

SNA - Part 4

318356995

23 1 2023

R Markdown

```
set.seed(12)

filePath=choose.files()
net<-read.csv(filePath,header=TRUE, row.names = 1)

#network
myNet<-as.network.matrix(net, loops=TRUE, multiple=FALSE, ignore.eval=FALSE, names.
eval='weight', matrix.type = "adjacency")
myIgraph<-asIgraph(myNet)

myNet %v% 'inWeight' <- colSums(net)
myNet %v% 'outWeight' <- rowSums(net)

filePath=choose.files()
areas<-read.csv(filePath,header=TRUE, row.names = 1)
myNet %v% 'Area' <- areas
```

סעיף 1:

על מנת לבחון האם הרשת המוגרלת קורלטיבית לרשת שלי, הרצתי מבחן QAP אשר יבדוק את הקורלציה בין הרשת שלי לבין הרשת המוגרלת, בעלת 467 צמתים ו-2179 קשתות, בדומה לרשת התחבורה הציבורית. המבחן מבצע 1000 פרמוטרציות על הרשתות ובוחן האם הקורלציה המתקבלת היא מקרית או לא. ממבחן ה-QAP ניתן לראות כי הקורלציה בין הרשתות היא 0.03, כלומר קורלציה חלשה מאוד ולכן נאמר כי הרשת לא קורלטיבית לרשת מוגרלת בעלת אותו מספר צמתים וקשתות. בנוסף, קיבלנו ערך p-value קטן מ-0.05 ולכן הקורלציה הזאת לא מקרית.

```
# ----- 1 -----
set.seed(12)
rgnm<-rgnm(1,467,2179, mode="digraph",return.as.edgelist=FALSE)
rgnm_net<-as.network(rgnm)
rgnm_graph<-asIgraph(rgnm_net)
```

פלג אליהו

```
qt<-qaptest(list(myNet,rgnm_net),gcor,g1=1,g2=2, reps=1000) #gcov, hdist
summary(qt)

##
## QAP Test Results
##
## Estimated p-values:
## p(f(perm) >= f(d)): 0.041
## p(f(perm) <= f(d)): 0.961
##
## Test Diagnostics:
## Test Value (f(d)): 0.003792987
## Replications: 1000
## Distribution Summary:
##      Min:      -0.005941935
##      1stQ:     -0.001306258
##      Med:      8.444557e-05
##      Mean:     2.928102e-05
##      3rdQ:     0.001475149
##      Max:      0.007501529
```

סעיף 2:

2. מדלו את הרשת על ידי שימוש בגורם הקשתות בלבד. מה טיב ההתאמה? באילו פרמטרים של טיב התאמה הרשת הנבדקת דומה לרשת הממודלת?

ממידול הרשת בעזרת גורם הקשתות בלבד, ניתן לראות כי גורם זה התקבל כמובהק במודל ברמת מובהקות של 0.001. על מנת לבחון את טיב ההתאמה יש להסתכל על הפלט של פונקציית (goodness of fit) gof. עבור טיב ההתאמה מבחינת הדרגה הנכנסת, עבור דרגות של 10,11,14, קיבלנו שהרשת שלנו דומה לרשת הממודלת מאחר וערכי ה-p-value שלהם גדולים מ-0.05, כלומר שתי הרשתות דומות מבחינת הדרגות הנכנסות הללו.

עבור טיב ההתאמה מבחינת הדרגה היוצאת, עבור דרגות של 10,11,12, קיבלנו שהרשת שלנו דומה לרשת הממודלת מאחר וערכי ה-p-value שלהם גדולים מ-0.05, כלומר שתי הרשתות דומות מבחינת הדרגות היוצאות הללו.

עבור טיב ההתאמה מבחינת המרחק הגאודזי, עבור מרחקים של 1,8,9,10, קיבלנו שהרשת שלנו דומה לרשת הממודלת מאחר וערכי ה-p-value שלהם גדולים מ-0.05, כלומר שתי הרשתות דומות מבחינת המרחקים הגאודזים הללו.

פלג אליהו

עבור טיב ההתאמה מבחינת ה-esp, כל הערכים קיבלו ערך p-value קטן מ-0.05, כלומר לא מובהקים ולכן הרשת שלנו לא דומה ב-esp לרשת הממודלת.

בנוסף, במבחן טיב ההתאמה התקבל ערך p-value של 0.9 ועל כן ניתן לומר כי רשת התחבורה הציבורית דומה לרשת הממודלת בעזרת גורם הקשתות בלבד.

```
# ----- 2 -----
set.seed(12)
net.01<-ergm(myNet~edges)

summary(net.01)

## Call:
## ergm(formula = myNet ~ edges)
##
## Maximum Likelihood Results:
##
##      Estimate Std. Error MCMC % z value Pr(>|z|)
## edges -4.59600    0.02153      0  -213.5   <1e-04 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##      Null Deviance: 302336  on 218089  degrees of freedom
##      Residual Deviance: 24409  on 218088  degrees of freedom
##
## AIC: 24411  BIC: 24422  (Smaller is better. MC Std. Err. = 0)

gof(net.01)

##
## Goodness-of-fit for in-degree
##
##      obs min  mean max MC p-value
## idgree0    0   0  4.19 10    0.04
## idgree1  224 12 21.02 34    0.00
## idgree2   77 35 47.63 63    0.00
## idgree3   38 56 75.79 93    0.00
## idgree4   29 59 86.64 108   0.00
## idgree5   15 62 80.18 99    0.00
## idgree6   13 46 62.24 84    0.00
## idgree7   10 26 41.86 57    0.00
## idgree8    7 13 25.24 37    0.00
## idgree9    2  6 13.05 23    0.00
## idgree10   5  1  5.58 11    1.00
## idgree11   4  0  2.32  6    0.40
## idgree12    3  0  0.84  4    0.04
## idgree13    5  0  0.30  2    0.00
## idgree14    0  0  0.10  1    1.00
## idgree15    2  0  0.01  1    0.00
```

פלג אליהו

```

## idegree16 2 0 0.00 0 0.00
## idegree17 1 0 0.01 1 0.02
## idegree18 2 0 0.00 0 0.00
## idegree19 2 0 0.00 0 0.00
## idegree20 4 0 0.00 0 0.00
## idegree22 2 0 0.00 0 0.00
## idegree23 3 0 0.00 0 0.00
## idegree24 1 0 0.00 0 0.00
## idegree25 1 0 0.00 0 0.00
## idegree26 1 0 0.00 0 0.00
## idegree29 2 0 0.00 0 0.00
## idegree32 1 0 0.00 0 0.00
## idegree33 1 0 0.00 0 0.00
## idegree35 1 0 0.00 0 0.00
## idegree36 1 0 0.00 0 0.00
## idegree38 1 0 0.00 0 0.00
## idegree39 2 0 0.00 0 0.00
## idegree45 1 0 0.00 0 0.00
## idegree54 1 0 0.00 0 0.00
## idegree79 1 0 0.00 0 0.00
## idegree80 1 0 0.00 0 0.00
## idegree90 1 0 0.00 0 0.00
##
## Goodness-of-fit for out-degree
##
##      obs min  mean max MC p-value
## odegree0  0  0  3.80  8  0.04
## odegree1 222 10 20.47 31  0.00
## odegree2  77 32 47.64 63  0.00
## odegree3  35 60 75.42 92  0.00
## odegree4  36 72 86.97 110 0.00
## odegree5  12 61 82.48 99  0.00
## odegree6  13 45 62.88 77  0.00
## odegree7  10 28 41.78 59  0.00
## odegree8   6 12 23.99 33  0.00
## odegree9   3  6 11.78 20  0.00
## odegree10  3  2  6.00 11  0.34
## odegree11  4  0  2.37  6  0.42
## odegree12  3  0  0.85  4  0.14
## odegree13  6  0  0.33  2  0.00
## odegree14  2  0  0.18  2  0.02
## odegree15  2  0  0.05  1  0.00
## odegree16  2  0  0.01  1  0.00
## odegree17  2  0  0.00  0  0.00
## odegree18  2  0  0.00  0  0.00
## odegree20  2  0  0.00  0  0.00
## odegree21  3  0  0.00  0  0.00
## odegree22  1  0  0.00  0  0.00
## odegree23  3  0  0.00  0  0.00
## odegree24  1  0  0.00  0  0.00

```

פלג אליהו

```
## odegree25 1 0 0.00 0 0.00
## odegree26 1 0 0.00 0 0.00
## odegree28 3 0 0.00 0 0.00
## odegree31 1 0 0.00 0 0.00
## odegree35 2 0 0.00 0 0.00
## odegree36 1 0 0.00 0 0.00
## odegree38 1 0 0.00 0 0.00
## odegree39 1 0 0.00 0 0.00
## odegree40 1 0 0.00 0 0.00
## odegree43 1 0 0.00 0 0.00
## odegree50 1 0 0.00 0 0.00
## odegree65 1 0 0.00 0 0.00
## odegree78 1 0 0.00 0 0.00
## odegree80 1 0 0.00 0 0.00
##
## Goodness-of-fit for edgewise shared partner
##
##      obs  min    mean  max MC p-value
## esp0  614 2000 2075.23 2147      0
## esp1  345  66   96.66  122      0
## esp2  262  0    2.01   6      0
## esp3  222  0    0.06   1      0
## esp4  152  0    0.00   0      0
## esp5  116  0    0.00   0      0
## esp6   92  0    0.00   0      0
## esp7   68  0    0.00   0      0
## esp8   58  0    0.00   0      0
## esp9   52  0    0.00   0      0
## esp10  50  0    0.00   0      0
## esp11  21  0    0.00   0      0
## esp12  29  0    0.00   0      0
## esp13  16  0    0.00   0      0
## esp14  14  0    0.00   0      0
## esp15  14  0    0.00   0      0
## esp16  12  0    0.00   0      0
## esp17  11  0    0.00   0      0
## esp18   6  0    0.00   0      0
## esp19   2  0    0.00   0      0
## esp20   5  0    0.00   0      0
## esp22   3  0    0.00   0      0
## esp23   5  0    0.00   0      0
## esp24   2  0    0.00   0      0
## esp25   1  0    0.00   0      0
## esp27   1  0    0.00   0      0
## esp28   1  0    0.00   0      0
## esp29   1  0    0.00   0      0
## esp30   1  0    0.00   0      0
## esp31   1  0    0.00   0      0
## esp34   1  0    0.00   0      0
## esp37   1  0    0.00   0      0
```

פלג אליהו

```
##
## Goodness-of-fit for minimum geodesic distance
##
##      obs      min      mean      max MC p-value
## 1      2179     2094     2173.96     2243      0.90
## 2     28559     9068     9763.30    10354      0.00
## 3     94535    33690    37590.57    40860      0.00
## 4     68061    78434    85153.05    90695      0.00
## 5     17184    58291    63959.09    68983      0.00
## 6       3110     9817    13666.85    17821      0.00
## 7        270      553     1357.96     2446      0.00
## 8         12       10       90.11      309      0.08
## 9          0        0        3.93       40      0.62
## 10         0        0        0.09        2      1.00
## Inf     3712     931     3863.09     9222      1.00
##
## Goodness-of-fit for model statistics
##
##      obs      min      mean      max MC p-value
## 2179.00    2094.00    2173.96    2243.00      0.90
```

סעיף 3:

מודל 1 - מודל המכיל את גורם הקשתות ואת הערך המוחלט של הפרש מספר קווי התחבורה הציבורית הנכנסים ליישובים. עבור כל יישוב, חושבו מספר קווי התחבורה הציבורית המגיעים אליו ע"י סכימת משקלי הקשתות בהן היישוב הוא יישוב היעד. גורם זה מאפשר לבחון האם ההפרש בכמות קווי התחבורה המגיעים ליישובים משפיע על יצירת קשר ביניהם, כלומר על קיום של קו תחבורה ציבורית המחבר ביניהם. המוטיבציה בהסתכלות על גורם זה היא לבדוק האם דמיון בכמות קווי התחבורה הציבורית הנכנסים ליישובים השונים יוצרת נטייה ליצירת קשר ביניהם.

ניתן לראות כי שני הגורמים אלו התקבלו כמובהקים במודל ברמת מובהקות של 0.001.

בפלט ה-gof מסומנים הפרמטרים אשר בהם התקבל ערך pvalue גדול מ-0.05, כלומר הפרמטרים לפיהם רשת התחבורה דומה לרשת הממודלת. ניתן לראות כי דימיון זה קיים עבור ערכים רבים של הדרגה הנכנסת, הדרגה היוצאת והמרחק הגאודזי, ועבור ערכי 1,36 של esp.

```
# ----- 3 -----
set.seed(12)
net.02<-ergm(myNet~edges+absdiff('inWeight'))
summary(net.02)
```

פלטג אליהו

```
## Call:
## ergm(formula = myNet ~ edges + absdiff("inWeight"))
##
## Maximum Likelihood Results:
##
##              Estimate Std. Error MCMC % z value Pr(>|z|)
## edges          -5.0140455  0.0259550      0 -193.18  <1e-04 ***
## absdiff.inWeight  0.0092197  0.0001421      0  64.87  <1e-04 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##      Null Deviance: 302336 on 218089 degrees of freedom
## Residual Deviance:  21822 on 218087 degrees of freedom
##
## AIC: 21826 BIC: 21846 (Smaller is better. MC Std. Err. = 0)

gof(net.02)

##
## Goodness-of-fit for in-degree
##
##      obs min  mean max MC p-value
## idgree0      0   2  7.97  14    0.00
## idgree1     224  15 34.38  49    0.00
## idgree2      77  51 68.69  85    0.34
## idgree3      38  64 89.37 108    0.00
## idgree4      29  67 90.21 117    0.00
## idgree5      15  52 69.57  88    0.00
## idgree6      13  30 46.77  65    0.00
## idgree7      10  14 26.45  41    0.00
## idgree8       7   7 14.01  23    0.02
## idgree9       2   2  6.91  13    0.02
## idgree10      5   1  3.71   8    0.70
## idgree11      4   0  1.99   5    0.20
## idgree12      3   0  1.28   4    0.26
## idgree13      5   0  0.70   3    0.00
## idgree14      0   0  0.47   2    1.00
## idgree15      2   0  0.30   4    0.10
## idgree16      2   0  0.31   2    0.10
## idgree17      1   0  0.31   2    0.56
## idgree18      2   0  0.22   1    0.00
## idgree19      2   0  0.10   2    0.02
## idgree20      4   0  0.08   1    0.00
## idgree22      2   0  0.09   1    0.00
## idgree23      3   0  0.01   1    0.00
## idgree24      1   0  0.03   1    0.06
## idgree25      1   0  0.03   1    0.06
## idgree26      1   0  0.01   1    0.02
## idgree27      0   0  0.07   1    1.00
## idgree28      0   0  0.07   1    1.00
```

פלטג אליהו

## idgree29	2	0	0.06	1	0.00
## idgree30	0	0	0.06	1	1.00
## idgree31	0	0	0.03	1	1.00
## idgree32	1	0	0.04	1	0.08
## idgree33	1	0	0.04	1	0.08
## idgree34	0	0	0.05	1	1.00
## idgree35	1	0	0.09	1	0.18
## idgree36	1	0	0.09	1	0.18
## idgree37	0	0	0.08	1	1.00
## idgree38	1	0	0.08	1	0.16
## idgree39	2	0	0.04	1	0.00
## idgree40	0	0	0.04	1	1.00
## idgree41	0	0	0.04	1	1.00
## idgree42	0	0	0.01	1	1.00
## idgree43	0	0	0.03	1	1.00
## idgree45	1	0	0.01	1	0.02
## idgree46	0	0	0.01	1	1.00
## idgree47	0	0	0.01	1	1.00
## idgree48	0	0	0.02	1	1.00
## idgree49	0	0	0.01	1	1.00
## idgree50	0	0	0.01	1	1.00
## idgree51	0	0	0.02	1	1.00
## idgree54	1	0	0.01	1	0.02
## idgree56	0	0	0.01	1	1.00
## idgree79	1	0	0.01	1	0.02
## idgree80	1	0	0.04	1	0.08
## idgree81	0	0	0.10	1	1.00
## idgree82	0	0	0.07	1	1.00
## idgree83	0	0	0.04	1	1.00
## idgree85	0	0	0.02	1	1.00
## idgree86	0	0	0.01	1	1.00
## idgree87	0	0	0.03	1	1.00
## idgree88	0	0	0.02	1	1.00
## idgree89	0	0	0.02	1	1.00
## idgree90	1	0	0.04	1	0.08
## idgree91	0	0	0.03	1	1.00
## idgree92	0	0	0.03	1	1.00
## idgree93	0	0	0.04	1	1.00
## idgree94	0	0	0.06	1	1.00
## idgree95	0	0	0.11	1	1.00
## idgree96	0	0	0.02	1	1.00
## idgree97	0	0	0.02	1	1.00
## idgree98	0	0	0.06	1	1.00
## idgree99	0	0	0.09	1	1.00
## idgree100	0	0	0.05	1	1.00
## idgree101	0	0	0.03	1	1.00
## idgree102	0	0	0.03	1	1.00
## idgree103	0	0	0.01	1	1.00
## idgree104	0	0	0.05	1	1.00
## idgree105	0	0	0.04	1	1.00

פלטג אליהו

```

## idgree106  0  0  0.05  1  1.00
## idgree107  0  0  0.09  1  1.00
## idgree108  0  0  0.12  1  1.00
## idgree109  0  0  0.11  1  1.00
## idgree110  0  0  0.06  1  1.00
## idgree111  0  0  0.05  1  1.00
## idgree112  0  0  0.10  1  1.00
## idgree113  0  0  0.02  1  1.00
## idgree114  0  0  0.04  1  1.00
## idgree118  0  0  0.01  1  1.00
## idgree119  0  0  0.05  1  1.00
## idgree120  0  0  0.10  1  1.00
## idgree121  0  0  0.03  1  1.00
## idgree122  0  0  0.04  1  1.00
## idgree123  0  0  0.02  1  1.00
## idgree124  0  0  0.01  1  1.00
## idgree125  0  0  0.03  1  1.00
##
## Goodness-of-fit for out-degree
##
##          obs min  mean max MC p-value
## odegree0    0   1  7.73  17   0.00
## odegree1  222  16 33.23  46   0.00
## odegree2   77  53 68.47  88  0.32
## odegree3   35  67 89.46 112   0.00
## odegree4   36  65 86.31 103   0.00
## odegree5   12  53 70.52  87   0.00
## odegree6   13  32 47.58  67   0.00
## odegree7   10  18 28.63  43   0.00
## odegree8    6   6 14.43  23   0.02
## odegree9    3   2  8.06  14   0.08
## odegree10   3   0  3.87   9   0.96
## odegree11   4   0  2.03   6   0.26
## odegree12   3   0  1.13   4   0.26
## odegree13   6   0  0.69   3   0.00
## odegree14   2   0  0.40   2   0.12
## odegree15   2   0  0.27   2   0.04
## odegree16   2   0  0.24   2   0.06
## odegree17   2   0  0.15   2   0.04
## odegree18   2   0  0.13   1   0.00
## odegree19   0   0  0.11   1   1.00
## odegree20   2   0  0.10   1   0.00
## odegree21   3   0  0.07   1   0.00
## odegree22   1   0  0.02   1   0.04
## odegree23   3   0  0.01   1   0.00
## odegree24   1   0  0.04   1   0.08
## odegree25   1   0  0.12   1   0.24
## odegree26   1   0  0.04   1   0.08
## odegree27   0   0  0.06   1   1.00
## odegree28   3   0  0.05   1   0.00

```

פלטג אליהו

## odegree29	0	0	0.04	1	1.00
## odegree30	0	0	0.01	1	1.00
## odegree31	1	0	0.00	0	0.00
## odegree34	0	0	0.01	1	1.00
## odegree35	2	0	0.04	1	0.00
## odegree36	1	0	0.05	1	0.10
## odegree37	0	0	0.05	1	1.00
## odegree38	1	0	0.04	1	0.08
## odegree39	1	0	0.02	1	0.04
## odegree40	1	0	0.09	1	0.18
## odegree41	0	0	0.05	1	1.00
## odegree42	0	0	0.07	1	1.00
## odegree43	1	0	0.12	1	0.24
## odegree44	0	0	0.14	1	1.00
## odegree45	0	0	0.11	1	1.00
## odegree46	0	0	0.08	1	1.00
## odegree47	0	0	0.03	1	1.00
## odegree49	0	0	0.01	1	1.00
## odegree50	1	0	0.00	0	0.00
## odegree51	0	0	0.02	1	1.00
## odegree53	0	0	0.02	1	1.00
## odegree54	0	0	0.02	1	1.00
## odegree56	0	0	0.01	1	1.00
## odegree60	0	0	0.01	1	1.00
## odegree63	0	0	0.01	1	1.00
## odegree65	1	0	0.00	0	0.00
## odegree67	0	0	0.02	1	1.00
## odegree68	0	0	0.01	1	1.00
## odegree69	0	0	0.04	1	1.00
## odegree70	0	0	0.07	1	1.00
## odegree71	0	0	0.03	1	1.00
## odegree72	0	0	0.03	1	1.00
## odegree73	0	0	0.04	1	1.00
## odegree74	0	0	0.01	1	1.00
## odegree75	0	0	0.03	1	1.00
## odegree76	0	0	0.01	1	1.00
## odegree77	0	0	0.02	1	1.00
## odegree78	1	0	0.12	1	0.24
## odegree79	0	0	0.11	1	1.00
## odegree80	1	0	0.04	1	0.08
## odegree81	0	0	0.05	1	1.00
## odegree82	0	0	0.07	1	1.00
## odegree83	0	0	0.03	1	1.00
## odegree84	0	0	0.02	1	1.00
## odegree85	0	0	0.09	1	1.00
## odegree86	0	0	0.04	1	1.00
## odegree87	0	0	0.08	1	1.00
## odegree88	0	0	0.07	1	1.00
## odegree89	0	0	0.01	1	1.00
## odegree90	0	0	0.02	1	1.00

פלג אליהו

```
## odegree91    0    0  0.09    1    1.00
## odegree92    0    0  0.06    1    1.00
## odegree93    0    0  0.13    1    1.00
## odegree94    0    0  0.15    1    1.00
## odegree95    0    0  0.07    1    1.00
## odegree96    0    0  0.02    1    1.00
## odegree97    0    0  0.07    1    1.00
## odegree98    0    0  0.07    2    1.00
## odegree99    0    0  0.07    1    1.00
## odegree100   0    0  0.05    1    1.00
## odegree101   0    0  0.04    1    1.00
## odegree102   0    0  0.03    1    1.00
## odegree103   0    0  0.04    1    1.00
## odegree104   0    0  0.01    1    1.00
## odegree105   0    0  0.03    1    1.00
## odegree106   0    0  0.01    1    1.00
```

```
##
## Goodness-of-fit for edgewise shared partner
```

```
##      obs  min   mean  max MC p-value
## esp0  614 1639 1720.58 1813    0.00
## esp1  345  269  341.11  418    0.92
## esp2  262  41   64.81   92    0.00
## esp3  222   6   14.77   29    0.00
## esp4  152   0    3.36   10    0.00
## esp5  116   0    0.78    3    0.00
## esp6   92   0    0.23    2    0.00
## esp7   68   0    0.09    1    0.00
## esp8   58   0    0.02    1    0.00
## esp9   52   0    0.00    0    0.00
## esp10  50   0    0.01    1    0.00
## esp11  21   0    0.01    1    0.00
## esp12  29   0    0.00    0    0.00
## esp13  16   0    0.00    0    0.00
## esp14  14   0    0.00    0    0.00
## esp15  14   0    0.01    1    0.00
## esp16  12   0    0.00    0    0.00
## esp17  11   0    0.01    1    0.00
## esp18   6   0    0.00    0    0.00
## esp19   2   0    0.00    0    0.00
## esp20   5   0    0.00    0    0.00
## esp22   3   0    0.00    0    0.00
## esp23   5   0    0.00    0    0.00
## esp24   2   0    0.00    0    0.00
## esp25   1   0    0.00    0    0.00
## esp27   1   0    0.00    0    0.00
## esp28   1   0    0.00    0    0.00
## esp29   1   0    0.00    0    0.00
## esp30   1   0    0.00    0    0.00
## esp31   1   0    0.00    0    0.00
```

פלטג אליהו

```
## esp34 1 0 0.00 0 0.00
## esp36 0 0 0.01 1 1.00
## esp37 1 0 0.00 0 0.00
##
## Goodness-of-fit for minimum geodesic distance
##
##      obs    min    mean    max MC p-value
## 1    2179   2050   2145.80  2256    0.72
## 2   28559  21226  25557.18 31028    0.40
## 3   94535  69949  77842.64 85296    0.00
## 4   68061  70951  75779.90 80524    0.00
## 5   17184  19209  24440.79 32950    0.00
## 6    3110   1951   3679.87  6346    0.68
## 7     270     66   360.89  1126    0.70
## 8      12      0    25.24   208    0.74
## 9       0      0     1.46    35    1.00
## 10      0      0     0.01     1    1.00
## Inf   3712   3250   7788.22 13304    0.06
##
## Goodness-of-fit for model statistics
##
##      obs    min    mean    max MC p-value
## edges      2179   2050   2145.8   2256    0.72
## absdiff.inWeight 246549 198511 217848.7 242745    0.00
```

מודל 2 - מודל המכיל את גורם הקשתות ו-nodematch על האזור הגאוגרפי של העיר. פרמטר ה-nodematch על תכונת האזור הגאוגרפי בוחן האם לשני יישובים יש נטייה גדולה יותר ליצירת קשר (קו תחבורה ציבורית המקשר ביניהם), אם הם מאותו אזור גאוגרפי.

ניתן לראות כי שני הגורמים התקבלו כמובהקים במודל ברמת מובהקות של 0.001.

בפלטג-of מסומנים הפרמטרים אשר בהם התקבל ערך p-value גדול מ-0.05, כלומר הפרמטרים לפיהם רשת התחבורה דומה לרשת הממודלת. ניתן לראות כי דימיון זה קיים עבור ערכי 10,11,12,14 של הדרגה הנכנסת, ערכי 10,11,12 של הדרגה היוצאת וערכי 1,9,10 של המרחק הגאודזי.

בנוסף, במבחן טיב ההתאמה התקבלו ערכי p-value קרובים ל-1 ועל כן ניתן לומר כי רשת התחבורה הציבורית דומה לרשת הממודלת.

```
set.seed(12)
net.03<-ergm(myNet~edges+ nodematch('Area'))
summary(net.03)
```

פלטג אליהו

```
## Call:
## ergm(formula = myNet ~ edges + nodematch("Area"))
##
## Maximum Likelihood Results:
##
##              Estimate Std. Error MCMC % z value Pr(>|z|)
## edges          -5.11404    0.03477    0 -147.09  <1e-04 ***
## nodematch.Area   1.06146    0.04432    0  23.95  <1e-04 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##      Null Deviance: 302336 on 218089 degrees of freedom
## Residual Deviance: 23814 on 218087 degrees of freedom
##
## AIC: 23818 BIC: 23838 (Smaller is better. MC Std. Err. = 0)

gof(net.03)

##
## Goodness-of-fit for in-degree
##
##      obs min  mean max MC p-value
## idgree0    0  0  4.42 10    0.02
## idgree1   224 13 20.49 32    0.00
## idgree2    77 30 46.72 61    0.00
## idgree3    38 58 72.57 97    0.00
## idgree4    29 61 88.20 110   0.00
## idgree5    15 59 82.02 112   0.00
## idgree6    13 44 63.03 80    0.00
## idgree7    10 27 42.66 58    0.00
## idgree8     7 14 24.31 36    0.00
## idgree9     2  3 12.35 20    0.00
## idgree10    5  1  5.71 12    0.94
## idgree11    4  0  2.95  7    0.68
## idgree12    3  0  0.85  5    0.18
## idgree13    5  0  0.46  3    0.00
## idgree14    0  0  0.20  2    1.00
## idgree15    2  0  0.04  1    0.00
## idgree16    2  0  0.01  1    0.00
## idgree17    1  0  0.01  1    0.02
## idgree18    2  0  0.00  0    0.00
## idgree19    2  0  0.00  0    0.00
## idgree20    4  0  0.00  0    0.00
## idgree22    2  0  0.00  0    0.00
## idgree23    3  0  0.00  0    0.00
## idgree24    1  0  0.00  0    0.00
## idgree25    1  0  0.00  0    0.00
## idgree26    1  0  0.00  0    0.00
## idgree29    2  0  0.00  0    0.00
## idgree32    1  0  0.00  0    0.00
```

פלג אליהו

```
## idegree33 1 0 0.00 0 0.00
## idegree35 1 0 0.00 0 0.00
## idegree36 1 0 0.00 0 0.00
## idegree38 1 0 0.00 0 0.00
## idegree39 2 0 0.00 0 0.00
## idegree45 1 0 0.00 0 0.00
## idegree54 1 0 0.00 0 0.00
## idegree79 1 0 0.00 0 0.00
## idegree80 1 0 0.00 0 0.00
## idegree90 1 0 0.00 0 0.00
##
## Goodness-of-fit for out-degree
##
##      obs min  mean max MC p-value
## odegree0  0  0  4.63 10  0.02
## odegree1 222 11 21.29 33  0.00
## odegree2  77 28 49.59 63  0.00
## odegree3  35 58 73.45 88  0.00
## odegree4  36 70 84.96 104 0.00
## odegree5  12 63 78.78 98  0.00
## odegree6  13 44 62.24 80  0.00
## odegree7  10 26 41.55 56  0.00
## odegree8   6 14 25.56 38  0.00
## odegree9   3  7 13.78 23  0.00
## odegree10  3  1  6.58 13  0.14
## odegree11  4  0  2.87  8  0.64
## odegree12  3  0  0.94  4  0.16
## odegree13  6  0  0.55  4  0.00
## odegree14  2  0  0.17  2  0.02
## odegree15  2  0  0.06  2  0.02
## odegree16  2  0  0.00  0  0.00
## odegree17  2  0  0.00  0  0.00
## odegree18  2  0  0.00  0  0.00
## odegree20  2  0  0.00  0  0.00
## odegree21  3  0  0.00  0  0.00
## odegree22  1  0  0.00  0  0.00
## odegree23  3  0  0.00  0  0.00
## odegree24  1  0  0.00  0  0.00
## odegree25  1  0  0.00  0  0.00
## odegree26  1  0  0.00  0  0.00
## odegree28  3  0  0.00  0  0.00
## odegree31  1  0  0.00  0  0.00
## odegree35  2  0  0.00  0  0.00
## odegree36  1  0  0.00  0  0.00
## odegree38  1  0  0.00  0  0.00
## odegree39  1  0  0.00  0  0.00
## odegree40  1  0  0.00  0  0.00
## odegree43  1  0  0.00  0  0.00
## odegree50  1  0  0.00  0  0.00
## odegree65  1  0  0.00  0  0.00
```

פלטג אליהו

```
## odegree78 1 0 0.00 0 0.00
## odegree80 1 0 0.00 0 0.00
##
## Goodness-of-fit for edgewise shared partner
##
##      obs   min    mean   max MC p-value
## esp0  614 2005 2069.80 2155      0
## esp1  345  81 113.24 142      0
## esp2  262  0  3.38  8      0
## esp3  222  0  0.01  1      0
## esp4  152  0  0.00  0      0
## esp5  116  0  0.00  0      0
## esp6   92  0  0.00  0      0
## esp7   68  0  0.00  0      0
## esp8   58  0  0.00  0      0
## esp9   52  0  0.00  0      0
## esp10  50  0  0.00  0      0
## esp11  21  0  0.00  0      0
## esp12  29  0  0.00  0      0
## esp13  16  0  0.00  0      0
## esp14  14  0  0.00  0      0
## esp15  14  0  0.00  0      0
## esp16  12  0  0.00  0      0
## esp17  11  0  0.00  0      0
## esp18   6  0  0.00  0      0
## esp19   2  0  0.00  0      0
## esp20   5  0  0.00  0      0
## esp22   3  0  0.00  0      0
## esp23   5  0  0.00  0      0
## esp24   2  0  0.00  0      0
## esp25   1  0  0.00  0      0
## esp27   1  0  0.00  0      0
## esp28   1  0  0.00  0      0
## esp29   1  0  0.00  0      0
## esp30   1  0  0.00  0      0
## esp31   1  0  0.00  0      0
## esp34   1  0  0.00  0      0
## esp37   1  0  0.00  0      0
##
## Goodness-of-fit for minimum geodesic distance
##
##      obs   min    mean   max MC p-value
## 1  2179 2092 2186.43 2284 0.98
## 2 28559 9153 9928.78 10797 0.00
## 3 94535 34520 38415.64 42515 0.00
## 4 68061 79915 85747.16 91547 0.00
## 5 17184 57977 62369.95 67790 0.00
## 6  3110  9374 13137.23 19357 0.00
## 7   270   559 1342.97  2734 0.00
## 8    12    12   98.11   337 0.02
```

פלג אליהו

```
## 9      0      0      5.12      39      0.58
## 10     0      0      0.20      5      1.00
## Inf  3712    932  4390.41  8303      0.62
##
## Goodness-of-fit for model statistics
##
##              obs  min    mean  max  MC  p-value
## edges          2179 2092 2186.43 2284      0.98
## nodematch.Area 1347 1292 1345.70 1404      1.00
```

מודל 3 - מודל המכיל את גורם הקשתות ו-nodeifactor על האזור הגאוגרפי של היישוב. פרמטר ה-

nodeifactor על תכונת האזור הגאוגרפי בוחן האם תכונת המיקום הגאוגרפי של היישוב משפיעה על הנטייה שלו ליצירת קשרים, כלומר קיום קו תחבורה ציבורית המקשר ליישובים אחרים. ניתן לראות כי גורם הקשתות וגורמי ה-nodeifactor התקבלו כמובהקים במודל ברמת מובהקות של 0.001.

בפלט ה-gof מסומנים הפרמטרים אשר בהם התקבל ערך p-value גדול מ-0.05, כלומר הפרמטרים לפיהם רשת התחבורה דומה לרשת הממודלת. ניתן לראות כי דימיון זה קיים עבור ערכי 10,11,12,14 של הדרגה הנכנסת, ערכי 10,11,12 של הדרגה היוצאת וערכי 1,9,10,11 של המרחק הגאודזי. בנוסף, במבחן טיב ההתאמה התקבלו ערכי p-value מעל 0.05 ועל כן ניתן לומר כי רשת התחבורה הציבורית דומה לרשת הממודלת.

```
set.seed(12)
net.04<-ergm(myNet~edges+ nodeifactor("Area"))

summary(net.04)

## Call:
## ergm(formula = myNet ~ edges + nodeifactor("Area"))
##
## Maximum Likelihood Results:
##
##              Estimate Std. Error MCMC %  z  value Pr(>|z|)
## edges          -4.38061    0.03113      0 -140.732  <1e-04 ***
## nodeifactor.Area.North -0.34515    0.04729      0  -7.299  <1e-04 ***
## nodeifactor.Area.South -0.45656    0.06285      0  -7.264  <1e-04 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Null Deviance: 302336 on 218089 degrees of freedom
## Residual Deviance: 24330 on 218086 degrees of freedom
##
## AIC: 24336 BIC: 24366 (Smaller is better. MC Std. Err. = 0)
```


פלג אליהו

```
gof(net.04)
```

```
##
## Goodness-of-fit for in-degree
##
##      obs min  mean max MC p-value
## idegree0    0   1  6.32  12    0.00
## idegree1  224  14 24.85  36    0.00
## idegree2   77  40 53.35  68    0.00
## idegree3   38  53 75.01  97    0.00
## idegree4   29  66 81.92 105    0.00
## idegree5   15  52 72.28  97    0.00
## idegree6   13  43 57.15  75    0.00
## idegree7   10  28 40.70  55    0.00
## idegree8    7  15 25.68  41    0.00
## idegree9    2   7 15.21  25    0.00
## idegree10   5   2  7.85  15    0.46
## idegree11   4   0  3.88   9    1.00
## idegree12   3   0  1.59   5    0.44
## idegree13   5   0  0.65   3    0.00
## idegree14   0   0  0.41   3    1.00
## idegree15   2   0  0.13   1    0.00
## idegree16   2   0  0.02   1    0.00
## idegree17   1   0  0.00   0    0.00
## idegree18   2   0  0.00   0    0.00
## idegree19   2   0  0.00   0    0.00
## idegree20   4   0  0.00   0    0.00
## idegree22   2   0  0.00   0    0.00
## idegree23   3   0  0.00   0    0.00
## idegree24   1   0  0.00   0    0.00
## idegree25   1   0  0.00   0    0.00
## idegree26   1   0  0.00   0    0.00
## idegree29   2   0  0.00   0    0.00
## idegree32   1   0  0.00   0    0.00
## idegree33   1   0  0.00   0    0.00
## idegree35   1   0  0.00   0    0.00
## idegree36   1   0  0.00   0    0.00
## idegree38   1   0  0.00   0    0.00
## idegree39   2   0  0.00   0    0.00
## idegree45   1   0  0.00   0    0.00
## idegree54   1   0  0.00   0    0.00
## idegree79   1   0  0.00   0    0.00
## idegree80   1   0  0.00   0    0.00
## idegree90   1   0  0.00   0    0.00
##
## Goodness-of-fit for out-degree
##
##      obs min  mean max MC p-value
## odegree0    0   0  4.16  10    0.02
## odegree1  222  10 20.65  31    0.00
```

פלטג אליהו

```
## odegree2 77 33 47.77 63 0.00
## odegree3 35 53 73.80 91 0.00
## odegree4 36 68 87.94 111 0.00
## odegree5 12 52 83.21 101 0.00
## odegree6 13 42 62.47 81 0.00
## odegree7 10 24 41.29 56 0.00
## odegree8 6 15 23.85 35 0.00
## odegree9 3 5 12.59 21 0.00
## odegree10 3 1 5.25 13 0.42
## odegree11 4 0 2.40 6 0.40
## odegree12 3 0 1.03 5 0.20
## odegree13 6 0 0.40 3 0.00
## odegree14 2 0 0.16 2 0.04
## odegree15 2 0 0.03 1 0.00
## odegree16 2 0 0.00 0 0.00
## odegree17 2 0 0.00 0 0.00
## odegree18 2 0 0.00 0 0.00
## odegree20 2 0 0.00 0 0.00
## odegree21 3 0 0.00 0 0.00
## odegree22 1 0 0.00 0 0.00
## odegree23 3 0 0.00 0 0.00
## odegree24 1 0 0.00 0 0.00
## odegree25 1 0 0.00 0 0.00
## odegree26 1 0 0.00 0 0.00
## odegree28 3 0 0.00 0 0.00
## odegree31 1 0 0.00 0 0.00
## odegree35 2 0 0.00 0 0.00
## odegree36 1 0 0.00 0 0.00
## odegree38 1 0 0.00 0 0.00
## odegree39 1 0 0.00 0 0.00
## odegree40 1 0 0.00 0 0.00
## odegree43 1 0 0.00 0 0.00
## odegree50 1 0 0.00 0 0.00
## odegree65 1 0 0.00 0 0.00
## odegree78 1 0 0.00 0 0.00
## odegree80 1 0 0.00 0 0.00
##
## Goodness-of-fit for edgewise shared partner
##
##      obs   min   mean   max MC p-value
## esp0  614 2001 2067.68 2137      0
## esp1  345  78  102.43  133      0
## esp2  262  0    2.39    6      0
## esp3  222  0    0.01    1      0
## esp4  152  0    0.00    0      0
## esp5  116  0    0.00    0      0
## esp6   92  0    0.00    0      0
## esp7   68  0    0.00    0      0
## esp8   58  0    0.00    0      0
## esp9   52  0    0.00    0      0
```

פלטג אליהו

```
## esp10  50    0    0.00    0        0
## esp11  21    0    0.00    0        0
## esp12  29    0    0.00    0        0
## esp13  16    0    0.00    0        0
## esp14  14    0    0.00    0        0
## esp15  14    0    0.00    0        0
## esp16  12    0    0.00    0        0
## esp17  11    0    0.00    0        0
## esp18   6    0    0.00    0        0
## esp19   2    0    0.00    0        0
## esp20   5    0    0.00    0        0
## esp22   3    0    0.00    0        0
## esp23   5    0    0.00    0        0
## esp24   2    0    0.00    0        0
## esp25   1    0    0.00    0        0
## esp27   1    0    0.00    0        0
## esp28   1    0    0.00    0        0
## esp29   1    0    0.00    0        0
## esp30   1    0    0.00    0        0
## esp31   1    0    0.00    0        0
## esp34   1    0    0.00    0        0
## esp37   1    0    0.00    0        0
```

```
##
## Goodness-of-fit for minimum geodesic distance
##
```

##	obs	min	mean	max	MC	p-value
## 1	2179	2100	2172.51	2244		0.86
## 2	28559	9000	9776.34	10371		0.00
## 3	94535	33204	37446.03	40612		0.00
## 4	68061	76383	83555.35	88358		0.00
## 5	17184	58635	63263.06	67640		0.00
## 6	3110	10869	14518.71	20090		0.00
## 7	270	771	1633.42	2912		0.00
## 8	12	13	135.48	583		0.00
## 9	0	0	9.06	132		0.36
## 10	0	0	0.42	6		1.00
## 11	0	0	0.03	2		1.00
## Inf	3712	1861	5111.59	9221		0.42

```
##
## Goodness-of-fit for model statistics
##
```

##	obs	min	mean	max	MC	p-value
## edges	2179	2100	2172.51	2244		0.86
## nodeifactor.Area.North	796	737	787.72	849		0.70
## nodeifactor.Area.South	338	294	333.92	391		0.86

1. מהן הערים המרכזיות שמאפשרות הגעה ישירה למספר הרב ביותר של ערים אחרות?

הערים המאפשרות הגעה למספר הרב ביותר של ערים אחרות הן הערים אשר הדרגה היוצאת שלהן היא הגדולה ביותר. הדרגה היוצאת של עיר היא כמות היישובים אשר ניתן להגיע אליהם מאותה העיר בצורה ישירה. ניתן לראות כי חמשת הערים אשר מאפשרות הגעה ישירה לכמה שיותר ערים אחרות הן תל אביב-יפו, ירושלים, חיפה, בני ברק ובאר שבע.

```
# ----- 4 -----

# central cities
degrees<-degree(myIgraph, mode="out")
sorted_indices <- order(degrees, decreasing = TRUE)
top_5_indices <- head(sorted_indices, 5)

top_5_nodes <-c()
for (i in 1:467) {
  for (j in 1:5) {
    if (i == top_5_indices[j]){
      top_5_nodes <- append(top_5_nodes, vertex_attr(myIgraph, 'vertex.names', index=i))
    }
  }
}

top_5_nodes

## [1] "Beer.Sheva"      "Bnei.Brak"       "Haifa"           "Jerusalem"
## [5] "Tel.Aviv.Jaffa"
```

2. מהו מספר ההחלפות הממוצע על מנת להגיע מעיר מוצא לעיר יעד?

על מנת לחשב את מספר ההחלפות הממוצע יש לחשב את ממוצע המרחקים הגאודזים. המרחק הגאודזי בין כל שני ערים הוא אורך המסלול הקצר ביותר המחבר ביניהם. ממוצע הגאודזים הוא אורך המסלול הקצר בין שני ערים. על כן, מספר ההחלפות הממוצע הוא מספר הגאודזים הממוצע פחות 1, כלומר $4.566 - 1 = 3.566$.

```
# geodesic distribution
distances <- distances(myIgraph, mode = "in")
vec <- as.vector(distances)

distances_vec <- c()
```

פלג אליהו

```
for (x in 1:length(vec)) {  
  if (vec[x] != Inf){  
    distances_vec<-append(distances_vec, vec[x])  
  }  
}  
  
mean_geodesic<-mean(distances_vec)  
mean_geodesic  
## [1] 4.5666
```

3. האם קיים קשר בין מספר דרגת הצמתים למשקל הקשתות בהן (האם ערים שניתן להגיע מהם למספר רב של יישובים, בהכרח גם מציעות מספר קווים רב עבור ההגעה ליישובים)?

על מנת לבחון זאת, יש לחשב קורלציה בין כמות היישובים אליהם ניתן להגיע מהעיר לבין כמות קווי התחבורה הציבורית היוצאים ממנה. כמות היישובים אשר ניתן להגיע אליהם מעיר מסויימת זוהי הדרגה היוצאת של העיר, ומספר קווי התחבורה הציבורית היוצאים מעיר מסויימת היא סכום המשקלים של הקשתות היוצאות מאותה העיר (משקל של קשת = כמות קווי התחבורה הציבורית בין עיר המוצא לעיר היעד בקשת). ניתן לראות כי קורלציה זו גבוהה ועומדת על 0.92, כלומר קיים קשר חיובי חזק בין מספר הערים אשר ניתן להגיע אליהן מעיר מסוימת, לבין מספר קווי התחבורה היוצאים ממנה.

```
# correlation  
outWeight <- rowSums(net)  
degree <- degree(myIgraph, mode="out")  
correlation <- cor(degree, outWeight)  
correlation  
  
## [1] 0.9206546  
  
plot(degree, outWeight)
```

פלטג אליהו

