

Bevezetés az R-be

Jeszenszky Péter

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar

jeszenszky.peter@inf.unideb.hu

Utolsó módosítás: 2019. június 11.



Mi az R?

- Szabad és nyílt forrású statisztikai és grafikai nyelv és környezet.
 - Programozási nyelv és interaktív környezet is.
- Az S programozási nyelv implementációjának tekinthető.
 - A megvalósításon a Scheme programozási nyelv hatása érezhető.

S

- Statisztikai programozási nyelv, melynek kifejlesztése elsősorban John Chambers nevéhez fűződik.
- Története az 1970-es évek közepéig nyúlik vissza.
- Több verzió létezett az idők folyamán, a legutóbbi az S Version 4 (S4), melynek leírása az alábbi könyvben („Green Book”):
 - John M. Chambers. *Programming with Data: Guide to the S Language*. Springer, 1998.
- Napjainkbeli modern implementációja az R.

S-PLUS

- Az S programozási nyelv kereskedelmi implementációja.
 - Eredetileg az Insightful Corporation terméke volt, a céget azonban 2008-ban felvásárolta a TIBCO Software.
 - A legutóbb verzió a 2010-ben megjelent Spotfire S+ 8.2.

Különbségek az R és S között (1)

- Mivel az R az S implementációjának tekinthető, az eltérés az R és az összes többi S implementáció (így a különböző S-PLUS verziók) között értendő.
- Bizonyos eltérések oka az, hogy a fejlesztők az S viselkedését esetenként nem tartották letisztultnak.
- A cél egy letisztultabb, ugyanakkor az S-sel a lehető legnagyobb mértékben kompatibilis implementáció létrehozása volt.

Különbségek az R és S között (2)

- A fő eltérés a többi S implementációtól az, hogy az R hatáskörkezelése statikus.
 - Ez a függvények szabad változóinak értelmezésével kapcsolatos.

Különbségek az R és S között (3)

- Statikus hatáskörkezelés:
 - S-ben az alábbi `pow( )` függvény meghívása hibát eredményez, hacsak nincs `n` nevű globális változó:

```
pow <- function(n) {  
  function(x) {  
    x^n # n a függvény szabad változója  
  }  
}
```

Különbségek az R és S között (4)

- Statikus hatáskörkezelés:
 - R-ben az előbbi `pow( )` függvény a várt módon használható:

```
pow <- function(n) {  
  function(x) {  
    x^n  
  }  
}
```

```
square <- pow(2) # az eredmény egy függvény!  
cube <- pow(3)   # az eredmény egy függvény!
```

```
square(3) # eredmény: 9  
cube(3)   # eredmény: 27
```

Különbségek az R és S között (5)

- A statikus hatáskörkezelés következményeként az R valamennyi objektumot a memóriában tárol.
 - Emiatt gyorsabb az S-hez képest.
 - Azonban az R egy esetleges összeomlásakor valamennyi adat elvész, ha előtte nem végeztünk explicit módon mentést.

Összehasonlítás más hasonló szoftverekkel (1)

- Egy sokrétű összehasonlítás (licenc, támogatott platformok, eszköztár):
 - *Comparison of statistical packages*
http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_statistical_packages
 - Sajnos nincs forrásmegjelölés, máshol pedig nem lelhető fel.

Összehasonlítás más hasonló szoftverekkel (2)

- Népszerűségi összehasonlítások:
 - Robert A. Muenchen. *The Popularity of Data Science Software*.
<http://r4stats.com/articles/popularity/>
 - Gregory Piatetsky. *Python eats away at R: Top Software for Analytics, Data Science, Machine Learning in 2018: Trends and Analysis*.
<https://www.kdnuggets.com/2018/05/poll-tools-analytics-data-science-machine-learning-results.html>
 - Gregory Piatetsky. *2019 KDnuggets Poll: What software you used for Analytics, Data Mining, Data Science, Machine Learning projects in the past 12 months?*
<https://www.kdnuggets.com/2019/05/new-poll-software-analytics-data-science-machine-learning.html>
 - ...

R vs Python

- Néhány hivatkozás a témában:
 - Vik Paruchuri. *Python vs R: Head to Head Data Analysis*. November 1, 2018.
<https://www.dataquest.io/blog/python-vs-r/>
 - Igor Bobriakov. *Comparison of top data science libraries for Python, R and Scala [Infographic]*. June 22, 2018.
<https://medium.com/activewizards-machine-learning-company/comparison-of-top-data-science-libraries-for-python-r-and-scala-infographic-574069949267>
 - Karlijn Willems. *Choosing R or Python for Data Analysis? An Infographic*. May 12th, 2015.
<https://www.datacamp.com/community/tutorials/r-or-python-for-data-analysis>

Elnevezés

- Az R az eredeti szerzők keresztnévének kezdőbetűje.
 - Az eredeti szerzők: Ross Ihaka és Robert Gentleman.
- Játék az S programozási nyelv nevével.
- GNU S-nek is nevezik, mivel az R hivatalosan is a GNU projekt része.

Fejlesztés

- Az eredeti fejlesztők: Ross Ihaka és Robert Gentleman (Department of Statistics, University of Auckland, Új-Zéland).
- A fejlesztést 1997 óta az *R Core Team* tartja kézben.
 - A csoport tagja John Chambers, az S programozási nyelv atyja.
- Az *R Foundation* az *R Core Team* tagjai által alapított non-profit szervezet.
 - Célja az R projekt támogatása.
 - Az R-rel kapcsolatos szerzői jogok tulajdonosa (szoftver és dokumentáció).
 - További információk: <https://www.r-project.org/foundation/>

Aktuális verzió

- A jelenleg aktuális verzió az R 3.6.0 számú (megjelenés: 2019. április 26.).
 - Változások az előző verzióhoz képest:
<https://stat.ethz.ch/pipermail/r-announce/2019/000641.html>

Jellemzők (1)

- Eszköztára számtalan klasszikus és modern statisztikai és matematikai eljárást tartalmaz.
 - Az alaprendszer részeként vagy csomagokban állnak rendelkezésre.
- Kimagasló grafikai lehetőségekkel rendelkezik.
- Jól dokumentált.

Jellemzők (2)

- Több platformon is rendelkezésre áll.
 - Bináris formában tölthető le Linux, macOS és Windows rendszerekhez.
 - Más platformokra a forrásokból kell a szoftvert lefordítani és összeállítani.

Jellemzők (3)

- Interpretált nyelv.
 - A felhasználók által látható függvények többsége R-ben készült.
 - Számításigényes feladatok elvégzéséhez meghívásra kerülhetnek C, C++ és Fortran nyelven írt eljárások.
- A funkcionális és objektum-orientált programozási paradigmákat ötvöző programozási nyelv.
- Elegáns és tömör szintaxis jellemzi.

Jellemzők (4)

- Funkciók és teljesítmény tekintetében is méltó versenytársa a hasonló célú nem szabad szoftvereknek.
- Könnyen elsajátítható a használata, hamar megszerethető (szubjektív vélemény).
- A felhasználók tábora nagyon vegyes.
 - A R-t sok statisztikus, biológus, közgazdász, orvos és pszichológus használja.

Szabad és nyílt forrású szoftver

- Az R-t a GNU GPL licenc alatt terjesztik.
 - Lásd: <https://www.r-project.org/Licenses/>
- A legtöbb csomag licence szintén a GNU GPL.
 - Esetenként előfordulhat, hogy az üzleti célú felhasználás korlátozott.
 - A nem üzleti célú felhasználás soha nincs korlátozva, azonban a GPL-nek megfelelően kell, hogy történjen.

GNU GPL (1)

- Az egyik legelterjedtebben használt szabad és nyílt forrású szoftverlicenc.
 - Lásd: Ayala Goldstein. *Top 10 Open Source Licenses in 2018: Trends and Predictions*. December 13, 2018.
<https://resources.whitesourcesoftware.com/blog-whitesource/top-open-source-licenses-trends-and-predictions>
- Használat: Linux kernel, MySQL, R, VirtualBox, ...
- További információk:
 - *The GNU General Public License*
<https://www.gnu.org/licenses/gpl.html>
 - *Frequently Asked Questions about the GNU Licenses*
<https://www.gnu.org/licenses/gpl-faq.html>
 -

GNU GPL (2)

- Úgynevezett erős copyleft licenc.
- A hatálya alá eső szoftver szabadon használható, másolható, terjeszthető és módosítható.
- Az eredeti szoftvert és módosított változatait is forráskódban, a licenc alatt kötelező terjeszteni.
- Ez biztosítja, hogy az eredeti szoftverből származtatott minden alkotás is szabad maradjon.
- Nem zárja ki az üzleti célú felhasználást.
 - Csak a másolás, terjesztés és módosítás tartozik a licenc hatálya alá.

Rendelkezésre állás

- Az R a CRAN szervereken áll rendelkezésre.
 - Ugyanazt a tartalmat kínáló, földrajzilag a világ különböző részein található szerverek, melyek mindegyikén elérhető többek között:
 - A legutóbbi stabil R verzió több platformra, bináris (telepíthető) formában és forráskódban.
 - A dokumentáció.
 - Az R csomagok.
- A fő szerver a Bécsi Közgazdaságtudományi Egyetemen (*Wirtschaftsuniversität Wien*) üzemel.
- Lásd: *The Comprehensive R Archive Network*
<http://cran.r-project.org/>
 - Alternatíva: <https://cran.microsoft.com/>

Telepítés (1)

- A CRAN szerverekről lehet letölteni a bináris telepítőcsomagokat Linux, macOS, és Windows platformra.
 - Más platformokon forrásból telepíthető az R.
- A telepítés után Windows rendszerekben rendelkezésre áll egy Rgui, macOS rendszerekben pedig egy R.app nevű grafikus felhasználói felületet.

Telepítés (2)

- Linux (Ubuntu):

```
$ echo "deb https://cloud.r-project.org/bin/linux/ubuntu trusty-cran35/" \  
  | sudo tee -a /etc/apt/sources.list  
$ sudo apt-get update  
$ sudo apt-get install r-base  
$ sudo apt-get install r-base-dev
```

Dokumentáció (1)

- A telepítés után elérhető egy nagyon részletes és átfogó online dokumentáció, mely több kézikönyvből áll, valamint a telepített csomagok dokumentációjából.
- A dokumentáció többféle módon kereshető, böngészőprogramban is megjeleníthető.

Dokumentáció (2)

- Kézikönyvek:
 - *R Installation and Administration*
<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-patched/R-admin.html>
 - *An Introduction to R*
<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.html>
 - *R Data Import/Export*
<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-patched/R-data.html>
 - *The R Language Definition*
<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-patched/R-lang.html>
 - *Writing R Extensions*
<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-exts.html>
 - *R Internals* <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-ints.html>

Dokumentáció (3)

- Webhelyek az R csomagok dokumentációjának kereséséhez és online böngészéséhez:
 - *RDocumentation* <https://www.rdocumentation.org/>
 - Elérhető a csomagok aktuális is korábbi verzióinak dokumentációja is.
 - *R Package Documentation* <https://rdrr.io/>
 - Lehetőséget biztosít R kód végrehajtására is.
- Nem csupán a CRAN csomagok, hanem más eredetű (például BioConductor, GitHub) csomagok dokumentációja is elérhető mindkét helyen.

Könyvek és folyóiratok

- Könyvek:
<https://www.r-project.org/doc/bib/R-jabref.html>
- Nyílt hozzáférésű (*open access*) folyóiratok:
 - *Journal of Statistical Software*
<http://www.jstatsoft.org/>
 - *The R Journal* <http://journal.r-project.org/>

Levelezési listák

- Az R-help levelezési listán kérhető segítség.
<http://stat.ethz.ch/mailman/listinfo/r-help>
 - Nagy forgalom, naponta akár 100 üzenet.
 - Üzenetek küldéséhez fel kell iratkozni a listára.
 - Merjünk kérdezni, szívesen segítenek, általában nem kell sokat várni a válaszra.
- Egy-egy szűkebb témának szentelt speciális levelezési listák is vannak.
 - Példa: *Special Interest Group for „R in Finance”*
<https://stat.ethz.ch/mailman/listinfo/r-sig-finance>
- További információk: <https://www.r-project.org/mail.html>

A tanulást segítő egyéb eszközök és források

- Interaktív eszközök:
 - swirl <https://swirlstats.com/>
 - R csomag az R használatának interaktív módon történő tanulásához.
- Tutorialok:
 - *DataCamp Tutorials*
<https://www.datacamp.com/community/tutorials?tag=r-programming>

További implementációk és disztribúciók

- FastR
- Microsoft R Open
- Oracle R Distribution, Oracle R Enterprise
- TIBCO Enterprise Runtime for R

FastR (1)

- GraalVM-alapú nagy teljesítményű implementáció.
- Webhely: <https://github.com/oracle/fastr>
- Fejlesztő: Oracle
- Platform: Linux, macOS
- Licenc: GPLv3
- R verzió: 3.5.1

FastR (2)

- Telepítés és használatba vétel az SDKMAN! szoftverrel (Linux): <https://sdkman.io/>

```
$ sdk install java 19.0.0-grl  
$ sdk use java 19.0.0-grl  
$ gu install R  
$ R
```

FastR (3)

- Jelenleg nem minden csomag kompatibilis vele.
 - Nem használható például a `graphics` csomag, viszont támogatott például az összes `tidyverse` csomag, így a `ggplot2` is.
- További információk:
 - *GraalVM Reference Manual – R Reference*
<https://www.graalvm.org/docs/reference-manual/language-s/r/>
 - Štěpán Šindelář: *Faster R with FastR*. October 11, 2018.
<https://medium.com/graalvm/faster-r-with-fastr-4b8db0e0dceb>

Microsoft R Open

- Egy nagy teljesítményű R disztribúció.
 - Nagyobb teljesítmény többszálú matematikai programkönyvtárak révén.
 - Intel Math Kernel Library (Intel MKL) <https://software.intel.com/mkl>
- Webhely: <https://mran.microsoft.com/open>
- Fejlesztő: Microsoft
- Platform: Linux, Windows
- Licenc: GPLv2
- R verzió: 3.5.2

Oracle R Distribution

- Az Oracle R disztribúciója az Oracle R Enterprise-hoz.
 - Intel MKL támogatás.
- Webhely:
<https://www.oracle.com/technetwork/database/database-technologies/r/r-distribution/overview/index.html>
- Fejlesztő: Oracle
- Platform: AIX, Linux, Solaris, Windows
- Licenc: GPLv2
- R verzió: 3.3.0

Oracle R Enterprise

- Az Oracle Advanced Analytics Option egy komponense, mely az R-t az Oracle adatbázis-kezelővel integrálja.
 - Lehetővé teszi R kód végrehajtását Oracle adatbázisban tárolt adatokon.
- Webhely:
<https://www.oracle.com/technetwork/database/database-technologies/r/r-enterprise/overview/index.html>
- Fejlesztő: Oracle
- Platform: AIX, Linux, Solaris, Windows
- Licenc: nem szabad
- További információk:
<https://docs.oracle.com/en/database/oracle/r-enterprise/1.5.1/>

TIBCO Enterprise Runtime for R

- A GNU R-rel kompatibilis nagy teljesítményű statisztikai motor, mely a GNU R vállalati szintű alternatívája.
- Webhely:
<https://community.tibco.com/wiki/tibco-enterprise-runtime-r-terr>
- Fejlesztő: TIBCO Software
- Platform: Linux, macOS, Windows
- Licenc: nem szabad
- Dokumentáció:
<https://docs.tibco.com/products/tibco-enterprise-runtime-for-r>
 - Eltérések a GNU R-től: *Differences between TIBCO Enterprise Runtime for R and open-source R*
https://docs.tibco.com/pub/enterprise-runtime-for-R/5.0.0/doc/html/Differences_Between_TERR_and_R/differences.html

Grafikus felhasználói felületek

- Szabad és nyílt forrású szoftverek:
 - Rattle: A Graphical User Interface for Data Mining using R
<http://rattle.togaware.com/>
 - Licenc: GNU GPL
 - RKWard <https://rkward.kde.org/>
 - Licenc: GNU GPL
 - RStudio Desktop <http://rstudio.org/>
 - Licenc: GNU AGPL/nem szabad
- A fenti szoftverek mindegyike rendelkezésre áll Linux, macOS és Windows rendszerekhez is.
- Lásd még: Bob Muenchen. *Comparing Point-and-Click Front Ends for R*. April 22, 2019. <http://r4stats.com/2019/04/22/comparing-r-guis/>

RStudio Desktop

- Integrált fejlesztői környezet az R-hez.
- Weboldal:
<https://www.rstudio.com/products/rstudio/>
- Fejlesztő: RStudio
- Platform: Linux, macOS, Windows
- Kiadások:
 - Open Source Edition (licenc: AGPLv3)
 - Commercial Edition (licenc: nem szabad)

Online R (1)

- Repl.it <https://repl.it/languages/rlang>
- rdrr.io <https://rdrr.io/snippets/>
- RStudio Server
<https://www.rstudio.com/products/rstudio/>
- RStudio Cloud <https://rstudio.cloud/>

Online R (2)

- Repl.it <https://repl.it/languages/rlang>
 - Az alap- és ajánlott csomagok mellett mindössze néhány további csomag áll rendelkezésre, más csomagok telepítésére nincs lehetőség.
 - Grafika támogatása.
 - Hálózati kommunikáció nem engedélyezett.
 - Lehetővé teszi kód megosztását.
- rdrv.io <https://rdrr.io/snippets/>
 - 12 000-nél több telepített csomag áll rendelkezésre: <https://rdrr.io/snippets/installed/>
 - Grafika támogatása.
 - Hálózati kommunikáció nem engedélyezett.

RStudio Server

- Egy webes felületen keresztül teszi lehetővé egy Linux szerveren futó R verzió használatát.
- Weboldal: <https://www.rstudio.com/products/rstudio/>
- Fejlesztő: RStudio
- Platform: Linux
- Kiadások:
 - Open Source Edition (licenc: AGPLv3)
 - Commercial Edition (licenc: nem szabad)
- Dokumentáció: <https://docs.rstudio.com/>
- Az RStudio Cloud egy, az RStudio által hosztolt Rstudio Server.
<https://rstudio.cloud/>

Csomagok (1)

- Az R telepítése során a számítógépre kerülnek az alap- és ajánlott csomagok.
 - Az alábbi 14 alapcsomag alkotja az R-t:
 - `base`, `compiler`, `datasets`, `grDevices`, `graphics`, `grid`, `methods`, `parallel`, `splines`, `stats`, `stats4`, `tcltk`, `tools`, `utils`
 - Valamennyi bináris disztribúció tartalmazza továbbá az alábbi 15 ajánlott csomagokat:
 - `boot`, `class`, `cluster`, `codetools`, `foreign`, `KernSmooth`, `lattice`, `MASS`, `Matrix`, `mgcv`, `nlme`, `nnet`, `rpart`, `spatial`, `survival`
- Számos további csomag érhető el a CRAN szerverekről és egyéb helyekről, melyek további képességekkel bővítik a rendszert.

Csomagok (2)

- Csomagok telepítéséhez használjuk az interpreterben az `install.packages()` függvényt.
 - Windows-on csomagok telepítése elvégezhető az RGui **Packages** menüjének **Install package(s)** menüpontjának kiválasztásával.
 - Az RStudio-ban a **Tools** menü **Install packages...** menüpontja szolgál csomagok telepítésére.

Csomagok (3)

- A csomagokat elsődlegesen forráscsomagként terjesztik, de támogatottak a bináris csomagok is.
- Windows és macOS rendszerekben alapértelmezésben bináris formában kerülnek letöltésre a csomagok telepítésénél.
- Linux rendszerekben forráscsomagok kerülnek letöltésre, a C, C++ és Fortran források fordítása helyben történik.
 - Ehhez ott tipikusan rendelkezésre állnak a szükséges eszközök (GCC).
- Automatikusan telepítésre kerülnek a csomagok függőségei is.

További csomagok (1)

- További csomagokat a CRAN szervereken találunk.
 - Ezeken jelenleg 14 000-nél több csomag áll rendelkezésre.
 - A más projektek keretében készült csomagok itt nincsenek feltüntetve, így az összes R csomag száma nagyobb ennél!
- Lásd: <https://cran.r-project.org/web/packages/>

További csomagok (2)

- Csomagok további lelőhelyei:
 - Bioconductor <http://www.bioconductor.org/>
 - 1700-nál több további bioinformatikai csomag.
 - R-Forge <http://r-forge.r-project.org/>

Csomagok tematikus csoportosítása

- Az átláthatóság érdekében a CRAN szervereken a csomagokat tematikusan csoportosítva is lehet böngészni (nézetek).
 - Jelenleg 40 nézet (Cluster, Databases, Finance, Graphics, MachineLearning, NaturalLanguageProcessing, Optimization, ...)
- Nézetek telepítésére szolgál a `ctv` csomag.
- Lásd: *CRAN Task Views*
<https://cran.r-project.org/web/views/>

Tidyverse

- R csomagok egy gyűjteménye (dplyr, forcats, ggplot2, purrr, readr, stringr, tibble, tidyr).
 - „The tidyverse is an opinionated collection of R packages designed for data science. All packages share an underlying design philosophy, grammar, and data structures.”
- Webhely: <https://www.tidyverse.org/>
<https://github.com/tidyverse/tidyverse>
- A tidyverse csomagok telepítésekor további csomagok is telepítésre kerülnek (például jsonlite, lubridate, readxl).
- A 10 legnépszerűbb R csomag között jelenleg 3 tidyverse csomag található.
 - Lásd: <https://cranlogs.r-pkg.org/top/last-month/10>

METACRAN

- A CRAN-hoz kapcsolódó szolgáltatások egy gyűjteménye (webszolgáltatások és R csomagok).
 - API csomagok kereséséhez (pkgsearch csomag)
 - API csomag metaadatok eléréséhez (crandb csomag)
 - Lásd: <https://github.com/r-hub/crandb>
 - API az R csomagok letöltésével kapcsolatos statisztikák eléréséhez (cranlogs csomag)
 - Lásd: <https://github.com/r-hub/cranlogs.app>
- Webhely: <https://www.r-pkg.org/>
<https://github.com/metacran/metacran>

Jelentéskészítés

- Lehetőség van olyan dokumentumok létrehozására, melyekbe automatikusan beillesztésre kerül a tartalmazott R programkódok végrehajtásának eredménye.
- Kapcsolódó programozási paradigma: *literate programming*
https://en.wikipedia.org/wiki/Literate_programming

Markdown (1)

- A Markdown egy egyszerű jelölőnyelv.
- Egyszerű szintaxist biztosít dokumentumok sima szöveg formájában történő írásához, melyből többféle kimenet (például HTML, PDF) állítható elő.
- Megalkotója John Gruber, az eredeti szintaxis:
<https://daringfireball.net/projects/markdown/syntax>
 - Számos változata (kiterjesztése) született a szintaxisnak.
- Állománynév kiterjesztés: .md
- Felhasználások: GitHub, Reddit, OpenStreetMap, SourceForge, Trello, ...

Markdown (2)

- Egy elterjedten használt konverziós program a Pandoc.
 - Webhely: <https://pandoc.org/>
<https://github.com/jgm/pandoc>
 - Platform: Linux, macOS, Windows
 - Licenc: GPLv2
 - Az rmarkdown csomag is használja.
 - Az RStudio tartalmazza.

R Markdown (1)

- A Markdown egy kiterjesztése, mely lehetővé teszi R kódrészek beágyazását a dokumentumokba.
 - Sok más nyelv használata is támogatott (például C, SAS, SQL, Python, ...).
- Állománynév kiterjesztés: `.Rmd`
- Webhely: <https://rmarkdown.rstudio.com/>
- Dokumentáció:
 - Yihui Xie, J. J. Allaire, Garrett G. Grolemund. *R Markdown: The Definitive Guide*. 2019. <https://bookdown.org/yihui/rmarkdown/>
<https://github.com/rstudio/rmarkdown-book>

R Markdown (2)

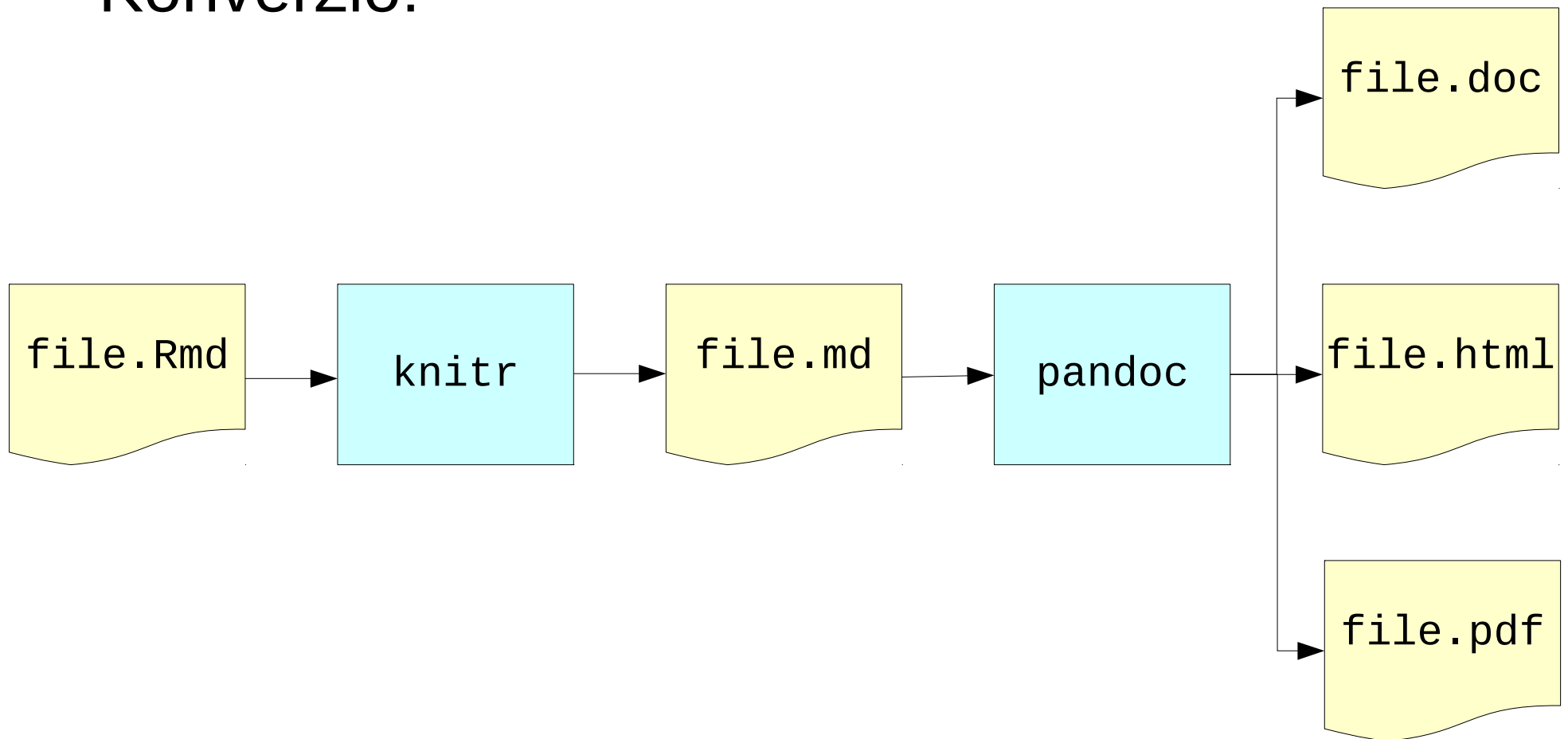
- `rmarkdown` csomag:
 - R Markdown dokumentumok különféle formátumokba történő alakítására szolgál.
 - Támogatott kimeneti formátumok: HTML, PDF, PowerPoint, MS Word, ...
- `knitr` csomag:
 - Dinamikus jelentések létrehozására szolgáló csomag.
 - Feladata a dokumentumokban elhelyezett programkódok kiértékelése és az eredmény beillesztése.
 - Webhely: <https://yihui.name/knitr/> <https://github.com/yihui/knitr>

R Markdown (3)

- PDF kimenet előállításához TeX rendszer szükséges.
 - TeX telepítés:
<https://www.latex-project.org/get/#tex-distributions>

R Markdown (4)

- Konverzió:



R Markdown (5)

- Az R Markdown dokumentumok az alábbi három alapvető összetevőből állnak:
 - **Metaadatok:** a dokumentum elején - - - határolók között adhatók meg YAML szintaxissal.
 - Lásd: <https://yaml.org/>
 - **Szöveg:** a Pandoc Markdown eszköztára használható.
 - Lásd: *Pandoc User's Guide – Pandoc's Markdown*
<https://pandoc.org/MANUAL.html#pandocs-markdown>
 - **Programkód:**
 - Hosszabb R kódrészek `````{r}` és `````` határolók között adhatók meg.
 - A kapcsos zárójelek között opciók is felsorolhatók.
 - Szövegek közötti R kód ``r` és ``` határolók között adható meg.

R Markdown (6)

- R Markdown dokumentum létrehozása az RStudio-ban: **File** → **New File** → **R Markdown...**

R Markdown (7)

```
---  
title: "R Markdown példa"  
author: Jeszenszky Péter  
output: html_document  
---  
  
```${r setup, include=FALSE}  
knitr::opts_chunk$set(echo = TRUE)
```  
  
# Matematikai formula és programkód használata  
  
Az  $f(x) = \sin(\pi * x) / (\pi * x)$  függvény ábrázolása:  
  
```${r}  
f <- function(x) sin(pi * x) / (pi * x)
plot(f, -5, 5)
```
```

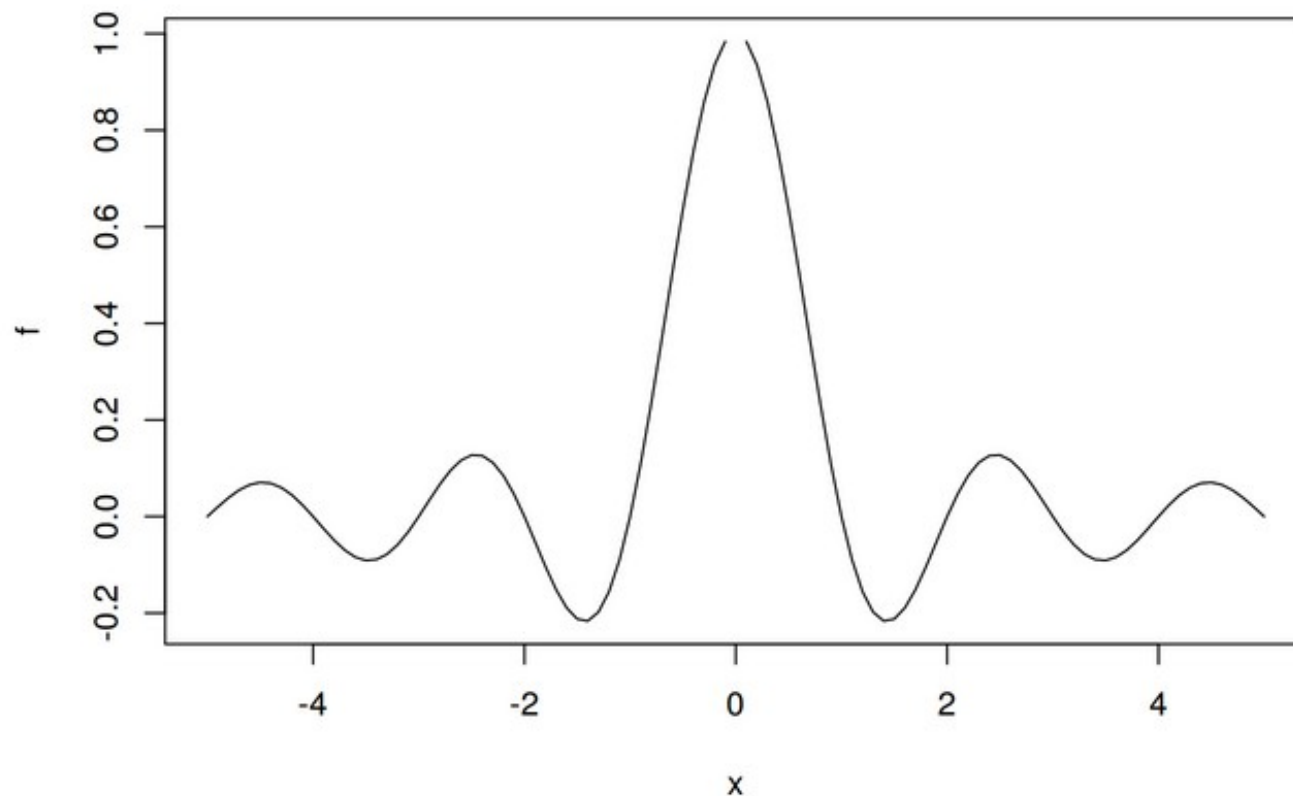
R Markdown példa

Jeszenszky Péter

Matematikai formula és programkód használata

Az $f(x) = \sin(\pi * x) / (\pi * x)$ függvény ábrázolása:

```
f <- function(x) sin(pi * x) / (pi * x)
plot(f, -5, 5)
```



R jegyzetfüzetek (RStudio)

- Egy R jegyzetfüzet (*R Notebook*) egy olyan R Markdown dokumentum, mely függetlenül és interaktív módon végrehajtható kódrészeket tartalmaz.
 - Az eredmény közvetlenül a kódrész alatt látható.
- Az RStudio-ban bármely R Markdown dokumentum használható R jegyzetfüzetként.
- Az R jegyzetfüzet az R Markdown dokumentumok egy speciális végrehajtási módjának tekinthető.
- R jegyzetfüzet létrehozása az RStudio-ban: **File** → **New File** → **R Notebook**.

bookdown

- Csomag, mely lehetővé teszi könyvek, nagyobb lélegzetű cikkek és jelentések elkészítését R Markdown formátumban.
- Többféle kimeneti formátumot támogat: PDF, LaTeX, HTML, EPUB, MS Word.
- Lehetővé teszi dinamikus grafika és interaktív alkalmazások beillesztését is.
- Valamennyi kimeneti formátumhoz lehetővé teszi LaTeX formulák használatát.
- A csomaggal készült könyvek listáját lásd a weboldalon.
- Webhely: <https://bookdown.org/>
- Dokumentáció: <https://bookdown.org/yihui/bookdown/>

Hivatkozások

- Kurt Hornik. *R FAQ*. 2018.
<https://cran.r-project.org/doc/FAQ/R-FAQ.html>