# 美国健康保险预测

冯荣信

## 目录



```
knitr::opts_chunk$set(echo = FALSE)
```

### 0.1 背景

健康保险在医疗健康系统中发挥着重要的作用，研究健康保险费用支出的相关性及对影响因素间的相

一、可以了解用户在医疗费用支出上的的最大、最小值和平均支出费用这些人群分别有什么特点。

二、医疗费用支出与那些因素有关，那些是主要决定因素，如何才能精确的对待不同的人群设定保险

三、有没有模型可以反映出大部分用户在健康保险费用支出上的关系，模型的表现如何，是否有大量

四、依据分析过程，提出相关建议。

## 0.2 目录

## 0.3 一、加载包并读取数据

### 0.3.1 1.1 加载包

### 0.3.2 1.2 读取数据

```
## # A tibble: 1,338 x 7
##      age sex      bmi children smoker region    charges
##    <dbl> <chr>  <dbl>    <dbl> <chr>  <chr>       <dbl>
##  1    19 female  27.9        0 yes    southwest  16885.
##  2    18 male    33.8        1 no     southeast   1726.
##  3    28 male    33          3 no     southeast   4449.
##  4    33 male    22.7        0 no     northwest  21984.
##  5    32 male    28.9        0 no     northwest   3867.
##  6    31 female  25.7        0 no     southeast   3757.
##  7    46 female  33.4        1 no     southeast   8241.
##  8    37 female  27.7        3 no     northwest   7282.
##  9    37 male    29.8        2 no     northeast   6406.
## 10    60 female  25.8        0 no     northwest  28923.
## # ... with 1,328 more rows
```

### 0.3.3 1.3 变量注释

| 序号 | 变量 | 注释 |
|---|---|---|
| 1 | age | 年龄 |
| 2 | sex | 性别 |
| 3 | bmi | 身体质量指数，成人标准值（18.5-23.9），算法：kg/(m^2) |
| 4 | children | 小孩数量 |
| 5 | smoker | 是否吸烟 |
| 6 | region | 地区 |
| 7 | charges | 投保费用 |

## 0.4 二、数据清洗

### 0.4.1 2.1 检查缺失值

```
## # A tibble: 1 x 7
##     age   sex   bmi children smoker region charges
##   <int> <int> <int>    <int>  <int>  <int>   <int>
## 1     0     0     0        0      0      0       0
```

各个变量均没有缺失值。

### 0.4.2 2.2 数据概览

```
##       age            sex                 bmi           children
##  Min.   :18.00   Length:1338        Min.   :15.96   Min.   :0.000
##  1st Qu.:27.00   Class :character   1st Qu.:26.30   1st Qu.:0.000
##  Median :39.00   Mode  :character   Median :30.40   Median :1.000
##  Mean   :39.21                      Mean   :30.66   Mean   :1.095
##  3rd Qu.:51.00                      3rd Qu.:34.69   3rd Qu.:2.000
##  Max.   :64.00                      Max.   :53.13   Max.   :5.000
##     smoker             region             charges
##  Length:1338        Length:1338        Min.   : 1122
##  Class :character   Class :character   1st Qu.: 4740
##  Mode  :character   Mode  :character   Median : 9382
##                                        Mean   :13270
##                                        3rd Qu.:16640
##                                        Max.   :63770
```

数据集有1338行（观测值），7个变量，3个字符型向量，4个数字型向量。

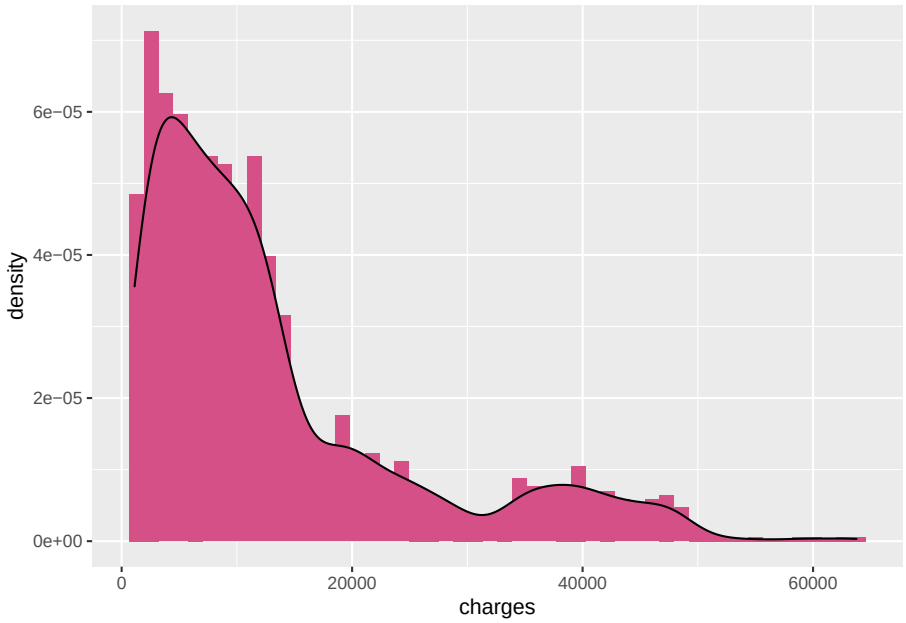
该数据集主要是健康保险费用用支出收集的相关数据，自变量包括用户的年龄、性别、身体质量指数

## 0.5 2.3 将 sex 、smoker、region 变量转换为因子，并保留在 insu_df 数据框

```
## # A tibble: 1,338 x 7
##      age sex      bmi children smoker region    charges
##    <dbl> <fct>  <dbl> <fct>    <fct>  <fct>       <dbl>
##  1    19 female  27.9 0        yes    southwest  16885.
##  2    18 male    33.8 1        no     southeast   1726.
##  3    28 male    33   3        no     southeast   4449.
##  4    33 male    22.7 0        no     northwest  21984.
##  5    32 male    28.9 0        no     northwest   3867.
##  6    31 female  25.7 0        no     southeast   3757.
##  7    46 female  33.4 1        no     southeast   8241.
##  8    37 female  27.7 3        no     northwest   7282.
##  9    37 male    29.8 2        no     northeast   6406.
## 10    60 female  25.8 0        no     northwest  28923.
## # ... with 1,328 more rows
```

# 1 三、变量统计以及可视化

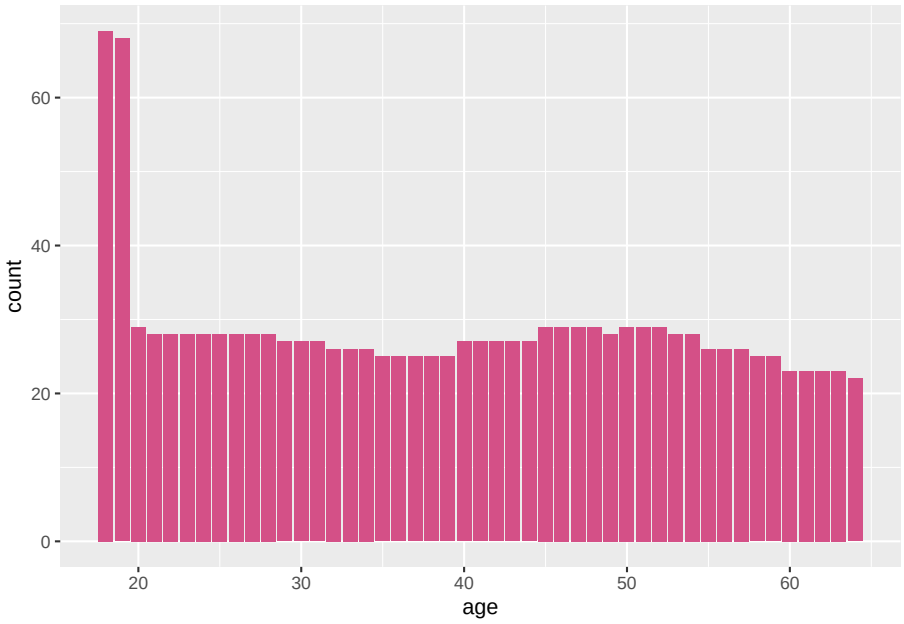
### 1.0.1 3.1insurance 分布图

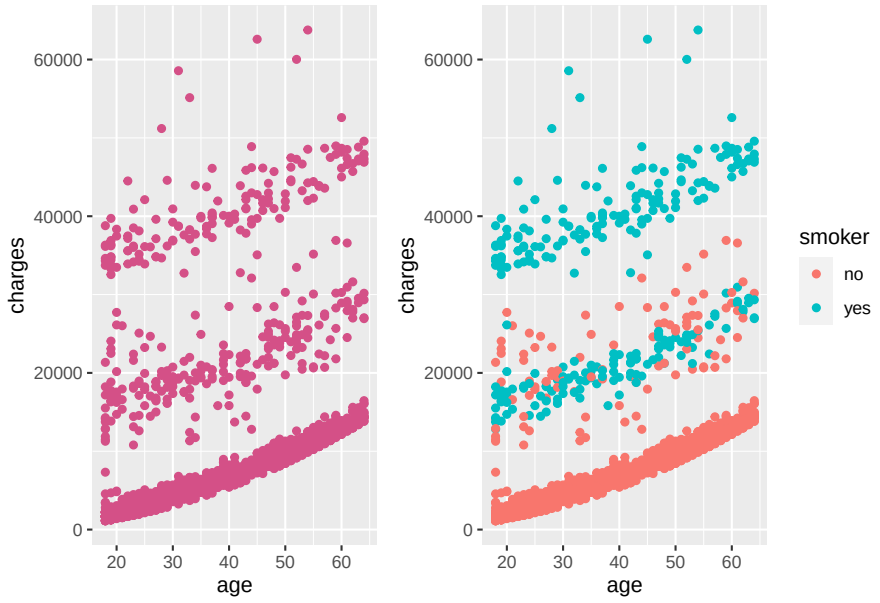



```
## # A tibble: 1 x 3
##   low_charges middle_charges high_charges
##         <int>          <int>        <int>
## 1         980            351            7
```

健康保险支出费用集中在1.5万美元以下，占比73.3%。1.5万-5万之间占比26.2%，5万以上占比0.5%

### 1.0.2 3.2 年龄分布图




图形表明：

1.年龄条形图显示，投保费用中20岁以下的人数占比最高，20岁以上人数分布均匀。

2.抽烟群体的保险支出费用比非抽烟人群的保险支出费用要高，都成线性增长趋势。

3.年龄和保险支出费用呈线性关系，但是这种关系应该收到其他因素的影响，表现为多层线性关系。

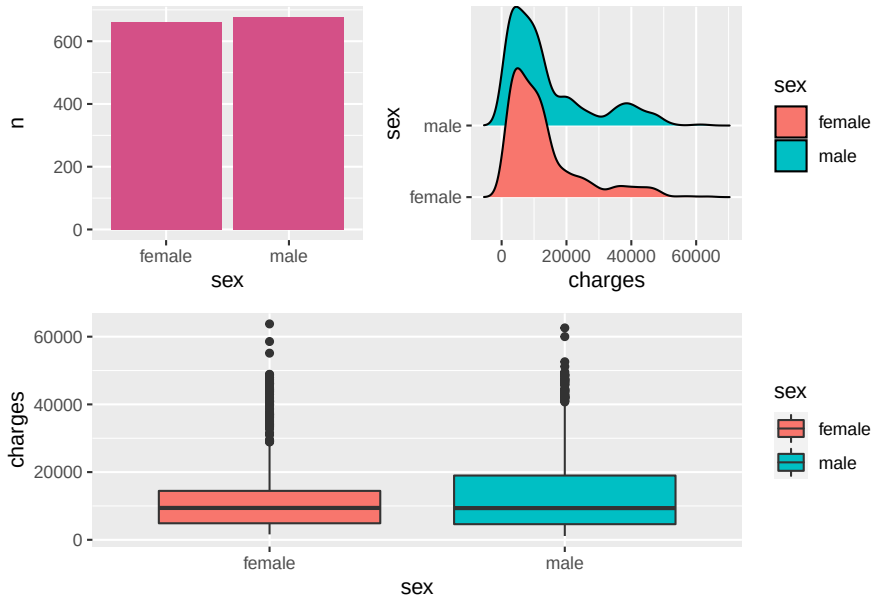
4.依照是否吸烟对数据进行分组，支出费用小于20000美金的用户中，线性关系非常明显，数据分布

5.红色和绿色重叠部分，由于数据集中没有关于抽烟支数的记录，猜测可能是偶尔吸烟和不吸烟的人

6.医疗费用支出最高的用户可能是老烟民。

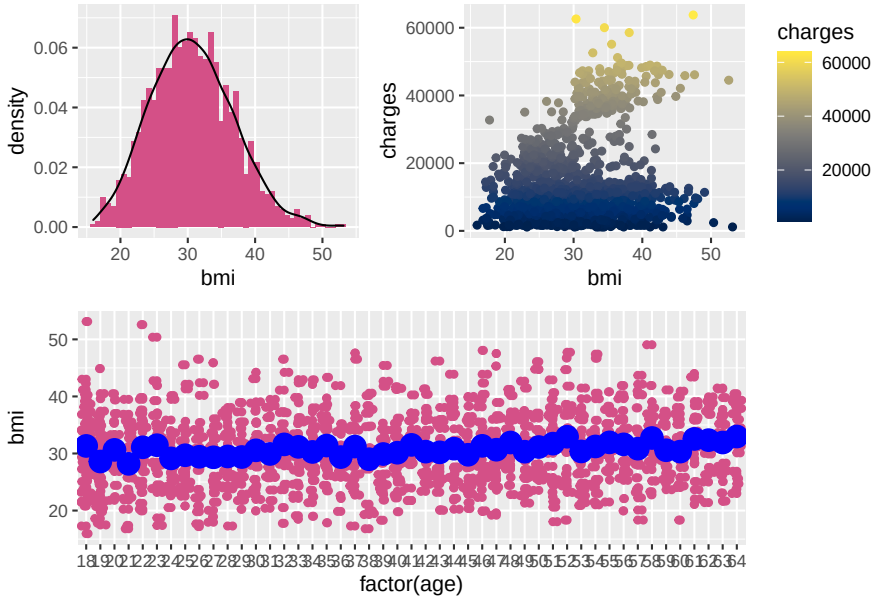
### 1.0.3 3.3 性别分布图

```
## Picking joint bandwidth of 2190
```



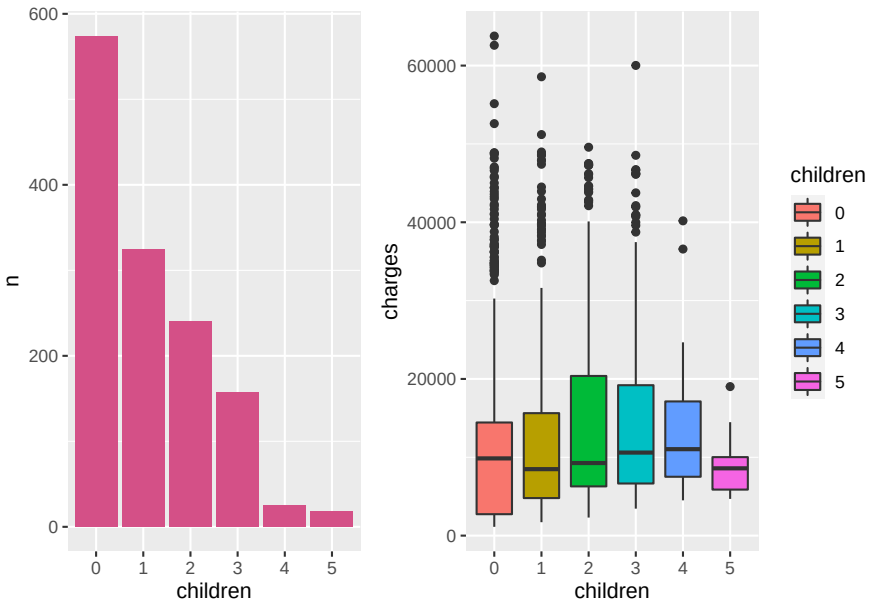

性别因素，样本中男女人数均衡，费用支出无大的差异。

### 1.0.4 3.4bmi 分布图



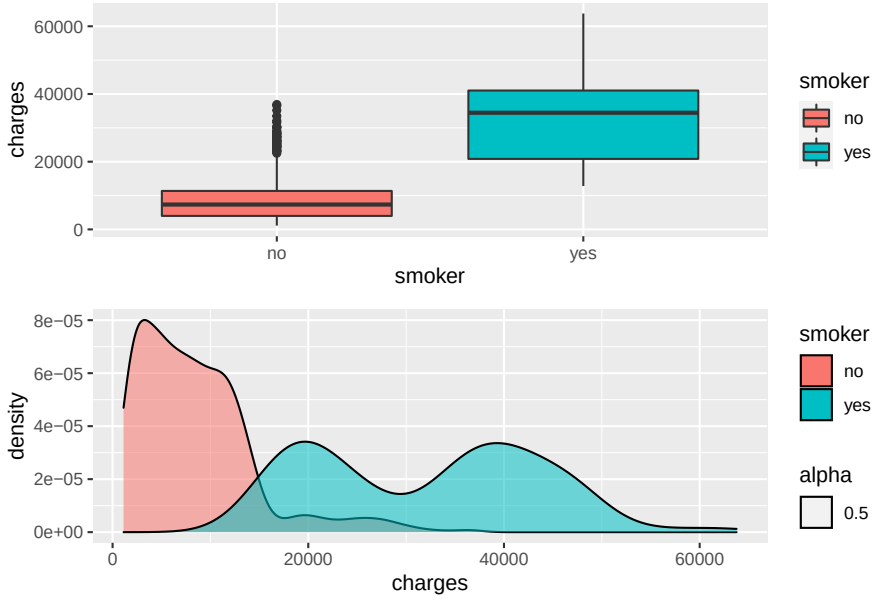

bmi数据呈常态分布，用户各个年龄段的平均bmi为30，bmi范围集中（25-35），bmi与保险支出看不关于令人惊奇的是，bmi因素，并不像主观认定的，越肥胖的人，健康程度越差，健康费用支出越多

### 1.0.5 3.5 儿童个数分布图




没有儿童的用户大约占比44%。儿童数量越多，保险费用出现大金额的概率越低。

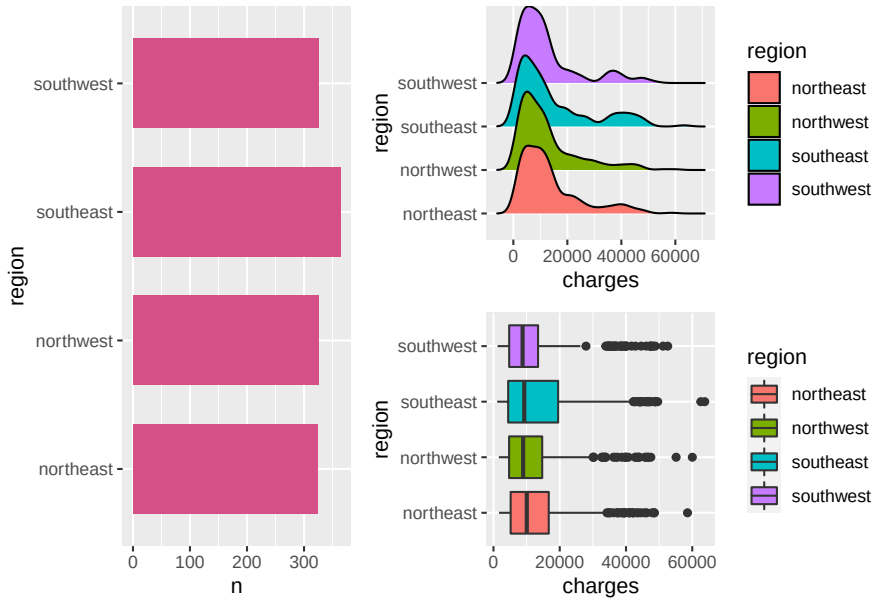
### 1.0.6 3.6 吸烟因素分布图




费用支出在吸烟因素中的表现，区别非常大。非吸烟用户的支出费用在100-1600美元浮动；吸烟用户
可以清晰的看到制约健康保险费用的关键因素中，是否吸烟是其中重要因素之一。

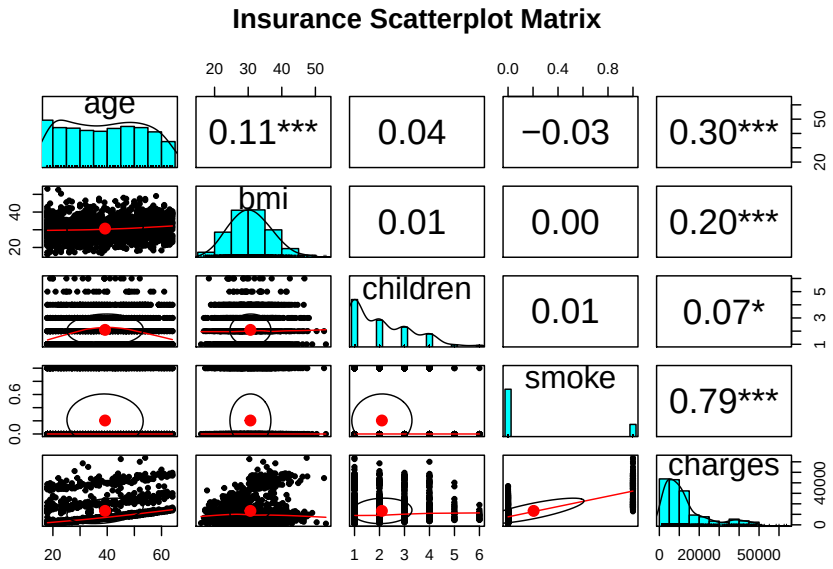
### 1.0.7 3.7 地区因素分布图

```
## Picking joint bandwidth of 2370
```




地区因素中，四个地区在费用支出上数据表现没有大的差异性。

## 1.1 四、相关性探索




可以看到charges同smoke、age、bmi都呈现正相关，charges同smoke的相关系数达到了0.79。是否吸

## 1.2 五、建立模型

### 1.2.1 5.1 多元线性模型

```
##
## Call:
## lm(formula = charges ~ smoker + age + bmi + children + region,
##     data = insu_df)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -11620.3  -2883.5   -945.6   1513.0  29986.9
##
## Coefficients:
```

```
##                   Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)     -11977.26     984.79 -12.162  < 2e-16 ***
## smokeryes        23824.24     412.80  57.714  < 2e-16 ***
## age                257.30      11.91  21.609  < 2e-16 ***
## bmi                336.39      28.57  11.774  < 2e-16 ***
## children1          388.71     421.17   0.923 0.356211
## children2         1635.23     466.52   3.505 0.000471 ***
## children3          962.98     547.91   1.758 0.079055 .
## children4         2938.65    1238.56   2.373 0.017804 *
## children5         1106.45    1455.33   0.760 0.447227
## regionnorthwest   -379.44     476.40  -0.796 0.425908
## regionsoutheast  -1032.43     478.98  -2.155 0.031304 *
## regionsouthwest   -952.16     478.00  -1.992 0.046577 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 6057 on 1326 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7519, Adjusted R-squared:  0.7498
## F-statistic: 365.3 on 11 and 1326 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

在p<0.001水平下，截距、吸烟人群、年龄、bmi和2个儿童的回归系数都非常显著。该模型可以解释

```
##
## Call:
## lm(formula = charges ~ smoker + age + bmi, data = insu_df)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -12415.4  -2970.9   -980.5   1480.0  28971.8
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -11676.83     937.57  -12.45   <2e-16 ***
## smokeryes    23823.68     412.87   57.70   <2e-16 ***
```

```
## age            259.55      11.93   21.75   <2e-16 ***
## bmi            322.62      27.49   11.74   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 6092 on 1334 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7475, Adjusted R-squared:  0.7469
## F-statistic:  1316 on 3 and 1334 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

模型2的决定系数为74.8，各变量的回归系数都非常显著。

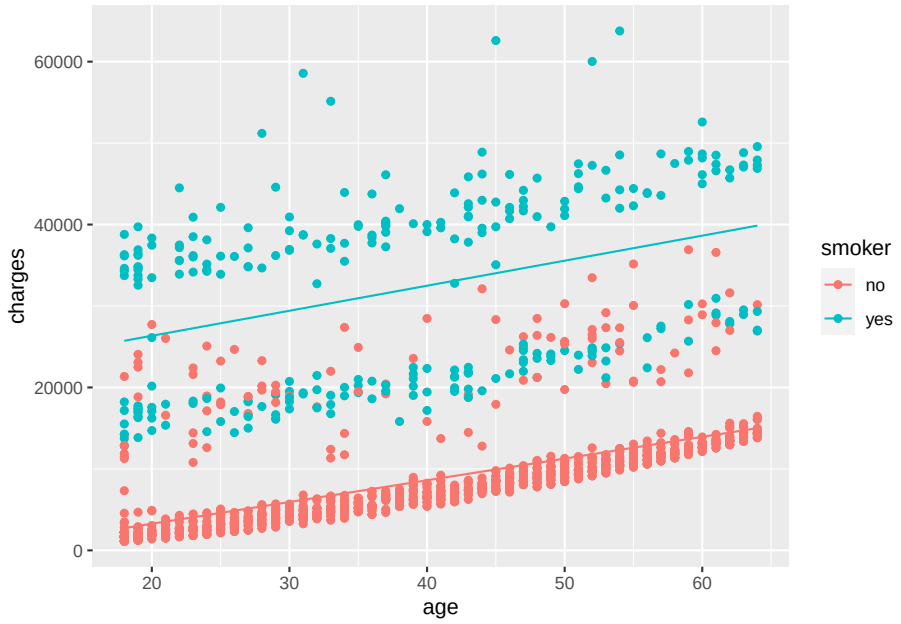
## 1.3 5.2 多重线性模型

```
## boundary (singular) fit: see ?isSingular
```

```
## Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
## Formula: charges ~ age + (1 + age | smoker)
##    Data: insu_df
## REML criterion at convergence: 27234.39
## Random effects:
##  Groups   Name        Std.Dev. Corr
##  smoker   (Intercept) 9963.72
##           age           18.18  1.00
##  Residual             6396.79
## Number of obs: 1338, groups:  smoker, 2
## Fixed Effects:
## (Intercept)          age
##        9066          287
## optimizer (nloptwrap) convergence code: 0 (OK) ; 0 optimizer warnings; 1 lme4 warnin
```

以是否吸烟对把数据分为两组，可以看到是否吸烟对于年龄因素在保险费用支出上的变化效应。

### 1.3.1 5.2.1 以 somoker 为分组对 age 变量的多重线性模型可视化




该模型对不抽烟的用户拟合的还是比较好的，但是对于吸烟的用户拟合直线明显感觉有些粗旷。或i

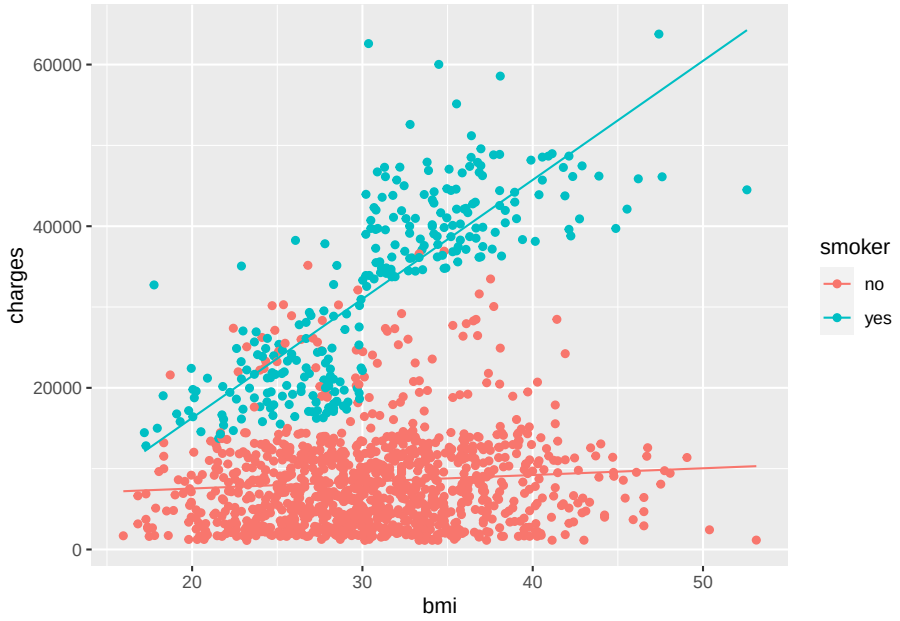
```
## boundary (singular) fit: see ?isSingular
```

```
## Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
## Formula: charges ~ bmi + (1 + bmi | smoker)
##    Data: insu_df
## REML criterion at convergence: 27132.37
## Random effects:
##  Groups   Name        Std.Dev. Corr
##  smoker   (Intercept) 13479.9
##           bmi           982.6  -1.00
##  Residual              6158.5
## Number of obs: 1338, groups:  smoker, 2
## Fixed Effects:
## (Intercept)          bmi
```

```
##      -3652.3         778.1
## optimizer (nloptwrap) convergence code: 0 (OK) ; 0 optimizer warnings; 1 lme4 warnin
```

该模型以不吸烟组作为参数对照，可以看到是否吸烟对于bmi因素在保险费用支出上的变化效应。

### 1.3.2 5.2.2 以 somoker 为分组对 bmi 变量的多重线性模型可视化




这个模型的解释能力很好，吸烟人群的随着bmi的增加，支付费用高速增加；非吸烟人群随着bmi的增

## 1.4 结论

1.美国居民医疗费用支出集中15000美元以下，占比73.3%。1.5万-5万之间占比26.2%。这两部分共占

2.健康保险费用在性别和地区上没有明显的差异。

3.从模型上看，医疗费用支出同bmi、smoker、age这三个变量表现出较高的相关性。其中，吸烟与

4.在制定健康保险策略是，应从总体上把用户分为吸烟或者非吸烟用户，然后再去看用户的年龄和b