

Q6

a.

各變數的係數在 1987 和 1988 年度估計上相似但不完全一致。對個體異質性的假設: OLS 是對每一年獨立估計，**隱含假設為不同個體之間是同質的**（即不考慮每個人有不同的固定效果）；也就是說，每一年度的估計未控制個體不變的特性，像是教育背景或家庭背景。

b.

該模型**控制了個體固定效果 u_i** ，允許不同人有不同的截距（即個體異質性）。OLS 模型則假設所有人有相同截距，即**不考慮個體間的不可觀察差異**。因此，panel model 更適合處理長期資料（如一人多期資料），並可避免 omitted variable bias。

c.

EXPER 的係數明顯變小，表示在控制個體固定效果後，年資對薪資的影響減弱，原本 OLS 估計可能被 omitted variables bias 高估了

d.

$$df1 = 1432 - 716 = 716$$

$$df2 = 716(5-1) = 2864$$

H_0 : 所有個體固定效果 $u_i=0$ （即沒有個體異質性 \rightarrow OLS 合理）

H_1 : 至少有一個個體固定效果 $\neq 0$ （即固定效果模型是正確的）

因為 $11.68 > 2.33$ ，**拒絕虛無假設 H_0** ，表示固定效果顯著，因此應使用固定效果模型。

e.

FE Robust (col 4)：放寬此假設，允許異方差與序列相關 (cluster robust)

部分變數（如 SOUTH）在使用 cluster-robust 時標準誤差顯著上升，反映原本的標準誤可能低估了真實的不確定性。使用 robust 是更保守、也更可靠的做法。

Q16

a.

```
> summary(model)

Call:
lm(formula = LIQUORD ~ INCOMED - 1, data = diff_data)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.6852 -0.9196 -0.0323  0.9027  3.3620

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
INCOMED    0.02975    0.02922   1.018   0.312

Residual standard error: 1.417 on 79 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.01295,    Adjusted R-squared:  0.0004544
F-statistic: 1.036 on 1 and 79 DF,  p-value: 0.3118

> confint(model, level = 0.95)
              2.5 %      97.5 %
INCOMED -0.02841457 0.08790818
```

The 95% interval estimate of the coefficient of INCOMED is [-0.0284146, 0.0879082]. The interval covers zero; we have no evidence against the hypothesis that income does not affect liquor expenditures.

Q20

a.

Coefficients:

| | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t) | |
|-------------|-----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | 437.76425 | 1.34622 | 325.180 | < 2e-16 | *** |
| small | 5.82282 | 0.98933 | 5.886 | 4.19e-09 | *** |
| aide | 0.81784 | 0.95299 | 0.858 | 0.391 | |
| tchexper | 0.49247 | 0.06956 | 7.080 | 1.61e-12 | *** |
| boy | -6.15642 | 0.79613 | -7.733 | 1.23e-14 | *** |
| white_asian | 3.90581 | 0.95361 | 4.096 | 4.26e-05 | *** |
| freelunch | -14.77134 | 0.89025 | -16.592 | < 2e-16 | *** |

研究結果顯示，小班教學對學生閱讀測驗成績具有顯著正面影響，學生平均分數提升約 5.82 分。相較之下，配置教學助理對學生成績並無統計上的顯著影響。教師年資越高，其所授學生的表現也相對較好，顯示教師經驗與學生學業表現之間存在正向關聯。此外，男性學生的成績顯著低於女性學生；而族群方面，白人與亞裔學生的平均表現優於其他族群。最後，符合免費午餐資格的學生（通常作為衡量家庭社經地位的指標）成績明顯偏低，突顯出教育成就上的持續落差。

b.

$$\hat{READSCORE}_i = 6.49SMALL_i + 0.99AIDE_i + 0.29TCHEXPER_i - 5.46BOY_i + 8.03WHITE_ASIAN_i - 14.59FREELUNCH_i$$

Coefficients:

| | Estimate | Std. Error | t-value | Pr(> t) | |
|-------------|------------|------------|----------|-----------|-----|
| small | 6.490231 | 0.912962 | 7.1090 | 1.313e-12 | *** |
| aide | 0.996087 | 0.881693 | 1.1297 | 0.2586 | |
| tchexper | 0.285567 | 0.070845 | 4.0309 | 5.629e-05 | *** |
| boy | -5.455941 | 0.727589 | -7.4987 | 7.440e-14 | *** |
| white_asian | 8.028019 | 1.535656 | 5.2277 | 1.777e-07 | *** |
| freelunch | -14.593572 | 0.880006 | -16.5835 | < 2.2e-16 | *** |

固定效果模型能控制校際間未觀察到的異質性，從而提供對解釋變數更準確且無偏的估計。儘管部分係數的數值略有變動，但多數變數的顯著性與方向在兩種模型中皆保持一致。因此，小班教學的正向效果、教師經驗的有利影響，以及性別、種族與社經地位所帶來的學業表現差異，皆在納入學校固定效果後依然具備穩健性。

c.

```
data: readscore ~ small + aide + tchexper + boy + white_asian + freelunch
F = 16.698, df1 = 78, df2 = 5681, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: significant effects
```

由於 p 值遠小於 0.05，我們拒絕虛無假設。這表示學校固定效果在統計上具有顯著性——即使已控制班級類型、教師經驗及學生特徵後，學生的閱讀表現

在不同學校之間仍存在系統性的差異。