

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

—*—

TIỂU LUẬN CUỐI KÌ

MÔ HÌNH HÓA THỐNG KÊ

Giảng viên hướng dẫn: **TS. Nguyễn Thị Mộng Ngọc**

Nhóm thực hiện: **Nhóm 4**

Học viên: **Phan Thị Thùy An**

MSHV: 20C29002

Đinh Thị Nữ

MSHV: 20C29013

Lý Phi Long

MSHV: 20C29028

Đặng Khánh Thi

MSHV: 20C29038

TP. Hồ Chí Minh – Tháng 04, 2021

Mục lục

1	Dữ liệu tự chọn	5
1.1	Dữ liệu 1: Mô hình hồi quy đa biến	6
1.2	Dữ liệu 2: Hồi quy thành phần chính	7
2	Dữ liệu có sẵn	9
2.1	Dữ liệu 1	10
2.2	Dữ liệu 2	14
2.3	Dữ liệu 3	20
2.4	Dữ liệu 4	21

Chương 1

Dữ liệu tự chọn

- Tên "đề tài", nguồn gốc của dữ liệu, giới thiệu các biến.
- Mô hình chọn được; phân tích kết quả
- Đưa ra những phương pháp/phân tích khác có thể giúp cho kết quả tốt hơn.
- Kết luận.

1.1 Dữ liệu 1: Mô hình hồi quy đa biến

1.2 Dữ liệu 2: Hồi quy thành phần chính

Chương 2

Dữ liệu có sẵn

- Chọn mô hình phù hợp nhất giải thích biến phụ thuộc với từng bộ dữ liệu.
- Nêu rõ phương pháp chọn mô hình và lý do chọn phương pháp đó.
- Nói rõ ý nghĩa của mô hình đã chọn.

2.1 Dữ liệu 1

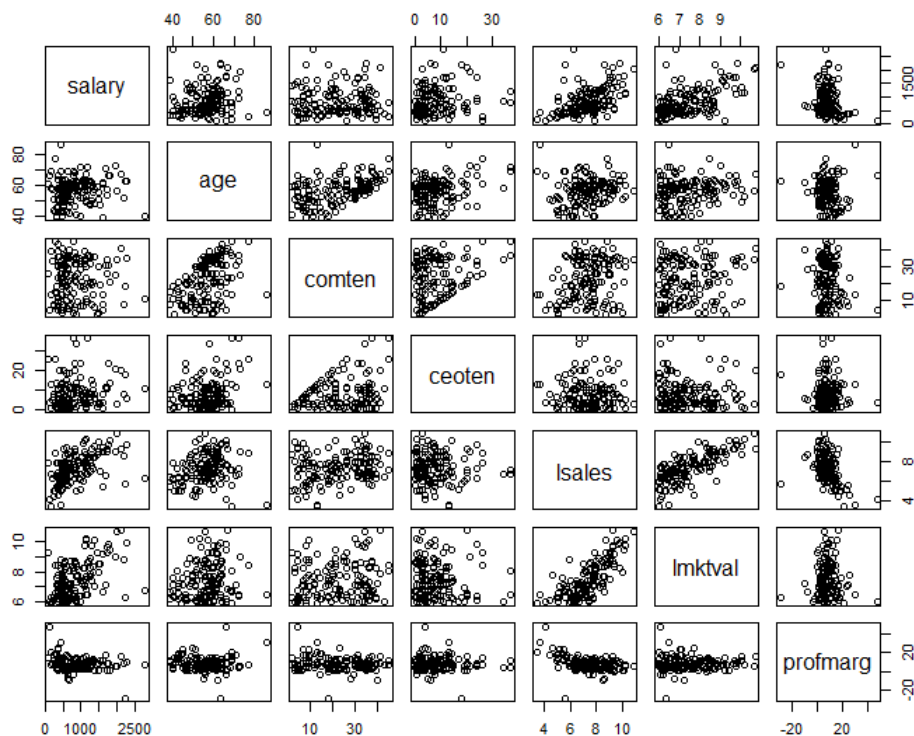
Những thông tin về các giám đốc điều hành các tập đoàn Hoa Kỳ. Bộ dữ liệu gồm 177 quan trắc và 15 biến.

Tìm hiểu và tiền xử lý dữ liệu

Một số biến trong bộ dữ liệu kiểu số có đơn vị tính lớn như: $sales'$, $profits$, $lmktval$. Nếu đưa những biến này vào phương trình hồi quy có thể dẫn tới hiện tượng bias do tác động của những biến này lên model lớn át những biến khác còn lại như age , $ceoten$ Nên ta sẽ dùng phương pháp logarit cho 3 biến này trong model tương ứng với 3 biến mới là: $lsales'$, $lmktval$ và $profmarg$. (1)

Từ biểu đồ dưới ta thấy ba biến định lượng $lsales$, $lmktval$ và $profmarg$ xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến. Tuy nhiên có xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến giữa 2 biến $sales$ và $profit$ luôn (hình 2.1).

Tính độ correlation của biến $salary$ với lần lượt 2 biến trên ta có:



Hình 2.1: Mối tương quan giữa các biến

```
> cor(train[c("salary", "lsales", "lmktval", "profmarg")])
      salary    lsales    lmktval    profmarg
salary  1.0000000  0.4912099  0.51978488 -0.24975911
lsales  0.4912099  1.0000000  0.75006264 -0.42949701
lmktval 0.5197849  0.7500626  1.00000000  0.04471558
profmarg -0.2497591 -0.4294970  0.04471558  1.00000000
```

Hình 2.2: Mức độ tương quan giữa biến *lsales* và *profmarg* Correlation

Xét bảng correlation giữa các biến độc lập với nhau và giữa các biến độc lập với biến phụ thuộc ta thấy: Giữa hai biến *lmktval* và biến *lsales* có mối tương quan rất cao (≈ 0.75). Tuy nhiên biến *lmktval* lại có mối tương quan cao hơn với biến phụ thuộc *salary*. Mặt khác giữa biến *profmarg* và *lsales* cũng có mối tương quan cao (≈ -0.42). Nên ta loại bỏ biến *lsales* khỏi danh sách các biến được xét. (2)

Từ (1) và (2) ta có mô hình với đầy đủ các biến cần lựa chọn như sau:

$$\begin{aligned} salary = \beta_0 + \beta_1 * age + \beta_2 * college + \beta_3 * grad + \beta_4 * comten \\ + \beta_5 * ceoten + \beta_6 * lmktval + \beta_7 * profmarg \end{aligned} \quad (2.1)$$

Thực hiện phân rã hai biến phân loại gồm *college* và *grad* trước khi thực hiện phương pháp chọn biến StepWise tiến với tiêu chuẩn AIC.

Để đánh giá chất lượng mô hình ta chia tập dữ liệu thành hai phần training và testing với tỷ lệ 80:20 sau đó tiến hành phương pháp chọn biến.

Thực hiện chọn biến bằng phương pháp StepWise tiến và tiêu chuẩn AIC

Tổng quan tiêu chuẩn AIC thì mô hình tốt là mô hình có giá trị AIC nhỏ nhất. Ở mô hình 1 biến *lmktval* được chọn vào mô hình vì có AIC nhỏ nhất trong tất cả các kết hợp với các biến còn lại. Tương tự AIC được tính cho mô hình thêm biến thứ 2 biến *ceoten* và biến thứ 3 là *ceoten*.

Với ba biến trên được chọn mô hình 2.1 trở thành mô hình mới:

$$salary = -950.6 + 248.2 * lmktval - 13.9 * profmarg + 11.7 * ceoten \quad (1.2)$$

Tuy nhiên ta nhận thấy biến *ceoten* có $p_{value} \geq \alpha$ ($0.05738 \geq 0.05$) nên không có ý nghĩa thống kê trong mô hình.

```
[1] "salary" "age" "college" "grad" "comten" "ceoten" "lmktval" "profmarg"
> l0 = lm(formula = train$salary ~ 1, data = train) # non independence variable
> l1 = lm(formula = train$salary ~ ., data = train) # full independence variable
> modbest_Fow = step(10, scope = list(lower = l0,
+                                     upper = l1), direction = 'forward', k = 2)
Start: AIC=1825.78
train$salary ~ 1

      Df Sum of Sq  RSS   AIC
+ lmktval 1 11242276 42481047 1794.4
+ profmarg 1 993901 52729423 1825.1
+ age      1 833601 52889723 1825.6
+ ceoten   1 816752 52906571 1825.6
+ comten   1 784116 52939207 1825.7
<none>    1 53723323 1825.8
+ college  1 225711 53497612 1827.2
+ grad     1 1333 53721991 1827.8

Step: AIC=1794.44
train$salary ~ lmktval

      Df Sum of Sq  RSS   AIC
+ profmarg 1 1319152 41161895 1792.0
+ ceoten   1 1069953 41411095 1792.8
<none>    1 42481047 1794.4
+ grad     1 398593 42082454 1795.1
+ comten   1 199305 42281743 1795.8
+ age      1 177509 42303538 1795.8
+ college  1 90861 42390186 1796.1

Step: AIC=1791.96
train$salary ~ lmktval + profmarg

      Df Sum of Sq  RSS   AIC
+ ceoten  1 1067048 40094847 1790.2
<none>    1 41161895 1792.0
+ grad    1 215822 40946074 1793.2
+ age     1 170753 40991143 1793.4
+ college  1 92712 41069183 1793.6
+ comten   1 33866 41128029 1793.8

Step: AIC=1790.23
train$salary ~ lmktval + profmarg + ceoten

      Df Sum of Sq  RSS   AIC
<none>  1 40094847 1790.2
+ grad  1 142580 39952267 1791.7
+ college 1 38627 40056220 1792.1
+ comten  1 28636 40066211 1792.1
+ age    1 1 40094846 1792.2
```

Hình 2.3: Kết quả chọn biến theo phương pháp StepWise tiến với tiêu chuẩn AIC

```
> summary(modbest_Fow)

Call:
lm(formula = train$salary ~ lmktval + profmarg + ceoten, data = train)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1339.1  -227.0   -72.8   163.7   4351.3

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -950.696    302.598   -3.142  0.00206 **
lmktval      248.204     38.909    6.379  2.5e-09 ***
profmarg     -13.929      6.544   -2.128  0.03508 *
ceoten        11.714      6.113    1.916  0.05738 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 539 on 138 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2537, Adjusted R-squared:  0.2375
F-statistic: 15.64 on 3 and 138 DF, p-value: 8.262e-09
```

Hình 2.4: Kết quả hồi quy mô hình với các biến được chọn

Ta tiến hành bỏ biến *ceoten* và hồi quy mô hình với hai biến còn lại kết quả thu được từ phần mềm R như bên dưới:

Mô hình thống kê mới:

$$\text{salary} = -830.7 + 245.3 * \text{lmktval} - 13.9 * \text{profmarg} + 11.7 \quad (1.3)$$

Trường hợp này hai biến còn lại có ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên mô hình được tạo bởi hai biến này chỉ giải thích được 23 % kết quả biến phụ thuộc (hình 2.5). Nguyên nhân dẫn tới kết quả thấp là do số lượng data ít, các biến giải thích ít không tạo nên

```

> new_train = train[c("salary", "lmtval", "profmarg")]
> newModel = lm(formula = new_train$salary ~ ., data = new_train)
> summary(newModel)

Call:
lm(formula = new_train$salary ~ ., data = new_train)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1127.7  -256.6   -85.3   246.7  4404.8

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -830.739    298.886   -2.779   0.0062 **
lmtval        245.323     39.252    6.250 4.71e-09 ***
profmarg     -13.944      6.607   -2.111   0.0366 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 544.2 on 139 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2338,    Adjusted R-squared:  0.2228
F-statistic: 21.21 on 2 and 139 DF,  p-value: 9.143e-09

```

Hình 2.5: Kết quả hồi quy mô hình với hai biến còn lại

mô hình đặc trưng được.

Test trên tập test và nhận xét kết quả

Thực hiện dự đoán trên tập dữ liệu test từ kết quả mô hình (1.3) và dùng chỉ số đánh MSE (trung bình sai số bình phương) ta có:

```

> SE = sum((pred_test - y_test) ^2)
> SE
[1] 15893414
> MSE = SE / nrow(test)
> print(MSE)
[1] 454097.5

```

Hình 2.6: Chỉ số đo lường kết quả MSE

2.2 Dữ liệu 2

Bộ dữ liệu ghi lại lịch sử về những ngôi nhà được bán từ 5/2014 đến 5/2015 ở quận King, bang Washington, Hoa Kỳ. Bộ dữ liệu bao gồm 21613 quan trắc, gồm 21 biến.

* Phương pháp chọn: Stepwise - lùi; tiêu chuẩn chọn: BIC.

Tìm hiểu dữ liệu

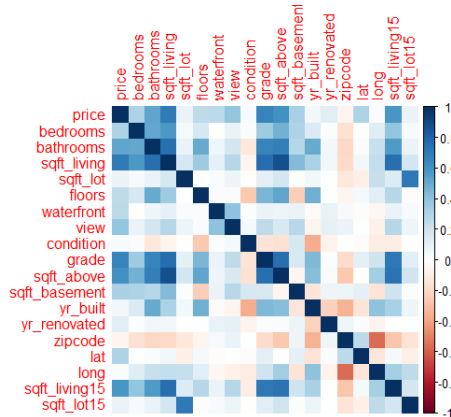
```
> mydata <- read.csv("data2.csv")
> head(mydata)
```

	id	date	price	bedrooms	bathrooms	sqft_living	sqft_lot	floors	waterfront	view
1	7129300520	10/13/2014	221900	3	1.00	1180	5650	1	0	0
2	6414100192	12/9/2014	538000	3	2.25	2570	7242	2	0	0
3	5631500400	2/25/2015	180000	2	1.00	770	10000	1	0	0
4	2487200875	12/9/2014	604000	4	3.00	1960	5000	1	0	0
5	1954400510	2/18/2015	510000	3	2.00	1680	8080	1	0	0
6	7237550310	5/12/2014	1230000	4	4.50	5420	101930	1	0	0

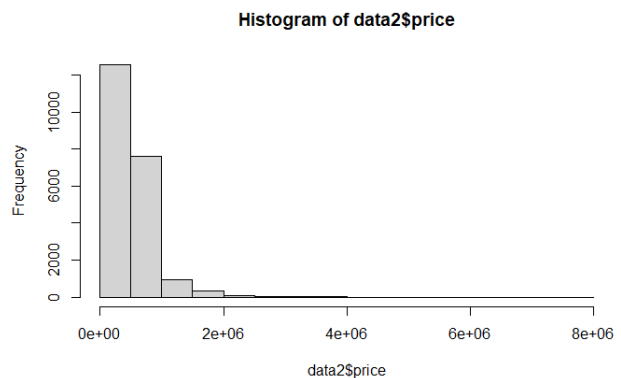
	condition	grade	sqft_above	sqft_basement	yr_built	yr_renovated	zipcode	lat	long
1	3	7	1180	0	1955	0	98178	47.5112	-122.257
2	3	7	2170	400	1951	1991	98125	47.7210	-122.319
3	3	6	770	0	1933	0	98028	47.7379	-122.233
4	5	7	1050	910	1965	0	98136	47.5208	-122.393
5	3	8	1680	0	1987	0	98074	47.6168	-122.045
6	3	11	3890	1530	2001	0	98053	47.6561	-122.005

	sqft_living15	sqft_lot15
1	1340	5650
2	1690	7639
3	2720	8062
4	1360	5000
5	1800	7503
6	4760	101930

(a) Một số quan trắc đầu tiên



(b) Hệ số tương quan giữa các biến



(c) Phân bố của biến phụ thuộc

Hình 2.7: Một số quan sát ban đầu của bộ dữ liệu

Bộ dữ liệu cung cấp gồm 21 biến, trong đó biến **id** và **date** được loại bỏ khỏi dữ liệu trước khi tiến hành phân tích, vì nhóm em nghĩ các biến này chỉ để ghi lại chỉ số và thời gian mua bán, không mang nhiều ý nghĩa thống kê.

Quan sát ban đầu cho thấy: các biến độc lập **sqft_living**, **grade**, **sqft_above**, **sqft_living15** có mối tương quan cao với biến phụ thuộc **Price**; biến phụ thuộc **Price**

phân bố không đều, bị lệch hẳn về một phía và giá trị chủ yếu từ 0 đến 2 000 000.

Phân tích, chọn mô hình

```
> # Create full model
> mod_full_1 = lm(price ~ ., data2) #full model
> summary(mod_full_1)

Call:
lm(formula = price ~ ., data = data2)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1291631   -99089    -9569    77778  4330096

Coefficients: (1 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.564e+06  2.933e+06   2.238  0.02523 *
bedrooms     -3.556e+04  1.901e+03 -18.707 < 2e-16 ***
bathrooms     4.128e+04  3.268e+03  12.632 < 2e-16 ***
sqft_living    1.496e+02  4.397e+00  34.033 < 2e-16 ***
sqft_lot       1.289e-01  4.792e-02   2.690  0.00714 **
floors         6.474e+03  3.602e+03   1.797  0.07229 .
waterfront     5.833e+05  1.736e+04  33.593 < 2e-16 ***
view          5.278e+04  2.141e+03  24.652 < 2e-16 ***
condition     2.679e+04  2.353e+03  11.387 < 2e-16 ***
grade         9.701e+04  2.161e+03  44.894 < 2e-16 ***
sqft_above     3.129e+01  4.361e+00   7.174  7.53e-13 ***
sqft_basement    NA           NA      NA      NA
yr_built      -2.628e+03  7.272e+01 -36.135 < 2e-16 ***
yr_renovated   1.983e+01  3.656e+00   5.425  5.87e-08 ***
zipcode       -5.819e+02  3.299e+01 -17.635 < 2e-16 ***
lat           6.022e+05  1.074e+04  56.071 < 2e-16 ***
long          -2.156e+05  1.316e+04 -16.385 < 2e-16 ***
sqft_living15  2.116e+01  3.451e+00   6.131  8.88e-10 ***
sqft_lot15     -3.907e-01  7.334e-02  -5.327  1.01e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 201300 on 21579 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7001,    Adjusted R-squared:  0.6999
F-statistic: 2964 on 17 and 21579 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Hình 2.8: Mô hình hồi quy đầy đủ ban đầu

«««< Updated upstream ===== «««< HEAD * **Phương pháp chọn: Stepwise - lùi; tiêu chuẩn chọn: BIC.** ===== »»»> 23993a709bcde0bb77d7f9c327113bd164c4c
»»»> Stashed changes

Bộ dữ liệu (sau khi loại bỏ id và date) có 18 biến giải thích, do đó nhóm em chọn phương pháp lùi (**stepwise - backward**) cho bộ dữ liệu này. Trong mô hình hồi quy đầy đủ (Hình 2.8), đa số các biến giải thích đều có ý nghĩa thống kê, do đó tiến hành phương pháp lùi (loại biến dần dần) sẽ tiết kiệm thời gian hơn so với các phương pháp còn lại. Tiêu chuẩn BIC có xu hướng chọn các mô hình ít phức tạp hơn so với tiêu chuẩn AIC, đặc biệt khi số lượng quan trắc lớn.

Bằng phương pháp lùi và tiêu chuẩn BIC (Hình 2.9), các biến **sqft_basement**, **floors**, **sqft_lot** đã bị loại bỏ khỏi mô hình. Mô hình được chọn có $R^2 = 0.7$, $R_{adj}^2 =$

```

> summary(mod_BIC_1)

Call:
lm(formula = price ~ bedrooms + bathrooms + sqft_living + waterfront +
    view + condition + grade + sqft_above + yr_built + yr_renovated +
    zipcode + lat + long + sqft_living15 + sqft_lot15, data = data2)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1284799   -99272    -9674     77773   4326048

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.017e+06  2.885e+06   2.085  0.0371 *
bedrooms    -3.578e+04  1.900e+03  -18.826 < 2e-16 ***
bathrooms     4.285e+04  3.154e+03  13.587 < 2e-16 ***
sqft_living   1.475e+02  4.181e+00  35.280 < 2e-16 ***
waterfront    5.826e+05  1.736e+04  33.554 < 2e-16 ***
view          5.306e+04  2.140e+03  24.797 < 2e-16 ***
condition     2.645e+04  2.349e+03  11.256 < 2e-16 ***
grade         9.746e+04  2.152e+03  45.284 < 2e-16 ***
sqft_above    3.501e+01  3.910e+00   8.952 < 2e-16 ***
yr_built     -2.609e+03  7.094e+01  -36.779 < 2e-16 ***
yr_renovated  2.003e+01  3.651e+00   5.487  4.14e-08 ***
zipcode      -5.764e+02  3.286e+01  -17.542 < 2e-16 ***
lat           6.027e+05  1.070e+04  56.341 < 2e-16 ***
long         -2.152e+05  1.308e+04  -16.451 < 2e-16 ***
sqft_living15 1.989e+01  3.423e+00   5.811  6.30e-09 ***
sqft_lot15   -2.613e-01  5.311e-02  -4.919  8.74e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 201300 on 21581 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7, Adjusted R-squared:  0.6998
F-statistic: 3357 on 15 and 21581 DF, p-value: < 2.2e-16

> mod_BIC_1$anova
Stepwise Model Path
Analysis of Deviance Table

Initial Model:
price ~ bedrooms + bathrooms + sqft_living + sqft_lot + floors +
waterfront + view + condition + grade + sqft_above + sqft_basement +
yr_built + yr_renovated + zipcode + lat + long + sqft_living15 +
sqft_lot15

Final Model:
price ~ bedrooms + bathrooms + sqft_living + waterfront + view +
condition + grade + sqft_above + yr_built + yr_renovated +
zipcode + lat + long + sqft_living15 + sqft_lot15

      Step DF      Deviance Resid. DF  Resid. Dev    AIC
1              0      21579  21579  8.739836e+14 527659.9
2 - sqft_basement 0      21579  8.739836e+14 527659.9
3 - floors       1 130842954998 21580 8.741144e+14 527653.1
4 - sqft_lot     1 284802633671 21581 8.743992e+14 527650.2

```

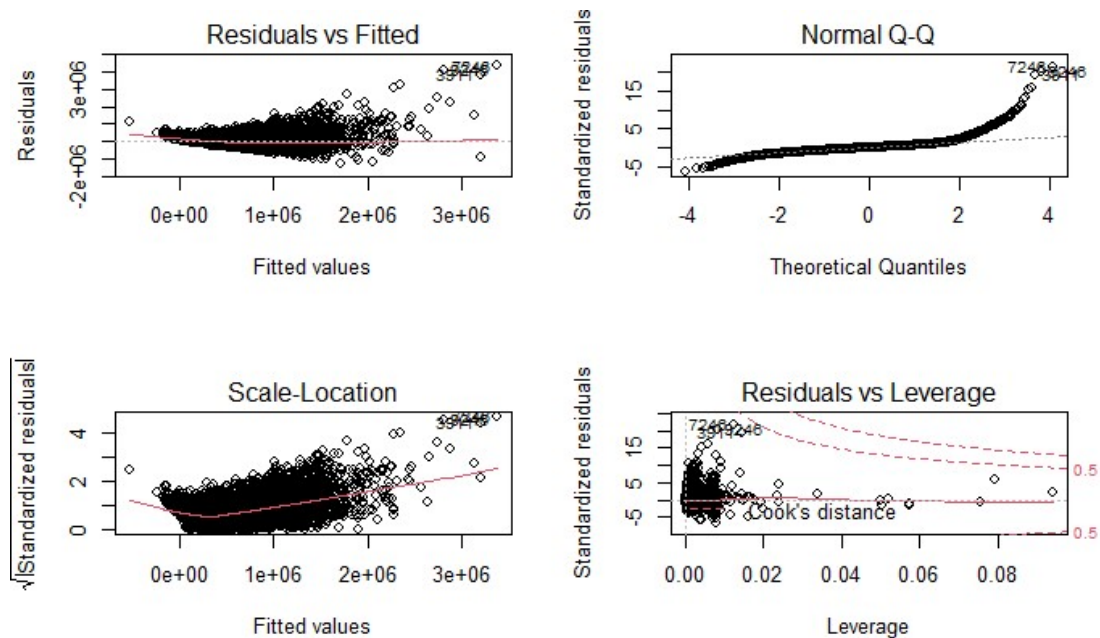
(a) Chọn biến

(b) Kết quả mô hình

Hình 2.9: Mô hình khi chọn bằng tiêu chuẩn BIC

0.6998, các tham số ước lượng của mô hình đều có ý nghĩa thống kê.

Ta tiến hành kiểm tra xem mô hình này có thỏa mãn các giả thiết của mô hình hồi quy hay không.

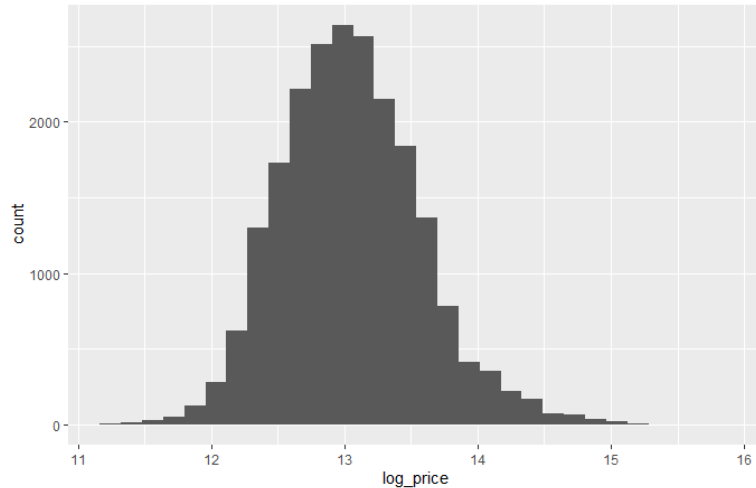


Hình 2.10: Các biểu đồ kiểm định mô hình

Dựa vào hình 2.10, phương sai của sai số không phải là hằng số, kì vọng của sai số

bằng 0; sai số có vẻ tuân theo phân phối chuẩn nhưng phần đuôi trên bị lệch khá nhiều.

Kết hợp với nhận xét ban đầu, về việc biến **Price** phân bố không đều, nhóm em tiến hành biến đổi biến này thành $\log(\text{Price})$.



Hình 2.11: Phân bố của biến **Price** sau khi biến đổi

Sau khi biến đổi, tiến hành hồi quy cho mô hình có 15 biến đã chọn bằng tiêu chuẩn BIC trước đó (**Mô hình 1**) và hồi quy cho mô hình đầy đủ rồi áp dụng tiêu chuẩn BIC (**Mô hình 2**), ta có:

> summary(mod_2)

```
Call:
lm(formula = log(price) ~ bedrooms + bathrooms + sqft_living +
    waterfront + view + condition + grade + sqft_above + yr_built +
    yr_renovated + zipcode + lat + long + sqft_living15 + sqft_lot15,
    data = data2)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.72685	-0.16385	0.00299	0.16386	1.18219

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.436e+01	3.645e+00	-3.940	8.18e-05 ***
bedrooms	-1.351e-02	2.400e-03	-5.629	1.83e-08 ***
bathrooms	8.720e-02	3.984e-03	21.891	< 2e-16 ***
sqft_living	1.238e-04	5.282e-06	23.444	< 2e-16 ***
waterfront	3.702e-01	2.193e-02	16.881	< 2e-16 ***
view	6.195e-02	2.703e-03	22.919	< 2e-16 ***
condition	5.984e-02	2.968e-03	20.163	< 2e-16 ***
grade	1.643e-01	2.719e-03	60.449	< 2e-16 ***
sqft_above	2.582e-05	4.939e-06	5.228	1.73e-07 ***
yr_built	-3.126e-03	8.960e-05	-34.882	< 2e-16 ***
yr_renovated	4.008e-05	4.612e-06	8.690	< 2e-16 ***
zipcode	-5.816e-04	4.150e-05	-14.014	< 2e-16 ***
lat	1.414e+00	1.351e-02	104.612	< 2e-16 ***
long	-1.741e-01	1.652e-02	-10.537	< 2e-16 ***
sqft_living15	8.802e-05	4.324e-06	20.355	< 2e-16 ***
sqft_lot15	1.512e-07	6.709e-08	2.254	0.0242 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2543 on 21581 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.767, Adjusted R-squared: 0.7668
F-statistic: 4736 on 15 and 21581 DF, p-value: < 2.2e-16

(a) Mô hình 1

> summary(mod_BIC_2)

```
Call:
lm(formula = log(price) ~ bedrooms + bathrooms + sqft_living +
    sqft_lot + floors + waterfront + view + condition + grade +
    yr_built + yr_renovated + zipcode + lat + long + sqft_living15,
    data = data2)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.7953	-0.1615	0.0037	0.1590	1.1735

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.932e+00	3.639e+00	-1.905	0.0568 .
bedrooms	-1.174e-02	2.382e-03	-4.930	8.27e-07 ***
bathrooms	7.137e-02	4.047e-03	17.634	< 2e-16 ***
sqft_living	1.403e-04	4.197e-06	33.431	< 2e-16 ***
sqft_lot	3.426e-07	4.355e-08	7.868	3.78e-15 ***
floors	6.979e-02	4.049e-03	17.234	< 2e-16 ***
waterfront	3.686e-01	2.176e-02	16.937	< 2e-16 ***
view	6.148e-02	2.649e-03	23.205	< 2e-16 ***
condition	6.352e-02	2.941e-03	21.594	< 2e-16 ***
grade	1.591e-01	2.682e-03	59.299	< 2e-16 ***
yr_built	-3.419e-03	9.120e-05	-37.494	< 2e-16 ***
yr_renovated	3.650e-05	4.585e-06	7.962	1.78e-15 ***
zipcode	-6.441e-04	4.137e-05	-15.569	< 2e-16 ***
lat	1.404e+00	1.337e-02	104.988	< 2e-16 ***
long	-1.715e-01	1.619e-02	-10.590	< 2e-16 ***
sqft_living15	9.566e-05	4.278e-06	22.359	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2524 on 21581 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7703, Adjusted R-squared: 0.7702
F-statistic: 4826 on 15 and 21581 DF, p-value: < 2.2e-16

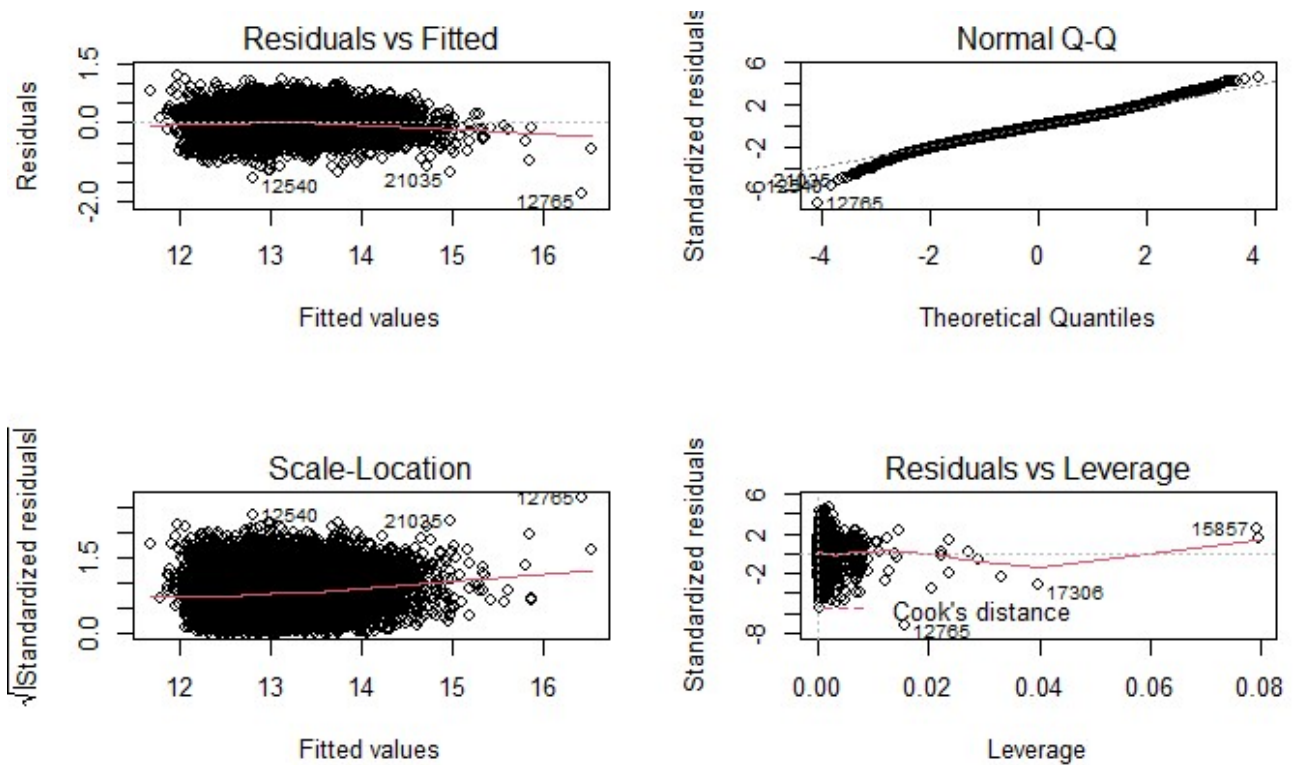
(b) Mô hình 2

Hình 2.12: Kết quả khi biến đổi **Price** thành $\log(\text{Price})$

Cả hai mô hình đều gồm 15 biến giải thích, mô hình 2 đã loại bỏ các biến **sqft_basement**, **sqft_above**, **sqft_lot15** khác với 3 biến đã loại trước khi biến đổi **Price**.

Nhóm em chọn **mô hình 2** là mô hình cuối cùng, vì: mô hình 2 có hệ số xác định lớn hơn ($R^2 = 77.03\%$), các biến liên quan đến diện tích tầng hầm (**sqft_basement**, **sqft_above**) đã được bao gồm trong **sqft_living**, diện tích khu đất vào năm 2015 cũng không mang nhiều ý nghĩa thống kê trong mô hình 1 nên có thể loại bỏ.

Kiểm tra giả thiết mô hình 2: phương sai của sai số không thay đổi, kì vọng bằng 0 và đã tuân theo phân phối chuẩn, chưa phát hiện hiện tượng đa cộng tuyến trong mô hình (các chỉ số VIF < 5) (Hình 2.13).



(a) Các biểu đồ kiểm định

```
> vif(mod_BIC_2)
```

bedrooms	bathrooms	sqft_living	sqft_lot	floors	waterfront
1.649892	3.283149	5.032386	1.102209	1.618698	1.202269
view	condition	grade	yr_built	yr_renovated	zipcode
1.397185	1.241008	3.356002	2.432360	1.150352	1.661301
lat	long	sqft_living15			
1.163852	1.759544	2.912665			

(b) Kiểm tra đa cộng tuyến

Hình 2.13: Kết quả khi biến đổi thành **log(Price)**

Kết luận

Vậy mô hình cuối cùng được chọn có các hệ số ước lượng như hình 2.14.

```
> coef(mod_BIC_2)
(Intercept)      bedrooms      bathrooms    sqft_living    sqft_lot      floors
-6.932157e+00 -1.174353e-02  7.137346e-02  1.403104e-04  3.426024e-07  6.978707e-02
waterfront      view          condition      grade        yr_built    yr_renovated
 3.685686e-01  6.147550e-02  6.351646e-02  1.590506e-01 -3.419313e-03  3.650388e-05
zipcode        lat          long    sqft_living15
-6.441469e-04  1.404181e+00 -1.714684e-01  9.565513e-05
```

Hình 2.14: Hệ số mô hình được chọn

Có 77.06% sự biến thiên của giá nhà ở quận King được giải thích bởi 15 biến độc lập, trong đó các yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất gồm số phòng ngủ, số phòng tắm, diện tích nhà, số tầng, hướng nhà ra bờ sông, tình trạng của ngôi nhà, điểm tổng thể của ngôi nhà theo phân loại của quận, kinh độ - vĩ độ (vị trí), năm xây dựng căn nhà.

Giá trị của một căn nhà **không bị ảnh hưởng** nhiều bởi các yếu tố liên quan đến diện tích: diện tích tầng hầm, diện tích khu đất, diện tích ngoài tầng hầm, năm sửa chữa căn nhà, zipcode (mã vùng) của ngôi nhà.

Số phòng ngủ có mối tương quan nghịch với giá nhà, vì khi số phòng ngủ tăng lên, nhưng các yếu tố còn lại không thay đổi, thì diện tích của mỗi phòng ngủ sẽ giảm đi, gây cảm giác chật chội. Do đó không phải càng có nhiều phòng ngủ thì ngôi nhà sẽ có giá trị cao.

2.3 Dữ liệu 3

Bộ dữ liệu ghi lại tỷ lệ tai nạn, gồm 39 quan trắc được thực hiện trên vài đoạn đường cao tốc ở tiểu bang Minnesota vùng Trung Tây của Hoa Kỳ.

2.4 Dữ liệu 4