



# Analiza omrežij

## 3. Omrežja vsepovsod

Vladimir Batagelj

Magistrski program Uporabna statistika  
Ljubljana, april 2024



# Kazalo

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

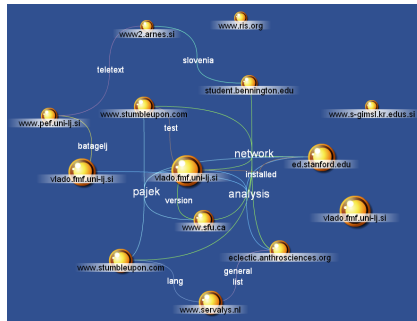
Slučajna  
omrežja

Viri

- 1 Kako do omrežja?
- 2 Rodovniki
- 3 Molekule
- 4 GraphML
- 5 Analiza besedil
- 6 Odnosi med državami
- 7 Dvovrstna omrežja
- 8 Multivariatna omrežja
- 9 Internet
- 10 Slučajna omrežja
- 11 Viri

prof. Vladimir Batagelj: [vladimir.batagelj@fmf.uni-lj.si](mailto:vladimir.batagelj@fmf.uni-lj.si)  
[prosojnice](#) (PDF)

22. april 2024 ob 01:15 / marec 2013





# Kako do omrežja?

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri

Pri zbiranju podatkov o omrežju  $\mathcal{N} = (\mathcal{V}, \mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{W})$  se moramo odločiti, kaj je množica enot (vozlišč) – *meje omrežja*, kdaj sta vozlišči povezani – *polnost omrežja* in katere lastnosti vozlišč/povezav bomo upoštevali.

Ta vprašanja so še posebej pereča pri merjenju družbenih omrežij (vprašalniki, pogovori, opazovanja, arhivski zapiski, poskusi, ...). Nekateri 'enote' nočeje sodelovati. Nekateri postopki merjenja, na primer, omejujejo število sosedov ... Naslednja velika ovira pri izgradnji teh omrežij je spoštovanje zasebnosti. Pri tem si pri velikih množicah enot ne moremo privoščiti polnega opisa. Omrežje izmerimo samo za izbrane enote (in njihove sosedo). Tako dobljena omrežja imenujemo *osebna omrežja*. O merjenju družbenih omrežij si lahko preberete v knjigi V. Hlebec in T. Kogovšek (2006).

V zadnjih 20 letih vsebolj pridobivamo omrežja iz podatkovij, ki so že dostopna na računalniku ((spletne) podatkovne baze, dnevniki uporabe, družabna omrežja, ...).



# Cela in osebna omrežja

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

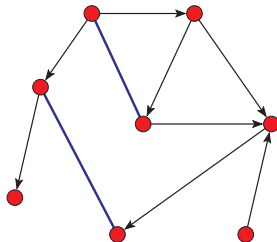
Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

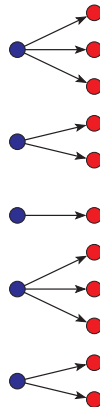
Slučajna omrežja

Viri



celo omrežje

## Egos Alters



osebna omrežja



# Uporaba že zbranih omrežij

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri

Pajek omogoča branje več drugih oblik opisa omrežij: UCINETove datoteke DL, grafi projekta Vega, kemični opisi molekul MDLMOL, MAC in BS ter rodovniki v obliki GEDCOM.

[Davis.DAT](#), [C84N24.VGR](#), MDL, [1CRN.BS](#), [DNA.BS](#), [ADF073.MAC](#), [Bouchard.GED](#).

Večkrat pa je potrebno dani opis omrežja le nekoliko popraviti (dodati določila `*vertices`, `*arcs`,...; zamenjati vozlišče 0 s pozitivnim številom) v znakovnem urejevalniku in ga tako predelati v zahtevano obliko.

Za nekoliko zahtevnejše predelave pogledjte Jürgen Pfeffer: [txt2pajek](#).



# Krebsova Internetska podjetja

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

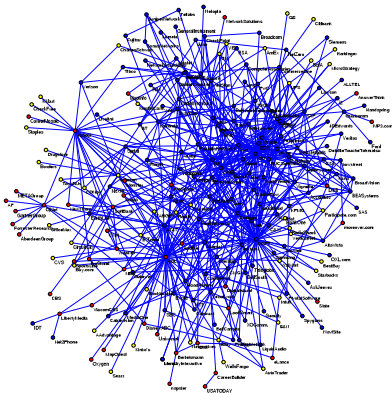
Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri



Omrežje sestavljajo izbrana Internetna podjetja v obdobju 1998 do 2001.

$n = 219$ ,  $m = 631$ .

rdeča – vsebina,  
modra – podpora,  
rumena – trgovina.

Podjetji sta povezani, če sta objavili skupni posel ali sodelovanje.

Spletni naslov: <http://www.orgnet.com/netindustry.html>. *Recode*, *InfoRapid*.



# Rodovniki

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

Za opis rodovnikov se najpogostejše uporablja oblika zapisa GEDCOM (*GEDCOM standard 5.5*).

Veliko rodovnikov (datoteke \*.GED) najdemo na spletu – na primer *Roper's GEDCOMs*, *Genealogy Forum GEDCOMs*, *KinSource* ali *Isle-of-Man GEDCOMs*. *Family.GED*.

Za pripravo in vzdrževanje rodovnikov je na voljo več programov: prosti *GIM* in tržni *Brothers Keeper* (obstaja tudi slovenska različica – *SRD*).

Iz rodovnikov zbranih v doktoratu: Mahnken, Irmgard. 1960.

Dubrovački patricijat u XIV veku. Beograd, Naučno delo. je bilo ustvarjeno podatkovje *Ragusa*.



# GEDCOM

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

**GEDCOM** je dogovor o zapisu rodoslovnih podatkov, ki se uporablja za izmenjavo in združevanje podatkov iz različnih programov uporabljenih za pripravo podatkov.

```
0 HEAD
1 FILE ROYALS.GED
...
0 @I58@ INDI
1 NAME Charles Philip Arthur/Windsor/
1 TITL Prince
1 SEX M
1 BIRT
2 DATE 14 NOV 1948
2 PLAC Buckingham Palace, London
1 CHR
2 DATE 15 DEC 1948
2 PLAC Buckingham Palace, Music Room
1 FAMS @F16@
1 FAMC @F14@
...
0 @I65@ INDI
1 NAME Diana Frances /Spencer/
1 TITL Lady
1 SEX F
1 BIRT
2 DATE 1 JUL 1961
2 PLAC Park House, Sandringham
1 CHR
2 PLAC Sandringham, Church
1 FAMS @F16@
1 FAMC @F78@
...
...
```

```
0 @I115@ INDI
1 NAME William Arthur Philip/Windsor/
1 TITL Prince
1 SEX M
1 BIRT
2 DATE 21 JUN 1982
2 PLAC St.Mary's Hospital, Paddington
1 CHR
2 DATE 4 AUG 1982
2 PLAC Music Room, Buckingham Palace
1 FAMC @F16@
...
0 @I116@ INDI
1 NAME Henry Charles Albert/Windsor/
1 TITL Prince
1 SEX M
1 BIRT
2 DATE 15 SEP 1984
2 PLAC St.Mary's Hosp., Paddington
1 FAMC @F16@
...
0 @F16@ FAM
1 HUSB @I58@
1 WIFE @I65@
1 CHIL @I115@
1 CHIL @I116@
1 DIV N
1 MARR
2 DATE 29 JUL 1981
2 PLAC St.Paul's Cathedral, London
```





# Omrežne predstavitev rodovnikov

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

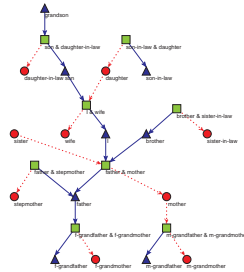
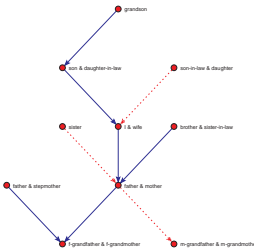
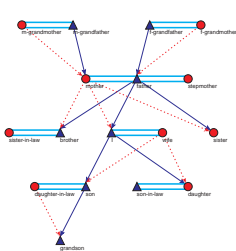
Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

Običajna predstavitev rodovnika z grafom, **Orejev** graf, ima za vozlišča posameznike in združuje dve relaciji: **sta poročena** (modro-bela neusmerjena) in **ima otroka** (usmerjena), razbita na **je oče od** (modra) in **je mati od** (črtkana rdeča). V **parnem grafu** so vozlišča poročeni pari ali neporočeni posamezniki, in relaciji **je sin** (polna modra) in **je hči** (črtkana rdeča). Več o parnih grafih **D. White**.



Orejev graf, parni graf in dvodelni parni graf



# Omrežja molekul

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

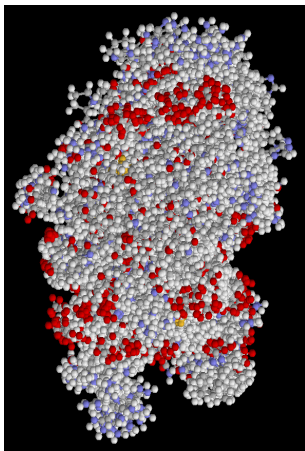
Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri



virus 1GDY:  $n = 39865$ ,  $m = 40358$

V zbirki **Brookhaven Protein Data Bank** lahko najdemo veliko velikih organskih molekul (npr. Simian / 1AZ5.pdb) opisanih v obliki PDB.

Molekulo si lahko ogledamo s programom Rasmol (*RasMol*, *program*, *RasWin*) ali *Protein Explorer*.

Molekulo v obliki PDB lahko predelamo v obliko BS, ki jo pozna Pajek, s programom *BabelWin* + *Babel16*.

Koristno bi bilo imeti podoben program za splošna omrežja.



# GraphML

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

**GraphML** – zapis omrežja v obliki XML.

L'Institut de Linguistique et Phonétique Générales et Appliquées  
(ILPGA), Paris III; Traitement Automatique du Langage (TAL):

**BaO4 : Des Textes Aux Graphes Plurital**

**LibXML, xsltproc download, XSLT, Xalan, Python, Sxslt.**

```
xsltproc GraphML2Pajek.xsl graph.xml > graph.net  
java -jar saxon8.jar graph.xml GraphML2Pajek.xsl > graph.net  
java org.apache.xalan.xslt.Process -IN p.xml -XSL m.xsl -OUT p.tx
```

**XSLT/Zvon**

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- Title: 1. D:\vlado\docs\Books\SKRIPTA\Nets\nets\graph.net (12) -->
<!-- Creator: Pajek: http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/ -->
<!-- CreationDate: 11-03-2006, 17:25:13 -->
<graphml>
  <key id="a1" for="node" attr.name="Label" attr.type="string">
    <desc>Label of the node</desc> <default>NoLabel</default>
  </key>
  <key id="b1" for="edge" attr.name="Weight" attr.type="double">
    <desc>Weight (value) of the edge</desc> <default>1</default>
  </key>
  <graph id="G" edgedefault="directed" parse.nodes="12" parse.edges="23">
    <node id="v1"><data key="a1">a</data></node>
    <node id="v2"><data key="a1">b</data></node>
    <node id="v3"><data key="a1">c</data></node>
    <node id="v4"><data key="a1">d</data></node>
    <node id="v5"><data key="a1">e</data></node>
    <node id="v6"><data key="a1">f</data></node>
    <node id="v7"><data key="a1">g</data></node>
    <node id="v8"><data key="a1">h</data></node>
    <node id="v9"><data key="a1">i</data></node>
    <node id="v10"><data key="a1">j</data></node>
    <node id="v11"><data key="a1">k</data></node>
    <node id="v12"><data key="a1">l</data></node>
    <edge source="v1" target="v2"/> <edge source="v2" target="v1"/>
    <edge source="v1" target="v4"/> <edge source="v1" target="v6"/>
    <edge source="v2" target="v6"/> <edge source="v3" target="v2"/>
    <edge source="v3" target="v3"/> <edge source="v3" target="v7"/>
    <edge source="v3" target="v7"/> <edge source="v5" target="v3"/>
    <edge source="v5" target="v6"/> <edge source="v5" target="v8"/>
    <edge source="v6" target="v11"/> <edge source="v8" target="v4"/>
    <edge source="v10" target="v8"/> <edge source="v12" target="v5"/>
    <edge source="v12" target="v7"/> <edge source="v8" target="v12"/>
    <edge source="v12" target="v8"/>
    <edge directed="false" source="v2" target="v5"/>
    <edge directed="false" source="v3" target="v4"/>
    <edge directed="false" source="v5" target="v7"/>
    <edge directed="false" source="v6" target="v8"/>
  </graph>
</graphml>

```

```

*Vertices 12
1 "a"
2 "b"
3 "c"
4 "d"
5 "e"
6 "f"
7 "g"
8 "h"
9 "i"
10 "j"
11 "k"
12 "l"
*Edges
2 5
3 4
5 7
6 8
*Arcs
1 2
2 1
1 4
1 6
2 6
3 2
3 3
3 7
3 7
5 3
5 6
5 8
6 11
8 4
10 8
12 5
12 7
8 12
12 8

```

```

<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<xsl:stylesheet version="1.0" xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform">
  <xsl:output method="text" encoding="iso-8859-1"/>
  <xsl:template match="/">
    <xsl:text>*Vertices </xsl:text>
    <xsl:value-of select="count(graphml/graph/node)"/>
    <xsl:text>&#10;</xsl:text>
    <xsl:apply-templates select="graphml/graph/node"/>
    <xsl:text>*Edges&#10;</xsl:text>
    <xsl:apply-templates select="graphml/graph/edge" mode="edge"/>
    <xsl:text>*Arcs&#10;</xsl:text>
    <xsl:apply-templates select="graphml/graph/edge" mode="arc"/>
  </xsl:template>

  <xsl:template match="edge" mode="arc">
    <xsl:if test="not(./@directed='false')">
      <xsl:value-of select="substring(./@source,2)"/>
      <xsl:text> </xsl:text>
      <xsl:value-of select="substring(./@target,2)"/>
      <xsl:text> </xsl:text>
      <xsl:value-of select="./data"/>
      <xsl:text>&#10;</xsl:text>
    </xsl:if>
  </xsl:template>

  <xsl:template match="edge" mode="edge">
    <xsl:if test="./@directed='false'">
      <xsl:value-of select="substring(./@source,2)"/>
      <xsl:text> </xsl:text>
      <xsl:value-of select="substring(./@target,2)"/>
      <xsl:text> </xsl:text>
      <xsl:value-of select="./data"/>
      <xsl:text>&#10;</xsl:text>
    </xsl:if>
  </xsl:template>

  <xsl:template match="node">
    <xsl:value-of select="substring(./@id,2)"/>
    <xsl:text> </xsl:text>
    <xsl:value-of select="./data"/>
    <xsl:text>&#10;</xsl:text>
  </xsl:template>
</xsl:stylesheet>

```



# Pristopi k računalniško podprti analizi besedil

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

R. Popping: **Computer-Assisted Text Analysis** (2000) razlikuje tri glavne pristope k RPAB: *tematska* AB, *pomenska* AB, in *omrežna* AB.

*Pojmi* (besede, besedne zveze, izrazi, ...) upoštevani pri AB so zbrani v *slovarju*. Ta je lahko določen vnaprej ali pa se gradi sproti. Osnovni vprašanji pri tem sta *enakovrednost zapisov* – različni zapisi, ki predstavljajo isti pojem; in *dvoumnost zapisov* – isti zapis lahko predstavlja več pojmov. Poskusi rešitve: za imena: **ResearcherID**, **ORCID**, **AMS**; za besede: krnjenje (stemming) in geslenje (lemmatization).

Zato je *kodiranje* – pretvorba surovih podatkov v formalni *opis*, pogosto opravljeno pretežno ročno ali vsaj pod nadzorom uporabnika. Kot *enote* AB ponavadi vzamemo stavke, odstavke, novice, sporočila, ...

Dosedaj sta tematska in pomenska AB temeljili predvsem na statistični analizi kodiranih podatkov.



## ... pristopi k RPAB

### Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri

Pri tematski AB so enote besedila kodirane s pravokotno matriko  $Enote \times Pojmi$ : pojem  $p$  se pojavlja v enoti  $e$  – dvovrstno omrežje. Primeri: M.M. Miller: **VBPro**, H. Klein: **Text Analysis/ TextQuest**. Pri pomenski AB so enote (največkrat enostavni stavki) kodirane po shemi o-P-p (*osebek-Povedek-predmet*) ali njenih izpeljankah.



Primeri: **Roberto Franzosi**; **KEDS**, **Tabari**.

To kodiranje določa večrelacijsko omrežje na množici vozlišč  $Osebki \cup Predmeti$  s povezavami iz relacij *Povedki*.

Glejte tudi **RDF** v **pomenskem spletu** (semantic web), **SPARQL**.



# Omrežna RPAB

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

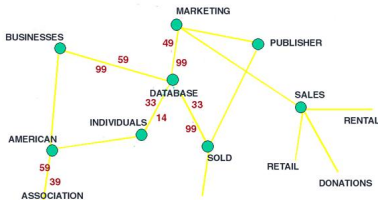
Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri



TextAnalyst's 'semantic network'

Tako smo že v omrežni AB.

Primeri:

Carley: **Cognitive maps**,

J.A. de Ridder: **CETA**,

Megaputer: **TextAnalyst**.

Glejte še: W. Evans: **Computer Environments for Content Analysis**,  
K.A. Neuendorf: **The Content Analysis Guidebook / Online** and H.D.  
White: **Publications**.

Obstajajo tudi drugi načini, kako ustvariti omrežja iz besedil.





## Analiza omrežij

V. Batagelj

## Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

## Analiza besedil

## Odnosi med državami

## Dvovrstna omrežja

## Multivariatna omrežja

Internet

## Slučajna omrežja

Viri

**book**

A collection of [leaves](#) of [paper](#), [parchment](#), [vellum](#), cloth, or other material (written, [printed](#), or [blank](#)) fastened together along one edge, with or without a protective [case](#) or [cover](#). Also refers to a literary [work](#) or one of its [volumes](#). Compare with [monograph](#).

To qualify for the special parcel post rate known in the United States as [media rate](#), a [publication](#) must consist of 24 or more [pages](#), at least 22 of which bear [printing](#) consisting primarily of reading material or scholarly [bibliography](#), with advertising limited to [book announcements](#). UNESCO defines a book as a non[periodical](#) literary publication consisting of 49 or more pages, covers excluded. The [ANSI standard](#) includes publications of less than 49 pages which have [hard covers](#). *See also:* [art book](#), [board book](#), [children's book](#), [coffee table book](#), [gift book](#), [licensed book](#), [managed book](#), [new book](#), [packaged book](#), [picture book](#), [premium book](#), [professional book](#), [promotional book](#), [rare book](#), [reference book](#), [religious book](#), and [reprint book](#).

Also, a major division of a longer [work](#) (usually of [fiction](#)) which is further subdivided into [chapters](#). Usually [numbered](#), such a division may or may not have its own [title](#). Also refers to one of the divisions of the Christian *Bible*, the first being *Genesis*.

## opis pojma **book** v ODLIS

The Edinburgh Associative Thesaurus (*EAT*) / *net* je bil zbran s spraševanjem (študentov).

NASA Thesaurus. *Paper.*

V *slovarskem omrežju* so vzlišča v slovarju opisani pojmi; iz pojma  $u$  vodi povezava do pojma  $v$  ntk. pojem  $v$  nastopa v opisu pojma  $u$ .

Online Dictionary of Library and Information Science *ODLIS*, *Odlis.net* (2909 / 18419).

Free On-line Dictionary of Computing *FOLDOC*, *Foldoc2b.net* (133356 / 120238).

Artlex, Wordnet, ConceptNet, OpenCyc.



# AB – Omrežja sklicevanj

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri



V *omrežju sklicevanj* so vozlišča razna dela (članki, knjige, poročila, ...) iz izbranega področja; deli sta povezani z usmerjeno povezavo, če se prvo sklicuje na drugo. Omrežja sklicevanj so (skoraj) aciklična.

E. Garfield: *HistCite* / *Pajek*, *papers*.

Primer zelo velikega omrežja sklicevanj je *US Patents* / *Nber*,  
 $n = 3774768$ ,  $m = 16522438$ .  
*extended data*



# AB – Omrežja sodelovanj

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri



V omrežjih sodelovanj so enote osebe ali ustanove. Enoti sta povezani, če sta sodelovali pri skupnem delu. Utež povezave je število skupnih del.

Najbolj poznano omrežje sodelovanja je *The Erdős Number Project*, *Erdos.net*. Določitev *Erdősevega* števila.

Bogat vir podatkov za izgradnjo omrežij sodelovanj so bibliografije v BibTeXu *Nelson H. F. Beebe's Bibliographies Page* – primer B. Jones-ova bibliografija računalniške geometrije *Computational geometry database* (2002), *FTP*, *Geom.net*. Pri pripravi omrežja sodelovanj iz izvornih podatkov si lahko pomagamo z ustreznimi programi. Nato pa sledi mukotrpno čiščenje - ugotavljanje enot.

Glejte tudi: *The Internet Movie Database*; *Trier DBLP*: Digital Bibliography & Library Project; *1124. sredin seminar*. Omrežja sklicevanj in sodelovanj je mogoče dobiti iz *Web of Science* z *WoS2Pajek*. Glejte še *Bibexcel*.



# Odnosi med državami

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

*Paul Hensel's International Relations Data Site,*  
*International Conflict and Cooperation Data,*  
*Correlates of War,*  
Kansas Event Data System *KEDS*,  
*KEDSi na Pajkovih datotekah,*  
*Prekodirni programi v R-ju.*



# Pretvorba podatkov KEDS/WEIS v Pajekovo obliko

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Služajna  
omrežja

Viri

% Recoded by WEISmonths, Sun Nov 28 21:57:00 2004

% from http://www.ku.edu/~keds/data.dir/balk.html

\*vertices 325

1 "AFG" [1-\*]

2 "AFR" [1-\*]

3 "ALB" [1-\*]

4 "ALBMED" [1-\*]

5 "ALG" [1-\*]

318 "YUGGOV" [1-\*]

319 "YUGMAC" [1-\*]

320 "YUGMED" [1-\*]

321 "YUGMTN" [1-\*]

322 "YUGSER" [1-\*]

323 "ZAI" [1-\*]

324 "ZAM" [1-\*]

325 "ZIM" [1-\*]

\*arcs :0 "\*\*\* ABANDONED"

\*arcs :10 "YIELD"

\*arcs :11 "SURRENDER"

\*arcs :12 "RETREAT"

...

\*arcs :223 "MIL ENGAGEMENT"

\*arcs :224 "RIOT"

\*arcs :225 "ASSASSINATE TORTURE"

\*arcs

224: 314 153 1 [4]

212: 314 83 1 [4]

224: 3 83 1 [4]

123: 83 153 1 [4]

...

42: 105 63 1 [175]

212: 295 35 1 [175]

43: 306 87 1 [175]

13: 295 35 1 [175]

121: 295 22 1 [175]

122: 246 295 1 [175]

121: 35 295 1 [175]

890402 YUG KSV 224 (RIOT) RIOT-TORN

890404 YUG ETHALB 212 (ARREST PERSON) ALB ETHNIC JAILED

890407 ALB ETHALB 224 (RIOT) RIOTS

890408 ETHALB KSV 123 (INVESTIGATE) PROBING

030731 GER CYP 042 (ENDORSE) GAVE SUPPORT

030731 UNWCT BOSSER 212 (ARREST PERSON) SENTENCED TO PRIS

030731 VAT EUR 043 (RALLY) RALLIED

030731 UNWCT BOSSER 013 (RETRACT) CLEARED

030731 UNWCT BAL 121 (CRITICIZE) CHARGES

030731 SER UNWCT 122 (DENIGRATE) TESTIFIED

030731 BOSSER UNWCT 121 (CRITICIZE) ACCUSED



# ... Program v R-ju

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

Za pretvorbo podatkov KEDS/WEIS smo uporabili kratke programe v R-ju, kot je naslednji:

```
# WEISmonths
# recoding of WEIS files into Pajek's multirelational temporal files
# granularity is 1 month
# -----
# Vladimir Batagelj, 28. November 2004
# -----
# Usage:
#   WEISmonths(WEIS_file,Pajek_file)
# Examples:
#   WEISmonths('Balkan.dat','BalkanMonths.net')
# -----
# http://www.ku.edu/~keds/data.html
# -----
```

```
WEISmonths <- function(fdat,fnet){
  get.codes <- function(line){
    nlin <- nlin + 1;
    z <- unlist(strsplit(line,"\t")); z <- z[z != ""]
    if (length(z)>4) {
      t <- as.numeric(z[1]); if (t < 500000) t <- t + 1000000
      if (t<t0) t0 <- t; u <- z[2]; v <- z[3]; r <- z[4]
      if (is.na(as.numeric(r))) cat(nlin,'NA rel-code',r,'\n')
      h <- z[5]; h <- substr(h,2,nchar(h)-1)
      if (nchar(h) == 0) h <- '*** missing description'
      if (!exists(u,env=act,inherits=FALSE)){
        nver <- nver + 1; assign(u,nver,env=act) }
      if (!exists(v,env=act,inherits=FALSE)){
        nver <- nver + 1; assign(v,nver,env=act) }
      if (!exists(r,env=rel,inherits=FALSE)) assign(r,h,env=rel)
    }
  }
}
```

```

recode <- function(line){
  nlin <- nlin + 1;
  z <- unlist(strsplit(line,"\t")); z <- z[z != ""]
  if (length(z)>4) {
    t <- as.numeric(z[1]); if (t < 500000) t <- t + 1000000
    cat(as.numeric(z[4]),': ',get(z[2],env=act,inherits=FALSE),
      ' ',get(z[3],env=act,inherits=FALSE),' 1 [' ,
      12*(1900 + t %/% 10000) + (t %/% 10000) %/% 100 - t0,
      ']\n',sep='',file=net)
  }
}

cat('WEISmonths: WEIS -> Pajek\n')
ts <- strsplit(as.character(Sys.time())," ")[[1]][2]
act <- new.env(TRUE,NULL); rel <- new.env(TRUE,NULL)
dat <- file(fdat,"r"); net <- file(fnet,"w")
lst <- file('WEIS.lst',"w"); dni <- 0
nver <- 0; nlin <- 0; t0 <- 9999999
lines <- readLines(dat); close(dat)
supply(lines,get.codes)
a <- sort(ls(envir=act)); n <- length(a)
cat(paste('% Recoded by WEISmonths,',date()),"\n",file=net)
cat("% from http://www.ku.edu/~keds/data.html\n",file=net)
cat("*vertices",n,"\n",file=net)
for(i in 1:n){ assign(a[i],i,env=act);
  cat(i,' ',a[i],'" [1-*]\n',sep='',file=net) }
b <- sort(ls(envir=rel)); m <- length(b)
for(i in 1:m){ assign(a[i],i,env=act);
  cat("*arcs :",as.numeric(b[i]),' ',
  get(b[i],env=rel,inherits=FALSE),'"\n',sep='',file=net) }
t0 <- 12*(1900 + t0 %/% 10000)
slice <- 0
cat("*arcs\n",file=net); nlin <- 0
supply(lines,recode)
cat(' ',nlin,'lines processed\n'); close(net)
te <- strsplit(as.character(Sys.time())," ")[[1]][2]
cat(' start:',ts,' finish:',te,'\n')
}

```

WEISmonths('Balkan.dat','BalkanMonthsR.net')

**Opomba:** Slovarjem (dictionary) se v R-ju reče *environment*.



# Dvovrstna omrežja iz podatkovnih baz

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

Enostavno *podatkovno bazo*  $\mathcal{B}$  sestavlja množica *zapisov*

$\mathcal{B} = \{R_k : k \in \mathcal{K}\}$ , kjer je  $\mathcal{K}$  množica *ključev*. Posamezni zapis ima obliko  $R_k = (k, q_1(k), q_2(k), \dots, q_r(k))$  kjer je  $q_i(k)$  opis/vrednost *lastnosti*  $\mathbf{q}_i$  za enoto določeno s ključem  $k$ .

Naj opis  $q(k)$  zavzema vrednosti v končni množici  $\mathcal{Q}$ . Tak opis lahko vselej zagotovimo z diskretizacijo množice  $\mathcal{Q}$ . Potem lahko za izbrano lastnost  $\mathbf{q}$  ustvarimo pripadajoče *dvovrstno omrežje*  $\mathcal{K} \times \mathbf{q} = (\mathcal{K}, \mathcal{Q}, \mathcal{L}, w)$ , kjer je  $(k, v) \in \mathcal{L}$  ntk  $v \in q(k)$ .  $w(k, v)$  je *utež* na povezavi  $(k, v)$ ; če ni drugače določeno, postavimo  $w(k, v) = 1$ .

Lastnosti z eno samo vrednostjo lahko varčneje predstavimo z razbitjem.

Primeri:

(članki, avtorji, je bil soustvarjen od),

(članki, ključne besede, je opisan z),

(poslanci, zakoni, je glasoval za),

(ljudje, časopisi, bere),

(ljudje, združenja, je član, število let članstva),

(kupci, dobrine, je kupil, vrednost), itd.





# Zapis z Web of Science

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

PT J  
AU Dipple, H  
Evans, B  
TI The Leicestershire Huntingdon's disease support group: a social network  
analysis  
SO HEALTH & SOCIAL CARE IN THE COMMUNITY  
LA English  
DT Article  
C1 Rehabil Serv, Troon Way Business Ctr, Leicester LE4 9HA, Leics, England.  
RP Dipple, H, Rehabil Serv, Troon Way Business Ctr, Sandringham  
Suite, Humberstone Lane, Leicester LE4 9HA, Leics, England.  
CR BORGATTI SP, 1992, UCINET 4 VERSION 1 0  
FOLSTEIN S, 1989, HUNTINGTONS DIS DISO  
SCOTT J, 1991, SOCIAL NETWORK ANAL  
NR 3  
TC 3  
PU BLACKWELL SCIENCE LTD  
PI OXFORD  
PA P O BOX 88, OSNEY MEAD, OXFORD OX2 ONE, OXON, ENGLAND  
SN 0966-0410  
J9 HEALTH SOC CARE COMMUNITY  
JI Health Soc. Care Community  
PD JUL  
PY 1998  
VL 6  
IS 4  
BP 286  
EP 289  
PG 4  
SC Public, Environmental & Occupational Health; Social Work  
GA 105UP  
UT ISI:000075092200008  
ER



# Program WoS2Pajek

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri

Za pretvorbo datotek z WoS v nabor Pajkovih omrežij je bil v Pythonu napisan program **WoS2Pajek**, ki ustvari naslednje datoteke:

- omrežje sklicevanj: dela  $\times$  dela;
- omrežje avtorstev (dvovrstno): dela  $\times$  avtorji; za dela brez polnih opisov je znan le prvi avtor;
- omrežje ključnih besed (dvovrstno): dela  $\times$  ključne besede; samo za dela s polnimi opisi;
- omrežje revij (dvovrstno): dela  $\times$  revije – polje J9;
- razbitje del glede na leto objave;
- razbitje del – polni opis (1) / samo ime ISI (0);
- vektor s številom strani za posamezno delo – PG ali EP – BP +1.

Podoben paket je pripravil tudi **Loet Leydesdorff**.



# Omrežja sosednjih vozlišč

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

Recimo, da imamo na množici enot  $\mathcal{U}$  dano mero različnosti  $d(u, v)$ . Glede na  $d$  lahko vpeljemo dve vrsti omrežij:

***k-najbližjih sosedov:***  $\mathcal{N}(k) = (\mathcal{U}, \mathcal{A}, d)$

$$(u, v) \in \mathcal{A} \Leftrightarrow v \text{ je med } k \text{ najbližjimi sosedi vozlišča } u$$

Za utež povezave  $a(u, v) \in \mathcal{A}$  postavimo  $w(a) = d(u, v)$ .

***Omrežje r-okolic:***  $\mathcal{N}(r) = (\mathcal{U}, \mathcal{E}, d)$

$$(u : v) \in \mathcal{E} \Leftrightarrow d(u, v) \leq r$$

Za utež povezave  $e(u : v) \in \mathcal{E}$  postavimo  $w(e) = d(u, v)$ .

Ta omrežja so povezava z običajno analizo podatkov. Še vedno odprto vprašanje: učinkoviti postopki za določanje teh omrežij.

***Multivariatne pajčevine*** – določitev omrežij sosedov v R-ju.



# Najbližjih $k$ sosedov v R-ju

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

```
k.neighbor2Net <-  
# stores network of first k neighbors for  
# dissimilarity matrix d to file fnet in Pajek format.  
function(fnet,d,k){  
  net <- file(fnet,"w")  
  n <- nrow(d); rn <- rownames(d)  
  cat("*vertices",n,"\n",file=net)  
  for (i in 1:n) cat(i," \"",rn[i],"\"\\n",sep="",file=net)  
  cat("*arcs\\n",file=net)  
  for (i in 1:n) for (j in order(d[i,])[1:k+1]) {  
    cat(i,j,d[i,j],"\\n",file=net)  
  }  
  close(net)  
}  
stand <-  
# standardizes vector x .  
function(x){  
  s <- sd(x)  
  if (s > 0) (x - mean(x))/s else x - x  
}  
data(iris)  
ir <- cbind(stand(iris[,1]),stand(iris[,2]),stand(iris[,3]),  
  stand(iris[,4]))  
k.neighbor2Net("iris5.net",as.matrix(dist(ir)),5)
```



# Hitri postopek za najbližjih $k$ sosedov v R-ju

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

David M. Mount je ustvaril Approximate Nearest Neighbor Library (<http://www.cs.umd.edu/~mount/ANN>), ki vsebuje hitre algoritme za (približno) določitev najbližjih sosedov. V R-ju so ti algoritmi dostopni s funkcijo `ann` v knjižnici `yaImpute`.

```
k.neighbor2NetF <-  
# stores network of first k neighbors for data matrix d to file fnet  
# in Pajek format.  
# Example:  
# data(iris); stand <- function(x){(x-mean(x))/sd(x)}  
# ir <- cbind(stand(iris[,1]),stand(iris[,2]),stand(iris[,3]),  
# stand(iris[,4]))  
# k.neighbor2NetF("iris5Y.net",ir,5)  
# V. Batagelj, 8.8.2009 yaImpute / 9.9.2008 knnFinder  
function(fnet,d,k){  
  library(yaImpute)  
  NN <- ann(ir,target=ir,k=k+1)  
  net <- file(fnet,"w")  
  n <- nrow(d)  
  rn <- if (is.null(rownames(d))) paste("U-",1:n,sep="") else rownames(d)  
  cat("vertices",n,"\n",file=net)  
  for (i in 1:n) cat(i,"\\",rn[i],"\\n",sep="",file=net)  
  cat("arcs\\n",file=net)  
  for (i in 1:n) for (j in 1:k)  
    cat(i,NN$knnIndexDist[i,j+1],NN$knnIndexDist[i,j+k+2],"\\n",file=net)  
  close(net)  
}
```



# Fisherjeve perunike z dodatnimi podatki

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

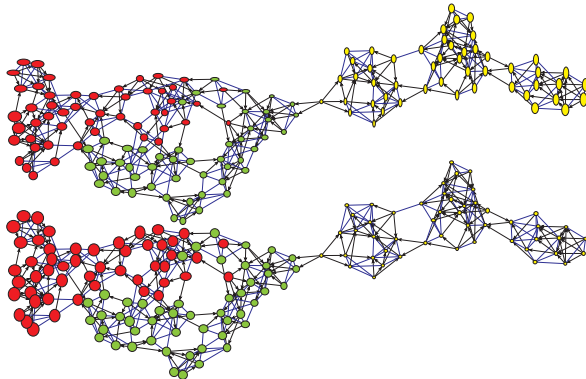
Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri



Draw/Network+First Partition+First Vector+Second Vector

Velikost vozlišč je sorazmerna normaliziranima (Sepal.Length, Sepal.Width) oziroma (Petal.Length, Petal.Width). Barva vozlišč je določena z razbitjem iz podatkov. *Podatki*.



# $r$ -sosedi v R-ju

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri

```
r.neighbor2Net <-  
# stores network of r-neighbors (d(v,u) <= r) for  
# dissimilarity matrix d to file fnet in Pajek format.  
function(fnet,d,r){  
  net <- file(fnet,"w")  
  n <- nrow(d); rn <- rownames(d)  
  cat("*vertices",n,"\n",file=net)  
  for (i in 1:n) cat(i," \"",rn[i]," \"\n",sep="",file=net)  
  cat("*edges\n",file=net)  
  for (i in 1:n){  
    s <- order(d[i,]); j <- 1  
    while (d[i,s[j]] <= r) {  
      k <- s[j]; if (i < k) cat(i,k,d[i,k],"\n",file=net)  
      j <- j+1  
    }  
  }  
  close(net)  
}
```



# Transformacije

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri

*Besedni graf* – vozlišča so besede; besedi sta povezani, če lahko eno dobimo iz druge s spremembo ene črke. *DIC28, Članek*.

*Omrežja iz besedil* – besedi sta povezani, če se v besedilu pojavita dovolj blizu skupaj. Utež povezave je število takih ponovitev. Primer *CRA*.

*Grafi iger* – vozlišča so stanja v igri, povezave pa dovoljeni prehodi med njimi. *Omrežja in zabavna matematika*.

Z zbiranjem podatkov o mobilnih telefonih ali s spremljanjem značk RFID (Radio-frequency identification) lahko ustvarjamo omrežja (so)delovanj njihovih lastnikov.





# Internetska omrežja

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri



KartOO network

Pomenski splet (URI, RDF, OWL). LOD, FreeBase, DBpedia.

*Internet Mapping Project.*  
Sosednost na spletu (Najdi.si).  
E-mail, blogi, strežniški  
dnevnik in druge storitve.  
Povezave med stranmi na  
spletu: *KartOO*, *Touch-  
Graph*.  
*Cybergeography*, *CAIDA*.  
Orodja za pridobivanje po-  
datkov s spleta: *MedlineR*,  
*SocSciBot*.



# Rabutanje

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

Za pridobivanje izbranih podatkov iz (večih) spletnih strani lahko napišemo posebne programe *web wrappers*. Ti iz posamezne strani izluščijo iskane podatke in jih shranijo – pogosto v obliki XML.

Primeri v R-ju: *Naslovi patentov*, *Knjige z Amazon*.

Ker je pisanje teh programov za običajnega uporabnika prezapleteno, je bilo razvitih več *orodij*, ki jih ustvarijo iz uporabnikovih opisov/zahtev (*članek* / *seznam* / *LAPIS*).

Med prostimi orodji sta zanimiva še XWRAP (*opis* / *stran*) in TSIMMIS (*opis* / *stran*).

Med tržnimi orodji trenutno prevladuje *lixt*.

Še nekaj naslovov *1*, *2*, *3*.

*Nutch*, *IssueCrawler*, *W4F*.

Python: *lxml*: nadgradnja etree, dostop do najboljših knjižnic; nadgradnja *Beautiful Soup*.

*Amazon web services*, *Google Data*, *Google+*, *YouTube*, *Twitter*, *Last.fm*, *MusicBrainz3*, *Flickr*, *LinkedIn*, ...



# Omrežje z Amazona

!!! zaradi sprememb zgradbe strani ne deluje več

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

```
amazon <- function(fvtx,flnk,ftit,maxver){
# ustvari omrežje knjig s spletnega Amazon
# amazon('v.txt','a.txt','t.txt',10)
# Vladimir Batagelj, 20-21. nov. 2004 / 10. nov. 2006
  opis <- function(line){
    i <- regexpr('\>',line); l <- i[1]+attr(i,"match.length")[1]
    j <- regexpr('</a>',line); r <- j[1]-1; substr(line,l,r)
  }
  vid <- new.env(hash=TRUE,parent=emptyenv())
  vtx <- file(fvtx,"w"); cat('*vertices\n', file=vtx)
  tit <- file(ftit,"w"); cat('*vertices\n', file=tit)
  lnk <- file(flnk,"w"); cat('*arcs\n',file=lnk)
  url1 <- 'http://www.amazon.com/exec/obidos/tg/detail/-/'
  url2 <- '?v=glance';
  book <- '0521840856'
  auth <- "Patrick Doreian"
  titl <- "Generalized Blockmodeling"
  narc <- 0; nver <- 1
  page <- paste(url1,book,url2,sep='')
  cat(nver, ' ', book, ' URL ',page,'\n', sep='', file=vtx)
  cat(nver, ' ', auth, ':\n',titl,'\n', sep='', file=tit)
  assign(book,nver,env=vid)
  cat('new vertex ',nver,' - ',book,'\n')
  books <- c(book)
```



# Omrežje z Amazona

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

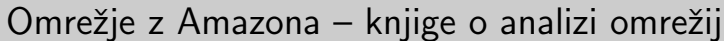
Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

```
while (length(books)>0){
  bk <- books[1]; books <- books[-1]
  vini <- get(bk,env=vid); cat(vini,'\n')
  page <- paste(url1,bk,url2,sep='')
  stran <- readLines(con<-url(page)); close(con)
  i <- grep("Customers who bought",stran,ignore.case=TRUE)[1]
  if (is.na(i)) break
  j <- grep("Explore Similar Items",stran,ignore.case=TRUE)[1]
  izrez <- stran[i:j]; izrez <- izrez[-which(izrez=="")]
  izrez <- izrez[-which(izrez==" ")]
  ik <- regexpr("/dp/",izrez); ii <- ik+attr(ik,"match.length")
  for (k in 1:length(ii)) {
    j <- ii[k];
    if (j > 0) {
      bk <- substr(izrez[k],j,j+9); cat('test',k,bk,'\n')
      if (exists(bk,env=vid,inherits=FALSE)){
        vter <- get(bk,env=vid,inherits=FALSE)
      } else {
        nver <- nver + 1; vter <- nver; line <- izrez[k]
        assign(bk,nver,env=vid)
        if (nver <= maxver) {books <- append(books,bk)}
        cat(nver,' ',bk,'" URL "',url1,bk,url2,'"\\n',sep='',file=vtx)
        cat('new vertex ',nver,' - ',bk,'\n');
        t <- opis(line); line <- izrez[k+1]
        if (substr(line,1,2)=='by') {a <- substr(line,4,100)}
        else { a <- 'UNKNOWN' }
        cat(nver,' ',a,' :\\n', t, '"\\n', sep='', file=tit)
      }
      narc <- narc + 1; cat(vini,vter,'\n', file=lnk)
    }
  }
  flush.console()
}
close(lnk); close(vtx); cat('Amazon - END\\n')
```





# Slučajna omrežja

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri

Omrežja lahko tudi sami ustvarimo z nekim slučajnim postopkom.

**Ozadja** teh postopkov bomo spoznali kasneje.

Vgrajeni so v Pajka (`Network / Create Random network`), lahko pa jih tudi sami zapišemo z razmeroma kratkimi **postopki** v R-ju.

Na voljo je tudi program **GeneoRnd** za ustvarjanje slučajnih rodovnikov.

Za ustvarjanje slučajnih omrežij, ki pripadajo posebnim razredom omrežij, lahko uporabimo slučajne induktivne razrede [?].



# Slučajni neusmerjeni Erdős-Rényijev graf

Analiza  
omrežij

V. Batagelj

Kako do  
omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med  
državami

Dvovrstna  
omrežja

Multivariatna  
omrežja

Internet

Slučajna  
omrežja

Viri

```
dice <- function(n=6){return(1+trunc(n*runif(1,0,1)))}

ErdosRenyiNet <-
# generates a random undirected graph of Erdos-Renyi type
# with n vertices and m edges, and stores it on the file
# fnet in Pajek's format.
# Example: ErdosRenyiNet('testER.net',100,175)
# -----
# by Vladimir Batagelj, R version: Ljubljana, 20. Dec 2004
# based on ALG.2 from: V. Batagelj, U. Brandes:
# Efficient generation of large random networks
function(fnet,n,m){
  net <- file(fnet,"w"); cat("*vertices",n,"\n",file=net)
  cat('% random Erdos-Renyi undirected graph G(n,m) / m = ',
      m,'\n',file=net)
  # for (i in 1:n) cat(i," \"v",i,"\"\\n",sep="",file=net)
  cat("*edges\\n",file=net); L <- new.env(TRUE,NULL)
  for (i in 1:m){
    repeat { u <- dice(n); v <- dice(n)
      if (u!=v) {
        edge <- if (u<v) paste(u,v) else paste(v,u)
        if (!exists(edge,env=L,inherits=FALSE)) break }
    }
    assign(edge,0,env=L); cat(edge,'\n',file=net)
  }
  close(net)
}
```



# Dodatni viri

## Analiza omrežij

V. Batagelj

Kako do omrežja?

Rodovniki

Molekule

GraphML

Analiza besedil

Odnosi med državami

Dvovrstna omrežja

Multivariatna omrežja

Internet

Slučajna omrežja

Viri



Batagelj V., Brandes U.: **Efficient Generation of Large Random Networks**. Physical Review E 71, 036113, 2005.



Bodlaj, J., Cerinšek, M.: Network Data File Formats. Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining. Reda Alhajj, Jon Rokne (Eds.), 2nd Ed, Springer, 2018. **PDF**



Cerinšek, M., Batagelj, V.: Sources of Network Data. Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining. Reda Alhajj, Jon Rokne (Eds.), 2nd Ed, Springer, 2018. **PDF**



V. Hlebec, T. Kogovšek: **Merjenje socialnih omrežij**. Skripta, Študentska založba, Ljubljana, 2006.



Marsden P.: **Network Data and Measurement**.



Kejžar, N., Nikoloski, Z., Batagelj, V.: **Probabilistic Inductive Classes of Graphs**. Journal of Mathematical Sociology 32: 85-109, 2008