



淺談單位努力漁獲量之標準化

吳繼倫

水產試驗所海洋漁業組

當某一漁業資源經長期利用後，漁業學家為瞭解系群資源狀態及其變動情形，以制訂相關漁業管理措施，期能達到資源合理的開發與永續利用，一般都先進行單位努力漁獲量 (catch per unit of effort, CPUE) 的標準化 (standardization) 研究。

單位努力漁獲量又稱漁獲率 (catch rate)，在延繩釣漁業定義為每千鈎 (或百鈎) 鈎鈎所捕獲的尾數 (或重量)，而拖網漁業則定義為每網小時所捕獲的重量。單位努力漁獲量為系群資源豐度與漁船漁獲能力的乘積；因此，單位努力漁獲量的年別變化係受到漁船漁獲能力及年別系群資源量變動所影響。若將影響漁船漁獲能力的因子，例如：漁船的噸級別效應、漁具效應、漁區效應、漁季效應等予以標準化，此經標準化後的單位努力漁獲量則可作為資源豐度指標。

泛線性模式 (General Linear Model, GLM)，因具統計理論架構基礎，而且模式中非常方便的可將影響漁船漁獲能力的因子諸如：漁船的噸級別、漁具、漁區及漁季等置入模式分析，因此目前為進行單位努力漁獲量的標準化最常用的方法。其理論基礎概述如下：

假設 i 等級漁船在第 t 年的單位努力漁獲量為：(1) 基準等級漁船在基準年的單位努力漁獲量 (U_{11})；(2) 相對於基準年的第 t 年平均 CPUE (α_t)；和(3) i 等級漁船相對於基準漁船的漁獲效率 (efficiency) 比例 (β_i) 三項的連乘積。其關係式如下：

$$U_{it} = U_{11} \times \alpha_t \times \beta_i \times \varepsilon_{it} \quad (1)$$

U_{it} ： i 等級漁船在第 t 年的單位努力漁獲量；

U_{11} ：基準等級漁船在基準年的單位努力漁獲量；

α_t ：相對於基準年資源量的第 t 年資源量；



β_i ：相對於基準等級漁船的 i 等級漁船漁獲效率；

ε_{ti} ：為第 t 年 i 等級漁船的誤差項。

(1)式經對數轉換所得之線性模式，表示如下：

$$\ln(U_{ti}) = \ln(U_{11}) + \ln(\alpha_t) + \ln(\beta_i) + \varepsilon_{ti} \quad (2)$$

此線性模式可採用普通最小平方估計法 (ordinary least square mean method) 以估計各參數值。由於商業性的漁業資料多來自於特定的漁汛期與漁場，且為不均衡資料 (處理組合的重複次數不同)，因此在模式與因子效應的檢定上以變方分析第Ⅲ型—適用於因子間有交感現象的均值加權平方法，進行分析。

於(2)式中，單位努力漁獲量為各因子效應之和，各因子效應間彼此獨立並可予以分離。式中的 α_t (年別變因) 隱含資源量的年別相對變動值，即為經過校正後相對於基準年的標準化族群資源量。 β_i (漁獲效率因子) 即為 i 等級漁船相對於基準等級漁船的漁獲效率。

今舉例如表 1，以 SAS 計算並說明程式執行結果：假設某拖網漁業依據船舶噸級別可區分為 3 等級，經連續 4 年作業各等級所估算的單位努力漁獲量如表 1 所示。

表 1 4 年間 3 種不同等級拖網漁船的單位努力漁獲量

年別	(公噸/小時)		
	船舶噸級 1	船舶噸級 2	船舶噸級 3
1	0.63	0.85	1.28
2	0.46	0.65	1.09
3	0.35	0.66	1.01
4	0.43	0.48	0.84

SAS 程式碼撰寫如下：

```
options pagesize = 2000 ;
TITLE 'CPUE Standardization';
DATA inputdat;
INPUT yr ves_class catch_rate;
c_rate1 = log (catch_rate);
CARDS;
1 1 0.63
2 1 0.46
3 1 0.35
4 1 0.43
1 2 0.85
2 2 0.65
3 2 0.66
4 2 0.48
1 3 1.28
2 3 1.09
3 3 1.01
4 3 0.84
;
PROC GLM data = inputdat;
CLASS yr ves_class;
MODEL c_rate1 = yr ves_class
/solution ss3;
RUN;
```

SAS 執行結果摘要如表 2、3。表 3 第 2 欄為套適泛線性模式所得之各參數值，由於 CPUE 在套適前，已先經對數轉換，因此，各參數值再以指數轉換還原如第 3 欄。其中，yr 4 為基準年，ves_class 3 為基準等級漁船，而截距項即代表 ves_class 3 漁船在 yr 4 的單位努力漁獲量為 0.86 公噸 / 小時。ves_class1、ves_class 2 等級漁船的漁獲



效率分別僅有 ves_class 3 漁船的 44%和 62%；yr 1、yr 2、yr 3 各值分別為 1.58、1.23 和 1.10 即代表相對於 yr 4 (值為 1) 的標準化 CPUE。

表 2 使用 SAS GLM 程序進行單位努力漁獲量標準化所得的變方分析表

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	1.72357189	0.34471438	24.74	0.0006
Error	6	0.08359362	0.01393227		
Corrected Total	11	1.80716552			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	c_rate1 Mean		
0.953743	-30.09493	0.118035	-0.392209		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
yr	3	0.35015703	0.11671901	8.38	0.0145
ves_class	2	1.37341486	0.68670743	49.29	0.0002

表 3 使用 SAS GLM 程序進行單位努力漁獲量標準化所估得的各參數值及各參數經指數轉換還原的估值

Standard parameter	Estimate	Value recovered by exponentiation
Intercept	-0.149729849	0.86094053
yr 1	0.458199441	1.58122433
yr 2	0.210386208	1.23415461
yr 3	0.098968465	1.10403148
yr 4	0	1
ves_class 1	-0.82524779	0.43812642
ves_class 2	-0.477855296	0.62011192
ves_class 3	0	1