



- Technical Decomposition Approach of Critical to Quality Characteristics for Product Design for Six Sigma



- 作者：**Yihai He, a*† Xiaoqing Tangb and Wenbing Changa**
- 出處：Qual. Reliab. Engin. Int. 2009
- 報告者：謝仁宇
- 指導老師：童超塵 教授

• Abstract (1/2)

- 六標準差產品設計方法（DFSS）是一個有結構性的和有紀律的方法來推動品質關鍵要素（CTQs）；傳統方法只取決於品質機能展開(QFD)矩陣流動之CTQs下。本文提出了一種新的技術方法分解是在關係樹上以CTQs從客戶需求到關鍵技術參數；這種方法是強調系統的過程和品質關聯權重的定量計算。
- CTQs關聯樹的分解方式學習是根據在公理設計(AD)裡的功能樹和物理樹。這些節點的品質關聯權重的計算以約略集合和模糊理想解類似度偏好順序評估法 (TOPSIS) 被探索。

- Abstract (2/2)

- 以車身震動噪音(NVH)的改善的一種應用，NVH分解過程和功能樹和物理樹有關，而且節點的權數計算被詳細闡明。

- 
- Content
 - Introduction
 - Critical to quality characteristics
 - Decomposition method of CTQs
 - Case study
 - Discussions and conclusions
-
- **Keywords:** design for Six Sigma; critical to quality characteristics; decomposition; key parameter

• Introduction (1/2)

- 六標準差是一套商業流程方法學，最初在20世紀80年代初被Motorola開發，透過顧客滿意或服務來改進對產品的製造過程。
- 採取六標準差方法學的原則和概念組織是意識到唯一的方式超過五標準差質量等級(即每百萬個機會的233個瑕疵)將從頭重新設計他們的產品、過程和服務，當一個設計被發表，大約75%產品費用是固定的。
- 研究表示，透過產品生命週期的設計錯誤，固定費用成倍增加，這些情況導致了(DFSS)的設計發展，這是一個強力的方法對產品設計、過程和服務來滿足顧客的需要和期望，同時降低品質成本。

- Introduction (2/2)

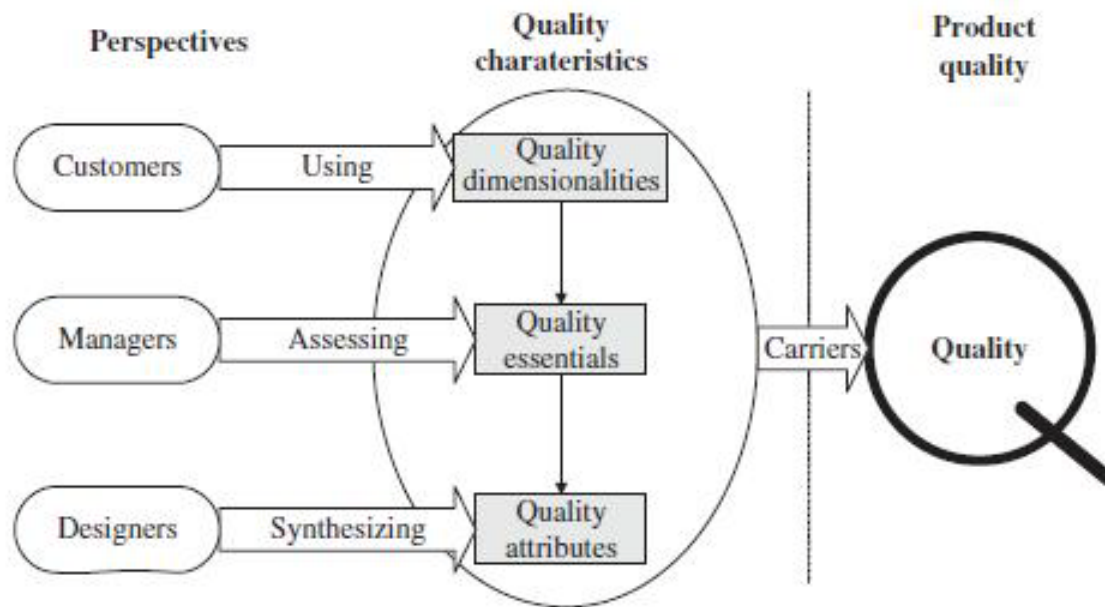
- DFSS的角色品質設計的建立是透過實施預防思考和工具在產品開發過程中，一個公司的工程人員必須明白，一個成功的六標準差是一趟旅程，需要許多技巧和工具，整個工程設計產品的能力可能需要重大轉變。
- DFSS的核心（IDOV）有四個過程：
 - 1.辨認(Identify)
 - 2.開發(Develop)
 - 3.優選(Optimize)
 - 4.確認(Validate)

• Critical to quality characteristics (CTQs) (1/2)

Quality characteristics

- 為了滿足各種各樣的顧客要求，產品需要擁有對應的品質要素(QCs)，QC應該是一個多形目的同時符合顧客、企業和工程師不同的觀點的認知要求和衡量未來。
- QCs包括三層數：
 - (1) 品質幅員(QDs)，履行顧客的用法要求。
 - (2) 品質精華(QEs)，履行企業行銷和競爭要求。
 - (3) 品質屬性(QAs)，履行工程師的設計要求。

- Critical to quality characteristics (CTQs) (2/2)
Quality characteristics



Quality characteristics and product quality

- Critical to quality characteristics (CTQs) (1/2)

Concept and definition

- CTQs是關鍵測量特徵在產品或特性指標過程必須符合顧客要求。以顧客的要求來改善排列或設計成果。
- CTQs代表產品或為是由顧客定義的特徵服務(內部或外在)。

- Critical to quality characteristics (CTQs) (2/2)

Concept and definition

- CTQs的一個新的定義這裡根據QCs的概念：

1. CTQs是一些確定並且影響產品品質的QCs，
2. 他們是QDs的族聚，產品的QEs和QAs。

- 在設計，它們對應的性能，以及產品的規格或功能的組件，從目標的變異或不見，可能引起不可接受的衝擊在產品的功能、費用或者安全上。

- Critical to quality characteristics (CTQs) (1/4)

Categories and evolution model

- 根據產品設計和發展過程，產品CTQs可以被劃分成以下四個類別：

(1) CTQs of product (CTQsP)

是全部產品物產包括QDs、QEs和QAs。他們形成品質評估和產品設計計劃的品質綜合框架。

(2) CTQs of design (CTQsD)。

是裝配、組件、零件、產品特性是影響CTQsP的參數。他們在產品設計過程中形成品質管理框架。

- Critical to quality characteristics (CTQs) (2/4)

Categories and evolution model

(3) CTQs of manufacturing (CTQsM)

製造設施和過程對影響CTQsD的參數。

他們在產品製造過程中形成品質管理框架。

(4) CTQs of assembling (CTQsA)

裝配設施和過程是影響CTQsD和CTQsM的參數。

他們在產品裝配程序中形成品質管理框架。

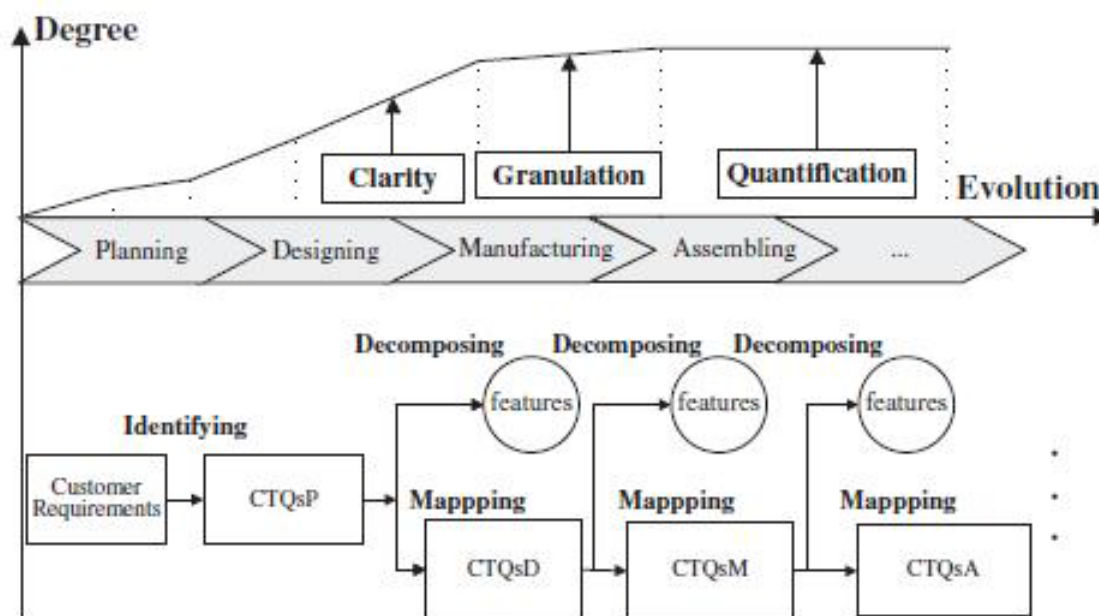
- Critical to quality characteristics (CTQs) (3/4)

Categories and evolution model

- CTQsP確定CTQsD，並且CTQsD確定CTQsM和CTQsA。要支持產品的生命週期品質信息的等級制度的轉換，體會它的演變要求產品CTQs的操作準時提出QCs。
- 產品品質可以被表達作為CTQs，主要任務是修造CTQsP一棵等級制度的關係樹。維護品質管理一貫性在產品的生命週期裡。

- Critical to quality characteristics (CTQs) (4/4)
Categories and evolution model

Evolution model of product CTQs



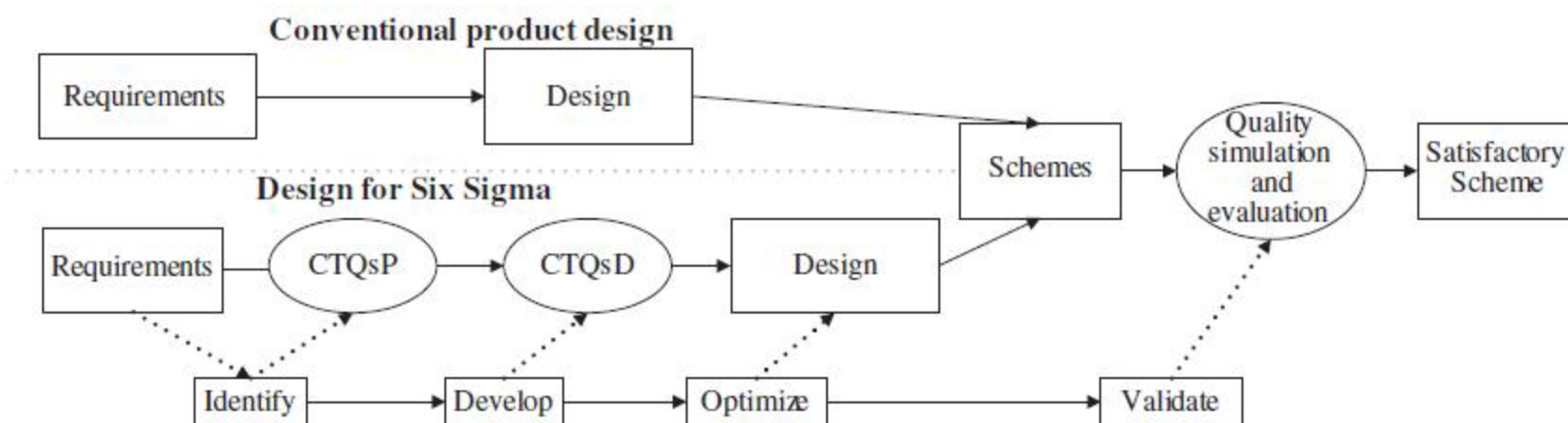
CTQs的信息變得越來越清楚，顆粒化和定量由分解活動，並且他們的內容和形式在設計過程中顯然地改變。

- Critical to quality characteristics (CTQs) (1/2)
modelFunction and meaning

- CTQs的定義在關鍵具體說明和發現DFSS的一些
有用的好處。
- 他們對設計過程和品質設計過程之間的有很好性
格關係，重要QCs可以容易被修正進入產品計
劃。
- 在設計過程和品質設計過程有最好的配置關係

- Critical to quality characteristics (CTQs) (2/2)
modelFunction and meaning

■ 在設計過程和品質設計過程有最好的配置關係



- Decomposition method of CTQs_(1/5)

Relational tree of CTQsP

- 分解過程的主要工作是修造CTQsP一棵關係樹，即形成裝配、組分、產品的部分和特點等級制度的樹。
- 提出了修建關係樹一種新的方法CTQsP，由於以下原因：
 - (1)產品集合樹太大以至於不能直接地映射CTQsP到它對應的節點；導致容易失去的品質信息，並且不易展開品質管理的構思設計。
 - (2)根據將要表達的功能，性能是品質的主要構成要素。

- Decomposition method of CTQs_(2/5)

Relational tree of CTQsP

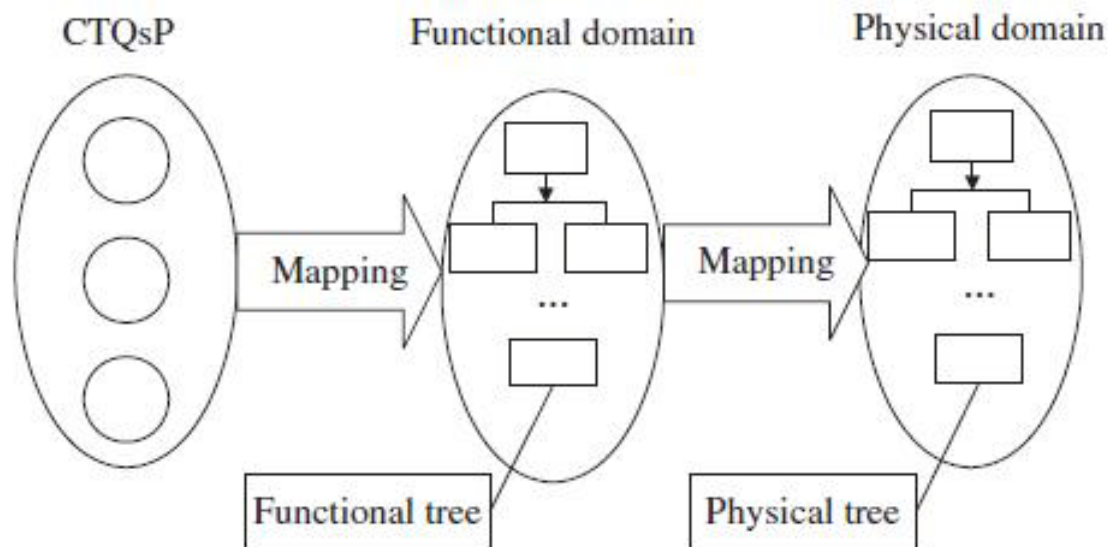
- 根據公理設計所表達的理論在功能領域和物理領域之間。
- 品質和功能之間的關聯比品質和結構之間的關聯更為密切。
- 產品功能樹在產品設計方案上有利於分析品質問題。

Suh NP. Designing-in of quality through axiomatic design. *IEEE Transactions on Reliability* 1995; **44**:256--264

- Decomposition method of CTQs_(3/5)

Relational tree of CTQsP

- CTQsP所顯示在功能領域完全地被變換成功能需求 (FRs)，FRs的滿意是在物理領域通過定義或選擇設計參數(DP)(衰變/秒)。



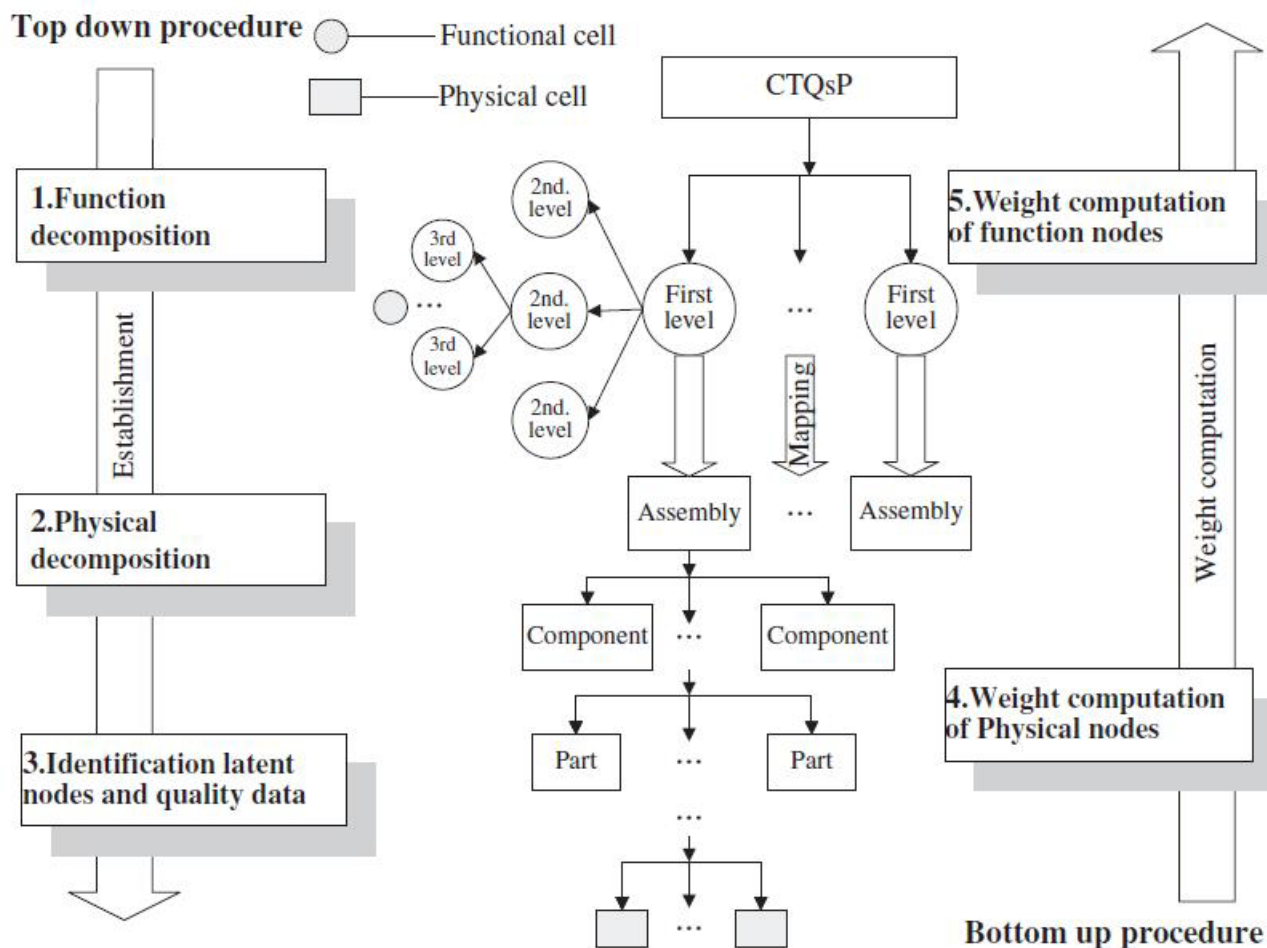
- Decomposition method of CTQs_(4/5)

Relational tree of CTQsP

- 為了證實品質風險的價值和優先權對採取嚴緊的是測量，在每個由下而上的節點，我們使用品質關聯權重係數Quality Relation Weight (QRW, W_{QR})來估計的品質風險。WQR的作用和用法類似在失效模式與效應分析(FMEA)的風險優先係數(RPN)。
- 為了滿足這些需求，在所蒐集到的品質數據中提出約略集合中的資料探勘方法和模糊的多屬性決策TOPSIS方法，並在約略集合和模糊TOPSIS中得到優勢，此方法可以從顯眼和細微的原始品質數據中以客觀和有系統的方式評估每個節點。

- Decomposition method of CTQs_(5/5)

Relational tree of CTQsP



Establishment and analysis of CTQsP relational tree

- Decomposition method of CTQs_(1/2)

Establishing relational tree of CTQsP

- 1. 功能分解：

定義CTQs第一層的作用模型之間的關係。我們使用設計對象的分析方法為基礎的功能方法將關聯樹分解第一級功能節點順序和層次，CTQsP功能樹形成並且執行CTQsP的功能分解。

- 2. 物理分解：

展開圖的第一級功能模型，以第一級物理節點的設計成果的基礎上功能的分解和設計方案，尋找出相應的產品數據管理（PDM）系統，是指每個程序集編碼，物理樹CTQsP形成，這棵樹最終繼承關於CTQsP的信息

- Decomposition method of CTQs_(2/2)

Establishing relational tree of CTQsP

- 3. 潛在節點和品質數據的證明：

我們找出潛在的CTQsP的影響節點並且預測接下來的步驟的影響。

- 從關係樹了找出最有可能的因素造成產品品質問題，設計矩陣研究根據獨立公理和資訊公理。

- 應注意

1. 對角線上「0」的元素
2. 矩陣上非對角線的元素
3. 按順序排列的物理節點

• Decomposition method of CTQs_(1/2)

Weights computation of relational tree nodes

- 品質數據是估計每個節點的WQR; 因此我們需要收集足夠的相關品質數據，包括設計數據、生產數據、失敗報告、專家的經驗、維護紀錄、保單紀錄和其他生命週期來源。
- 產品數據可以收集以由下往上的方式，即從零件，組件彙編和物理節點到功能節點。所以，我們首先收集物理節點的品質數據，品質數據主要包括二個類型：噪聲因素和失效數據。
- 產品數據從零件，組件裝配和從物理到功能的節點，以由下往上的方式收集。

• Decomposition method of CTQs_(2/2)

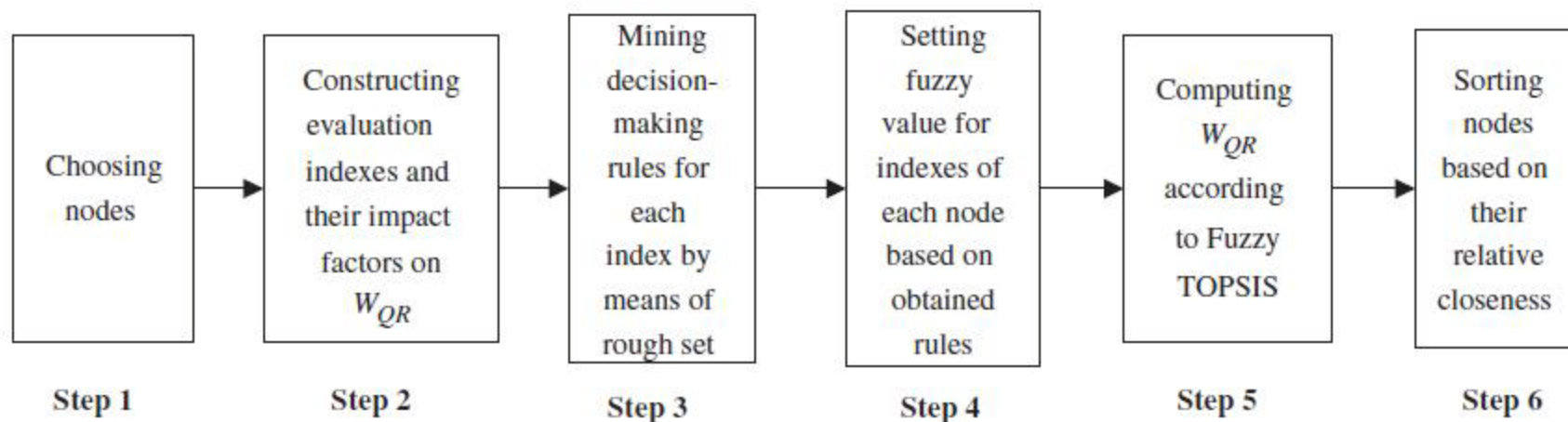
Weights computation of relational tree nodes

- 首先收集物理節點的品質數據，品質數據主要包括二個類型：
- 1. 噪聲因素：
引起產品品質問題的主要影響，
- 2. 失效數據：
決定品質關聯權重參數，如信號雜訊比（SNR）
- 失敗模式的頻率分布和關鍵分析可以從以實驗設計來收集品質數據，定性分析和統計分析來被探勘。

- Decomposition method of CTQs_(1/11)

Weights computation of structural nodes

- 計算結果節點結構的一部分，是建立整個關係樹的等級順序



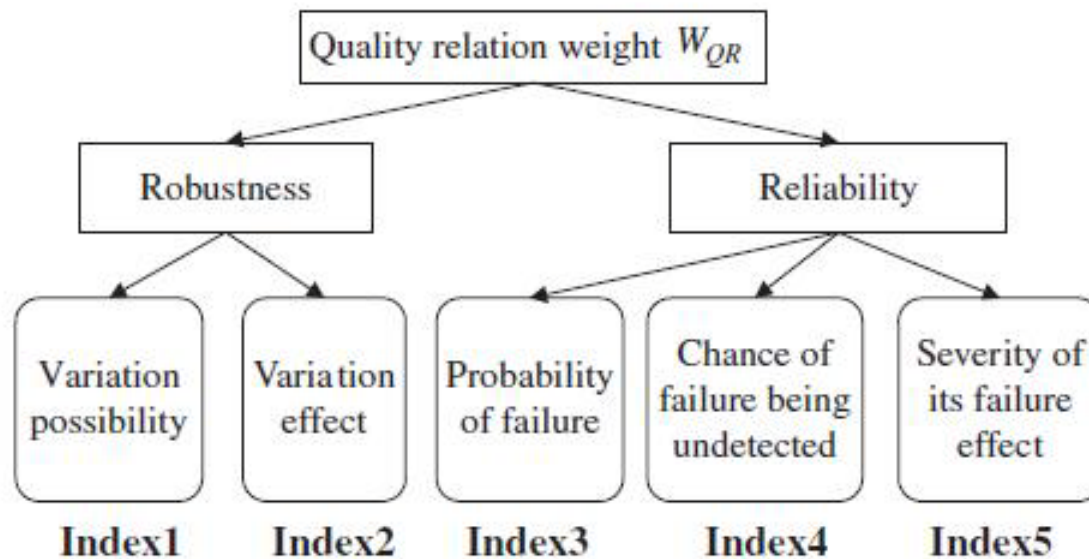
Quality relation weight computing and sorting process of structural part nodes

- Decomposition method of CTQs_(2/11)

Weights computation of structural nodes

- step1. 選擇節點
- step2. 建造評估指標和衝擊系數在 W_{QR} 上
- step3. 以約略集合採礦規則制定在每一個指標
- step4. 模糊值設定為指標的每一個節點上建立的規則
- step5. 根據模糊TOPSIS計算 W_{QR}
- step6. 節點的排序建立在相對接近

- Decomposition method of CTQs_(3/11)
Weights computation of structural nodes



評價指數

- Decomposition method of CTQs_(4/11)
- ## Weights computation of structural nodes

Table I. Attributes of evaluation indexes

ID	Condition attributes			Decision attributes
Index 1	Number of noise factors (C1)	Sensitivity to noise factors (C2)		Degree (D)
Index 2	Quality loss (C1)	Cost loss (C2)	Time loss (C3)	Degree (D)
Index 3	Quantities of failure (C1)	Types of failure mode (C2)		Degree (D)
Index 4	Detection ability in design (C1)	Detection ability in manufacturing (C2)	Detection ability in usage (C3)	Maintain ability (C4) Degree (D)
Index 5	Top grade of failure (C1)	Cost of repair (C2)		Degree (D)

屬性集合的設定的各評估指標列

[back](#)

- Decomposition method of CTQs_(5/11)

Weights computation of structural nodes

■ step4.

主要任務這一步是確定每一個模糊值評估指標的基礎上的決策規則。

我們採用三角模糊數值方式來描述相對重要性個別指標，設計人員的語言表達他們的看法或判斷。

A triangular fuzzy number can be denoted as $M=(l,m,u)$

its membership function $\mu_M(x):R \rightarrow [0, 1]$ is equal to

$$\mu_M(x) = \begin{cases} 0, & x < l \text{ or } x > u \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (x-u)/(m-u), & m \leq x \leq u \end{cases}$$

- Decomposition method of CTQs_(6/11)

Weights computation of structural nodes

- step4. 假設決策者使用的語言加權集合W

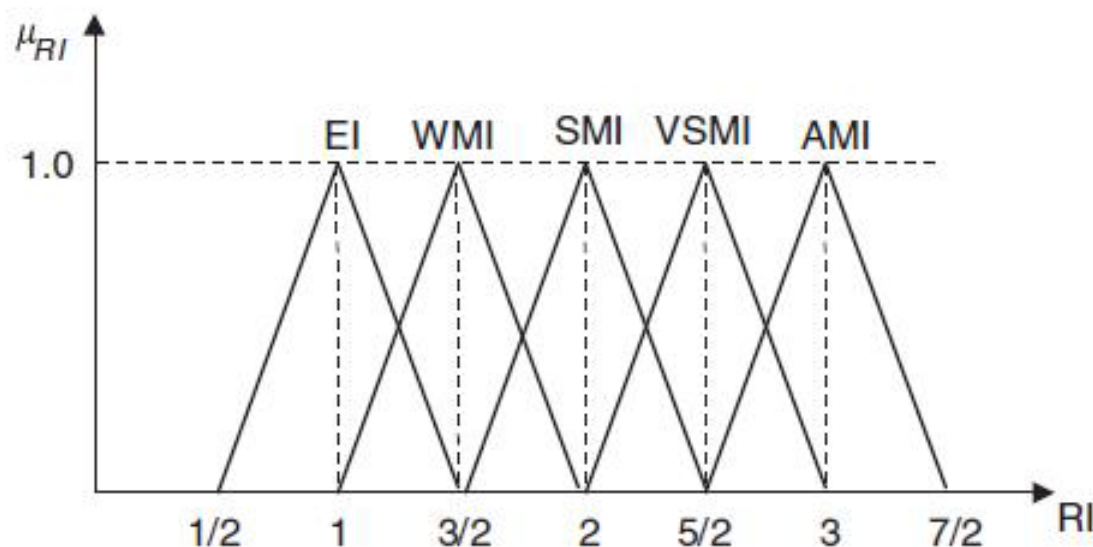
$$W=\{ALI;VSLI;SLI;WLI;EI;WMI;SMI;VSMI;AMI\}$$

- 1. Absolutely Less Important (ALI) , 絕對不重要的
- 2. Very Strongly Less Important (VSLI) , 非常強烈較不重要的
- 3. Strongly Less Important (SLI) , 強烈較不重要的
- 4. Weakly Less Important (WLI) , 微弱地較不重要
- 5. Equally Important (EI) , 同樣重要
- 6. Weakly More Important (WMI) , 微弱地更加重要
- 7. Very Strongly More Important (VSMI) , 非常強烈更加重要
- 8. Absolutely More Important (AMI) , 絕對更加重要

- Decomposition method of CTQs(7/11)

Weights computation of structural nodes

- step4. 指標節點評估的重要性語言規模的相對重要性



- Decomposition method of CTQs_(8/11)
- Weights computation of structural nodes

■ step4. 語言級的難度和重要性

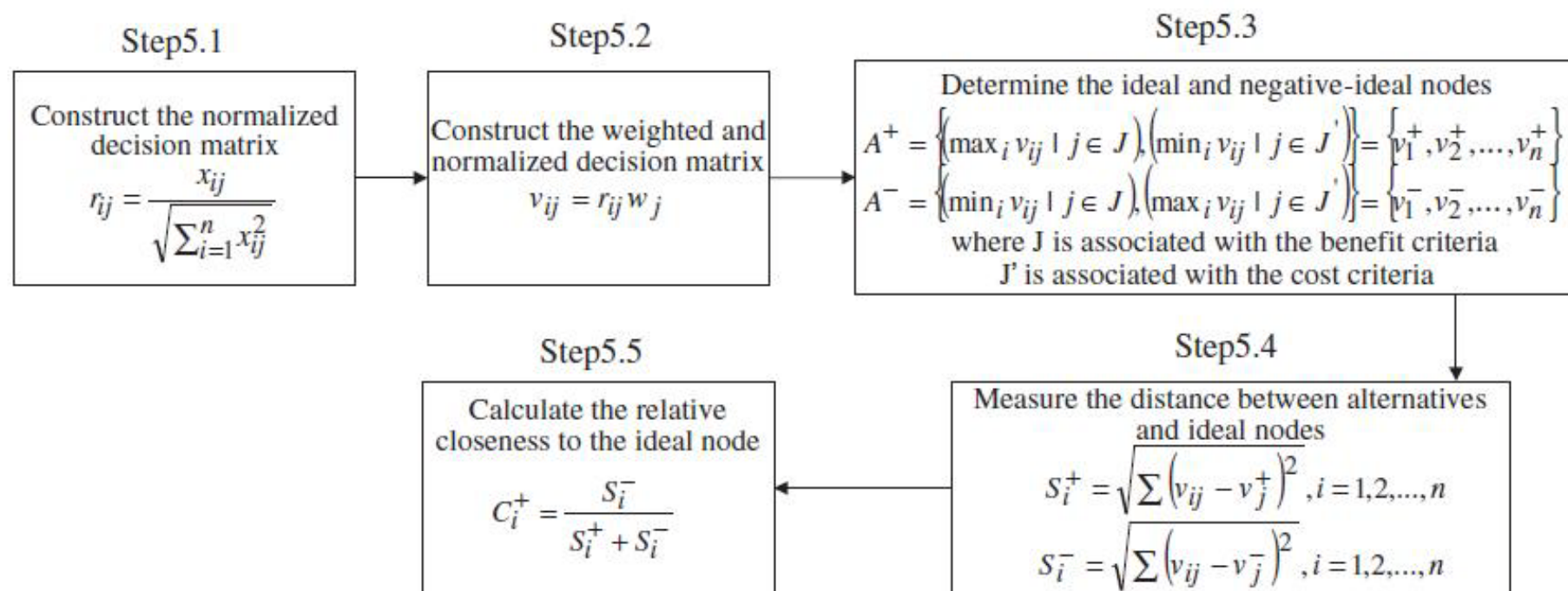
Table II. Linguistic scales for difficulty and importance

Weight name	Triangular fuzzy scale	Triangular fuzzy reciprocal scale
EI	$(\frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2})$	$(\frac{2}{3}, 1, 2)$
WMI	$(1, \frac{3}{2}, 2)$	$(\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, 1)$
SMI	$(\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2})$	$(\frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3})$
VSMI	$(2, \frac{5}{2}, 3)$	$(\frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{1}{2})$
AMI	$(\frac{5}{2}, 3, \frac{7}{2})$	$(\frac{2}{7}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5})$

- Decomposition method of CTQs_(9/11)

Weights computation of structural nodes

■ step5. 根據模糊TOPSIS計算 W_{QR}



- Decomposition method of CTQs_(10/11)
Weights computation of structural nodes
- step6.節點的排序建立在相對接近

Step6.1

To compute the expectation value of relative closeness of each node under the neutral condition that pessimistic–optimistic parameter is set equal to 0.5

$$I(C_i^+) = (l_i + 2m_i + u_i) / 4$$

Step6.2

To compute value of weight vectors

$$w_i = \frac{I(C_i^+)}{\sum_{i=1}^n I(C_i^+)}$$

- Decomposition method of CTQs_(11/11)

Weights computation of structural nodes

- 功能節點的重量計算：為了分析和解決在早設計階段的品質問題，每個節點的 W_{QR} 在方法被計算和結構樹節點一樣。

		Component									Failure mode									Failure mode						
Function		1	2	3	4	5	6	7	Component		a	b	c	d	e	f	g	Function		a	b	c	d	e	f	g
	A		4		7	1		2		1		2	4		1				A	30	23	15	32	37	30	3
	B	2	3		2		5			2	5			1		5			B	15	10	27	26	10	15	0
	C		2	6			3	4		3	3	1				3	4		C	48	10	9	11	12	48	24
	D	4		2	4	6		6		4		3	2	4	4				D	36	28	30	16	56	36	26
	E	6		3	6	3		3		5			1		3		3		E	24	36	39	24	48	24	21
	F	3	5	3	3					6			3	3					F	34	18	18	17	15	34	12
	G		1			5	5	1		7	5	1			3	5			G	10	1	20	16	18	10	15
	H	1	9		1	5	4												H	45	5	23	25	20	45	15

- Case study

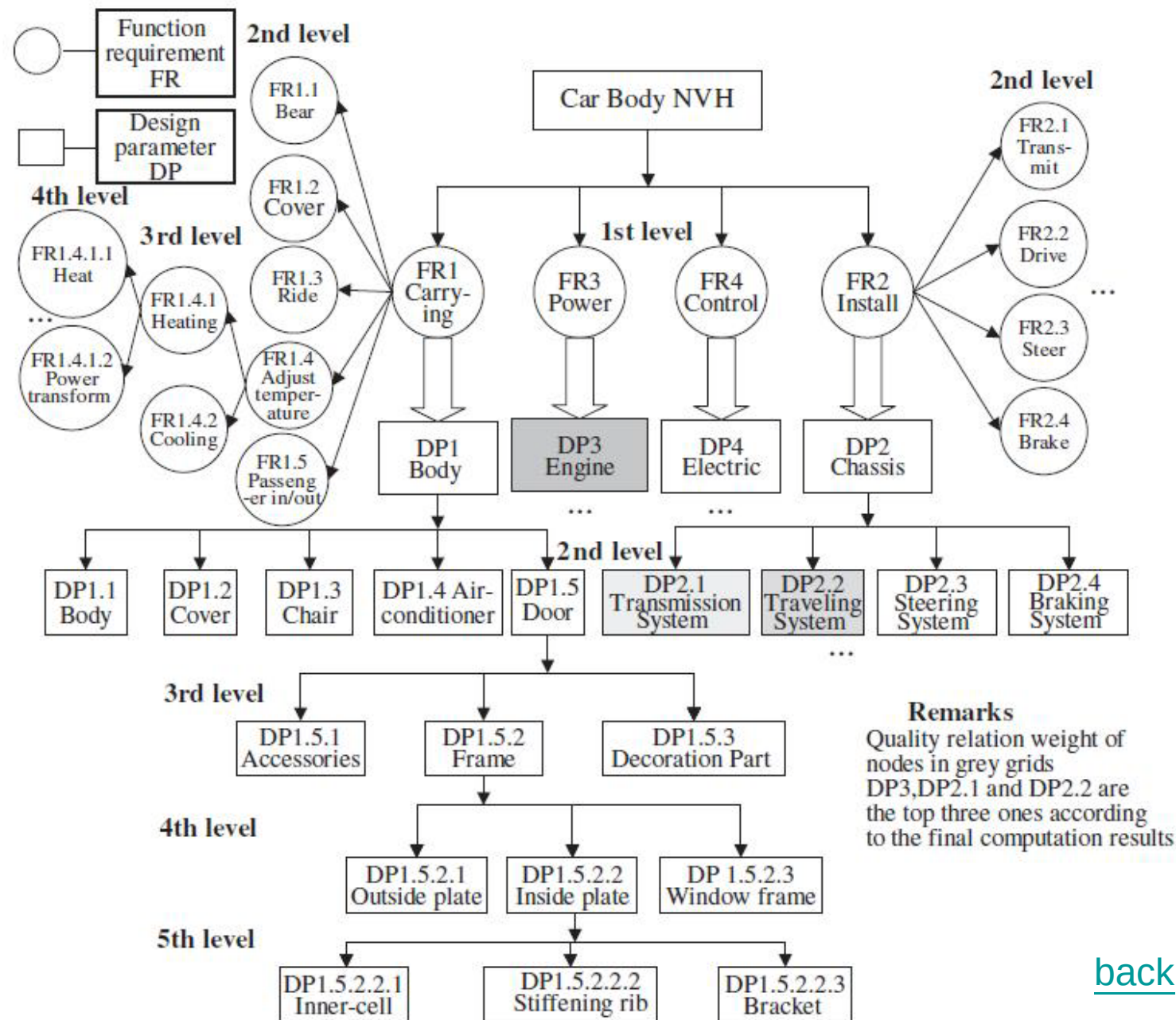
- 我們以QFD辨認了車身震動噪音噪音（NVH）作為本車一個重要的CTQsP。
- v 是測量點的振動速度與單位 mms^{-1} ，音壓標準(SPL)，聲壓水平的測點，單位dB。
- v 需要從1.9減少到1.1，SPL應該從34.9減少到32

Table III. NVH of body

Index name	Calculation formula	Current value	Target value
Haptical index R_T	$R_T = 8.19 - 4.34 \lg v$	7	8
Acoustical index R_S	$R_S = 13.6 - 0.175 \text{SPL}$	7.5	8

- Case study_(1/2)
 - Constructing relational tree
- 修建過程的關係樹的摘要根據提出的方法(CTQsP→功能樹→結構樹)是如下：
- (1)收集NVH有關的裝配功能，建立NVH和汽車的第一級功能模型之間的聯繫。
 - (2)找出每一級功能模型所對應的結構裝配，建立的NVH和結構組件之間的關聯。
 - (3)由提出的方法分解第一層的功能模型和結構彙編，分別，直到得到功能細胞和結構特點。

• Case study(2/2)



[back](#)

- Case study_(1/24)

- Weight computation

- 設計矩陣的功能節點和對應的結構節點在不同級別的車身裡的NVH關聯樹上建立的公理設計，第二級設計矩陣在下圖的NVH關聯樹顯示在上圖左邊。

$$\left\{ \begin{array}{l} FR1.1Bear \\ FR1.2Cover \\ FR1.3Ride \\ FR1.4Adjust\ temperature \\ FR1.5Passengerin/out \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccccc} X & X & X & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 & X \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{l} DP1.1Body \\ DP1.2Cover \\ DP1.3Chair \\ DP1.4Air-conditioner \\ DP1.5Door \end{array} \right\}$$

- 鼻子因素和這些節點失效數據收集了如表IV和表V所示。

- Case study_(2/24)

- Weight computation

Table IV. Noise factors of nodes

ID	Types	Parameters
DP1	Manufacturing Environment Wear	Strength of body, hardness of body, thickness of cover, slot of door Road crown, load, weather Wear of seal strip, wear of door hinge
DP2	Manufacturing Environment Wear	Axle base, wheel base, shock absorber, size of wheel suspension Road crown, load, weather Wear of spring, wear of tires
DP3	Manufacturing Environment Wear	Diameter of top piston, length of piston connecting rod, rotary radius of crankshaft Road crown, load, weather, performance of lubricant oil Corrosion of crankshaft, wear of cylinder, dry friction
...		

Table V. Failure modes of nodes

ID	Failure modes	Percentage	Upmost severity level
DP1	Short-switch circuit of engine hood, short-switch circuit of door, looseness of seal rings, flutter of air-conditioner motor.	1	III
DP2	Disk damage, hub damage, abnormal wear of tyres, flutter of clutch, vibration of transmission shaft, abnormal sound of driver axle, judder of steering wheel, distortion of chassis failure of suspension elastic parts, failure of damper	2	IV
DP3	Crash between piston and cylinder head, piston leakage, spark plug blast, fraction of intake valve spring, crack of valve lifters, looseness of startup claw, damage of crankshaft gear, crankshaft breaking, connecting rod bending, looseness of flywheel	5	VI
...			



- Case study(3/24)
 - Weight computation
 - 結構零件節點的品質關聯權重(W_{QR})的計算例子車門
圖6在以下被提出：
 - 第1步：選擇節點
- 我們初始化了計算設置與節點DP1.5.1(附件、配件)、DP1.5.2(架構)和DP1.5.3(裝潢零件)在第三級如圖10.所顯示。

- Case study(4/24)

- Weight computation

- 第2步：修建評估指標和他們的在 W_{QR} 的衝擊係數

我們採用的評估指標來衡量這些節點的品質特性，每個指標影響因子以約略集合在以下步驟。

2.1步：收集數據

我們從歷史品質特性收集了根據評估指標的樣品數據包括品質評價紀錄和品質分析報告。每樣品數據由評估指標組成，情況屬性和評估結果當決定屬性。

2.2步：修建決策表

為了遇見首要條件和建立約略集合決策表，我們以下列方式正常化和離散這些初步數據：

設置 c_i ($i=1-5$) 作為條件屬性和 d 的決定屬性的決策表

- Case study(5/24)
- Weight computation

C1 = 變異的可能性 (index1)

C2 = 變化的影響 (index2)

C3 = 失敗機率 (index3)

C4 = 失敗的機會被察覺 (index4)

C5 = 嚴重性它沒有效果 (index5)

d的離散值分為五類，根據其平均值(A_d)和標準差(V_d)

if $d \geq A_d + V_d$ ，d屬於class1；if $A_d + V_d > d \geq A_d$ ，d屬於class2

if $A_d > d \geq A_d - 1/2 V_d$ ，d屬於class3

if $A_d - 1/2 V_d > d \geq A_d - V_d$ ，d屬於class4

if $A_d - V_d > d$ ，d屬於class5

- Case study(6/24)
- Weight computation

C1 -C5的離散值根據它們的價值分為 5個class

if $ci \geq 80$, 屬於class1;

if $80 > ci \geq 60$, 屬於class2;

if $60 > ci \geq 40$, 屬於class3;

if $40 > ci \geq 20$, 屬於class2;

其他屬於class1。

下圖表VI所顯示例如決策表，建構了車門組件

- Case study_(7/24)
- Weight computation

Decision table of impact factors of car door quality relation weight evaluation index

Table VI. Decision table of impact factors of car door quality relation weight evaluation index						
Samples	Condition attributes					Decision attribute
	c1	c2	c3	c4	c5	d
x1	2	1	3	2	2	1
x2	3	4	3	1	3	3
x3	5	4	2	3	5	4
x4	4	3	5	4	5	4
x5	3	2	3	1	3	2
x6	5	4	5	5	5	5
x7	1	3	2	2	1	1
x8	4	3	2	4	3	3
...						

- Case study_(8/24)
- Weight computation

第2.3步：

根據難以識別的類別，約略集合裡的計算方法有較低的近似值和好的部分，決策屬性d裡的難以識別的類別的計算如下：

$$X1=U/IND (D1) = \{x1, x7\}$$

$$X2=U/IND (D2) = \{x5\}$$

$$X3=U/IND (D3) = \{x2, x8\}$$

$$X4=U/IND (D4) = \{x3, x4\}$$

$$X5=U/IND (D5) = \{x6\}。$$

- Case study(9/24)
- Weight computation
- 積極的區域每個條件屬性是計算如下：

$$pos_C(D) = \{x1, x3, x5, x7\}$$

$$pos_{C-C1}(D) = \{x3, x5\}$$

$$pos_{C-C2}(D) = \{x1\}$$

$$pos_{C-C3}(D) = \{x1, x7\}$$

$$pos_{C-C4}(D) = \{x1, x5\}$$

$$pos_{C-C5}(D) = \{x3\}$$

- Case study_(10/24)
- Weight computation

第2.4步：

用下列方程式計算 W_{IF} 計算出條件屬性中的好的部份

$$M_{C-c_i(D)} = 1 - \text{card}(POS_{C-c_i}(D)) / \text{card}(POS_C(D)) (i = 1-5)$$

- 最後結果如下：

Table VII. Impact factors of evaluation indexes					
Index ID	Index 1 (c1)	Index 2 (c2)	Index 3 (c3)	Index 4 (c4)	Index 5 (c5)
Index name	Variation possibility	Variation effect	Probability of failure	Chance of failure being undetected	Severity of its failure effect
Weight	0.15	0.25	0.15	0.15	0.3

評估指標的影響因素

[back](#)

- Case study(11/24)

- Weight computation

- 第3步：約略集合的探勘決策規則是指每個指標

第3.1步：準備數據，為了建立決策表，我們抽取樣本數據的是根據每個節點的品質數據在圖I

最後結果在圖VIII：決策表的 DP1.5.2 index 4 節點

第3.2步：建立決策表，以上圖為例：

條件屬性：C1，C2、C3和C4分散此三類：

3偵查能力是微弱的. 2偵查能力是正常的. 1偵查能力是強的

決定屬性：分散八類表達它的相對權重：

1.Absolutely Less Important (ALI)，絕對不重要的

2.Very Strongly Less Important (VSLI)，非常強烈較不重要的

3. Strongly Less Important (SLI)，強烈較不重要的

- Case study(12/24)

- Weight computation

4. Weakly Less Important (WLI)，微弱地較不重要

5. Equally Important (EI)，同樣重要

6. Weakly More Important (WMI)，微弱地更加重要

7. Very Strongly More Important (VSMI) 非常強烈更加重要

8. Absolutely More Important (AMI)，絕對更加重要

Table VIII. Decision table of index 4 of node DP1.5.2					
Sample ID	Condition attributes				Decision attribute
	C1	C2	C3	C4	D
X1	2	2	3	3	5
X2	2	2	2	2	6
X3	1	2	1	1	2
X4	1	2	2	3	2
X5	1	1	2	1	1
X6	3	3	2	3	8
X7	2	3	3	1	6
X8	3	1	3	2	6
X9	1	2	2	2	2
X10	2	3	3	3	6
X11	2	2	2	2	6
X12	2	1	2	2	4

- Case study_(13/24)
- Weight computation
- 第3.3步：減少決策表
- 我們刪除多餘的行和列保持數據的一致性，並得到不可缺少的屬性在新的決策表於下圖表IX：

Table IX. Set of examples with indispensable attributes					
Sample ID		Condition attributes			Decision attribute
		C1	C2	C3	D
X1'	X5	1	1	2	1
X2'	X3	1	2	1	2
X3'	X4, X9	1	2	2	2
X4'	X12	2	1	2	4
X5'	X1	2	2	3	5
X6'	X2, X11	2	2	2	6
X7'	X7, X10	2	3	3	6
X8'	X8	3	1	3	6
X9'	X6	3	3	2	8

原始表從12行減少到9行和從4個條件屬性減少到3個條件屬性

- Case study_(14/24)
- Weight computation

■ 第3.4步：輸出規則

使用上圖表，我們由約略集合的Y核心保留它的一貫性並計算了決策表的核心，最後結果在圖表X所示

Table X. Core of the set of final data				
Sample ID	Condition attributes			Decision attribute
	C1	C2	C3	D
X1'	1	1	—	1
X2'	—	—	—	2
X3'	—	2	—	2
X4'	2	1	—	4
X5'	—	2	2	5
X6'	2	2	3	6
X7'	—	3	—	6
X8'	—	—	—	6
X9'	—	—	—	8

核心的最後數據集合

- Case study_(15/24)
- Weight computation
- 使用 圖表IX 計算了一套減少集合的關係，以原始數據集合保護共同歸納分類，結果在圖表XI：

Table XI. Reduction set of final data				
Sample ID	Condition attributes			Decision attribute
	C1	C2	C3	D
X1'	1	1	—	1
X21'	1	2	—	2
X22'	1	—	2	2
X31'	—	2	1	2
X32'	2	2		2
X4'	2	1	—	4
X5'	—	2	2	5
X6'	2	2	3	6
X71'	—	3	3	6
X72'		3	2	6
X81'	3	2	—	6
X82'	2	3		6
X91'	3	—	3	8
X92'		3	3	8

- Case study_(16/24)
- Weight computation
- 第4步：依據取得的規則在每個節點設置模糊的價值指標，設計師們根據模糊值指標所取得的規則獲得原始品質數據，在圖表XII：

Table XII. Fuzzy evaluation values of nodes					
Nodes	Indexes				
	Index 1	Index 2	Index 3	Index 4	Index 5
DP1.5.1	VSLI	WMI	SLI	WMI	EI
DP1.5.2	WMI	VSMI	EI	EI	VSMI
DP1.5.3	SLI	EI	WLI	E I	WMI

- Case study_(17/24)

- Weight computation

- 第5步：根據模糊的TOPSIS的計算 W_{QR}

第5.1步：修建正常化的決策矩陣，計算了三角模糊數據按照模糊正常化算術運算到正常化決策矩陣

Table XIII. Normalized fuzzy decision matrix

Node	Indexes				
	Index 1	Index 2	Index 3	Index 4	Index 5
DP1.5.1	(0.154, 0.245, 0.443)	(0.256, 0.487, 0.872)	(0.208, 0.218, 0.821)	(0.343, 0.728, 1.5)	(0.128, 0.324, 0.655)
DP1.5.2	(0.462, 0.920, 1.2)	(0.512, 0.811, 1.15)	(0.260, 0.436, 1.2)	(0.172, 0.485, 1.2)	(0.512, 0.811, 1.3)
DP1.5.3	(0.185, 0.307, 0.590)	(0.128, 0.324, 0.655)	(0.260, 0.291, 1.1)	(0.172, 0.485, 1.2)	(0.256, 0.608, 0.873)

- Case study_(18/24)
- Weight computation

第5.2步：建立被衡量的正常化的決定矩陣，使用表VII和表XIII，我們透過乘法計算加權正常化的決策矩陣。結果表XIV：

Table XIV. Weighted normalized decision matrix

Node	Indexes				
	Index 1	Index 2	Index 3	Index 4	Index 5
DP1.5.1	(0.023, 0.037, 0.066))	(0.064, 0.122, 0.218)	(0.031, 0.033, 0.821)	(0.051, 0.109, 0.225)	(0.038, 0.097, 0.196)
DP1.5.2	(0.069, 0.138, 0.18)	(0.128, 0.203, 0.288)	(0.039, 0.065, 0.18)	(0.026, 0.073, 0.18)	(0.153, 0.243, 0.39)
DP1.5.3	(0.028, 0.046, 0.089)	(0.032, 0.081, 0.164)	(0.039, 0.044, 0.165)	(0.026, 0.073, 0.18)	(0.182, 0.183, 0.262)

- Case study_(19/24)
- Weight computation

第5.3步：

確定合適和不合適的節點，如表XV所示；使用表XIV我們得到了合適和不合適的節點。

Table XIV. Weighted normalized decision matrix

Node	Indexes				
	Index 1	Index 2	Index 3	Index 4	Index 5
DP1.5.1	(0.023, 0.037, 0.066))	(0.064, 0.122, 0.218)	(0.031, 0.033, 0.821)	(0.051, 0.109, 0.225)	(0.038, 0.097, 0.196)
DP1.5.2	(0.069, 0.138, 0.18)	(0.128, 0.203, 0.288)	(0.039, 0.065, 0.18)	(0.026, 0.073, 0.18)	(0.153, 0.243, 0.39)
DP1.5.3	(0.028, 0.046, 0.089)	(0.032, 0.081, 0.164)	(0.039, 0.044, 0.165)	(0.026, 0.073, 0.18)	(0.182, 0.183, 0.262)

Table XV. Ideal and negative-ideal nodes

Node	Indexes				
	Index 1	Index 2	Index 3	Index 4	Index 5
A ⁺	(0.069, 0.138, 0.18)	(0.128, 0.203, 0.288)	(0.039, 0.065, 0.821)	(0.051, 0.109, 0.225)	(0.182, 0.243, 0.39)
A ⁻	(0.023, 0.037, 0.066)	(0.032, 0.081, 0.164)	(0.031, 0.033, 0.165)	(0.026, 0.073, 0.18)	(0.038, 0.097, 0.196)

- Case study_(20/24)
- Weight computation

第5.4步：測量選擇和合適的節點之間的距離。選擇和合適的節點之間的距離在以下過程中被計算：

$$S_1^+ = \{[(0.023, 0.037, 0.066) - (0.069, 0.138, 0.18)]^2 + [(0.064, 0.122, 0.218) - (0.128, 0.203, 0.288)]^2 + [(0.031, 0.033, 0.821) - (0.039, 0.065, 0.821)]^2 + [(0.051, 0.109, 0.225) - (0.051, 0.109, 0.225)]^2 + [(0.038, 0.097, 0.196) - (0.182, 0.243, 0.39)]^2\}^{1/2} = (0.174, 0.198, 0.683)$$

其結果在表XVI所示：

Table XVI. The distance between alternatives and ideal nodes			
Distance between ideal node	Value	Distance between negative-ideal node	Value
S_1^+	(0.174, 0.198, 0.683)	S_1^-	(0.04, 0.055, 0.07)
S_2^+	(0.036, 0.038, 0.045)	S_2^-	(0.138, 0.181, 0.218)
S_3^+	(0.107, 0.169, 0.206)	S_3^-	(0.036, 0.07, 0.144)

- Case study(21/24)
- Weight computation
- 第5.5步：計算相對類似的理想節點，選擇和合適的節點之間的距離，我們得到了相對類似的值在理想節點上。結果如下：

$$C_1^+ = \frac{S_1^-}{S_1^+ + S_1^-} = (0.053, 0.217, 0.327)$$

$$C_2^+ = \frac{S_2^-}{S_2^+ + S_2^-} = (0.525, 0.83, 1.25)$$

$$C_3^+ = \frac{S_3^-}{S_3^+ + S_3^-} = (0.103, 0.293, 1.007)$$

- Case study(22/24)
- Weight computation
- 第6步：排序根據他們的相對類似的節點

第6.1步：計算相對類似的期待值。

每個節點的相對類似的期望值透過三角模糊數字的對應算術運算被計算。他們的數值顯示如下：

$$I(C_1^+) = \frac{0.053 + 2 * 0.217 + 0.327}{4} = 0.2035, \quad I(C_2^+) = 0.8588, \quad I(C_3^+) = 0.424$$

- Case study_(23/24)
- Weight computation

第6.2步：計算權重向量值，最後結果如下：

$$w_1 = \frac{0.2035}{0.2035 + 0.8588 + 0.424} = 0.137$$

$$w_2 = 0.578$$

$$w_3 = 0.285$$

我們能從上述結果看到這三個節點，品質設計優先權是：DP1.5.2 > DP1.5.3 > DP1.5.1，我們個別集合了

w_1 、 w_2 、 w_3 的 w_{QR}

- Case study(24/24)
- Weight computation

計算所有零件節點的WQR，我們根據提出的方法開始計算組件和裝配的父節點。

最後結果在 [圖10](#) 所示：

整個汽車前三名的風險是DP3(引擎)、DP2.1(傳動)和DP2.2(開車)節點。

- Discussions and conclusions(1/2)
- Results and discussions
 - 公理設計和約略集成方法論的模糊TOPSIS，基於品質數據已被用來分解關鍵參數的技術和定量的CTQsP
 - 計算每個節點的品質關聯權重系數(W_{QR})，這是一個六標準差項目不可缺少的資料，在複雜的產品設計過程有效地優化 CTQs
 - 傳統的方法只依賴於 QFD的流下來 CTQs基於品質機能展開矩陣，然而CTQ 留下包括以下六步驟：
 - (1)聽顧客的聲音。
 - (2)優先處理的CTQs是根據顧客輸入。
 - (3)轉換顧客的CTQs變成技術型的要求。
 - (4)辨認產品子系統影響多數CTQ。。
 - (5)辨認哪組件影響多數CTQ。
 - (6)辨認哪個部分和維度影響多數CTQ。

- Discussions and conclusions(2/2)
- Results and discussions
 - 一個跨部門工作小組的經驗性跟主觀性和合法性的分解結果遠遠超出了專家知識，品質機能展開的優先矩陣數據在步驟4 - 步驟6。
 - 我們看到上面的分析，雖然QFD的矩陣是一個有用的工具有助於關鍵品質的過程，它需要增加權重的計算方法的技術改進結果。

- Discussions and conclusions(1/2)

- Conclusions and future research

- 產品品質特性模型和品質關鍵要素CTQs被規定，CTQs發展模型和分解方法詳細討論了六標準差。

(1)說明產品特性(QCs)和關鍵產品特性著重於產品設計的要求條件是有利於進一步的研究六標準差和品質工程

(2) CTQs的關係樹是基礎設施，包括功能樹和物理樹來發展六標準差，它提供了一個可選的產品開發的品質保證的方法

- Discussions and conclusions(2/2)

- Results and discussions

(3) CTQsP關係樹給予的節點權重，或許是強力點，但是一個更加重要的方式在設計過程中將發現有微弱或潛在風險零件和組件。如何得到相關歷史品質數據和計算CTQsP關係樹給予的節點權重仍然是進一步研究的價值。

- 研究如何進行解決正在計劃中的衝突分解過程