

# Confirmatory Factor Analysis and SEM

## Contents

<b>Confirmatory Factor Analysis</b>	<b>1</b>
Diagram . . . . .	2
Output . . . . .	2
Modification Indices . . . . .	8
Re-specifying the Model . . . . .	9
<b>Structural Equation Modeling</b>	<b>24</b>

---

```
library(mosaic)
library(ggplot2)
library(dplyr)
library(psych)
```

```
#install.packages("lavaan")
library(lavaan)

#install.packages("semPlot")
library(semPlot)
```

## Confirmatory Factor Analysis

Now, instead of taking a shot in the dark about the factor structure, we are going in with a clear idea about which items we things load on which factors. Our goal is to test how well our model of the factor structure actually fits the data.

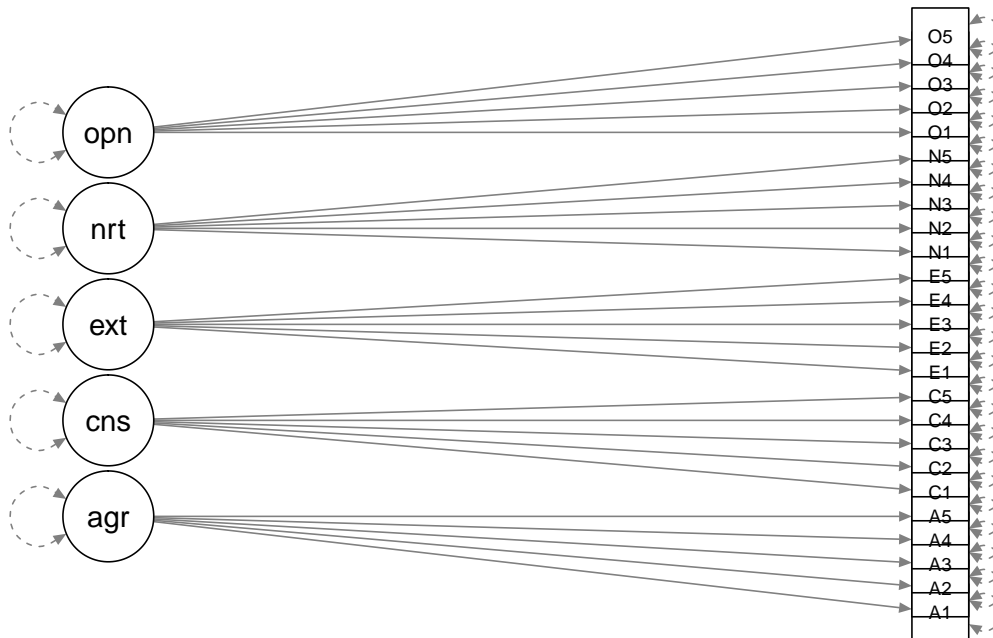
First we specify the model.

```
bf_model <- ' agreeable =~ A1 + A2 + A3 + A4 + A5
             conscient =~ C1 + C2 + C3 + C4 + C5
             extrov =~ E1 + E2 + E3 + E4 + E5
             neurot =~ N1 + N2 + N3 + N4 + N5
             openness =~ O1 + O2 + O3 + O4 + O5 '
```

## Diagram

Plot the model to make sure it is what you want. Here we are using the `semPaths()` and `semPlotModel()` from the `semPlot` package. The `rotation = 2` option forces the exogenous variables to be on the left side.

```
semPaths(semPlotModel(bf_model), rotation = 2)
```



## Output

Then fit the CFA model with `cfa()` and ask for the relevant output.

```
bf_fit <- cfa(bf_model, data = bfi)
```

```
summary(bf_fit, fit.measures = TRUE, rsq=TRUE)
```

```
## lavaan (0.5-23.1097) converged normally after 55 iterations
##
##                                     Used      Total
##   Number of observations              2436      2800
##
##   Estimator                          ML
##   Minimum Function Test Statistic    4165.467
##   Degrees of freedom                  265
##   P-value (Chi-square)                0.000
##
## Model test baseline model:
##
```

```

## Minimum Function Test Statistic      18222.116
## Degrees of freedom                    300
## P-value                              0.000
##
## User model versus baseline model:
##
## Comparative Fit Index (CFI)           0.782
## Tucker-Lewis Index (TLI)             0.754
##
## Loglikelihood and Information Criteria:
##
## Loglikelihood user model (H0)          -99840.238
## Loglikelihood unrestricted model (H1)   -97757.504
##
## Number of free parameters              60
## Akaike (AIC)                          199800.476
## Bayesian (BIC)                         200148.363
## Sample-size adjusted Bayesian (BIC)    199957.729
##
## Root Mean Square Error of Approximation:
##
## RMSEA                                0.078
## 90 Percent Confidence Interval          0.076  0.080
## P-value RMSEA <= 0.05                  0.000
##
## Standardized Root Mean Square Residual:
##
## SRMR                                0.075
##
## Parameter Estimates:
##
## Information                          Expected
## Standard Errors                      Standard
##
## Latent Variables:
##      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
## agreeable =~
##   A1           1.000
##   A2          -1.579    0.108  -14.650    0.000
##   A3          -2.030    0.134  -15.093    0.000
##   A4          -1.564    0.115  -13.616    0.000
##   A5          -1.804    0.121  -14.852    0.000
## conscient =~
##   C1           1.000
##   C2           1.148    0.057   20.152    0.000

```

```

##      C3              1.036      0.054      19.172      0.000
##      C4             -1.421      0.065     -21.924      0.000
##      C5             -1.489      0.072     -20.694      0.000
##      extrov =~
##      E1              1.000
##      E2              1.226      0.051      23.899      0.000
##      E3             -0.921      0.041     -22.431      0.000
##      E4             -1.121      0.047     -23.977      0.000
##      E5             -0.808      0.039     -20.648      0.000
##      neurot =~
##      N1              1.000
##      N2              0.947      0.024      39.899      0.000
##      N3              0.884      0.025      35.919      0.000
##      N4              0.692      0.025      27.753      0.000
##      N5              0.628      0.026      24.027      0.000
##      openness =~
##      O1              1.000
##      O2             -1.020      0.068     -14.962      0.000
##      O3              1.373      0.072      18.942      0.000
##      O4              0.437      0.048       9.160      0.000
##      O5             -0.960      0.060     -16.056      0.000
##
## Covariances:
##              Estimate   Std.Err   z-value   P(>|z|)
## agreeable ~~
##   conscient      -0.110     0.012    -9.254     0.000
##   extrov         0.304     0.025    12.293     0.000
##   neurot         0.141     0.018     7.712     0.000
##   openness      -0.093     0.011    -8.446     0.000
## conscient ~~
##   extrov        -0.224     0.020   -11.121     0.000
##   neurot        -0.250     0.025   -10.117     0.000
##   openness       0.130     0.014     9.190     0.000
## extrov ~~
##   neurot         0.292     0.032     9.131     0.000
##   openness      -0.265     0.021   -12.347     0.000
## neurot ~~
##   openness      -0.093     0.022    -4.138     0.000
##
## Variances:
##              Estimate   Std.Err   z-value   P(>|z|)
##   .A1           1.745     0.052    33.725     0.000
##   .A2           0.807     0.028    28.396     0.000
##   .A3           0.754     0.032    23.339     0.000
##   .A4           1.632     0.051    31.796     0.000

```

##	.A5	0.852	0.032	26.800	0.000
##	.C1	1.063	0.035	30.073	0.000
##	.C2	1.130	0.039	28.890	0.000
##	.C3	1.170	0.039	30.194	0.000
##	.C4	0.960	0.040	24.016	0.000
##	.C5	1.640	0.059	27.907	0.000
##	.E1	1.814	0.058	31.047	0.000
##	.E2	1.332	0.049	26.928	0.000
##	.E3	1.108	0.038	29.522	0.000
##	.E4	1.088	0.041	26.732	0.000
##	.E5	1.251	0.040	31.258	0.000
##	.N1	0.793	0.037	21.575	0.000
##	.N2	0.836	0.036	23.458	0.000
##	.N3	1.222	0.043	28.271	0.000
##	.N4	1.654	0.052	31.977	0.000
##	.N5	1.969	0.060	32.889	0.000
##	.O1	0.865	0.032	27.216	0.000
##	.O2	1.990	0.063	31.618	0.000
##	.O3	0.691	0.039	17.717	0.000
##	.O4	1.346	0.040	34.036	0.000
##	.O5	1.380	0.045	30.662	0.000
##	agreeable	0.234	0.030	7.839	0.000
##	conscient	0.463	0.036	12.810	0.000
##	extrov	0.846	0.062	13.693	0.000
##	neurot	1.689	0.073	23.034	0.000
##	openness	0.404	0.033	12.156	0.000

##

## R-Square:

##	Estimate
##	A1 0.118
##	A2 0.420
##	A3 0.562
##	A4 0.260
##	A5 0.472
##	C1 0.303
##	C2 0.350
##	C3 0.298
##	C4 0.493
##	C5 0.385
##	E1 0.318
##	E2 0.488
##	E3 0.393
##	E4 0.494
##	E5 0.306
##	N1 0.680

```
##      N2      0.644
##      N3      0.519
##      N4      0.328
##      N5      0.253
##      O1      0.318
##      O2      0.174
##      O3      0.524
##      O4      0.054
##      O5      0.212
```

```
inspect(bf_fit, what = "std") #for standardized estimates
```

```
## $lambda
```

```
##      agrebl cnsent extrov neurot opnnss
## A1  0.344  0.000  0.000  0.000  0.000
## A2 -0.648  0.000  0.000  0.000  0.000
## A3 -0.749  0.000  0.000  0.000  0.000
## A4 -0.510  0.000  0.000  0.000  0.000
## A5 -0.687  0.000  0.000  0.000  0.000
## C1  0.000  0.551  0.000  0.000  0.000
## C2  0.000  0.592  0.000  0.000  0.000
## C3  0.000  0.546  0.000  0.000  0.000
## C4  0.000 -0.702  0.000  0.000  0.000
## C5  0.000 -0.620  0.000  0.000  0.000
## E1  0.000  0.000  0.564  0.000  0.000
## E2  0.000  0.000  0.699  0.000  0.000
## E3  0.000  0.000 -0.627  0.000  0.000
## E4  0.000  0.000 -0.703  0.000  0.000
## E5  0.000  0.000 -0.553  0.000  0.000
## N1  0.000  0.000  0.000  0.825  0.000
## N2  0.000  0.000  0.000  0.803  0.000
## N3  0.000  0.000  0.000  0.721  0.000
## N4  0.000  0.000  0.000  0.573  0.000
## N5  0.000  0.000  0.000  0.503  0.000
## O1  0.000  0.000  0.000  0.000  0.564
## O2  0.000  0.000  0.000  0.000 -0.418
## O3  0.000  0.000  0.000  0.000  0.724
## O4  0.000  0.000  0.000  0.000  0.233
## O5  0.000  0.000  0.000  0.000 -0.461
```

```
##
```

```
## $theta
```

```
##      A1      A2      A3      A4      A5      C1      C2      C3      C4      C5      E1      E2
## A1  0.882
## A2  0.000  0.580
## A3  0.000  0.000  0.438
```

```

## A4 0.000 0.000 0.000 0.740
## A5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.528
## C1 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.697
## C2 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.650
## C3 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.702
## C4 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.507
## C5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.615
## E1 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.682
## E2 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.512
## E3 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## E4 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## E5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## N1 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## N2 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## N3 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## N4 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## N5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## O1 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## O2 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## O3 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## O4 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
## O5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
##      E3      E4      E5      N1      N2      N3      N4      N5      O1      O2      O3      O4
## A1
## A2
## A3
## A4
## A5
## C1
## C2
## C3
## C4
## C5
## E1
## E2
## E3 0.607
## E4 0.000 0.506
## E5 0.000 0.000 0.694
## N1 0.000 0.000 0.000 0.320
## N2 0.000 0.000 0.000 0.000 0.356
## N3 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.481
## N4 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.672
## N5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.747
## O1 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.682
## O2 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.826

```

```

## 03 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.476
## 04 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.946
## 05 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
##    05
## A1
## A2
## A3
## A4
## A5
## C1
## C2
## C3
## C4
## C5
## E1
## E2
## E3
## E4
## E5
## N1
## N2
## N3
## N4
## N5
## O1
## O2
## O3
## O4
## O5 0.788
##
## $psi
##          agrebl cnsent extrov neurot opnnss
## agreeable  1.000
## conscient -0.334  1.000
## extrov     0.683 -0.357  1.000
## neurot     0.223 -0.283  0.244  1.000
## openness  -0.303  0.301 -0.453 -0.112  1.000

```

## Modification Indices

Because our model is not a great fit to our data, we might want to ask for the *modification indices* with the `modindices()` function. `lavaan` will give you a set of changes you can make that will increase the fit on the model. The `mi` value is the amount a reduction in the chi-square statistics that each change would bring—so the higher the better because a



reduction in chi-square means and increase in fit!

```
modindices(bf_fit) %>%  
  arrange(desc(mi)) %>%  
  select(lhs, op, rhs, mi) %>%  
  head(10)
```

```
##      lhs op rhs      mi  
## 1      N1 ~~  N2 418.8124  
## 2    extrov =~  N4 200.7898  
## 3  openness =~  E3 153.7152  
## 4      N3 ~~  N4 134.1036  
## 5  openness =~  E4 122.5581  
## 6  conscient =~  E5 121.4990  
## 7    extrov =~  O3 114.2021  
## 8    extrov =~  O4 113.8627  
## 9    neurot =~  C5 108.7538  
## 10   extrov =~  A5 108.5874
```

```
?bfi
```

## Re-specifying the Model

Maybe we want to add error covariances based on modification indices. I recommend only doing this if it makes theoretical sense. Also, what ever theoretical rule you use to justify making these error correlations, if it applies to other sets of items, then add the correlations there too. Be consistent! **If you just make changes based on the modification indices without thinking carefully about the theory behind them, then you are doing exploratory factor analysis.**

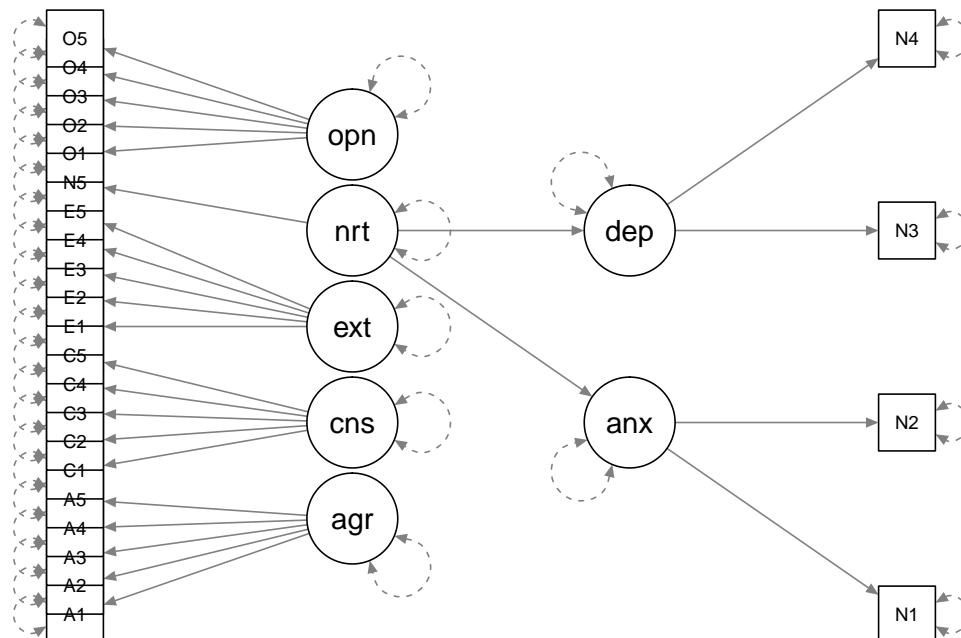
```
bf_model_re1 <- ' agreeable =~ A1 + A2 + A3 + A4 + A5  
  conscient =~ C1 + C2 + C3 + C4 + C5  
  extrov =~ E1 + E2 + E3 + E4 + E5  
  neurot =~ N1 + N2 + N3 + N4 + N5  
  openness =~ O1 + O2 + O3 + O4 + O5  
  
  N1 ~~ N2  
  N3 ~~ N4'
```

```
bf_model_re1.1 <- ' agreeable =~ A1 + A2 + A3 + A4 + A5  
  conscient =~ C1 + C2 + C3 + C4 + C5  
  extrov =~ E1 + E2 + E3 + E4 + E5  
  anx =~ N1 + N2  
  dep =~ N3 + N4  
  neurot =~ anx + dep + N5
```

```
openness =~ O1 + O2 + O3 + O4 + O5 '
```

How would you ask for a diagram of this model?

```
semPaths(semPlotModel(bf_model_re1.1), rotation = 2)
```



```
bf_fit_re1 <- cfa(bf_model_re1, data = bfi)
```

```
summary(bf_fit_re1, fit.measures = TRUE, rsq=TRUE)
```

```
## lavaan (0.5-23.1097) converged normally after 57 iterations
##
##                                     Used      Total
##   Number of observations                2436      2800
##
##   Estimator                             ML
##   Minimum Function Test Statistic      3808.150
##   Degrees of freedom                    263
##   P-value (Chi-square)                  0.000
##
## Model test baseline model:
##
##   Minimum Function Test Statistic      18222.116
##   Degrees of freedom                    300
##   P-value                              0.000
##
## User model versus baseline model:
##
```

```

## Comparative Fit Index (CFI) 0.802
## Tucker-Lewis Index (TLI) 0.774
##
## Loglikelihood and Information Criteria:
##
## Loglikelihood user model (H0) -99661.580
## Loglikelihood unrestricted model (H1) -97757.504
##
## Number of free parameters 62
## Akaike (AIC) 199447.159
## Bayesian (BIC) 199806.642
## Sample-size adjusted Bayesian (BIC) 199609.654
##
## Root Mean Square Error of Approximation:
##
## RMSEA 0.074
## 90 Percent Confidence Interval 0.072 0.076
## P-value RMSEA <= 0.05 0.000
##
## Standardized Root Mean Square Residual:
##
## SRMR 0.073
##
## Parameter Estimates:
##
## Information Expected
## Standard Errors Standard
##
## Latent Variables:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|)
## agreeable =~
## A1 1.000
## A2 -1.591 0.109 -14.606 0.000
## A3 -2.046 0.136 -15.039 0.000
## A4 -1.569 0.116 -13.566 0.000
## A5 -1.801 0.122 -14.774 0.000
## conscient =~
## C1 1.000
## C2 1.147 0.057 19.964 0.000
## C3 1.042 0.055 19.069 0.000
## C4 -1.441 0.066 -21.863 0.000
## C5 -1.512 0.073 -20.685 0.000
## extrov =~
## E1 1.000
## E2 1.234 0.051 24.092 0.000

```

```

##      E3      -0.911    0.041  -22.370    0.000
##      E4      -1.120    0.047  -24.074    0.000
##      E5      -0.805    0.039  -20.678    0.000
##  neurot =~
##      N1      1.000
##      N2      0.937    0.025   37.799    0.000
##      N3      1.261    0.053   23.708    0.000
##      N4      1.071    0.049   21.667    0.000
##      N5      0.861    0.038   22.879    0.000
##  openness =~
##      O1      1.000
##      O2     -1.016    0.068  -14.911    0.000
##      O3      1.377    0.073   18.930    0.000
##      O4      0.442    0.048    9.251    0.000
##      O5     -0.958    0.060  -16.032    0.000
##
## Covariances:
##      Estimate Std.Err z-value P(>|z|)
##  .N1 ~~
##  .N2      0.735    0.046   15.889    0.000
##  .N3 ~~
##  .N4     -0.134    0.052   -2.565    0.010
##  agreeable ~~
##  conscient -0.108    0.012   -9.225    0.000
##  extrov    0.302    0.025   12.257    0.000
##  neurot    0.102    0.015    6.975    0.000
##  openness -0.093    0.011   -8.437    0.000
##  conscient ~~
##  extrov   -0.222    0.020  -11.116    0.000
##  neurot   -0.220    0.021  -10.395    0.000
##  openness  0.128    0.014    9.138    0.000
##  extrov ~~
##  neurot    0.298    0.028   10.596    0.000
##  openness -0.264    0.021  -12.318    0.000
##  neurot ~~
##  openness -0.072    0.018   -3.964    0.000
##
## Variances:
##      Estimate Std.Err z-value P(>|z|)
##  .A1      1.747    0.052   33.734    0.000
##  .A2      0.802    0.028   28.294    0.000
##  .A3      0.746    0.032   23.110    0.000
##  .A4      1.632    0.051   31.798    0.000
##  .A5      0.860    0.032   26.959    0.000
##  .C1      1.070    0.035   30.215    0.000

```

##	.C2	1.141	0.039	29.091	0.000
##	.C3	1.172	0.039	30.258	0.000
##	.C4	0.950	0.040	23.849	0.000
##	.C5	1.624	0.058	27.777	0.000
##	.E1	1.812	0.058	31.087	0.000
##	.E2	1.311	0.049	26.774	0.000
##	.E3	1.122	0.038	29.759	0.000
##	.E4	1.086	0.040	26.820	0.000
##	.E5	1.254	0.040	31.329	0.000
##	.N1	1.415	0.055	25.794	0.000
##	.N2	1.413	0.052	26.915	0.000
##	.N3	0.843	0.065	12.874	0.000
##	.N4	1.237	0.063	19.494	0.000
##	.N5	1.843	0.060	30.884	0.000
##	.O1	0.866	0.032	27.241	0.000
##	.O2	1.994	0.063	31.661	0.000
##	.O3	0.688	0.039	17.600	0.000
##	.O4	1.344	0.040	34.018	0.000
##	.O5	1.382	0.045	30.693	0.000
##	agreeable	0.232	0.030	7.804	0.000
##	conscient	0.455	0.036	12.704	0.000
##	extrov	0.849	0.062	13.733	0.000
##	neurot	1.068	0.069	15.442	0.000
##	openness	0.403	0.033	12.144	0.000
##					
##	R-Square:				
##		Estimate			
##	A1	0.117			
##	A2	0.423			
##	A3	0.566			
##	A4	0.260			
##	A5	0.467			
##	C1	0.298			
##	C2	0.344			
##	C3	0.297			
##	C4	0.499			
##	C5	0.390			
##	E1	0.319			
##	E2	0.497			
##	E3	0.386			
##	E4	0.495			
##	E5	0.305			
##	N1	0.430			
##	N2	0.399			
##	N3	0.668			

```
##      N4                0.498
##      N5                0.301
##      O1                0.318
##      O2                0.173
##      O3                0.526
##      O4                0.055
##      O5                0.211
```

```
inspect(bf_fit_re1, what = "std")
```

```
## $lambda
##      agrebl cnsent extrov neurot opnss
## A1  0.343  0.000  0.000  0.000  0.000
## A2 -0.650  0.000  0.000  0.000  0.000
## A3 -0.752  0.000  0.000  0.000  0.000
## A4 -0.510  0.000  0.000  0.000  0.000
## A5 -0.683  0.000  0.000  0.000  0.000
## C1  0.000  0.546  0.000  0.000  0.000
## C2  0.000  0.587  0.000  0.000  0.000
## C3  0.000  0.545  0.000  0.000  0.000
## C4  0.000 -0.706  0.000  0.000  0.000
## C5  0.000 -0.625  0.000  0.000  0.000
## E1  0.000  0.000  0.565  0.000  0.000
## E2  0.000  0.000  0.705  0.000  0.000
## E3  0.000  0.000 -0.621  0.000  0.000
## E4  0.000  0.000 -0.704  0.000  0.000
## E5  0.000  0.000 -0.552  0.000  0.000
## N1  0.000  0.000  0.000  0.656  0.000
## N2  0.000  0.000  0.000  0.631  0.000
## N3  0.000  0.000  0.000  0.818  0.000
## N4  0.000  0.000  0.000  0.705  0.000
## N5  0.000  0.000  0.000  0.548  0.000
## O1  0.000  0.000  0.000  0.000  0.564
## O2  0.000  0.000  0.000  0.000 -0.416
## O3  0.000  0.000  0.000  0.000  0.725
## O4  0.000  0.000  0.000  0.000  0.235
## O5  0.000  0.000  0.000  0.000 -0.460
##
## $theta
##      A1      A2      A3      A4      A5      C1      C2      C3      C4      C5
## A1  0.883
## A2  0.000  0.577
## A3  0.000  0.000  0.434
## A4  0.000  0.000  0.000  0.740
## A5  0.000  0.000  0.000  0.000  0.533
```

## C1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.702					
## C2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.656				
## C3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.703			
## C4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.501		
## C5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.610	
## E1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## E2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## E3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## E4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## E5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## N1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## N2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## N3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## N4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## N5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
##	E1	E2	E3	E4	E5	N1	N2	N3	N4	N5	
## A1											
## A2											
## A3											
## A4											
## A5											
## C1											
## C2											
## C3											
## C4											
## C5											
## E1	0.681										
## E2	0.000	0.503									
## E3	0.000	0.000	0.614								
## E4	0.000	0.000	0.000	0.505							
## E5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.695						
## N1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.570					
## N2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.520	0.601				
## N3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.332			
## N4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.131	0.502		
## N5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.699	
## O1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

```

## 05  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000
##    01      02      03      04      05
## A1
## A2
## A3
## A4
## A5
## C1
## C2
## C3
## C4
## C5
## E1
## E2
## E3
## E4
## E5
## N1
## N2
## N3
## N4
## N5
## 01  0.682
## 02  0.000  0.827
## 03  0.000  0.000  0.474
## 04  0.000  0.000  0.000  0.945
## 05  0.000  0.000  0.000  0.000  0.789
##
## $psi
##          agrebl cnsent extrov neurot opnnss
## agreeable  1.000
## conscient -0.333  1.000
## extrov      0.680 -0.358  1.000
## neurot      0.204 -0.315  0.313  1.000
## openness   -0.304  0.299 -0.451 -0.110  1.000

modindices(bf_fit_re1) %>%
  arrange(desc(mi)) %>%
  select(lhs, op, rhs, mi) %>%
  head(10)

##          lhs op rhs      mi
## 1  openness =~ E3 160.1243
## 2    extrov =~ N4 157.7845
## 3    neurot =~ 04 146.2368

```



```
## 4      neurot =~ C5 135.1787
## 5      neurot =~ C2 131.4783
## 6  conscient =~ E5 124.7340
## 7      extrov =~ O4 123.9378
## 8  openness =~ E4 119.2854
## 9      extrov =~ A5 117.0221
## 10      C1 ~~ C2 113.4368
```

We might also want to remove A1 – “Am indifferent to the feelings of others,” and O4 – “Spend time reflecting on things,” based on crappy loadings.

```
bf_model_re2 <- ' agreeable =~ A2 + A3 + A4 + A5
                  conscient =~ C1 + C2 + C3 + C4 + C5
                  extrov =~ E1 + E2 + E3 + E4 + E5
                  neurot =~ N1 + N2 + N3 + N4 + N5
                  openness =~ O1 + O2 + O3 + O5

                  N1 ~~ N2
                  N3 ~~ N4'
```

```
bf_fit_re2 <- cfa(bf_model_re2, data = bfi)
```

```
summary(bf_fit_re2, fit.measures = TRUE, rsq=TRUE)
```

```
## lavaan (0.5-23.1097) converged normally after 51 iterations
##
##
##           Number of observations           Used           Total
##
##           Estimator                      ML
##           Minimum Function Test Statistic      3145.804
##           Degrees of freedom                  218
##           P-value (Chi-square)                0.000
##
## Model test baseline model:
##
##           Minimum Function Test Statistic      17305.746
##           Degrees of freedom                  253
##           P-value                            0.000
##
## User model versus baseline model:
##
##           Comparative Fit Index (CFI)          0.828
##           Tucker-Lewis Index (TLI)            0.801
##
## Loglikelihood and Information Criteria:
```

```

##
## Loglikelihood user model (H0) -92351.755
## Loglikelihood unrestricted model (H1) -90778.853
##
## Number of free parameters 58
## Akaike (AIC) 184819.510
## Bayesian (BIC) 185156.227
## Sample-size adjusted Bayesian (BIC) 184971.947
##
## Root Mean Square Error of Approximation:
##
## RMSEA 0.074
## 90 Percent Confidence Interval 0.072 0.076
## P-value RMSEA <= 0.05 0.000
##
## Standardized Root Mean Square Residual:
##
## SRMR 0.068
##
## Parameter Estimates:
##
## Information Expected
## Standard Errors Standard
##
## Latent Variables:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|)
## agreeable =~
## A2 1.000
## A3 1.317 0.050 26.458 0.000
## A4 1.023 0.050 20.395 0.000
## A5 1.195 0.047 25.593 0.000
## conscient =~
## C1 1.000
## C2 1.149 0.057 20.078 0.000
## C3 1.045 0.054 19.183 0.000
## C4 -1.435 0.065 -21.951 0.000
## C5 -1.506 0.073 -20.751 0.000
## extrov =~
## E1 1.000
## E2 1.239 0.051 24.081 0.000
## E3 -0.924 0.041 -22.528 0.000
## E4 -1.130 0.047 -24.134 0.000
## E5 -0.815 0.039 -20.764 0.000
## neurot =~
## N1 1.000

```

```

##      N2              0.944      0.025      37.718      0.000
##      N3              1.265      0.053      23.692      0.000
##      N4              1.068      0.049      21.602      0.000
##      N5              0.865      0.038      22.888      0.000
##  openness =~
##      01              1.000
##      02             -1.027      0.069     -14.809      0.000
##      03              1.389      0.075      18.478      0.000
##      05             -0.940      0.060     -15.592      0.000
##
## Covariances:
##              Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
##  .N1 ~~
##      .N2              0.730      0.046      15.799      0.000
##  .N3 ~~
##      .N4             -0.121      0.052      -2.333      0.020
##  agreeable ~~
##      conscient       0.171      0.016      10.921      0.000
##      extrov         -0.475      0.028     -16.868      0.000
##      neurot         -0.158      0.021      -7.639      0.000
##      openness        0.144      0.015       9.584      0.000
##  conscient ~~
##      extrov         -0.218      0.020     -11.040      0.000
##      neurot         -0.216      0.021     -10.317      0.000
##      openness        0.132      0.014       9.315      0.000
##  extrov ~~
##      neurot          0.296      0.028      10.644      0.000
##      openness       -0.278      0.022     -12.706      0.000
##  neurot ~~
##      openness       -0.090      0.018      -4.933      0.000
##
## Variances:
##              Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
##      .A2              0.844      0.029      28.941      0.000
##      .A3              0.767      0.033      23.287      0.000
##      .A4              1.631      0.051      31.781      0.000
##      .A5              0.831      0.032      26.084      0.000
##      .C1              1.069      0.035      30.303      0.000
##      .C2              1.139      0.039      29.150      0.000
##      .C3              1.172      0.039      30.328      0.000
##      .C4              0.950      0.040      23.977      0.000
##      .C5              1.629      0.058      27.923      0.000
##      .E1              1.816      0.058      31.341      0.000
##      .E2              1.321      0.049      27.153      0.000
##      .E3              1.106      0.037      29.828      0.000

```

```

##      .E4      1.082    0.040    27.022    0.000
##      .E5      1.254    0.040    31.486    0.000
##      .N1      1.425    0.055    25.951    0.000
##      .N2      1.407    0.052    26.838    0.000
##      .N3      0.850    0.065    13.012    0.000
##      .N4      1.251    0.063    19.798    0.000
##      .N5      1.836    0.059    30.931    0.000
##      .01      0.876    0.032    27.275    0.000
##      .02      1.995    0.063    31.654    0.000
##      .03      0.698    0.040    17.329    0.000
##      .05      1.400    0.045    30.962    0.000
##      agreeable 0.547    0.036    15.372    0.000
##      conscient 0.456    0.036    12.768    0.000
##      extrov    0.836    0.061    13.715    0.000
##      neurot    1.061    0.069    15.411    0.000
##      openness  0.396    0.033    11.949    0.000
##
## R-Square:
##           Estimate
##      A2      0.393
##      A3      0.553
##      A4      0.260
##      A5      0.485
##      C1      0.299
##      C2      0.346
##      C3      0.298
##      C4      0.497
##      C5      0.389
##      E1      0.315
##      E2      0.493
##      E3      0.392
##      E4      0.497
##      E5      0.307
##      N1      0.427
##      N2      0.402
##      N3      0.666
##      N4      0.492
##      N5      0.302
##      O1      0.311
##      O2      0.173
##      O3      0.523
##      O5      0.200

```

```
inspect(bf_fit_re2, what = "std")
```

```

## $lambda
##   agrebl cnsent extrov neurot opnss
## A2  0.627  0.000  0.000  0.000  0.000
## A3  0.744  0.000  0.000  0.000  0.000
## A4  0.510  0.000  0.000  0.000  0.000
## A5  0.696  0.000  0.000  0.000  0.000
## C1  0.000  0.547  0.000  0.000  0.000
## C2  0.000  0.588  0.000  0.000  0.000
## C3  0.000  0.546  0.000  0.000  0.000
## C4  0.000 -0.705  0.000  0.000  0.000
## C5  0.000 -0.623  0.000  0.000  0.000
## E1  0.000  0.000  0.561  0.000  0.000
## E2  0.000  0.000  0.702  0.000  0.000
## E3  0.000  0.000 -0.626  0.000  0.000
## E4  0.000  0.000 -0.705  0.000  0.000
## E5  0.000  0.000 -0.554  0.000  0.000
## N1  0.000  0.000  0.000  0.653  0.000
## N2  0.000  0.000  0.000  0.634  0.000
## N3  0.000  0.000  0.000  0.816  0.000
## N4  0.000  0.000  0.000  0.701  0.000
## N5  0.000  0.000  0.000  0.550  0.000
## O1  0.000  0.000  0.000  0.000  0.558
## O2  0.000  0.000  0.000  0.000 -0.416
## O3  0.000  0.000  0.000  0.000  0.723
## O5  0.000  0.000  0.000  0.000 -0.447

```

```

##
## $theta
##   A2      A3      A4      A5      C1      C2      C3      C4      C5      E1
## A2  0.607
## A3  0.000  0.447
## A4  0.000  0.000  0.740
## A5  0.000  0.000  0.000  0.515
## C1  0.000  0.000  0.000  0.000  0.701
## C2  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.654
## C3  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.702
## C4  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.503
## C5  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.611
## E1  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.685
## E2  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000
## E3  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000
## E4  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000
## E5  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000
## N1  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000
## N2  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000
## N3  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000

```

## N4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## N5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
## O5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
##	E2	E3	E4	E5	N1	N2	N3	N4	N5	O1	
## A2											
## A3											
## A4											
## A5											
## C1											
## C2											
## C3											
## C4											
## C5											
## E1											
## E2	0.507										
## E3	0.000	0.608									
## E4	0.000	0.000	0.503								
## E5	0.000	0.000	0.000	0.693							
## N1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.573						
## N2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.515	0.598					
## N3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.334				
## N4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.118	0.508			
## N5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.698		
## O1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.689	
## O2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
## O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
## O5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
##	O2	O3	O5								
## A2											
## A3											
## A4											
## A5											
## C1											
## C2											
## C3											
## C4											
## C5											
## E1											
## E2											
## E3											
## E4											
## E5											

```
## N1
## N2
## N3
## N4
## N5
## O1
## O2  0.827
## O3  0.000  0.477
## O5  0.000  0.000  0.800
##
## $psi
##          agrebl cnsent extrov neurot opnss
## agreeable  1.000
## conscient  0.343  1.000
## extrov     -0.702 -0.352  1.000
## neurot     -0.208 -0.311  0.314  1.000
## openness   0.310  0.309 -0.483 -0.139  1.000
```

It is still not a great fit to the data, but I don't think I'd want to make any of these modifications.

```
modindices(bf_fit_re2) %>%
  arrange(desc(mi)) %>%
  select(lhs, op, rhs, mi) %>%
  head(10)
```

```
##      lhs op rhs      mi
## 1  extrov =~ N4 160.70218
## 2  openness =~ E3 140.06928
## 3  neurot =~ C5 135.79120
## 4  openness =~ E4 129.60464
## 5  neurot =~ C2 128.91871
## 6  conscient =~ E5 127.34527
## 7      C1 ~~ C2 110.30471
## 8      O2 ~~ O5  98.82617
## 9  extrov =~ A5  89.36109
## 10 extrov =~ N3  87.78938
```

We can compare the CFIs for the 3 models with the `fitmeasures()` function.

```
fitmeasures(bf_fit)[9]
```

```
##      cfi
## 0.7823657
```

```
fitmeasures(bf_fit_re1)[9]
```

```
##      cfi
```

```
## 0.8021913
```

```
fitmeasures(bf_fit_re2)[9]
```

```
##          cfi
```

```
## 0.8283089
```

## Structural Equation Modeling

In real life you should not proceed to the structural equation modeling phase unless you have a good fitting measurement model (CFA). For demonstration purposes let's add gender, age, and education into the model as predictors of the 5 personality factors.

```
bf_model_sem <- ' agreeable =~ A2 + A3 + A4 + A5
                  conscient =~ C1 + C2 + C3 + C4 + C5
                  extrov =~ E1 + E2 + E3 + E4 + E5
                  neurot =~ N1 + N2 + N3 + N4 + N5
                  openness =~ O1 + O2 + O3 + O5

                  N1 ~~ N2
                  N3 ~~ N4

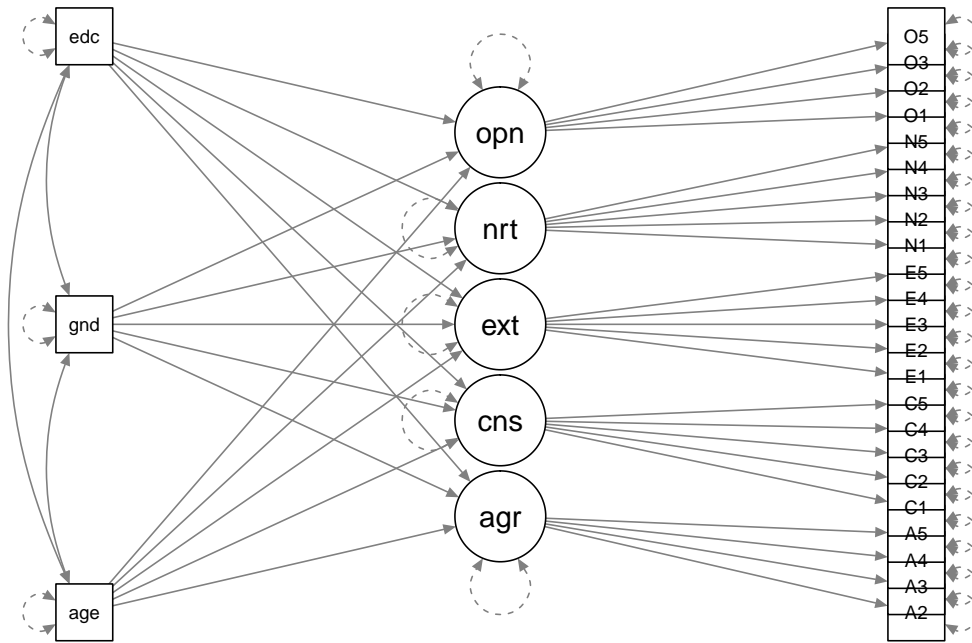
                  agreeable ~ age + gender + education
                  conscient ~ age + gender + education
                  extrov ~ age + gender + education
                  neurot ~ age + gender + education
                  openness ~ age + gender + education

                  age ~~ gender
                  age ~~ education
                  gender ~~ education
                  '
```

Let's make the graph.

```
semPaths(semPlotModel(bf_model_sem), rotation = 2)
```





Instead of the `cfa()` function we will use the `sem()` function.

```
bf_fit_sem <- sem(bf_model_sem, data = bfi)
```

```
summary(bf_fit_sem, fit.measures = TRUE, rsq=TRUE)
```

```
## lavaan (0.5-23.1097) converged normally after 91 iterations
##
##                                     Used      Total
##   Number of observations              2253      2800
##
##   Estimator                          ML
##   Minimum Function Test Statistic    3288.796
##   Degrees of freedom                  272
##   P-value (Chi-square)                0.000
##
## Model test baseline model:
##
##   Minimum Function Test Statistic    16549.044
##   Degrees of freedom                  325
##   P-value                            0.000
##
## User model versus baseline model:
##
##   Comparative Fit Index (CFI)        0.814
##   Tucker-Lewis Index (TLI)          0.778
##
## Loglikelihood and Information Criteria:
```

```

##
## Loglikelihood user model (H0) -97728.434
## Loglikelihood unrestricted model (H1) -96084.035
##
## Number of free parameters 79
## Akaike (AIC) 195614.867
## Bayesian (BIC) 196066.749
## Sample-size adjusted Bayesian (BIC) 195815.753
##
## Root Mean Square Error of Approximation:
##
## RMSEA 0.070
## 90 Percent Confidence Interval 0.068 0.072
## P-value RMSEA <= 0.05 0.000
##
## Standardized Root Mean Square Residual:
##
## SRMR 0.064
##
## Parameter Estimates:
##
## Information Expected
## Standard Errors Standard
##
## Latent Variables:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|)
## agreeable =~
## A2 1.000
## A3 1.307 0.053 24.813 0.000
## A4 1.019 0.053 19.300 0.000
## A5 1.191 0.050 23.956 0.000
## conscient =~
## C1 1.000
## C2 1.161 0.063 18.400 0.000
## C3 1.093 0.061 17.948 0.000
## C4 -1.488 0.073 -20.360 0.000
## C5 -1.588 0.082 -19.397 0.000
## extrov =~
## E1 1.000
## E2 1.234 0.054 22.996 0.000
## E3 -0.954 0.043 -22.002 0.000
## E4 -1.139 0.049 -23.207 0.000
## E5 -0.826 0.041 -20.101 0.000
## neurot =~
## N1 1.000

```

```

##      N2              0.952    0.027   35.750    0.000
##      N3              1.230    0.052   23.636    0.000
##      N4              0.996    0.048   20.889    0.000
##      N5              0.885    0.040   22.366    0.000
##  openness =~
##      01              1.000
##      02             -1.040    0.071  -14.575    0.000
##      03              1.364    0.074   18.319    0.000
##      05             -0.961    0.063  -15.359    0.000
##
## Regressions:
##              Estimate   Std.Err   z-value   P(>|z|)
##  agreeable ~
##      age              0.008    0.002    4.738    0.000
##      gender            0.343    0.038    9.110    0.000
##      education        -0.011    0.016   -0.704    0.481
##  conscient ~
##      age              0.007    0.002    4.440    0.000
##      gender            0.129    0.034    3.852    0.000
##      education         0.002    0.014    0.142    0.887
##  extrov ~
##      age             -0.004    0.002   -2.155    0.031
##      gender           -0.263    0.046   -5.661    0.000
##      education         0.002    0.020    0.095    0.924
##  neurot ~
##      age             -0.012    0.002   -5.049    0.000
##      gender            0.286    0.052    5.480    0.000
##      education        -0.016    0.022   -0.735    0.462
##  openness ~
##      age              0.003    0.002    1.850    0.064
##      gender           -0.139    0.035   -3.993    0.000
##      education         0.065    0.015    4.289    0.000
##
## Covariances:
##              Estimate   Std.Err   z-value   P(>|z|)
##  .N1 ~~
##      .N2              0.674    0.047   14.403    0.000
##  .N3 ~~
##      .N4             -0.034    0.050   -0.679    0.497
##  age ~~
##      gender           0.234    0.106    2.219    0.026
##      education        2.943    0.257   11.443    0.000
##  gender ~~
##      education         0.004    0.011    0.386    0.699
##  .agreeable ~~

```

```

##      .conscient      0.140      0.015      9.615      0.000
##      .extrov        -0.439      0.027     -16.045      0.000
##      .neurot        -0.156      0.021      -7.488      0.000
##      .openness      0.132      0.015      8.947      0.000
## .conscient ~~
##      .extrov        -0.195      0.019     -10.234      0.000
##      .neurot        -0.207      0.021      -9.907      0.000
##      .openness      0.120      0.014      8.691      0.000
## .extrov ~~
##      .neurot         0.291      0.028      10.240      0.000
##      .openness     -0.279      0.022     -12.501      0.000
## .neurot ~~
##      .openness     -0.084      0.019      -4.405      0.000
##
## Variances:
##              Estimate Std.Err  z-value  P(>|z|)
##      .A2              0.821    0.030    27.790    0.000
##      .A3              0.776    0.034    23.026    0.000
##      .A4              1.556    0.051    30.440    0.000
##      .A5              0.840    0.033    25.484    0.000
##      .C1              1.065    0.036    29.356    0.000
##      .C2              1.162    0.041    28.345    0.000
##      .C3              1.164    0.040    28.954    0.000
##      .C4              0.932    0.041    22.805    0.000
##      .C5              1.608    0.061    26.441    0.000
##      .E1              1.791    0.059    30.139    0.000
##      .E2              1.333    0.050    26.474    0.000
##      .E3              1.050    0.037    28.208    0.000
##      .E4              1.063    0.041    25.982    0.000
##      .E5              1.216    0.040    30.125    0.000
##      .N1              1.367    0.056    24.554    0.000
##      .N2              1.376    0.054    25.388    0.000
##      .N3              0.912    0.064    14.318    0.000
##      .N4              1.358    0.063    21.647    0.000
##      .N5              1.777    0.061    29.202    0.000
##      .O1              0.859    0.033    26.292    0.000
##      .O2              1.960    0.065    30.283    0.000
##      .O3              0.693    0.040    17.468    0.000
##      .O5              1.395    0.047    29.596    0.000
##      age             113.628    3.385    33.563    0.000
##      gender           0.221    0.007    33.563    0.000
##      education        1.235    0.037    33.563    0.000
##      .agreeable       0.484    0.033    14.452    0.000
##      .conscient       0.406    0.035    11.741    0.000
##      .extrov          0.800    0.061    13.120    0.000

```

```
##      .neurot      1.050    0.069   15.153    0.000
##      .openness    0.388    0.033   11.681    0.000
##
## R-Square:
##           Estimate
##      A2          0.387
##      A3          0.532
##      A4          0.257
##      A5          0.466
##      C1          0.281
##      C2          0.325
##      C3          0.299
##      C4          0.497
##      C5          0.395
##      E1          0.314
##      E2          0.483
##      E3          0.415
##      E4          0.500
##      E5          0.314
##      N1          0.442
##      N2          0.417
##      N3          0.643
##      N4          0.442
##      N5          0.323
##      O1          0.317
##      O2          0.180
##      O3          0.518
##      O5          0.209
##      agreeable    0.066
##      conscient    0.023
##      extrov       0.022
##      neurot       0.031
##      openness     0.028
```

```
#standardized item loadings
inspect(bf_fit_sem, what = "std")$lambda
```

```
##           agrebl cnscnt extrov neurot opnnss age gender eductn
## A2          0.622  0.000  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## A3          0.730  0.000  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## A4          0.507  0.000  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## A5          0.683  0.000  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## C1          0.000  0.530  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## C2          0.000  0.570  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## C3          0.000  0.547  0.000  0.000  0.000  0      0      0
```

```
## C4      0.000 -0.705  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## C5      0.000 -0.628  0.000  0.000  0.000  0      0      0
## E1      0.000  0.000  0.560  0.000  0.000  0      0      0
## E2      0.000  0.000  0.695  0.000  0.000  0      0      0
## E3      0.000  0.000 -0.644  0.000  0.000  0      0      0
## E4      0.000  0.000 -0.707  0.000  0.000  0      0      0
## E5      0.000  0.000 -0.561  0.000  0.000  0      0      0
## N1      0.000  0.000  0.000  0.665  0.000  0      0      0
## N2      0.000  0.000  0.000  0.646  0.000  0      0      0
## N3      0.000  0.000  0.000  0.802  0.000  0      0      0
## N4      0.000  0.000  0.000  0.665  0.000  0      0      0
## N5      0.000  0.000  0.000  0.568  0.000  0      0      0
## O1      0.000  0.000  0.000  0.000  0.563  0      0      0
## O2      0.000  0.000  0.000  0.000 -0.425  0      0      0
## O3      0.000  0.000  0.000  0.000  0.719  0      0      0
## O5      0.000  0.000  0.000  0.000 -0.457  0      0      0
## age     0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  1      0      0
## gender  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0      1      0
## education 0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0      0      1
```

*#standardized path estimates*

```
inspect(bf_fit_sem, what = "std")$beta
```

```
##          agrebl cnsent extrov neurot opnnss    age gender eductn
## agreeable      0      0      0      0      0  0.117  0.224 -0.017
## conscient      0      0      0      0      0  0.113  0.094  0.004
## extrov         0      0      0      0      0 -0.053 -0.136  0.002
## neurot         0      0      0      0      0 -0.122  0.129 -0.018
## openness       0      0      0      0      0  0.049 -0.103  0.114
## age            0      0      0      0      0  0.000  0.000  0.000
## gender         0      0      0      0      0  0.000  0.000  0.000
## education      0      0      0      0      0  0.000  0.000  0.000
```

*#correlations bewteen latent variables and exogenous variables*

```
inspect(bf_fit_sem, what = "std")$psi
```

```
##          agrebl cnsent extrov neurot opnnss age    gender eductn
## agreeable  0.934
## conscient  0.316  0.977
## extrov     -0.705 -0.342  0.978
## neurot     -0.219 -0.317  0.317  0.969
## openness   0.304  0.302 -0.502 -0.131  0.972
## age        0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  1.000
## gender     0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.047  1.000
## education  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.248  0.008  1.000
```