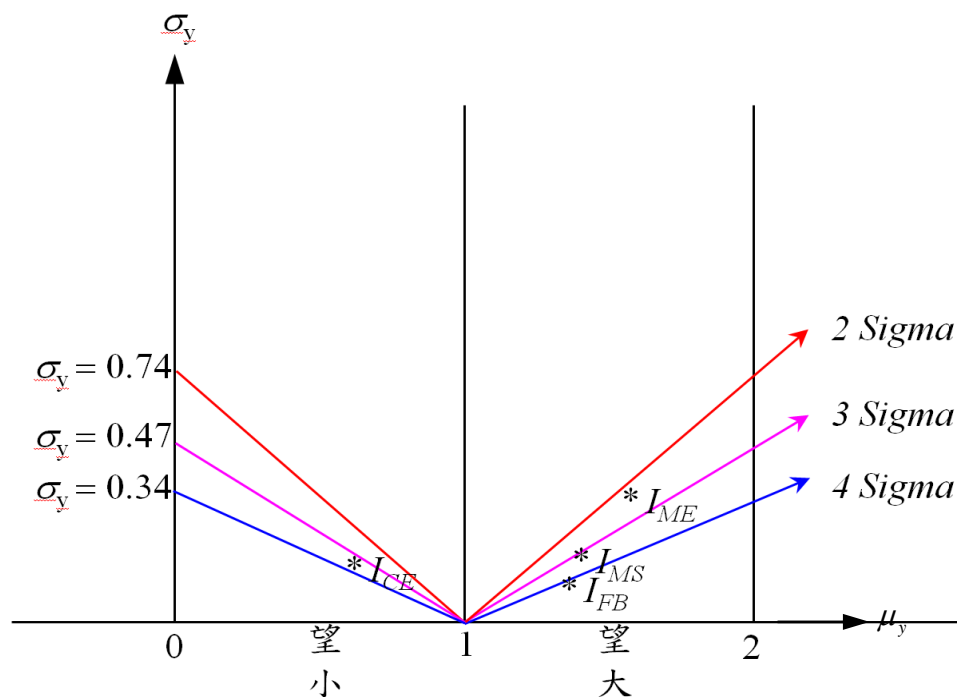


圖 2 國小學童動態體適能指標分析圖(DPFIAC)

根據圖 2 的國小學童分項動態體適能中，心肺適能指標(I_{CE})、肌肉適能指標(I_{ME})、爆發力適能指標(I_{MS})及柔軟度指標(I_{FB})均達到 3 個標準差的品質水準，僅肌肉適能指標(I_{ME})未達 3 個標準差的品質水準，接著本文選定肌肉適能指標為改善專案，進行分析並改善其學童肌肉適能不足的情形。

3.2 程式化衡量指標

因科技發展多朝資訊化電腦化管理，因此本研究將動態體適能六標準差，利用 EXCEL 建構單機操作方式管理，以便於教師或管理員在對體適能能快速管理。執行步驟說明如下：

步驟一：開啓六標準差程式，進入基本資料表，大量資料可以使用程式下拉方式，以快速輸入，多項單筆資料可以利用按鍵”體適能輸入”來鍵入資料，輸入完按下關閉按鈕。

A1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		姓名	性別	年齡	身高	體重	心肺適能	肌肉適能	爆發力	柔軟度	心肺適能指標(
2	體適能輸入		男	10			330	23	150	23	0.99697885
3			男	10			321	21	160	29	0.9697885
4							30	170	35	35	0.90634441
5							34	180	28		0.88217522
6											0.90030211
7											無資料
8											無資料
9											無資料
10											無資料
11											無資料
12											無資料
13											無資料
14											無資料
15											無資料
16											無資料
17											無資料
18											無資料
19											無資料
20											無資料
21											無資料

圖 3 體適能程式化輸入操作圖

步驟二：按下指標分析圖，就可以得到動態體適能六標準差分析圖，指標程式會隨時依資料改變數據，座標在 3 標準差以上範圍，代表該項分項指標沒有達到 3 標準差；反之，介 3 標準差與 4 標準差之間，代表已達到 3 標準差未達 4 標準差，以此類推，達 6 標準差以上，所代表體適能狀態愈好。

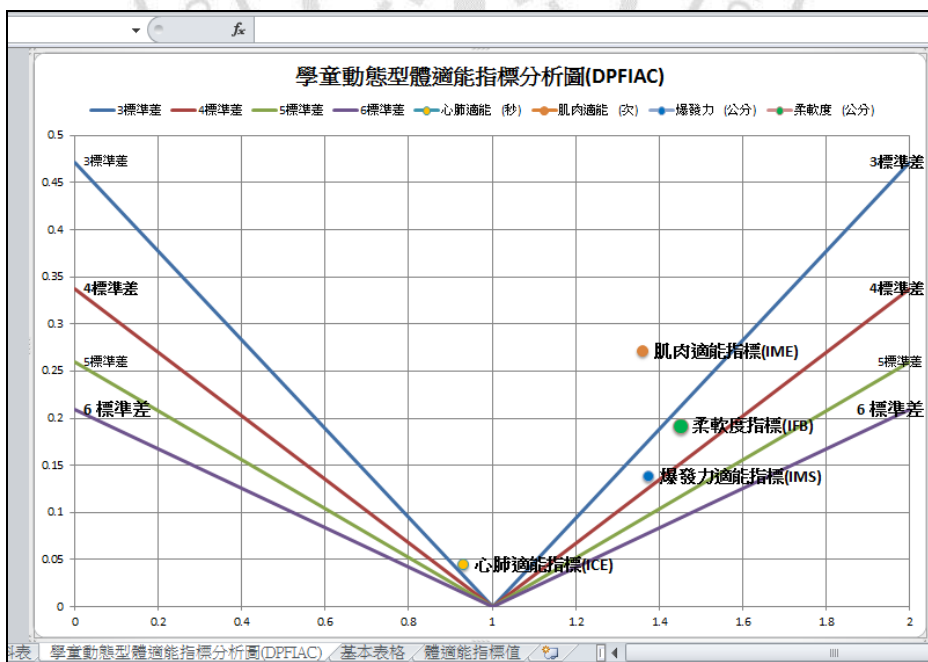


圖 4 學童動態體適能指標分析圖

四、分析與改善

4.1 分析與改善對策

承前述，學童肌肉適能指標明顯未達標準，因此本文接著針對學童肌肉適能進行專案分析與改善，由於影響學童肌肉適能的參數眾多，根據 Chen et al. (2005) 指出，分析的工具和方法有很多，其中日本東京大學石川馨教授在 1976 年提出的特性要因圖（魚骨圖），一直都是被使用來分析問題，Chen et al. (2006b) 與 Chen et al. (2008) 曾分別以特性要因圖(cause-and-effect diagram)分析 TFT-LCD 製程與公營機構服務績效不彰的原因，並加以改善，獲得很好的成效；因此本文將分析導致學童體適能不足因素。

本文根據教育部網站資訊、臺灣臺北體育大學運動生理學網站及國立台灣師範大學體育學系報告，健康中心人員討論歸納後，發現訓練方面、營養方面、運動風氣、學校教育等為造成學童肌肉適能的主要原因，因此，接著分別針對訓練方面、營養方面、運動風氣、學校教育等 4 方面來做分析，並提出相對應的解決方法，其過程如下所示：

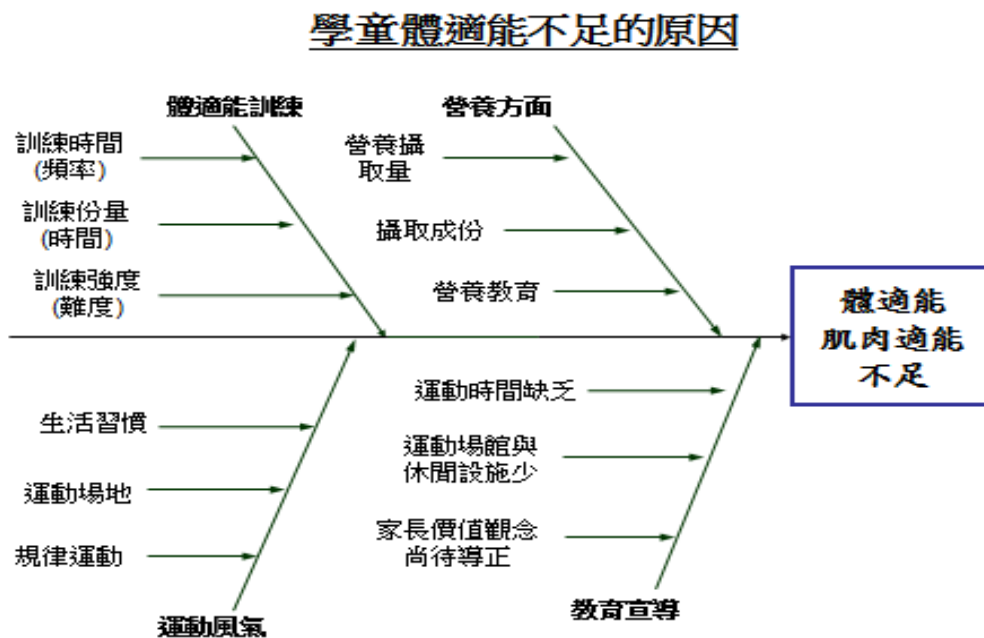


圖 5 體適能不足因素魚骨圖

根據前述特性要因圖之肌肉適能不足原因，本研究將依條列式方式進行分析主要原因與改善對策，分述如下：

(1) 在體適能訓練方面：

(a)主要原因：訓練時間(頻率)缺乏。

改善對策：

1. 以每週固定三天時間方式運動。
2. 配合六標準差體能動態指標選擇加強的項目。
3. 以當天身體狀況及生活工作量加上運動量不超過全日 2：1(即 16 小時)。

(b)主要原因：訓練份量(時間)不足

改善對策：

1. 以六標準差體能動態指標衡量分配時間量。
2. 依教育部體能規定項目處方規劃訓練強度。
3. 以健康三三三運動方式，最少運動要達 30 分鐘以上。

(c)主要原因：訓練強度(難度)不夠。

改善對策：

1. 以體能動態指標衡量，併教育部體適能網站的要求，設定強度及難度。
2. 分大小肌肉群的訓練，大肌肉群的訓練強度可以較長，小肌肉群的時間要平均分散。

(2) 在體適能營養方面：

(a)主要原因：營養攝取量過多。

改善對策：

1. 運動的產能可用 MET 這個指標來進行衡量。一般人在靜止狀態下，每小時每公斤體重約燃燒 1 卡(視瘦肌肉組織比例而定)，比例約為 1MET。
2. 依每人每天工作量來設定自己的每日三餐營養量能或卡路里。

(b)主要原因：營養攝取成份不均衡。

改善對策：

1. 日常生活中添加營養補充劑，可以幫助提升運動表現或健康狀況。
2. 食物中含微量合成代謝劑，幫助增加大肌肉族群生長。

(c)主要原因：營養教育不足。

改善對策：

1. 增加學校營養教育課程時間。
2. 建立親子家庭營養教育活動或辦理宣導、常態型刊物。
3. 利用飲食行為改變法，改變學童對食物的態度，少偏食並多方攝取營養。

(3) 在運動風氣方面：

(a)主要原因：無規律性運動。

改善對策：

1. 建立各層級運動活動培訓體制，培養職業選手為教練引導民眾參與。
2. 定期辦理縣市級或社區小型運動競賽，以增進民眾參與感。

(b)主要原因：運動場地不足。

改善對策：

1. 以減少的健保支出費用，增加或補助社區建造小型免費民眾運動場所。
2. 教育部補助校園改善運動場地及設備，從小培養民眾的體育概念。

(c)主要原因：生活習慣不良。

改善對策：

1. 配合社區、縣市運動競賽給予學生成績或升學加分。
2. 運用跨理論應用模式或行為改技術養成身體活動習慣。

(d)主要原因：運動社團缺少。

改善對策：

1. 獎勵成立社區或公家機關建立運動社團，以提升運動風氣。
2. 成立運動社團並達成體適能指標統計減少健保費用，以獎勵方式給予運動社團。

(4) 在學校教育宣導方面：

(a)主要原因：運動時間缺乏。

改善對策：

1. 增加學校體育課程時間。
2. 建立體育課外才藝社團。
3. 補助學校聘任體育專任教練。

(b)主要原因：學校運動場館與休閒設施少

改善對策：

1. 協助中小學分區建立對外開放或班級少的學校共用體育設施。
2. 建立分區獨立使用游泳池。
3. 在週六日以公辦民營方式辦理對外開放。

(c)主要原因：家長價值觀念尚待導正

改善對策：

1. 家長專家座談會或由家長會推動運動體能。
2. 獎勵體育專才家長進入校園演講或辦理課間才藝活動。
3. 獎勵以健保制度少使用者可以免費兌換體育健身設備時數。

4.2 學童體適能改善能力的評量方法

如前所述，本研究透過特性要因圖分析國小學童肌肉適能不足的原因，同時提出相對應的改善對策，接著我們將進行驗證實驗，以驗證國小學童肌肉適能是否有顯著的提升。由於整個動態總指標(I_T)與學童體適能改善能力的比率 p 有一對一的數學關係，所以當整個動態總指標(I_T)值為 c 時 ($I_T = c$)，並不能保證各分項動態體適能指標值亦為 c ($I_j = c$)。但是若所有各分項動態體適能指標值皆為 c 時，則整個動態總指標(I_T)值也會等於 c 。

根據 Cheng (1994 - 1995)指出，由於研究母體的參數是未知的，所以必需藉由樣本才能得到評估指標的估計值。同時因為抽樣具有誤差，所以若是僅以指標估計值來判斷學童動態體適能指標是否達到要求的水準是不客觀的。而統計的檢定方法是評估學童體適能指標的客觀方法之一，所以我們可以根據統計檢定的方法來評估每一個分項動態體適能指標值是否達到要求的水準。

依據上面的敘述，在實務上可以只要求每一個分項動態體適能指標值為 c 時，即可保證整個動態體適能指標值也會等於 c ，因此只要檢定每一個分項動態體適能指標值是否大於或等於 c ，就可以判定整個動態體適能指標值是否大於或等於 c ，其檢定的假設可以表示如下：

$$H_0: I_j \geq c$$

$$H_1: I_j < c$$

由於每一個分項動態體適能指標 I_j 自然估計計式 \tilde{I}_j 的期望值等於 $(b_f)^{-1} \times I_j$ ，因此很顯然的指標 I_j 是一個有偏估計式。這個有偏的自然估計式可以表示如下：

$$\tilde{I}_j = \begin{cases} \frac{1 - \hat{\mu}_y}{\hat{\sigma}_y}, & j \in \{ CE \} \\ \frac{\hat{\mu}_y - 1}{\hat{\sigma}_y}, & j \in \{ ME, MS, FB \} \end{cases} \quad (11)$$

其中 $\hat{\mu}_y$ 是 Y 值平均數，而 $\hat{\sigma}_y$ 是 Y 值的標準差。而調整有偏估計式為不偏估計式的常數項 b_f 可以表示如下：

$$b_f = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \times \left(\frac{\Gamma[(n-1)/2]}{\Gamma[(n-2)/2]} \right), \quad n > 2 \quad (12)$$

很顯然得只要乘上 b_f 值，就可以得到 I_j 的不偏估計式，如下所示：

$$\hat{I}_j = (b_f) \times \tilde{I}_j \quad (13)$$

事實上 I_j 之不偏估計式 \hat{I}_j 只是充分完備統計量 $(\hat{\mu}_y, (\hat{\sigma}_y)^2)$ 的函數，因此在常態的假設下 \hat{I}_j 是 I_j 的最佳估計式 (Minimum Variance Unbiased Estimator (UMVUE))。由於 $(\sqrt{n}/b_n)\hat{I}_j$ 的分配為具有自由度為 $n-1$ 的非中心化 t 分配 (non-central t -distribution)，其非中心化參數 (non-central parameter) 為 $\delta = \sqrt{n}I_j$ ，可以記做 $t'_{n-1}(\delta)$ 。接下來我們可以推導出 \hat{I}_j 的最佳估計式的變異數與機率密度函數如下：(相關證明如附錄)

$$\text{Var}(\hat{I}_j) = [(1/n) + (I_j)^2] - (I_j)^2 \quad (14)$$

$$f_{\hat{I}_j}(s) = \left(\frac{b_n^{-1} \times \sqrt{n} \times 2^{-(n/2)}}{\Gamma[(n-1)/2]} \right) \int_0^{\infty} t^{\frac{(n-2)}{2}} \exp\{-0.5[t + (\frac{\sqrt{nt}}{(n-1)b_n} \times s - \delta)^2]\} dt \quad (15)$$

其中 $x \in R$ ， R 為實數。為了方便最佳估計式 \hat{I}_j 的計算，表 2 為各種 n 值所對應的 b_f 值。

表 2 各種 n 值所對應的常數項 b_f 值表

n	b_f	n	b_f	n	b_f	n	b_f	n	b_f	N	b_f	n	b_f
5	0.798	40	0.981	75	0.990	110	0.993	145	0.995	180	0.996	215	0.996
10	0.914	45	0.983	80	0.990	115	0.993	150	0.995	185	0.996	220	0.997
15	0.945	50	0.985	85	0.991	120	0.994	155	0.995	190	0.996	225	0.997
20	0.960	55	0.986	90	0.992	125	0.994	160	0.995	195	0.996	230	0.997
25	0.968	60	0.987	95	0.992	130	0.994	165	0.995	200	0.996	235	0.997
30	0.974	65	0.988	100	0.992	135	0.994	170	0.996	205	0.996	240	0.997
35	0.978	70	0.989	105	0.993	140	0.995	175	0.996	210	0.996	245	0.997

接著以不偏估計式 \hat{I}_j 做為檢定統計量來評估各分項動態體適能指標值是否達到應有的水準，若由隨機樣本的觀察值計算而得到檢定統計量的值為 $\hat{I}_j = v_i$ ，則可以計算每一分項動態體適能指標之 p -value 如下所示：

$$\begin{aligned}
 pv_i &= P\{\hat{I}_j \geq v_i \mid I_j = c\} \\
 &= P\{(\sqrt{n}/b_f) \hat{I}_j \geq (\sqrt{n}/b_f)v_i \mid I_j = c\} \\
 &= P\{t_{n-1}(\delta = \sqrt{n}c) \geq (\sqrt{n}/b_f)v_i\}。
 \end{aligned} \tag{16}$$

接著以 p -value 做為分項動態體適能指標績效評估的工具，當品質特性之 p -value $> \alpha$ 時 (α 為顯著水準，通常設為 0.05)，則認為該分項動態體適能指標值未達要求水準，表示該分項動態體適能指標值需加以改善。此外，當每個分項動態體適能指標值之 p -value 均小於或等於 α 時，表示整個動態體適能指標值已達到要求。

為了方便管理者能夠方便的評估各分項動態體適能指標值以掌握改善的先機，本文提供一個簡單的評估程序對各分項動態體適能指標值作檢定，這個簡單的程序包括有六大步驟如下所示：

步驟一：根據學校要求來設定整個學童動態體適能指標的要求水準 c 值及樣本大小 n ，再依據上列所述每個分項動態體適能指標值為 c 即可保證整個動態體適能指標值也會等於 c ，因此可以以 c 值來設定虛無及對立假設如下列所示：

$$H_0: I_j \leq c$$

$$H_1: I_j > c$$

- 步驟二：選定顯著水準 α 值，因為動態體適能指標共有 4 個分項動態體適能指標，因此可以設定各分項動態體適能指標的個別風險為 $\alpha' = \alpha/4$ 。
- 步驟三：依隨機樣本的觀察值計算其樣本平均數 $\bar{X}_i = (\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij})/n$ 及樣本標準差 $S_i = ((n-1)^{-1} \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2)^{1/2}$ 、 Y 值的平均數 $\hat{\mu}_y$ 與 Y 值的標準差 $\hat{\sigma}_y$ 。
- 步驟四：根據樣本大小 n 查表 2 得到 b_f 值來計算檢定統計量的值為 $\hat{l}_j = v_i$ ，再根據 v_i 值計算 p -value (i)。
- 步驟五：將步驟三中所計算的 v_i 與 pv_i 值，並依下列原則來判定各分項動態體適能指標是否合乎規格的要求：
- (1). 若型號 i 之 p -value (i) $\leq \alpha'$ 時，則判定該分項動態體適能指標足夠。
 - (2). 若型號 i 之 p -value (i) $> \alpha'$ 時，則判定該分項動態體適能指標不足。
- 步驟六：管理者可以針對指標值不足的分項動態體適能進行改善活動，直到整個動態體適能的分項動態體適能指標之 p -value (i) $\leq \alpha'$ 時，表示所有分項動態體適能均已達到要求。

五、控制

5.1 動態體適能指標

本文將建立動態體適能 I_j 指標的管制圖以監控其分項動態體適能指標的水準。在建立動態體適能指標 I_j 的管制圖之前，首先本文將先探討 I_j 指標的估計量及其統計性質。如前一節所述， I_j 指標的最佳不偏估計 (uniformly minimum variance unbiased estimators, UMVUE) 定義如下所示：

$$\hat{I}_j = (b_f) \tilde{I}_j, \quad \tilde{I}_j = \begin{cases} \frac{1 - \hat{\mu}_y}{\hat{\sigma}_y}, & j \in \{ CE \} \\ \frac{\hat{\mu}_y - 1}{\hat{\sigma}_y}, & j \in \{ ME, MS, FB \} \end{cases} \quad (17)$$

在常態的假設之下， $\sqrt{n}\tilde{I}_j/b_f$ 服從 $t'_{n-1}(\delta)$ ，其中 $t'_{n-1}(\delta)$ 是一個自由度為 $n - 1$ 的非中心 t 分配，非中心參數為 $\delta = \sqrt{n}I_j$ 。動態分項體適能指標 I_j 的管制圖，首先我們令 $C_I = I_j$ 。接著本文將推導動態分項體適能，設定管制上限 (UCL) 為指標上限值、管制中心線 (CL) 為指標值與管制下限 (LCL) 為指標下限值如下所示：

$$P(LCL \leq t'_{n-1}(\delta) \leq UCL) = 1 - \alpha$$

$$P\left(\frac{\sqrt{n}LCL}{b_f} \leq \hat{I}_j \leq \frac{\sqrt{n}UCL}{b_f}\right) = 1 - \alpha$$

$$P\left(LCL \leq \frac{\sqrt{n}\hat{I}_j}{b_f} \leq UCL\right) = 1 - \alpha$$

$$P\left(\frac{LCL}{\sqrt{n}} \leq \tilde{I}_j \leq \frac{UCL}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha \quad (18)$$

根據(18)式，我們可以整理得知：

$$\frac{UCL}{\sqrt{n}} = t'_{1-\alpha/2}(\delta = \sqrt{n}I_j) \quad (19)$$

$$\frac{LCL}{\sqrt{n}} = t'_{\alpha/2}(\delta = \sqrt{n}I_j) \quad (20)$$

經由以上推導的結果，很顯然可以得知其管制圖之管制上限 (UCL)、管制中心線 (CL) 與管制下限 (LCL) 分別如下所示：

$$UCL = \sqrt{nt}'_{1-\alpha/2}(n-1)(\delta = CL) \quad (21a)$$

$$CL = \bar{C}_l \quad (21b)$$

$$LCL = \sqrt{nt}'_{\alpha/2}(n-1)(\delta = CL) \quad (21c)$$

其中的 δ 含有未知的參數 C_l ，在實務上可用 \bar{C}_l 取代 C_l 而得到 $\delta = \sqrt{n}\bar{C}_l$ 。在推導出 C_l 管制圖之管制上限 UCL、管制下限 LCL 與管制中心線 CL 之後，可以針對欲監控之國小學童體適能資料分別抽取 m 組樣本及 n 個測定值(動態指標測定值為四個向量值)，並經由 \bar{X} 及 S 求算出 \bar{C}_l 。接著可將各數值代內公式中計算出 UCL 與 LCL，並經由則其蒐集之資料及數值畫出管制圖，而各數值及管制圖分別可如下表 3 及圖 6 所示：

表 3 m 個觀測組及樣本大小為 n ($n=4$)

樣本數	觀測值	平均數 \bar{X}	標準差 S	\bar{C}_l
1	$X_{11}, \dots, X_{1j}, \dots, X_{1n}$,	\bar{X}_1	S_1	\bar{C}_{1l}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
i	$X_{i1}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{in}$,	\bar{X}_i	S_i	\bar{C}_{il}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
m	$X_{m1}, \dots, X_{mj}, \dots, X_{mn}$,	\bar{X}_m	S_m	\bar{C}_{ml}

圖 6 之管制圖為本研究以台灣地區某國小抽出 20 組學童體適能資料，並利用表 3 分別計算出其 \bar{X} 、 S 、 \bar{C}_l 及管制中心線 \bar{C}_l ，再經由 $\bar{C}_l = 1.3$ 查表求出管制上限 UCL 為 2.116 與管制下限 LCL 為 0.846，因此即可繪出管制圖(如圖 6 所示)。

在繪出 \bar{C}_I 管制圖之後，我們可以運用 $\bar{C}_I=1.3$ 評估動態體適能 I_j 指標。

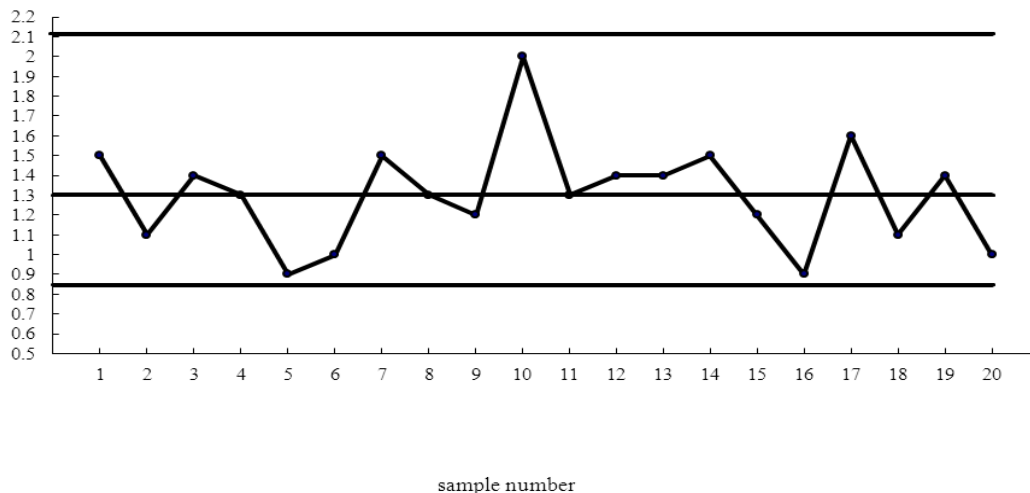


圖 6 C_I 動態體適能指標管制圖

5.2 程式化指標管制圖

利用公式 21 中管制上下限及樣本動態體適能 I_j 指標，建立出管制圖公用程式，依照六標準差衡量項目可以隨著輸入數據不同而改變呈現管制圖如圖 7 所示。

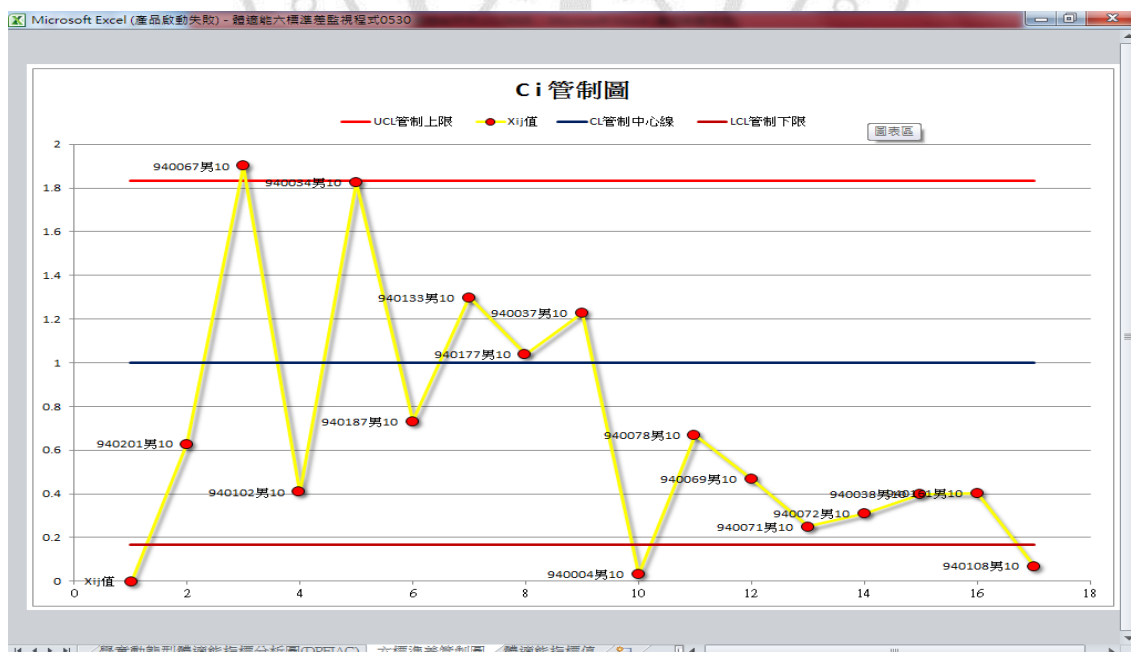


圖 7 C_I 程式化管制圖

六、結論

體適能主要是指心臟、血管、肺臟與肌肉效率運作的能力，能完成每日的活動而不致過度疲勞，且尚有足夠體能應付緊急狀況的能力。由於社會科技發達加上家庭生活品質提高，許多國小學童在富裕的家庭環境成長導致學童營養過盛且運動不足，造成學童體適能下降的情形。要強化國小學童的健康體適能，必須提升其心肺適能、肌肉適能、柔軟度適能和爆發力適能等四項動態體適能，才能提升靜態體適能—**身體質量指數(BMI)值**，其主要目的是為了使學童避免疾病的侵襲，並更健康的生活，並能在課業之餘，有能力享受生活樂趣，進而提昇生活品質。

因此，本研究透過 Michael(2002)六標準差之 DMAIC 流程，提升國小學童的體適能。首先，本研究以前述心肺適能等 4 項動態體適能定義出體適能衡量標準，接著透過動態與靜態體適能指標發展一套可以評估學童體適能之評估模式與體適能分析圖(MPPAC)，可以將學童所有的分項動態體適能水準描繪於分析圖上，分析各分項動態體適是否達到要求的標準，並針對未達標準之學童體適能分析其原因與改善對策，最後發展體適能統計檢定與管制圖模式，評估學童體適能改善成效並持續進行管制。希望藉由本研究發展之學童體適能改善流程，協助學校單位持續提升學童的體適能水準。

參考文獻

1. ACSM / ADS / DC. (2000). Joint position statement: Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(12), 2130-2145.
2. Corbin, C. B, Pangrazi, R. P, & Franks, B. D. (2001). Definitions: Health, fitness and physical activity. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*, 3(9), 1-8.
3. Corbin, C. B, & Pangrazi, R. P. (2001). Toward a uniform definition of wellness: A commentary. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*, 3(15), 1-8.
4. Caulcutt, R. (2001). "Why is Six Sigma so successful?", *Journal of Applied Statistics*. 28 (3/4) , 301 - 28(3/4), 301- 306.
5. Pearn, W. L., and Chen, K. S., (2002) "One-sided Capability Indices Cpu and Cpl: Decision Making with Sample Information", *International Journal Quality Reliability Management*, Vol. 19, No. 3, pp. 221-245.
6. Chen, S. C., Chen, K. S., and Hsia, T. C., (2005) "Promoting Customer Satisfaction by Applying Six Sigma: An Example from the Automobile Industry", *Quality Management Journal*, 12(4). 21-33.
7. Ham, C. H., and Lee, Y. H., (2002) "Intelligent Integrated Plant Operation System for Six Sigma", *Annual Reviews in Control*, Vol. 26, pp. 27-43.
8. Chen, S. C., Chen, K. S., and Hsia, T. C., (2005) "Promoting Customer Satisfaction by Applying Six Sigma: An Example from the Automobile Industry", *Quality Management Journal*, 12(4). 21-33.
9. Chen, K. S., Hsu, C. H., and Wu, C. C., (2006a) "Process Capability Analysis for a Multi-process Product", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 27, pp. 1235-1241.
10. Chen, K. S., Wang, C. H., and Chen, H. T., (2006b) "A MAIC approach to TFT-LCD Panel Quality Improvement", *Microelectronics Reliability*, Vol. 46, pp. 1189-1198.
11. Chen, K. S., Hsu, C. H., and Ouyang, L. Y., (2007) "Applied Product Capability Analysis Chart in Measure Step of Six Sigma", *Quality & Quantity*, 41(3), 387-400.
12. Chen, K. S., Lin, C. T., and Chen, S. C., (2008) "Apply Six-Sigma Methodology in Constructing the Quick Response of a Case Reporting System", *Total Quality Management & Business Excellence*, 19(4), 381-398.

13. Chen, K. S., Ouyang, L. Y., Hsu, C. H., and Wu, C. C., (2009) "The Communion Bridge to Six Sigma and Process Capability Indices", *Quality & Quantity*, 43 (3), 463-469.
14. Chen, K. S., and Sung, W. P., (2009) "Improved Model Applying the 6-Sigma Methodology to Evaluate Leaking Water Faucets", *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, 13(4), 287-293.
15. Fox, E. L., Bowers, R. W., and Foss, M. L. (1993). The Physiological Basis for Exercise and Sport (5th ed). Dubuque, IA: Wm. C. Brown.
16. Huang, C. T., Chen, K. S., and Chang, T. C., (2010) "An Application of DMADV Methodology for Increasing the Yield Rate of Surveillance cameras", *Microelectronics Reliability*, 50(2), 266-272.
17. Hsia, T. C., Chen, S. C., and Chen, K. S., (2009) "Enhancement of Service Quality in Internet-Marketing through Application of the Six Sigma Process", *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineering*, 26 (1), 11-21.
18. Ishikawa, Kaoru , (1980) , QC Circle Koryo : General Principles of the QC Circle, Tokyo: QC Circle Headquarters, Union of Japanese Scientists and Engineers.
19. K.S. Chen., C.H. Wang., and Y.Y. Wang., (2011), "Applying a Six Sigma MAIC Process to Improve the Quality of Lens Camera Production", *Key Engineering Materials*, 500, 301-310.
20. Lin, J. C. (1997). The theoretical basis of physical fitness. In J. L. Fang (Ed.), *Teachers fitness guide* (1st ed., pp. 46-59). Taipei City, Taiwan, ROC: Department of Physical Education, Ministry of Education.
21. Lohman, T. G. (1992). Basic Concepts in Body Composition Assessment. *Advances in Body Composition Assessment*. Champaign, ILL: Human Kinetics.
22. Mazzeo, R. S., Cavanagh, P., Evans, W. J., Fiatarone, M., Hagberg, J., McAuley, E., & Startzell, J. (1998). ACSM Position Stand: Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-1008.
23. Michael L. George, David Rowlands, Bill Kastle, (2002), What is Lean Six Sigma, McGraw-Hill; 1 edition,96.
24. Peter S. Pande et al, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh,(2000), The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance, McGraw-Hill.

25. Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Despres, J-P, Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Garber, C. E. (1998). ACSM Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-991.
26. Wang, C. C., Chen, K. S., Wang, C. H., and Chang, P. H., (2011) "Application of 6-sigma design system to developing an improvement model for multi-process multi-characteristic product quality", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B – Journal of Engineering Manufacture*, 225(7), 1205-1216.
27. Westerterp-Plantenga MS, Nieuwenhuizen A, Tomé D, Soenen S, Westerterp KR. Dietary protein,(2009), weight loss and weight maintenance. ,*Annu Rev Nutr*, 29, 21-41.
28. The Consortium to Lower Obesity in Chicago Children (CLOCC) ,2007, “芝加哥兒童超重盛行率”, 網址：<http://www.clocc.net> , 5 月27 日。
29. U.S. Department of Health and Human Services. (1996). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.

中文資料

1. 王俊權，2010，“我國學校體育政策之現況與未來”，學校體育第 121 期，頁 04-14，12 月。
2. 王櫻婷、蔡淳淳，2011/07，運動訓練方式對學童體適能之影響—以雲林縣鎮東國小游泳社團為例，國立雲林科技大學，碩士論文。
3. 方進隆、黃泰諭，2011，“我國學生體適能政策分析”，中華體育，頁 451-461，9 月。
4. 行政院體育委員會，2010，中華民國 98 年運動城市調查，臺北市：艾普羅民意調查股份有限公司，12 月 31 日。
5. 吳德敏、祝年豐，2007，“Dietary Patterns in Relation to Weight Status among School Children in Taiwan” 北市醫學雜誌 4(2)，147-159 頁。
6. 林炎岐，2006，國小男童身體柔軟度、運動表現與生活型態之相關研究，國立屏東教育大學，碩士論文。
7. 林孟輝，2003，臺南市國小學童身體活動量與健康體適能相關之研究，國

- 立臺南大學，碩士論文。
8. 林瑞雄，2000，青少年肥胖之初步研究，台大公共衛生學院，國科會計劃編號：NSC 88-2314-B-002-248。
 9. 祝年豐，2004，“兒童肥胖症”，TMASO，肥胖核心課程系列-小兒肥胖症/祝年豐。
 10. 祝年豐，2011，“兒童與青少年肥胖的成因及防治策略”，師友月刊，頁9-14，2月。
 11. 洪維振，2003，“肥胖學童身體組成與體適能相關之研究”，北體學報，頁217-223，11月。
 12. 洪嘉文/嘉義縣政府教育處處長，2010，“提升學生體適能之有效策略以嘉義縣為例”，學校體育第119期，頁45-51頁，8月。
 13. 教育部，2003，體適能的定義，10月24日，網址 <http://www.fitness.org.tw/>。
 14. 許振明/國立臺灣海洋大學助理教授，2008，“學生體適能政策推動與計畫執行之回顧與前瞻”，學校體育，頁30-36，10月。
 15. 陳志勇，2006，重體力之肌肉疲勞與耗氧量評估。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，台北。
 16. 陳其昌，2007，“運用跨理論模式養成身體活動習慣”，學校體育，第十七卷第五號，頁72-80，10月。
 17. 賀寶芙營養研究中心，“人類體能表現營養”，運動時的能量利用與肌肉新陳代謝。
 18. 廖本民，2006，“健康體適能概念及測驗評量辦法探討”，通識教育學報第九期，145-154頁，6月
 19. 臺北市政府體育及衛生保健科，2010，“提升學校學生體適能方案”，「臺北市第11屆教育審議委員會」第6次會議紀錄，11月。
 20. 劉炳宏，2008，不同運動方式對國小過重學童健康體適能及生活適應之影響，國立體育台灣大學，碩士論文。
 21. 鄭景俗、胡永欣，2009，“運用粗集理論萃取國小學童心肺耐力影響因素之研究--以南投縣某國小高年級學童為例”，資訊科技國際期刊，頁92-110，6月。
 22. 鄭麗媛、李思賢、陳政友，2009，“合作學習與訊息回饋策略對修習健康與體育教材教法之學生學習成效的影響”，健康促進與衛生教育學報第32期，第65-86頁，12月。
 23. 戴遐齡/體委會主委，2010，“人才中長期培訓計畫”，行政院體育委員會。

附錄

在推導 \hat{I}_j 的最佳估計式的變異數與機率密度函數之前，首先定義一些簡單的註解如下：

$$Z = \frac{\sqrt{n}(USL_i - \bar{X}_i)}{\sigma_i} \text{ 或 } Z = \frac{\sqrt{n}(\bar{X}_i - LSL_i)}{\sigma_i}$$

Z 服從 $N(\sqrt{n}I_j, 1)$ 分配。此外，由於 $K = (n-1)S_i^2/\sigma_i^2$ 服從 χ_{n-1}^2 分配，因此 \hat{I}_j 可以重新表示如下：

$$\hat{I}_j = (b_n) \times \sqrt{\frac{n-1}{n}} \times (K)^{-1/2} \times (Z).$$

在母體為常態分配的假設下，因為 \bar{X}_i 與 $(S_i)^2$ 是互相獨立的，因此

$$\begin{aligned} E(\hat{I}_j)^2 &= (b_n)^2 \times \left(\frac{n-1}{n}\right) \times E(K)^{-1} \times E(Z)^2. \\ &= (b_n)^2 \times \left(\frac{n-1}{n}\right) \times \left(\frac{\Gamma[(n-3)/2]}{2\Gamma[(n-1)/2]}\right) \times [n(I_j)^2 + 1]. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{I}_j)^2 &= E(\hat{I}_j)^2 - E^2(\hat{I}_j) \\ &= \left(\frac{\Gamma[(n-1)/2]\Gamma[(n-3)/2]}{\Gamma^2[(n-2)/2]}\right) \{(1/n) + (C_{poi})^2\} - (C_{poi})^2 \end{aligned}$$

為了推導 \hat{I}_j 的機率密度函數，首先可以令

$$T = (\sqrt{n}/b_n)\hat{I}_j = \frac{Z}{\sqrt{K/(n-1)}} \text{ 服從 } t'_{n-1}(\delta) \text{ 分配}$$

再令 $S = \hat{I}_j = \frac{b_n}{\sqrt{n}} \times T$ ，則因為 S 與 T 有一對一的數學關係，因此

$$f_s(s) = f_T(t) \left| \frac{d_T}{d_S} \right|, \text{ 其中 } \left| \frac{d_T}{d_S} \right| = \frac{\sqrt{n}}{b_n} \text{ 且}$$

$$f_T(t) = \frac{2^{-(n/2)}}{\Gamma[(n-1)/2]} \int_0^\infty x^{\left(\frac{n-2}{2}\right)} \exp\{-0.5[x + \left(\frac{\sqrt{x}}{(n-1)} t - \delta\right)^2]\} dx, t \in R.$$

$$\text{則 } f_{I_j}(s) = f_T\left(\frac{\sqrt{n}}{b_n} s\right) \times \left(\frac{\sqrt{n}}{b_n}\right), s \in R$$

$$= \left(\frac{b_n^{-1} \times \sqrt{n} \times 2^{-(n/2)}}{\Gamma[(n-1)/2]}\right) \int_0^\infty t^{\left(\frac{n-2}{2}\right)} \exp\{-0.5[t + \left(\frac{\sqrt{nt}}{(n-1)b_n} s - \delta\right)^2]\} dt, s \in R.$$

因此可導出最佳估計式的變異數與機率密度函數分別表示如下所示：

$$\text{Var}(\hat{I}_j) = [(1/n) + (I_j)^2] - (I_j)^2$$

$$f_{I_j}(s) = \left(\frac{b_n^{-1} \times \sqrt{n} \times 2^{-(n/2)}}{\Gamma[(n-1)/2]}\right) \int_0^\infty t^{\left(\frac{n-2}{2}\right)} \exp\{-0.5[t + \left(\frac{\sqrt{nt}}{(n-1)b_n} s - \delta\right)^2]\} dt$$

