Övningsuppgift A - analys av bränsledata

Per Idenfeldt, Oliver Grahn Thuna, Daniel Berg, Gabriel Junhager

9/30/2019

Contents

1 Introduktion **1**

2 Variabelselektion **1**
2.1 Variabelselektion - forward och backward 3

3 Konstruktion av modell **7**
3.1 MSEP 7

4 Jämförelse av amerikanska - och icke-amerikanska bilar **7**

5 Referens **8**

1 Introduktion

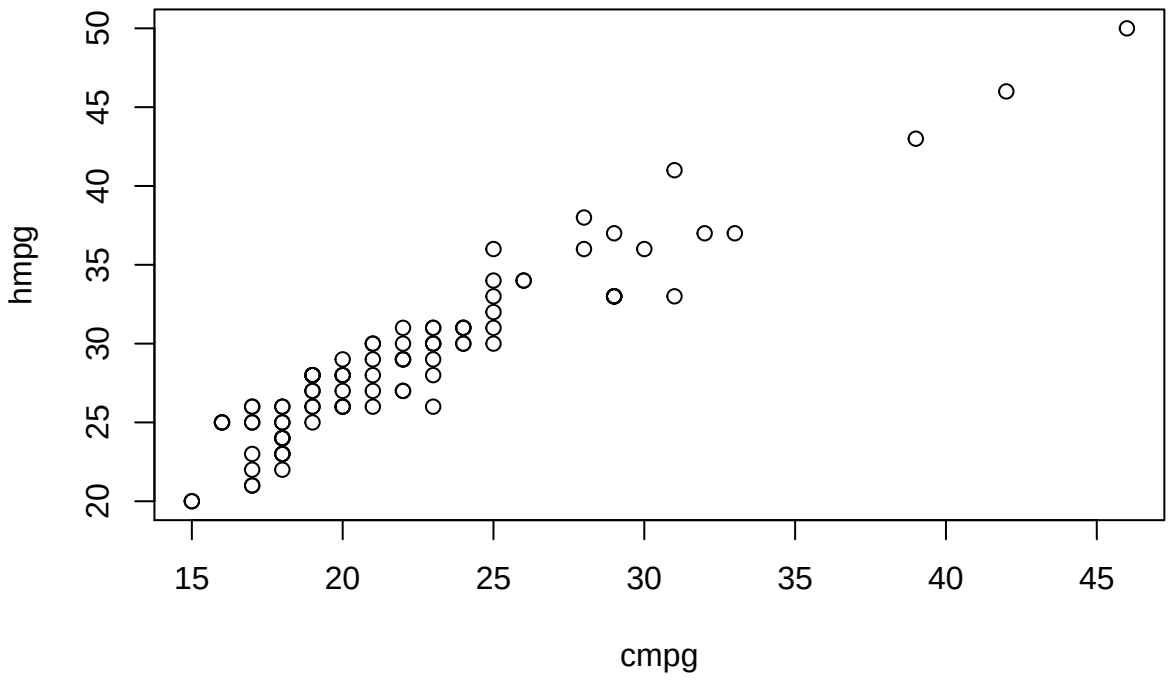
Denna rapport syftar till att utifrån de två datasetten *"Consumer Reports: The 1993 Cars - Annual Auto Issue_, Yonkers, NY: Consumers Union"* samt *"PACE New Car & Truck 1993 Buying Guide_ (1993), Milwaukee, WI: Pace Publ. Inc"* bygga en modell om bilars bensinförbrukning. Detta görs genom att välja lämpliga variabler med hjälp av statistika metoder som stegvis variabelselektion. Efter detta byggs en modell med hjälp av multipel linjär regression och dess prediktiva förmåga analyseras tillsammans med frågan om amerikanska bilar och icke-amerikanska bilars bränsleförbrukning skiljer sig på ett signifikant sätt.

2 Variabelselektion

Vi börjar med att undersöka data som är icke-kategorisk, annat data undersöks senare.

Variabler som helt klart är irrelevanta till bränsleförbrukning utesluts också automatiskt, till exempel standard på krockkudde.

Vektorerna V7 och V8 står för hur många miles man kommer per gallon i stad respektive motorväg. Vi misstänker att vi kommer kunna kombinera dem i en variabel, hur ser de ut om vi plottar dem mot varandra?



Figur 1: Plot mellan city miles per gallon och highway miles per gallon

Vi ser en klar linjär trend. Korrelationen som visas nedan verkar också relativt hög.

```
## [1] 0.9439358
```

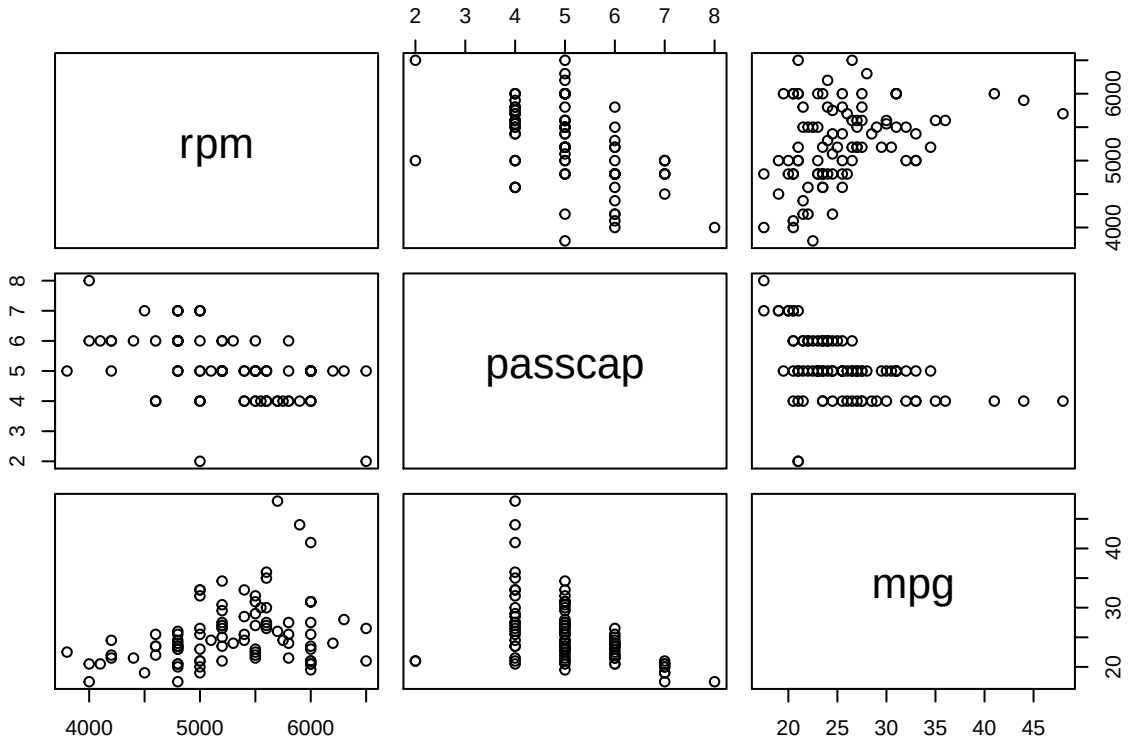
Vi kombinerar helt enkelt dessa variabler istället för att göra en modell åt varje, även fast de kan ha mindre skillnader.

Nu gör vi en korrelationsmatris utav dessa numeriska variabler. % latex table generated in R 3.6.1 by xtable 1.8-4 package % Mon Sep 30 14:10:47 2019

	minprice	midprice	maxprice	cylinders	enginesize	horsepower	rpm	enginerev	fueltankcap	passcap	lencar	wheelbase	width	weight	mpg
minprice	1.00	0.97	0.91	0.62	0.65	0.80	-0.04	-0.47	0.64	0.06	0.55	0.52	0.49	0.67	-0.61
midprice	0.97	1.00	0.98	0.59	0.60	0.79	-0.00	-0.43	0.62	0.06	0.50	0.50	0.46	0.65	-0.59
maxprice	0.91	0.98	1.00	0.54	0.54	0.74	0.03	-0.37	0.58	0.05	0.44	0.47	0.41	0.61	-0.54
cylinders	0.62	0.59	0.54	1.00	0.87	0.68	-0.44	-0.74	0.67	0.40	0.68	0.68	0.78	0.80	-0.66
enginesize	0.65	0.60	0.54	0.87	1.00	0.73	-0.55	-0.82	0.76	0.37	0.78	0.73	0.87	0.85	-0.68
horsepower	0.80	0.79	0.74	0.68	0.73	1.00	0.04	-0.60	0.71	0.01	0.55	0.49	0.64	0.74	-0.66
rpm	-0.04	-0.00	0.03	-0.44	-0.55	0.04	1.00	0.49	-0.33	-0.47	-0.44	-0.47	-0.54	-0.43	0.34
enginerev	-0.47	-0.43	-0.37	-0.74	-0.82	-0.60	0.49	1.00	-0.61	-0.33	-0.69	-0.64	-0.78	-0.74	0.65
fueltankcap	0.64	0.62	0.58	0.67	0.76	0.71	-0.33	-0.61	1.00	0.47	0.69	0.76	0.80	0.89	-0.81
passcap	0.06	0.06	0.05	0.40	0.37	0.01	-0.47	-0.33	0.47	1.00	0.49	0.69	0.49	0.55	-0.45
lencar	0.55	0.50	0.44	0.68	0.78	0.55	-0.44	-0.69	0.69	0.49	1.00	0.82	0.82	0.81	-0.61
wheelbase	0.52	0.50	0.47	0.68	0.73	0.49	-0.47	-0.64	0.76	0.69	0.82	1.00	0.81	0.87	-0.65
width	0.49	0.46	0.41	0.78	0.87	0.64	-0.54	-0.78	0.80	0.49	0.82	0.81	1.00	0.87	-0.69
weight	0.67	0.65	0.61	0.80	0.85	0.74	-0.43	-0.74	0.89	0.55	0.81	0.87	0.87	1.00	-0.84
mpg	-0.61	-0.59	-0.54	-0.66	-0.68	-0.66	0.34	0.65	-0.81	-0.45	-0.61	-0.65	-0.69	-0.84	1.00

Figur 2: Korrelationsmatris på data som endast är numerisk och relevant

Vi säger arbiträrt att vi vill testa alla variabler som fick $|r| < 0.5$, genom att plotta dem mot mpg.



Figur 3: Plotten av de variablerna som har dålig korrelation med cmpg

Av denna figur kan vi inte riktigt avgöra om variablerna bör vara med i modellen eller ej, så vi har kvar dem och utför yttligare tester.

2.1 Variabelselektion - forward och backward

Figur 4: Sammanfattning av vår modell med variabler utvalda av forward - och backward selection

Vår modell sammanfattas av figur 4. Finns det problem med multikolinearitet?

```
##      weight   wheelbase fueltankcap    domestic       width   enginerev
##   14.300130    6.299636    5.620167    1.814558    8.239058    3.636914
##  enginesize    minprice     passcap
##    7.282365    3.226134    2.783643
```

Figur 5: VIF-test på modellen ovan

Ett VIF-test (figur 5) visar oss att variabeln weight är mycket korrelerad med andra variabler i vår modell. Om man tänker rent praktiskt så är detta mycket logiskt eftersom att vikten av en bil till viss del avgörs av de variablerna som vi redan har vi vår modell. Är det verkligen nödvändigt att ha med denna variabel? Vi tar bort den och betraktar hur modellen ser ut.

```
##
## Call:
## lm(formula = mpg ~ wheelbase + fueltankcap + passcap + enginerev +
##     minprice + domestic + width, data = cars)
##
## Residuals:
```

```
##     Min      1Q  Median      3Q     Max
## -6.4898 -1.8394  0.0158  1.2732 11.4361
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 15.850119  12.698952   1.248  0.21541
## wheelbase    0.153398   0.103860   1.477  0.14338
## fueltankcap -1.053296   0.189060  -5.571 2.91e-07 ***
## passcap     -1.147245   0.471535  -2.433  0.01707 *
## enginerev    0.002793   0.001019   2.741  0.00746 **
## minprice    -0.152612   0.053255  -2.866  0.00524 **
## domestic    -1.175666   0.771363  -1.524  0.13119
## width        0.202137   0.201100   1.005  0.31767
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 2.879 on 85 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7372, Adjusted R-squared:  0.7155
## F-statistic: 34.06 on 7 and 85 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Figur 6: Sammanfatnning på modell med weight borttagen

Figur 6 visar att vi får betydligt högre säkerhet i skattningarna på några av dess parametrar. Detta är typiskt för problem med multikolinearitet. Det finns fortfarande en viss osäkerhet i vissa parametrar, kan detta lösas genom att även ta bort width variablen?

```
##   wheelbase fueltankcap     passcap   enginerev    minprice    domestic
##    5.567336    4.265823    2.663558    2.841073    2.407469    1.666951
##       width
##    6.409084
```

Figur 7: VIF-värden på modell med weight borttagen

Figur 7 visar att width har ett högt VIF-värde, vi betraktar ett högt VIF-värde som över 5. Vi tar bort denna variabel och ser om vi får en förbättring.

```
##
## Call:
## lm(formula = mpg ~ wheelbase + fueltankcap + passcap + enginerev +
##     minprice + domestic, data = cars)
##
## Residuals:
##     Min      1Q  Median      3Q     Max
## -6.6268 -1.8208 -0.0243  1.4521 11.7952
##
## Coefficients:
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 25.2338745  8.6092177   2.931  0.00433 **
## wheelbase    0.1952111  0.0951716   2.051  0.04330 *
## fueltankcap -0.9542848  0.1613814  -5.913 6.61e-08 ***
## passcap     -1.2217060  0.4657073  -2.623  0.01030 *
## enginerev    0.0023672  0.0009267   2.554  0.01240 *
## minprice    -0.1597589  0.0527812  -3.027  0.00326 **
## domestic    -0.9068639  0.7235670  -1.253  0.21348
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
```

```
## Residual standard error: 2.879 on 86 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7341, Adjusted R-squared:  0.7155
## F-statistic: 39.56 on 6 and 86 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Figur 8: Sammanfattning av modell med weight och width borttagna

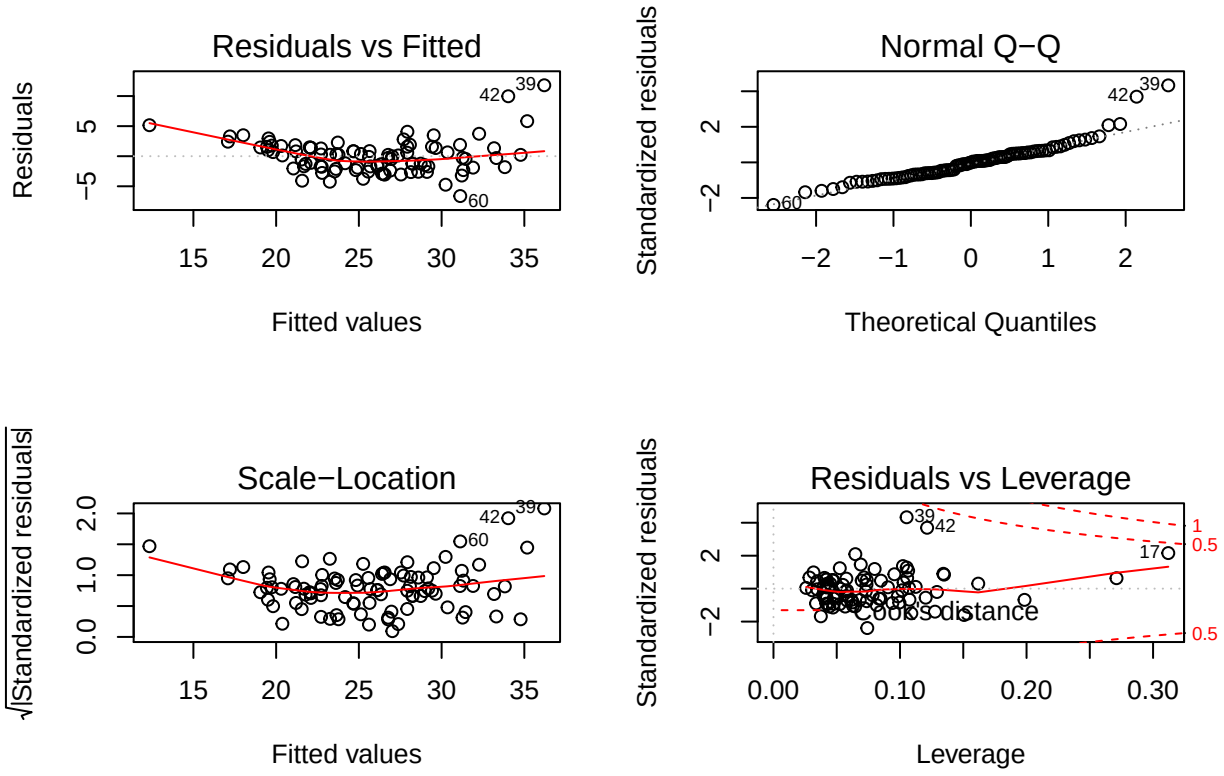
Modellen har relativt okej R^2-värde, och alla lutningskoefficienter förutom den för domestic har goda t-värden. Detta tyder på att vi inte längre har lika starka multikollinearitet-problem som vi hade tidigare.

```
##   wheelbase fueltankcap     passcap   enginerev    minprice    domestic
##    4.674244    3.107832    2.597820    2.349101    2.364555    1.466595
```

Figur 9: VIF-värden av modell med weight och width borttagna Enligt våra VIF-värden så har vi inte längre några problem med kolinearitet.

Värt att notera: Det är egentligen inte viktigt att intercept har hög säkerhet för vår modell. Detta eftersom att det är inte meningsfullt att tänka sig vad en bil med 0 i alla värden har för bränsleförbrukning. I vår modell har denna hypotetiska bil en bränsleförbrukning på 25.23, vilket är mer än vad vi förväntar oss av en bil utan säten eller bränsletank och med 0 rpm.

Vi undersöker residualer och möjliga outliers med nedanstående plottar.



Figur 10: 4 plottar relaterade till residylanalys på vår modell utan outliers

Observationerna 39 och 42 ligger precis innanför Cook's distance. När vi tittar på vår QQ-plot så ser vi att även här så orsakar 39 och 42 trubbel, och gör även att variansen för residylerna inte blir lika normalfördelat som det annars skulle vara.

```
##    manufacturer model  type minprice midprice maxprice cmpg hmpg airbags
## 39          Geo Metro Small      6.7      8.4     10.0   46   50       0
## 42        Honda Civic Small      8.4     12.1     15.8   42   46       1
```

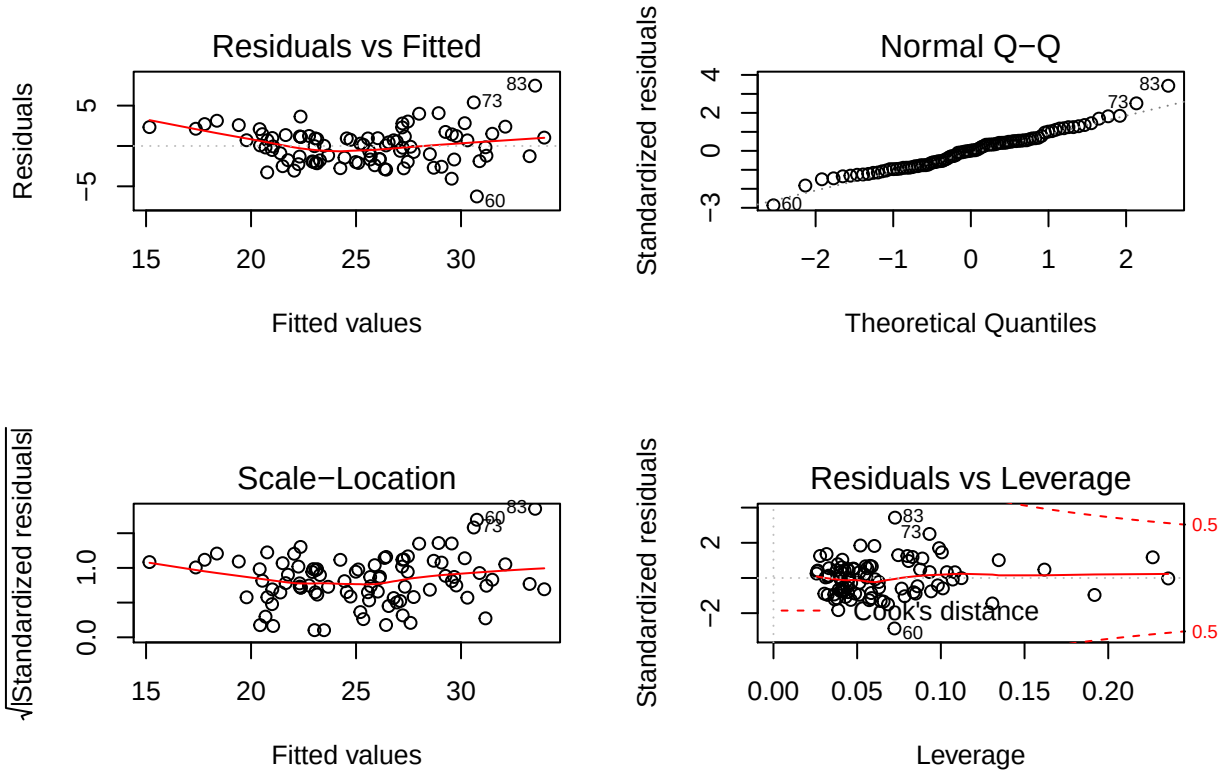
```
##    drivetrain cylinders enginesize horsepower  rpm enginerev
## 39          1         3        1.0         55 5700      3755
## 42          1         4        1.5        102 5900      2650
##    manualtransmissions fueltankcap passcap lencar wheelbase width Uturn
## 39                   1        10.6       4    151        93    63    34
## 42                   1        11.9       4    173       103    67    36
##    rearseatroom luggagecap weight domestic
## 39         27.5         10   1695        0
## 42           28         12   2350        0
```

Ovanför ser vi att dessa observationer är båda små bilar med väldigt höga bränslekostnader, vilket kan ha att göra med dessa specifika modeller. Vi väljer att ta bort dessa outliers och ser om vår modell blir märkbart bättre.

```
##
## Call:
## lm(formula = mpg ~ fueltankcap + passcap + enginerev + minprice +
##     domestic, data = cars)
##
## Residuals:
##     Min      1Q  Median      3Q     Max
## -6.2536 -1.7167  0.0233  1.2022  7.4715
##
## Coefficients:
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 40.2930033  3.1103282  12.955  < 2e-16 ***
## fueltankcap -0.7751716  0.1206219  -6.426 7.24e-09 ***
## passcap     -0.5457420  0.2792933  -1.954  0.05399 .
## enginerev    0.0013391  0.0007269   1.842  0.06895 .
## minprice    -0.1183507  0.0390999  -3.027  0.00327 **
## domestic    -0.4921866  0.5703853  -0.863  0.39062
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 2.263 on 85 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7625, Adjusted R-squared:  0.7485
## F-statistic: 54.58 on 5 and 85 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Figur 11: Sammanfattning av vår modell utan ouliers

```
par(mfrow=c(2,2))
plot(model4)
```



Figur 12: 4 plottar för residylanalys för vår modell utan outliers

Residylerna till vår nya modell ser genast mycket bättre ut på figur 11, och vi får även aningen bättre R^2-värde på figur 12.

3 Konstruktion av modell

3.1 MSEP

```
## [1] "mpg~ width"
## [1] 9.953143

## [1] "mpg~ weight+wheelbase+fueltankcap+passcap+enginerev+minprice+domestic"
## [1] 5.054161

## [1] "mpg~ wheelbase+fueltankcap+passcap+enginerev+minprice+domestic"
## [1] 5.693809
```

4 Jämförelse av amerikanska - och icke-amerikanska bilar

I modell 4 kan vi notera att variabeln "domestic" har ett p-värde på 0.39062. Eftersom detta är baserat på en nollhypotes där koefficienten för domestic antas vara noll så ser vi att koefficientens värde, nämligen -0.538925, inte alls är signifikant skilt från noll, förutsatt att alla antaganden för en multilinjär modell är uppfyllda förstås. I detta fal kan vi då av datat dra slutsatsen att bränsleförbrukningen inte påverkas märkbart av att bilen är amerikansk eller inte.

5 Referens

Formula with dynamic number of variables: https://stackoverflow.com/questions/4951442/formula-with-dynamic-number-of-va