

MASARYKOVA UNIVERZITA
Přírodovědecká fakulta



Výuka jazyka R
Bakalářská práce

Brno, 2010

Kateřina Konečná

Masarykova univerzita
Přírodovědecká fakulta
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kateřina Konečná

Výuka jazyka R

Vedoucí práce: Mgr. Jan Koláček, Ph.D.

Studijní program: Aplikovaná matematika

Studijní obor: Statistika a analýza dat

2010

Zvláštní poděkování patří Mgr. Janu Koláčkovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval.

Tímto prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci napsala samostatně pod vedením Mgr. Jana Koláčka, Ph.D. a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Brně, dne 2. června 2010

Kateřina Konečná

Název práce: Výuka jazyka R

Autor: Kateřina Konečná

Ústav matematiky a statistiky Přírodovědecké fakulty MU

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jan Kolářek, Ph.D.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je vytvořit učební text k jazyku R, který by byl alternativou k již vytvořenému textu o MATLABu. Jedná se o volně šiřitelný statistický software, který je v současné době nejvíce využíván v akademické a vědecké sféře. Práce seznamuje čtenáře s prostředím jazyka R mnoha ukázkovými příklady a upozorňuje na odlišnosti v MATLABu. Jsou zde uvedeny nejpoužívanější datové objekty, jejich definice a manipulace s nimi, tvorba 2D a 3D grafů, vlastních dávek a funkcí a základní příkazy statistické analýzy dat.

Klíčová slova: jazyk R, vektor, matice, pole, datová tabulka, seznam, grafika, programování, statistika

Title: Education of R language

Author: Kateřina Konečná

Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, MU

Supervisor: Mgr. Jan Kolářek, Ph.D.

Abstract: The aim of this Bachelor thesis is to create a textbook for R language which would have created an alternative to the text of MATLAB. R is a free statistical software the most used in academic and scientific sphere. The thesis deals with the environment of R language with many trial examples and points to differences in MATLAB. There are mentioned the most common data objects, their definition and manipulation, functions for creation of 2D and 3D graphs and functions for their modification, the way of creation of own functions and commands for statistical analysis.

Keywords: R language, vector, matrix, array, data frame, list, graphics, programme, statistics

Obsah

Úvod	7
1 První setkání s jazykem R	8
1.1 Základní ovládání	8
1.2 Náповěda	10
1.3 Workspace (pracovní prostor)	10
2 Rozdělení objektů	13
2.1 Datové typy objektů	13
2.2 Datové struktury	14
3 Vektory	15
3.1 Základní příkazy, tvorba vektorů	15
3.2 Subvektory	18
3.3 Délka a změna délky vektoru	21
3.4 Faktory	22
4 Matice a pole	24
4.1 Základní příkazy, tvorba matic a polí	24
4.2 Submatice	26
4.3 Funkce pro manipulaci s maticemi	27
5 Tabulky dat a seznamy	30
5.1 Základní příkazy, tvorba datových tabulek a seznamů	30
5.2 Podmnožiny seznamů	32
5.3 Funkce pro manipulaci s tabulkami dat a seznamy	34
6 Konstanty, operátory a matematické výpočty	38
6.1 Aritmetické operátory	38
6.2 Porovnávací a logické operátory	39
6.3 Množinové operátory	40
6.4 Matematické funkce	41

6.5	Zaokrouhlování	44
6.6	Konstanty	44
7	Další příkazy v R	46
7.1	Práce s knihovnamy	46
7.2	Práce s daty	47
7.3	Vlastnosti objektů	49
8	Grafika v R	53
8.1	High-level funkce	53
8.2	Low-level funkce	65
8.3	Funkce <code>par()</code>	66
8.4	Další užitečné funkce	68
9	Programování v R	71
9.1	Lokální a globální proměnné	72
9.2	Podmíněné příkazy	73
9.3	Příkazy cyklů	75
9.4	Skupiny funkcí <code>apply()</code>	77
10	Základy statistického zpracování dat	79
10.1	Pravděpodobnostní rozložení	79
10.2	Testy statistických hypotéz	80
10.3	Grafická zobrazení	81
	Závěr	85
	Seznam použité literatury	86
	Rejstřík	89

Úvod

R je volně dostupný jazyk používaný zejména v akademické a vědecké sféře. Jde o program specializovaný především na statistické výpočty. Ve standardní distribuci, popř. v podpůrných balíčcích je implementováno velké množství pokročilých statistických funkcí (množství statistických testů, ANOVA, ...).

Neméně důležitou roli v tomto programu hraje velmi precizně propracovaný výstup s nepřeberným množstvím 2D i 3D grafů. Pomocí několika příkazů můžeme libovolně graf upravovat, přidávat popisky, měnit barvy, vzhled, velikost, ... dle našich představ. Samozřejmostí je i možnost psát vlastní funkce a skripty.

Stejně jako MATLAB, i R může být navíc použito k maticovým výpočtům, řešení systémů lineárních rovnic apod.

Program můžeme stáhnout z webových stránek projektu (<http://www.r-project.org>, [19]), kde jsou k dispozici i podrobné manuály ([17], [10]) a online nápověda.

Srozumitelným a velmi přehledně zpracovaným materiálem s množstvím názorných příkladů a doplňkových otázek je skriptum P. Drozd: Cvičení z biostatistiky [3], z anglické literatury mohou doporučit studijní materiály Theresy A. Scott [11], [12], [13], [14]. Velkým přínosem mi byly i dokumenty srovnávající příkazy v R s ekvivalentními příkazy v MATLABu [5], [4].

Někdy se syntaxe či chování R a MATLABu výrazně liší. V těchto případech je v textu na tyto odlišnosti upozorněno a pro zvýraznění a snadnější orientaci je na okrajích stránek použita ikonka MATLABu [22].



Kapitola 1

První setkání s jazykem R

1.1 Základní ovládání

R je volně dostupný programovací jazyk a softwarové prostředí pro statistické výpočty a grafiku, který je možný provozovat na operačních systémech UNIX, Windows i MacOS. R je skutečně „jen“ programovací jazyk - žádné grafické rozhraní, které by se dalo ovládat myší, zde není. Pro grafické rozhraní (GUI) je potřeba vyzkoušet některé grafické nástavby (Poor Man's GUI, Rcommander, ...). Program lze získat z webových stránek projektu (<http://www.r-project.org>, [19]).

Po spuštění programu se objeví okno s konzolou (R console), ve kterém se dají spouštět funkce, vkládají se objekty, provádí se výpočty a zobrazují se i základní výstupy. Dále se můžeme setkat i s dalšími typy oken:

- **okno nápovědy** - volá se po zadání příkazu `help`
- **grafické okno** - při spuštění grafické prezentace
- **editor programu** - zobrazíme ho v menu *File* → *New Script*. Toto okno je určeno k tvorbě programů. (U delších zdrojových kódů je výhodné mít k dispozici editor s číslovanými řádky, kontrolu syntaxe R a závorek - jako freeware PSPad, <http://www.pspad.com>, nebo shareware WinEdt, <http://www.winedt.cz>)

To, že je konzole připravena k používání, symbolizuje prompt `>`, za nímž následují jednotlivé příkazy. Pokud nezměníme základní nastavení, řádky, do nichž vepisujeme příkazy, jsou odlišeny červenou barvou. Výstupní řádek je psán modrým písmem, v případě hodnot začíná pořadovým číslem dané hodnoty. Příkaz v konzole spustíme klávesou ENTER. Takto provedený příkaz nelze opravit přímo, ale v již napsaných příkazech můžeme listovat pomocí kláves `↑ ↓`, jež umožňují pohyb v historii příkazů. Historii příkazů můžeme uložit v menu *File* → *Save History*. Konzole se všemi příkazy může být uložena v menu *File* → *Save to File* ...

Jednotlivé příkazy jsou vkládány na nový řádek, v případě více příkazů za sebou jsou navzájem oddělovány středníkem. Složitější příkazy, které mají být spuštěny bezprostředně po sobě, jsou seskupovány pomocí složených závorek. Každý příkaz je následován kulatými závorkami s argumenty v případě, že jsou požadovány. Argumenty lze uvádět ve stejném pořadí, v jakém byly definovány, nebo je možno je uvádět v libovolném pořadí ve tvaru `nazev.argumentu=hodnota`. Argumenty je často možné zkracovat (jestliže zkratka nemůže znamenat jiný argument), např. `round(x, digits=2)` má naprosto stejný význam jako `round(x, d=2)` (jedná se o funkci zaokrouhlení na 2 desetinná místa).

Příkazem `<-` (popř. `=`, ten se ovšem nedoporučuje) vložíme daný výraz do proměnné. K jejímu zobrazení musí být v konzole z příkazové řádky zavolán jeho název. Další možností je zadání celého příkazu do kulatých závorek.

```
> a <- 2
> a
[1] 2
> (a <- 2)
[1] 2
```

Pro neúplné příkazy se na následujícím řádku objeví prompt `+` , který dává možnost dodat část příkazu, který chybí, a pokračuje dál ve čtení.

```
> a <- (2+3
+ )*5
[1] 25
```

Symbol `#` na příkazové řádce způsobí ignoraci zbytku řádky (komentář).

```
> a <- 2 # komentar
> a
[1] 2
```

Při zadávání názvu jednotlivých proměnných či objektů bychom měli dodržovat určitá pravidla. Názvy se mohou skládat z písmen (a–z, A–Z), číslic (0–9), tečky a podtržítka. Název musí začínat písmenem, nesmí začínat číslicí, tečka rovněž není doporučována. Matematické operátory (+, −, *, /), mezera a jiné další speciální znaky také nejsou povoleny. Chceme-li použít víceslovný název, rozdělení názvu na dvě části se provádí pomocí tečky (např. průměrnou výšku chlapců můžeme nazvat `chlapci.prumer`), popř. pomocí podtržítka (`chlapci_prumer`). Rovněž bychom se měli vyvarovat používání názvů vestavěných proměnných. R je *case sensitive*, tzn. rozlišuje malá a velká písmena.

```
> a <- 2
> a
[1] 2
```

```
> A
Error: object 'A' not found
```

Běžící program může být zastaven klávesou ESC. Konzolu můžeme vymazat klávesovou zkratkou CTRL + L nebo v menu *Edit* → *Clear Console*.

Pro ukončení programu se používá příkaz `q()`.

1.2 Nápověda

Příkazem `help()` je vyvoláno další okno - okno nápovědy. V levé části můžeme najít abecedně seřazený seznam objektů, poklikáním na některý z nich se v hlavním okně zobrazí popis objektu. Pro zobrazení nápovědy ke konkrétním objektům či funkcím slouží příkaz `help(téma)`, alternativou může být rovněž `?téma` nebo v *Menu* → *R-functions (text)* . . . Chceme-li znát argumenty příkazu, můžeme použít funkci `args(nazev_funkce)`.

Pro vyhledávání témat v kontextu (tzn. ne pouze v názvech a zkrácených popisech funkcí a objektů, ale i v klíčových slovech) slouží příkaz `help.search("téma")`, v *Menu* → *Search Help* nebo v okně nápovědy pod záložkou Vyhledávat. Příkazem `apropos("nazev")` zobrazíme příbuzné příkazy k příkazu `nazev`, pro příklady k nějakému tématu použijeme příkaz `example(téma)`.

K dispozici jsou rovněž PDF manuály, které obsahují základní manuály a reference o funkcích. Spouští se přes *Menu* → *Manuals (in PDF)*. HTML nápovědu, obsahující manuály, seznamy funkcí, apod. zobrazíme příkazem `help.start()` nebo přes menu *Help* → *HTML help*.

Jazyk R nabízí i několik funkcí, které uživatelům usnadňují pochopení některých příkazů. Funkce `demo` je uživatelsky příznivé prostředí, ve kterém běží demonstrace (ukázkové programy) R skriptů. Příkaz `demo()` vypíše seznam všech dostupných demonstrací. Argumenty funkce `demo`:

```
topic    téma, které má být demonstrováno
package  název balíčku, ze kterého má být spuštěno topic
> demo(persp)   v novém okně spustí ukázky použití funkce persp
```

V MATLABu je analogickým příkazem funkcí `help(funkce)` a `?funkce` příkaz `help funkce`.



1.3 Workspace (pracovní prostor)

Program R načítá data z jakéhokoliv adresáře. Nejjednodušší pro manipulaci s nimi je ukládat si data do tzv. pracovního adresáře (workspace). Chceme-li zjistit, ve kterém

adresáři se právě nacházíme, použijeme příkaz `getwd()`. Ten zobrazí kompletní cestu do aktuální složky. Pro změnu pracovního adresáře použijeme příkaz `setwd()`, jehož argumentem je celá cesta k adresáři v jednoduchých apostofech (') nebo uvozovkách (").

```
> (setwd("C:/Documents and Settings/PC/Plocha/R"))  nastaví za pracovní ad-  
resář složku R umístěnou na ploše.
```

```
[1] "C:/Documents and Settings/PC/Dokumenty"  R vypíše cestu složky, ze  
které jsme vycházeli. O tom, že se opravdu nacházíme v adresáři R, se můžeme pře-  
svědčit příkazem
```

```
> getwd()  
[1] "C:/Documents and Settings/PC/Plocha/R"
```

Příkazy `dir()` nebo `list.files()` zobrazíme názvy souborů v aktuálním nebo zadaném adresáři.

```
> dir()  výpis souborů v aktuálním adresáři  
[1] "cviceni"  "prednasky"  "data"  
> dir("C:/Documents and Settings/PC/Plocha/R/cviceni")  
[1] "cviceni 1"  "cviceni 2"  "cviceni 3"  "cviceni 4"  
[5] "cviceni 5"  "cviceni 6"  
> list.files("C:/Documents and Settings/PC/Plocha/R/cviceni")  
[1] "cviceni 1"  "cviceni 2"  "cviceni 3"  "cviceni 4"  
[5] "cviceni 5"  "cviceni 6"
```

Všechny objekty, které v průběhu práce vytvoříme, se ukládají do paměti a můžeme s nimi kdykoliv manipulovat. Vytvořené objekty tvoří tzv. workspace (pracovní prostor), chceme-li je uchovat pro pozdější práci, celý workspace uložíme pomocí *File* → → *Save Workspace*. Tímto způsobem vytvoříme soubor s koncovkou `.R`, který se při dalším spuštění ze stejného adresáře automaticky nahraje spolu s historií příkazů. V případě, že zavřeme program R bez uložení, při dalším spuštění už dříve definované objekty nejsou k dispozici.

Další užitečné příkazy:

`objects()`, `ls()` vypíše všechny názvy objektů, které jsou momentálně v paměti R
`ls(name, pattern, all.names=T)` vypíše ty objekty, které jsou omezeny volitelnými parametry:

```
name výpis konkrétního objektu podle čísla nebo názvu  
pattern vyhledávací výraz (např. objekty začínající na "a")  
all.names nastavený na hodnotu TRUE vyhledává také objekty začínající tečkou  
rm()  maže vybrané objekty  
rm(list=ls())  maže všechny objekty
```

```
> ls(pattern="v")
[1] "v" "vec" "vector"
> ls(pattern="v", all.names=T)
[1] ".vec" "v" "vec" "vector"
> rm(v,vec)  příkaz analogický příkazu rm(list=c("v","vec"))
> ls()
[1] ".vec" "vector"
```

Kapitola 2

Rozdělení objektů

2.1 Datové typy objektů

Jazyk R používá následující datové typy:

- *číslo (numeric)* vypisujeme klasickým způsobem, k oddělení desetinných míst používáme desetinnou tečku, tzn.
> 1.234
- *komplexní* - numerická hodnota je doplněna o komplexní jednotku i , např.
> 1+2i
> 3+1i Pozor! Komplexní jednotka musí být vždy doplněna o numerickou hodnotu
[1] 3+1i
> 3+i
Error: object 'i' not found
- *logické hodnoty* - hodnoty TRUE, T a FALSE, F (Pozor! Jazyk R je citlivý na velká a malá písmena, proto logické hodnoty nelze psát jinak než uvedeným způsobem.) Logické hodnoty se používají pro některé atributy funkcí, jsou výsledkem testování výrazů, např.
[1] 2.3>3
[1] FALSE
- *řetězec (string)* - slouží pro označení názvů sloupců u tabulek, popisky os, Řetězec musí být psán do jednoduchých apostrofů (') nebo dvojitých uvozovek ("):
> r <- "retezec"
[1] "retezec"
> r <- 'retezec'
[1] "retezec"

K dispozici jsou rovněž speciální hodnota `NA` ("Not Available"), která reprezentuje chybějící nebo neznámou hodnotu, a další speciální konstanty: `NULL`, odpovídající prázdnému objektu, `Inf`, odpovídající nekonečnu a `NaN` ("Not-a-Number"), která je výsledkem numerických výpočtů, jež nejsou definovány (např. $1/0$, $0/0$ nebo $Inf - Inf$).

2.2 Datové struktury

Vedle datových typů dat, jazyk R poskytuje i množství datových struktur, které umožňují vícero hodnot specifikovat jako samostatný objekt. Mezi základní datové struktury patří vektor, faktor, matice, pole, tabulka dat a seznam. V následujících kapitolách se dozvíme, jak jednotlivé datové objekty definujeme, jak s nimi pracujeme. Protože každý objekt má svá specifika, následující tabulka souhrnně uvádí základní datové struktury a odpovídající datové typy, kterými mohou být tvořeny.

datová struktura	datový typ	možnost více typů dat současně
vektor	numerický, komplexní, logický, řetězec	ne
faktor	numerický, řetězec	ne
matice	numerický, komplexní, logický, řetězec	ne
pole	numerický, komplexní, logický, řetězec	ne
tabulka dat	numerický, komplexní, logický, řetězec	ano
seznam	numerický, komplexní, logický, řetězec, funkce, výraz, ...	ano

Tab. 2.1. Přehled datových typů objektů

Kapitola 3

Vektory

3.1 Základní příkazy, tvorba vektorů

Jazyk R pracuje nad datovými strukturami. Nejjednodušší takovou strukturou je vektor. Např. jednoduchá hodnota (logická hodnota `TRUE`, numerická hodnota `2`, ...) je vektor délky 1. Vektory jsou 1-dimenzionální struktury, skládající se z posloupnosti prvků. Všechny prvky vektoru musí být stejného datového typu (modu) - *numerický*, *komplexní*, *logický* nebo typu *řetězec*.

Některé prvky vektoru ovšem nemusí být známy - v těchto případech je na místo příslušného prvku vektoru umístěna speciální hodnota `NA` („Not Available“). Všechny operace nad `NA` vrací hodnotu `NA`. Funkce `is.na(x)` vrací hodnoty `TRUE` na těch pozicích vektoru `x`, na kterých mají prvky hodnotu `NA`, na ostatních pozicích vrací hodnotu `FALSE`. Rovněž některé prováděné operace nemusí dávat smysl (např. $0/0$, $\infty - \infty$), v těchto případech vrací příkaz hodnotu `NaN` („Not a Number“).

Pro vytvoření numerického vektoru `x` o hodnotách `-1.2`, `31.8`, `10.7`, `5.6`, `9.22` použijeme příkaz `x <- c(-1.2, 31.8, 10.7, 5.6, 9.22)`. Analogicky můžeme použít příkazu `assign("navez", c())`, v našem případě tedy `assign("x", c(-1.2, 31.8, 10.7, 5.6, 9.22))`. Přiřazení může být rovněž provedeno v opačném směru: `c(-1.2, 31.8, 10.7, 5.6, 9.22) -> x`.

Naprosto analogickým způsobem můžeme zadávat komplexní vektory, např. `y <- c(1+2i, 3, 5i)`, vektory logických hodnot, např. `z <- (x<12 & x>-1)`, nebo vektory textových hodnot, např. `ovoce <- c("banan", "broskev", "jablko", "pomeranc")`.
> `c(2, 4, "v", F)` jedna z hodnot je znak, vektor tedy bude textový
`[1] "2" "4" "v" "FALSE"`

Příkaz `vector(mode, length)` vytvoří vektor daného typu `mode` a dané délky `length` s nulovými hodnotami.


```
> vector(mode="logical", length=3)
[1] FALSE FALSE FALSE
> vector(m="character", length=5)
[1] "" "" "" "" ""
```

Nejjednodušším způsobem ke generování posloupností čísel je použit operátoru `:`. Příkaz `a:b` vygeneruje aritmetickou posloupnost prvků od `a` do `b` s krokem 1. Funkce `sequence(n)` slouží pro generování hodnot od čísla 1 do čísla (čísel) v argumentu funkce.

```
> 4:10
[1] 4 5 6 7 8 9 10
> 2.4:7
[1] 2.4 3.4 4.4 5.4 6.4
> sequence(6)
[1] 1 2 3 4 5 6
> sequence(c(3,5))
[1] 1 2 3 1 2 3 4 5
```

Ke generování posloupností s daným krokem MATLAB používá funkci `a:krok:b`. R tuto syntaxi nezná, je proto třeba použít jiných funkcí.



Pro generování složitějších posloupností se používá funkce `seq`, která má 5 argumentů, ale pouze některé z nich mohou být specifikovány současně při jednom volání.

- První 2 argumenty specifikují počáteční a koncový bod posloupnosti, příkaz `seq(2,10)` je ekvivalentní příkazu `2:10`. Argumenty mohou být rovněž volány pomocí `from=a`, `to=b`. Příkazy `seq(1,30)`, `seq(from=1, to=30)` a `seq(to=30, from=1)` vrací stejný výsledek.
- argument velikosti kroku: `by=krok`
- argument délky posloupnosti: `length=delka`
- v případě, že je použit argument `along.with`, musí být jediným argumentem funkce. Argument `along.with=v` generuje posloupnost o délce shodné s délkou vektoru `v`.

Příkaz `seq()` vytváří prázdnou posloupnost.

```
> seq()
[1] 1
```

```
> seq(from=2, to=10)
[1] 2 3 4 5 6 7 8 9 10
> seq(from=2, to=15, by=3)
[1] 2 5 8 11 14
> seq(length=6)
[1] 1 2 3 4 5 6
> seq(from=3, length=6)
[1] 3 4 5 6 7 8
> (k <- seq(to=13, length=6))
[1] 8 9 10 11 12 13
> 7 + seq(along.with=k)
[1] 8 9 10 11 12 13
```

Pro vytvoření vektoru, v němž se opakuje určitý objekt (hodnota nebo vektor), se používá funkce `rep(x)`. Jejími argumenty jsou:

`times=pocet` udává počet, kolikrát má být objekt za sebe poskládán

`each=pocet` udává počet opakování každé složky objektu

`length.out` udává délku výsledného vektoru

```
> x <- 2:5
> rep(x, times=3)    stejný výsledek dává i rep(x, 3)
[1] 2 3 4 5 2 3 4 5 2 3 4 5
> rep(x, each=3)
[1] 2 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5
> rep(x, length.out=10)
[1] 2 3 4 5 2 3 4 5 2 3
> rep(rep(x, each=2), times=2)
[1] 2 2 3 3 4 4 5 5 2 2 3 3 4 4 5 5
```

Náhodná čísla generovaná v R (a obecně ve všech softwarech) nejsou ve skutečnosti zcela náhodná, ale jsou generována na základě specifických algoritmů tak, aby se náhodným číslům podobala (tzv. pseudonáhodná čísla). Podle pravděpodobnosti výskytu jednotlivých hodnot můžeme generovat čísla z různých typů rozdělení:

`runif(n, min=a, max=b)` Náhodně vygeneruje `n` náhodných čísel z intervalu (a, b) , každé číslo má stejnou pravděpodobnost výskytu.

`rpois(n, lambda)` Náhodně vygeneruje `n` celých čísel z Poissonova rozdělení s parametrem `lambda`.

`rnorm(n, mean=mi, sd=sigma)` Náhodně vygeneruje `n` reálných čísel z normálního rozdělení se střední hodnotou `mi` a rozptylem `sigma`².

```
> runif(10, min=2, max=8)
[1] 3.468575 2.006183 5.151939 4.864977 5.117221 5.981666
[7] 6.186421 6.470627 7.230629 7.726394
```

```
> rpois(10, 5)
[1] 7 11 1 4 3 5 6 3 1 5
> rnorm(10, mean=5, sd=2)
[1] 3.880884 5.902384 9.645860 3.955287 3.923085 3.763641
[7] 1.782563 6.003977 7.512364 4.685642
```

Dalším užitečným příkazem ke generování vektorů je funkce `sample()`. Funkce `sample(x, size, replace=FALSE, prob=NULL)` vytvoří náhodnou permutaci prvků objektu `x`. Objekt `x` může být vektor (číselný, komplexní, logický nebo vektor znaků) nebo přirozené číslo. Argument `size` je přirozené číslo udávající počet prvků objektu `x`, ze kterých bude vektor tvořen. Argument `replace=TRUE` umožňuje opakování vybraných prvků, zatímco implicitní nastavení `replace=FALSE` opakování nepovoluje. Argument `prob` umožňuje nastavení pravděpodobnostních vah výběru jednotlivých prvků.

```
> x <- c(1, 3, 5, 7, 2, 6)
> sample(x, 3)
[1] 6 7 2
> sample(x, 3, replace=TRUE)
[1] 3 3 2
> x <- letters[1:15]   vektor prvních 15 písmen abecedy (a-o)
> sample(x, 4, prob=c(1, rep(0.1,13), 1))
[1] "a" "o" "o" "l"
> sample(x, 8, prob=c(1, rep(0.1, 13), 1), replace=TRUE)
[1] "e" "b" "o" "o" "n" "a" "a" "c"
```

3.2 Subvektory

K výpisu určité podmnožiny prvků vektoru můžeme použít hranatých závorek, `[]`. Obecně má pro vektor `x` tento příkaz tvar `x[index]`, kde `index` je vektor jednoho z následujících tvarů:

1. **Vektor přirozených čísel.** Jedná se o vektor indexů, který nabývá hodnot z množiny $\{1, 2, \dots, \text{length}(x)\}$.

```
> x <- 2:16
> x[7]   vypíše 7. složku vektoru x
[1] 8
> x[4:12]   vypíše 4.–12. složku vektoru x
[1] 5 6 7 8 9 10 11 12 13
```

Hodnota `NA` je vrácena v případě, že vektor `index` obsahuje přirozené číslo větší než je délka vektoru. Podobně R vrací prázdný vektor `numeric(0)` v případě, že vektor `index` obsahuje nulu:

```
> x[13:18]   vypíše 13.–18. složku vektoru x
[1] 14 15 16 NA NA NA
> x[c(7, 0, 5, 12)]
[1] 8 6 13
> x[0]
[1] integer(0)
```

Vektor `index` můžeme definovat rovněž použitím funkcí ke konstrukci numerických vektorů, např. `c()`, `:`, `rep()`, `sample()`, `seq()`

```
> x[c(3, 8, 10, 4, 7)]
[1] 4 9 11 5 8
> x[c(rep(4, 2), rep(7, 3))]
[1] 5 5 8 8 8
> x[sample(x, 5, replace=TRUE)]
[1] 6 10 11 4 6
> x[seq(from=4, to=20, by=3)]
[1] 5 8 11 14 NA NA
```

Můžeme rovněž použít funkcí `head()` a `tail()`, které vrací prvních/posledních `n` prvků vektoru (implicitní nastavení `n=6`):

```
> head(x)
[1] 2 3 4 5 6 7
> tail(x, n=3)-2
[1] 12 13 14
```

- Vektor záporných celých čísel.** Vektorem záporných celých čísel `index` vymezujeme ty hodnoty vektoru `x`, které nemají být vytištěny namísto těch, které vytištěny mají být. Všechny prvky vektoru `x`, kromě těch specifikovaných vektorem `index`, jsou do výsledné podoby vypsané v jejich původním pořadí. Délka výsledného vektoru je `length(x) - length(index)`.

```
> x[-c(1:10)]   vynechá prvních deset prvků vektoru
[1] 12 13 14 15 16
> x[-tail(x, 10)]
[1] 2 3 4 5 6 7
```

- Logický vektor.** V tomto případě musí mít vektor `index` stejnou délku jako vektor `x`. Prvky odpovídající hodnotám `TRUE` vektoru `index` jsou vypisovány, zatímco prvky odpovídající hodnotám `FALSE` jsou vynechány.

```
> x[c(TRUE, FALSE, TRUE, TRUE, FALSE, rep(c(TRUE, FALSE), 5))]
vektor index může být zadán vektorem hodnot TRUE a FALSE
```

```
[1] 2 4 5 7 9 11 13 15
> x[x>7 & x<=12]  vektor index může být dán omezujícími podmínkami - po-
užitím porovnávacích a logických operátorů
[1] 8 9 10 11 12
```

Jak je vidět, výsledný vektor je stejné délky jako počet hodnot TRUE vektoru `index`. V případě, že vektor `x` obsahuje hodnoty `NA`, potřebujeme se ujistit pomocí funkce `is.na()`, že je logický vektor správně vynechává:

```
> (y <- c(7, 3, NA, 5, NA, NA, 9))
[1] 7 3 NA 5 NA NA 9
> y[y<6]
[1] 3 NA 5 NA NA
> y[y<6 & !is.na(y)]  vypíše ty hodnoty vektoru y, které jsou menší než 6
a jsou různé od hodnoty NA
[1] 3 5
```

Alternativou v této situaci může být funkce `subset()`. Jejím prvním argumentem je vektor, ze kterého chceme získat jeho podmnožinu, druhým argumentem je vektor omezujících podmínek. Výhodou této funkce je, že hodnoty `NA` jsou automaticky považovány za `FALSE`, takže nemusí být odstraňovány pomocí funkce `is.na()`.

```
> subset(y, y<6)
[1] 3 5
```

4. **Vektor znakových řetězců.** Tento způsob může být použit pouze v případě, kdy prvky vektoru mají názvy. V tom případě může být vektor `index` použit stejným způsobem jako v případě přirozených čísel v odrážce 1, řetězce ve vektoru `index` odpovídají názvům prvků vektoru `x`.

```
> (ovoce <- c(banan=3, broskev=8, jablko=7, pomeranc=5))  přiřazení
názvu jednotlivým prvkům vektoru
```

```
  banan broskev jablko pomeranc
    3       8       7       5
```

```
> names(ovoce)  každý prvek vektoru má opravdu svůj název
```

```
[1] "banan" "broskev" "jablko" "pomeranc"
```

Jiný způsob definice přiřazení názvu jednotlivým prvkům vektoru:

```
> ovoce <- c(3, 8, 7, 5)
```

```
> names(ovoce) <- c("banan", "broskev", "jablko", "pomeranc")
```

```
> ovoce[c("broskev", "jablko")]
```

```
  broskev jablko
    8       7
```

MATLAB používá pro výpis subvektorů kulatých závorek, pro nekladné argumenty vrací chybové hlášení.



3.3 Délka a změna délky vektoru

Každý vektor má svou délku, což je počet jeho prvků. Ke zjištění délky definovaného vektoru slouží funkce `length()`.

Každý prázdný objekt má svůj mod. Např. příkazem

```
> numeric()
[1] numeric(0)
```

vytvoříme prázdný numerický vektor, analogicky příkazem `character()` vytvoříme prázdný textový vektor, atd. K již existujícímu objektu libovolné délky můžeme přidávat nové složky, a to jednoduše umístěním indexu hodnoty do hranaté závorky. Tak příkazem `u[2] <- 5` vytvoříme nový vektor `u` délky 2 (1. složka není známa, má tedy hodnotu `NA`, 2. složka má hodnotu 5). Tento příkaz můžeme použít pro jakoukoliv strukturu za předpokladu, že mod přidávaných prvků je shodný s modem objektu.

Naopak, ke zkrácení délky objektu je třeba jen operátor přiřazení `<-`, kde za název proměnné umístíme do hranatých závorek ty indexy prvků, které nás zajímají. Symbol záporného znaménka před vektorem indexů v hranatých závorkách určuje ty hodnoty, které nemají být vypsány na výstupu.

```
> u <- 5:12
[1] 5 6 7 8 9 10 11 12
> length(u)
[1] 8
> u[c(1, 3, 5)] vypíše 1., 3. a 5. prvek vektoru u.
[1] 5 7 9
> u[-c(1, 3, 5)] vynechá 1., 3. a 5. prvek vektoru u.
[1] 6 8 10 11 12
```

V případě, že chceme získat prvních `n` složek vektoru, použijeme příkaz `length(v) <- n`. Stejným způsobem můžeme i prodlužovat vektory, přidané pozice budou mít hodnotu `NA`.

```
> length(u) <- 3
> u přesvědčíme se, že vektor u opravdu obsahuje jen původní 3 složky
[1] 5 6 7
```

Pracujme opět s vektorem `u <- 5:12`. Analogickými příkazy k výše uvedenému může být `u[c(1,2,3)]`, `u[1:3]`, `head(u,3)`.

```
> (w <- head(u,3))
[1] 5 6 7
```

```
> length(w) <- 5
> w
 [1] 5 6 7 NA NA
```

3.4 Faktory

Faktory jsou speciálním případem vektorů s nominálními nebo ordinálními daty. Jedná se o datovou strukturu, která umožňuje přiřadit smysluplné názvy jednotlivým kategoriím. Na první pohled vypadají faktory podobně jako numerické a textové vektory, ale není tomu tak. Faktory v sobě navíc obsahují informaci `Levels` – jedná se o konečnou množinu hodnot, kterých kategorická proměnná může nabývat. Jednotlivé prvky `Levels` jsou uspořádány podle jejich typu (numericky nebo abecedně), hodnoty `NA` zde ovšem nejsou zahrnuty.

```
> factor(c("kocka", "kun", NA, "pes", "kocka", "pes", "pes"))
 [1] kocka  kun   <NA>  pes   kocka  pes   pes
Levels: kocka  kun   pes
```

Poznámka. Je důležité si uvědomit, že prvky numerického faktoru nejsou interpretovány jako numerické hodnoty:

```
> mean(factor(1:5))  funkce mean slouží k výpočtu průměru
 [1] NA
Warning message:
In mean.default(factor(1:5)) :
  argument is not numeric or logical: returning NA
```

Funkce `factor()` má několik volitelných argumentů. Argument `Levels` může být použit k definování úrovní (`Levels`) faktoru. Např. můžeme vytvořit faktor i s úrovní, která se mezi daty nevyskytuje:

```
> factor(c(2, 3, 1, NA, 3, 2), levels=1:4)  hodnoty NA nejsou do Levels vy-
pisovány
```

```
 [1] 2 3 1 <NA> 3 2
Levels: 1 2 3 4
```

Argument `levels` rovněž může sloužit ke změně pořadí prvků úrovní:

```
> factor(c(2, 3, 1, NA, 3, 2), levels=c(1, 3, 2, 4))
 [1] 2 3 1 NA 3 2
Levels: 1 3 2 4
```

Argument `labels` se používá k definici popisků:

```
> factor(c(0, 1, 1, 0, 1), labels=c("nepřitomen", "přitomen"))
 [1] nepřitomen  přítomen  přítomen  nepřitomen  přítomen
Levels: nepřitomen  přítomen
```

KAPITOLA 3. VEKTORY

Argument `exclude` ignoruje vybrané prvky, tyto prvky jsou nahrazeny hodnotami `NA`

```
> factor(c(2, 3, 1, NA, 3, 2), exclude=3)
```

```
[1] 2 <NA> 1 <NA> <NA> 2
```

```
Levels: 1 2 <NA>
```

> `factor(c(2, 3, 1, NA, 3, 2), exclude=NULL)` argument `exclude=NULL` slouží pro zobrazení hodnoty `NA` v `Levels`

```
[1] 2 3 1 <NA> 3 2
```

```
Levels: 1 2 3 <NA>
```

Argument `ordered=TRUE` slouží k seřazení úrovní faktoru. Jediným rozdílem na výstupu je zobrazení porovnávacího operátoru `<` mezi jednotlivými úrovněmi faktoru. Tuto vlastnost můžeme použít např. při porovnávání jednotlivých prvků.

```
> (velikost <- factor(c(3, 1, 5, 4, 3, 2, 4), labels=c("mravenec",  
+ "hlemyzd", "koza", "slon", "zirafa")))
```

```
[1] koza mravenec zirafa slon koza hlemyzd slon
```

```
Levels: mravenec hlemyzd koza slon zirafa
```

```
> (velikost <- factor(c(3, 1, 5, 4, 3, 2, 4), labels=c("mravenec",  
+ "hlemyzd", "koza", "slon", "zirafa")), ordered=TRUE)
```

```
[1] koza mravenec zirafa slon koza hlemyzd slon
```

```
Levels: mravenec < hlemyzd < koza < slon < zirafa
```

> `velikost >= "koza"` vrací vektor logických hodnot, na pozicích splňujících podmínku jsou hodnoty `TRUE`, na ostatních pozicích `FALSE`

```
[1] TRUE FALSE TRUE TRUE TRUE FALSE TRUE
```


Kapitola 4

Matice a pole

4.1 Základní příkazy, tvorba matic a polí

Matice je 2-dimenzionální datová struktura, která se skládá z řádků a sloupců. Stejně jako vektory, všechny prvky matice musí být stejného datového typu (numerický, komplexní, logický nebo textový), mohou rovněž obsahovat prvky s hodnotami `NA`. Pole je k -dimenzionální struktura, matice je jejím speciálním typem pro $k = 2$.

Nejjednodušším způsobem k vytvoření matice nebo pole je příkaz `dim()`, který vektor ve svém argumentu uspořádá po sloupcích do pole požadované dimenze.

```
> u <- 1:20
> dim(u) <- c(4, 5)   vektoru u stanoví dimenzi – 4 řádky, 5 sloupců
> u
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
[1,]    1    4    9   13   17
[2,]    2    5   10   14   18
[3,]    3    6   11   15   19
[4,]    4    8   12   16   20
```

Další způsoby, jak vytvořit matice, popř. pole, je použít příkazy `matrix()`, popř. `array()`:

```
> matrix(u, 4, 5)   vytvoří matici o 4 řádcích a 5 sloupcích, prvky jsou skládány
po sloupcích
> matrix(u, 4, 5, byrow=TRUE)   vytvoří matici 4 x 5, argument byrow=TRUE sta-
novuje, že prvky jsou skládány po řádcích
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
[1,]    1    4    9   13   17
[2,]    2    5   10   14   18
[3,]    3    6   11   15   19
[4,]    4    8   12   16   20
```

Příkazy `matrix(u, ncol=5)`, `matrix(u, nrow=4)` a `matrix(u, 4)` jsou ekvivalentní, všechny seskládají po sloupcích vektor `u` do pěti sloupců a čtyř řádků.

Názvy řádků a sloupců mohou být specifikovány argumentem `dimnames`. Jedná se o argument typu seznam o dvou složkách – textových vektorech obsahujících názvy jednotlivých řádků a sloupců.

```
> matrix(u, ncol=5, dimnames=list(c("r1", "r2", "r3", "r4"), c("s11",
+ "s12", "s13", "s14", "s15")))
      s11 s12 s13 s14 s15
r1     1  4  9  13  17
r2     2  5 10  14  18
r3     3  6 11  15  19
r4     4  8 12  16  20
```

Pro definování polí slouží příkaz `array()`, s nímž je práce analogická.

Dalšími příkazy pro tvorbu matic mohou být `cbind()` nebo `rbind()`, které své argumenty skládají vertikálně (po sloupcích) nebo horizontálně (po řádcích). Argumenty mohou být vektory libovolných délek a/nebo matice se stejným počtem řádků nebo sloupců.

```
> cbind(1:3, 4:6)
      [,1] [,2]
[1,]    1    4
[2,]    2    5
[3,]    3    6
> cbind(matrix(1:4, c(2, 2)), matrix(c(8, 11), c(2, 1)))
      [,1] [,2] [,3]
[1,]    1    3    8
[2,]    2    4   11
> rbind(1:8, 1:5)   v případě, že vektory nejsou stejné délky, složky kratšího vektoru se opakují tak dlouho, dokud nedosáhne rozměru delšího vektoru
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8]
[1,]    1    2    3    4    5    6    7    8
[2,]    2    2    3    4    5    1    2    3
Warning message:
In rbind(1:8 1:5) :
  number of columns of result is not a multiple of vector length
  (arg 2)
```

Argument `nazev.vektoru=vektor` slouží k pojmenování jednotlivých řádků a sloupců:

```
> cbind(s11=1:3, s12=4:6)
      s11 s12
[1,]   1   4
[2,]   2   5
[3,]   3   6
```

4.2 Submatice

K výpisu určité podmnožiny prvků matice či pole můžeme použít hranatých závorek `[]`. Obecně má pro pole `A` tento příkaz tvar `A[index_1, index_2, ..., index_n]`, kde `index_1` odkazuje na řádky, `index_2` na sloupce a `index_3, ..., index_n` na ostatní dimenze. Odkaz na každou dimenzi může být jedním ze čtyř tvarů uvedených v podkapitole 3.2. V případě, že některý z indexů není specifikován, v úvahu je brána celá délka příslušné dimenze.

```
> (A <- matrix(1:20, 4))
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
[1,]    1    4    9   13   17
[2,]    2    5   10   14   18
[3,]    3    6   11   15   19
[4,]    4    8   12   16   20
> A[-c(1, 2), c(3, 4, 5)]
      [,1] [,2] [,3]
[1,]   11   15   19
[2,]   22   16   20
```

Jazyk R se vždy snaží vracet objekty s nejnižší možnou dimenzí. Např. chceme-li vypsat jediný sloupec matice, R jej zobrazí jako řádkový vektor. To ovšem může být v některých případech nežádoucí - toto chování můžeme vypnout argumentem `drop=FALSE`:

```
> A[, 2]
[1] 5 6 7 8
> A[, 2, drop=FALSE]
      [,1]
[1,]    5
[2,]    6
[3,]    7
[4,]    8
```

4.3 Funkce pro manipulaci s maticemi

<code>nrow()</code> , <code>ncol()</code>	počet řádků a sloupců pole
<code>dim()</code>	dimenze pole
<code>t()</code>	transpozice matice
<code>diag()</code>	vypíše diagonálu matice
<code>diag(v)</code>	vytvoří diagonální matici se složkami vektoru <code>v</code> na diagonále
<code>diag(k)</code>	pro každé přirozené číslo <code>k</code> vygeneruje jednotkovou matici rozměrů $k \times k$
<code>det()</code>	determinant matice
<code>eigen()</code>	výstupem je seznam o dvou položkách - <code>values</code> (vlastní čísla) a <code>vectors</code> (vlastní vektory). V případě, že nás zajímají pouze vlastní čísla, popř. pouze vlastní vektory matice, použijeme operátoru <code>\$</code> : <code>eigen()\$values</code> , popř. <code>eigen()\$vectors</code> .
<code>qr()</code>	QR rozklad. Jedním z výstupů je <code>i</code> hodnota matice, chceme-li zjistit pouze hodnotu matice, můžeme použít příkaz <code>qr()\$rank</code>
<code>svd()</code>	singulární rozklad trojúhelníkové matice
<code>norm()</code>	norma matice. Je potřeba nainstalovat a načíst podpůrný balíček <code>Matrix</code> pomocí příkazů <code>install.packages(Matrix)</code> a <code>library(Matrix)</code> . Volitelnými argumenty můžeme zvolit typ normy: "O", "o" nebo "1" pro maximální součty ve sloupcích, "I" nebo "i" pro maximální součty v řádcích, "F" nebo "f" pro Frobeniovu normu
<code>sum(diag())</code>	stopa matice

```
> (A <- matrix(c(3, 2, -1, 0), 2))
      [,1] [,2]
[1,]    3   -1
[2,]    2    0
> (v <- diag(A))
[1] 3 0
> diag(v)
      [,1] [,2]
[1,]    3    0
[2,]    0    0
> diag(2)
      [,1] [,2]
[1,]    1    0
[2,]    0    1
```

```
> eigen(A)
$values
[1] 2 1
$vectors
      [,1] [,2]
[1,] 0.7071068 0.4472136
[2,] 0.7071068 0.8944272
> eigen(A)$values
[1] 2 1
> qr(A)$rank
[1] 2
> norm(A, "1"); norm(A, "i"); norm(A, "f")
[1] 5
[1] 4
[1] 3.741657
> sum(diag(A))
[1] 3
```

Řešení lineárních rovnic a inverze

Řešení lineárních rovnic je inverzní operací k maticovému násobení

> $b \leftarrow A \%*\% x$ $\%*\%$ je operátor maticového násobení, viz podkapitola 6.1
A značí čtvercovou matici koeficientů pro lineární systém, b je vektor nebo matice pravé strany. Vektor/matice x je řešením systému lineárních rovnic $Ax = b$, které získáme příkazem `solve(A, b)`. V lineární algebře řešení formálně dostaneme $x = A^{-1}b$, kde A^{-1} značí matici inverzní k matici A. Matici inverzní můžeme v R spočítat pomocí `solve(A)`.

```
> (A <- matrix(c(1, 3, 1, -1), 2))
      [,1] [,2]
[1,]    1    1
[2,]    3   -1
(b <- matrix(c(3, 1), 2))
      [,1] [,2]
[1,]    3
[2,]    1
> solve(A, b)
      [,1]
[1,]    1
[2,]    2
> solve(A) \%*\% b
      [,1]
[1,]    1
[2,]    2
```

Příkaz `backsolve(A, b, k, upper.tri, transpose)` rovněž slouží k řešení lineárních rovnic s horní (`upper.tri=TRUE`, implicitně) nebo dolní trojúhelníkovou maticí (`upper.tri=FALSE`). Vektor `b` je vektor/matice pravých stran, `k` je počet sloupců matice `A`, které mají být použity. Pro `transpose=TRUE` řešíme systém $A'x = b$, implicitní nastavení je `transpose=FALSE`.

```
> backsolve(A, b, upper.tri=TRUE)   řeší systém lineárních rovnic  $\left( \begin{array}{cc|c} 1 & 1 & 3 \\ 0 & -1 & 1 \end{array} \right)$ 
```

	[,1]	
[1,]		4
[2,]		-1

Kapitola 5

Tabulky dat a seznamy

5.1 Základní příkazy, tvorba datových tabulek a seznamů

Datová tabulka je 2-dimenzionální struktura, která slouží k uchování souboru dat. Soubor dat se skládá z množiny proměnných (sloupce), které jsou pozorovány na množství případů (řádky). Jednotlivé sloupce mohou být různých datových typů, ale prvky každého sloupce musí být stejného datového typu.

Seznam je nejobecnější datová struktura v R, jeho vlastností je, že umí kombinovat soubory objektů do objektu většího rozsahu. Jedná se o datovou strukturu skládající se z posloupnosti objektů, kterým se říká složky. Každá složka může obsahovat objekt jakéhokoliv datového typu. Seznam tedy může obsahovat vektory různých datových typů a délek, matice, pole, datové tabulky, funkce a/nebo jiné seznamy. Proto jsou seznamy vhodnými výstupy nejrůznějších výpočtů.

Rovněž je důležité si uvědomit, že datová tabulka je speciálním případem seznamu. Nejedná se o nic jiného, než seznam, jehož složky jsou vektory stejné délky a odpovídající pozice vyjadřují stejné případy (např. výskyt aut červené a modré barvy během středy).

Datovou tabulku vytvoříme příkazem `data.frame`. Argumenty `nazev_1=vektor_1`, `nazev_2=vektor_2`, ... specifikujeme názvy sloupců (proměnných) a jejich hodnoty, názvy sloupců jsou nepovinné, stačí zadat pouze hodnoty. Argument `row.names` (implicitní nastavení NULL případy čísluje) specifikuje názvy případů. Argument `check.names` s implicitním nastavením `TRUE` kontroluje, zda jsou názvy proměnných syntakticky správné a zda se neopakují, v případě duplikací se stará o jejich přejmenování.

KAPITOLA 5. TABULKY DAT A SEZNAMY

```
> data.frame(cviceni_1=factor(c(1, 0, 0, 1, 1), labels=c("nepritomen",
+ "pritomen")), body=c(18, 13, 15, 20, 15))
  cviceni_1  body
1   pritomen   18
2 nepritomen   13
3 nepritomen   15
4   pritomen   20
5   pritomen   15
> data.frame(cviceni_1=factor(c(1, 0, 0, 1, 1), labels=c("nepritomen",
+ "pritomen")), body=c(18, 13, 15, 20, 15)), row.names=c("Petr",
+ "Pavel", "Jirina", "Adela", "Matej")
  cviceni_1  body
Petr   pritomen   18
Pavel nepritomen   13
Jirina nepritomen   15
Adela  pritomen   20
Matej  pritomen   15
> data.frame(a=c(1,2), a=c(T,F), check.names=T)
  a  a.1
1 1    T
2 2    F
> data.frame(a=c(1,2), a=c(T,F), check.names=F)
  a  a
1 1  T
2 2  F
```

Funkce `list()` slouží k vytvoření seznamu. Stejně jako u funkce `data.frame()` mohou být i složky seznamu pojmenovány pomocí argumentů `nazev.1=slozka.1`, `nazev.2=slozka.2`, ...

```
> (l <- list(barva=c("cervena", "modra", "bila"), matrix(1:4, 2),
+ data.frame(Petr=sample(5, replace=T), Pavel=1:5, row.names=c("po",
+ "ut", "st", "ct", "pa"))))
$barva
[1] "cervena" "modra" "bila"

[[2]]
  [,1] [,2]
[1,]   1   3
[2,]   2   4
```



```
[[3]]
      Petr Pavel
po      1     1
ut      3     2
st      3     3
ct      5     4
pa      3     5
```

Funkce `dim()`, `names()` a `contents()` slouží k výpisu vlastností datové tabulky. Funkce `dim()` vypisuje dimenze tabulky dat, funkce `names()` zobrazuje názvy proměnných. Funkce `contents()` zobrazuje počty pozorování a počty proměnných, jejich názvy a módy, počet hodnot `NA` každé proměnné, popisky a počet úrovní proměnných typu faktor, atd. Funkce je obsažena v balíčku `Hmisc`, který není ve standardní distribuci, je třeba jej proto doinstalovat a načíst příkazem `library(Hmisc)`.

K výpisu vlastností seznamu můžeme použít funkci `names()`, která vrací názvy složek seznamu. Funkce `dim()` a `contents()` u seznamu použít nemůžeme, můžeme je ovšem nahradit funkcemi `length()`, která vrací počet složek seznamu, a `str()`, která vypisuje vnitřní strukturu seznamu.

5.2 Podmnožiny seznamů

K vypsání podmnožiny seznamu můžeme použít jednoduchých `[]` nebo dvojitých `[[]]` hranatých závorek. Jednoduchými závorkami uvádíme, které složky seznamu chceme získat. Jestliže jednotlivé složky seznamu nejsou pojmenovány, požadovanou složku specifikujeme jejím číslem. K výpisu více složek můžeme použít operátor `:` nebo funkci `c()`. Jestliže jsou složky seznamu pojmenovány, požadované prvky specifikujeme jejich názvy v uvozovkách. Podmnožina seznamu vytvořená pomocí jednoduchých hranatých závorek je opět typu seznam.

Naopak, příkaz pro vytváření podmnožiny pomocí dvojitých hranatých závorek vrací objekt takového typu, jakým byl při definování seznamu. V tomto případě je na každou složku odkazováno jednotlivě, nepoužívá se proto operátor `:` ani funkce `c()`. Stejně jako u jednoduchých hranatých závorek, na každou složku je odkazováno jejím číslem, má-li požadovaná složka název, můžeme na ni odkazovat jejím názvem v uvozovkách nebo můžeme použít operátor `$`.

```
> l <- list(barva=c("cervena", "modra", "bila"), matrix(1:4, 2),
+ data.frame(Petr=sample(5, replace=T), Pavel=1:5, row.names=c("po",
+ "ut", "st", "ct", "pa")))
> l["barva"]
$barva
[1] "cervena" "modra" "bila"
```

```
> typeof(1["barva"])   příkaz typeof() určí typ svého argumentu
[1] "list"
> 1[[2]]
      [,1] [,2]
[1,]    1    3
[2,]    2    4
> typeof(1[[2]])
[1] "integer"
> typeof(1$barva)
[1] "character"
```

Protože datové tabulky jsou speciálním případem seznamů, řádky a/nebo sloupce tabulky dat mohou být získány pomocí `[[`], `[[[]]` a/nebo operátoru `$`. Datové tabulky mohou být považovány i za zobecněné matice, k vytvoření podmnožiny můžeme proto použít `[,]`.

```
> tab <- data.frame(cervena=c(1,2,3), modra=c(3,6,0), bila=c(2,5,1),
+ row.names=c("pondeli", "utery", "streda"))
> tab[1]
      cervena
pondeli      1
utery        2
streda       3
> typeof(tab[1])
[1] "list"
> tab[[1]]   ekvivalentní příkaz příkazům tab[["cervena"]] a tab$cervena
[1] 1 2 3
> typeof(tab[[1]]); typeof(tab[["cervena"]]); typeof(tab$cervena)
[1] "double"
[1] "double"
[1] "double"
> tab["utery", "bila"]
[1] 5
```

K výběru podmnožiny datové tabulky slouží i příkaz `subset(x,)`. Argument `x` specifikuje datovou tabulku, z níž podmnožinu vybíráme. Argument `subset` specifikuje řádky vyhovující dané podmínce, přičemž hodnoty `NA` jsou brány jako `FALSE`. Argument `select` specifikuje sloupce, které chceme vypsat, můžeme použít funkce `c()`, operátoru `:` i operátoru `-` pro vynechání složek.

```
> subset(tab, subset=cervena==3, select=c(modra, bila))
      modra bila
streda    0    1
```

Na rozdíl od operátorů `[]`, `[[]]`, funkce `subset()` vždy vrací tabulku dat, i když má jen jeden řádek nebo sloupec. K tomu, aby vrátila jen jednoduchý vektor, musíme za vlastní definici podmnožiny datové tabulky použít operátor `$`, za nímž následuje název sloupce:

```
> tab["pondeli", "cervena"]
[1] 1
> subset(tab, subset=cervena==1, select=cervena)
      cervena
pondeli      1
> subset(tab, subset=cervena==1, select=cervena)$cervena
[1] 1
```

5.3 Funkce pro manipulaci s tabulkami dat a seznamy

Přidání dalších sloupců

Prvním způsobem, jak přidat nový sloupec s hodnotami, je příkaz tvaru `datová_tabulka$nazev_noveho_sloupce <- hodnoty`, druhým je použít příkaz `data.frame()`.

```
> (knihy <- data.frame(nazev=c("Dekameron", "Maj", "Temno", "Bidnici",
+ "Babicka"), autor=c("Boccaccio", "Erben", "Jirasek", "Hugo",
+ "Nemcova")))
      nazev      autor
1 Dekameron Boccaccio
2      Maj      Erben
3      Temno   Jirasek
4  Bidnici      Hugo
5  Babicka   Nemcova
> knihy$pocet <- c(3, 6, 4, 3, 5)
> knihy
      nazev      autor  pocet
1 Dekameron Boccaccio    3
2      Maj      Erben    6
3      Temno   Jirasek    4
4  Bidnici      Hugo    3
5  Babicka   Nemcova    5
```

```
> (knihy <- data.frame(knihy, k_dispozici=c(F, F, T, F, T)))
```

	nazev	autor	pocet	k_dispozici
1	Dekameron	Boccaccio	3	F
2	Maj	Erben	6	F
3	Temno	Jirasek	4	T
4	Bidnici	Hugo	3	F
5	Babicka	Nemcova	5	T

Funkce `transform()` pouze tiskne aktuální datovou tabulku, nepřidává nastálo novou proměnnou (v opačném případě musíme provést přiřazení).

```
> transform(knihy, rok=c(1971, 1997, 1983, 2003, 1992))
```

 přidá sloupec rok s danými hodnotami, proměnná `knihy` ovšem zůstane nezměněna

	nazev	autor	pocet	k_dispozici	rok
1	Dekameron	Boccaccio	3	F	1971
2	Maj	Erben	6	F	1997
3	Temno	Jirasek	4	T	1983
4	Bidnici	Hugo	3	F	2003
5	Babicka	Nemcova	5	T	1992

Odstraňování řádků a sloupců

Každý sloupec můžeme z datové tabulky odstranit jeho nastavením na hodnotu `NULL`: `knihy$pocet <- NULL`. Můžeme použít operátor `[]`, např. `knihy[, "pocet"] <- NULL`. O tom, že sloupce byly opravdu odstraněny, se můžeme přesvědčit funkcí `names()`.

```
> names(knihy)
```

```
[1] "nazev" "autor" "k_dispozici"
```

K odstranění řádků můžeme použít operátor `[,]`.

```
> (knihy <- knihy[1:3, c("nazev", "k_dispozici")])
```

	nazev	k_dispozici
1	Dekameron	F
2	Maj	F
3	Temno	T

Slučování

Ke sloučení tabulek dat můžeme použít funkce `cbind()` nebo `rbind()`, které je sloučí po sloupcích nebo řádcích. Při použití funkce `cbind()` musí mít přidávané sloupce stejnou délku jako sloupce v již existující datové tabulce. Rovněž je vhodné se přesvědčit, že přidávané sloupce mají stejné pořadí řádků. Při použití funkce `rbind()` je třeba dodržovat stejný počet sloupců a jejich shodné názvy.

Alternativou k funkcím `cbind()` a `rbind()` může být funkce `merge(x, y, by, by.x, by.y, all, all.x, all.y)`, která sloučí datové tabulky `x` a `y`. Argumenty `by`, `by.x` a `by.y` specifikují ty názvy sloupců, podle kterých mají být tabulky sloučeny. V případě stejného názvu sloupců použijeme argument `by`. Jsou-li názvy sloupců, podle

kterých chceme slučovat, různé, pomocí argumentů `by.x` a `by.y` zvolíme ty správné. V případě více podmínek na spojení podmínky uvádíme ve formě vektoru typu řetězec. Argumenty `all`, `all.x` a `all.y` specifikují, které řádky se mají objevit na výstupu. Argument `all=FALSE` (implicitní nastavení) vrací pouze řádky z průniku obou tabulek, argument `all=TRUE` naopak vrací řádky ze sjednocení obou tabulek. Argument `all.x=TRUE` vrací všechny řádky tabulky `x`, analogicky je tomu u `all.y=TRUE`. Při použití argumentů `all=TRUE`, `all.x=TRUE` nebo `all.y=TRUE` mají „volná“ místa, která vznikla spojením, hodnotu `NA`.

```
> (tab1 <- data.frame(auto=c("fiat", "opel", "skoda", "bmw"), barva=
+ c("seda", "cervena", "cerna", "modra"), rok=c(2003, 1999, 2008,
+ 2004)))
```

	auto	barva	rok
1	fiat	seda	2003
2	opel	cervena	1999
3	skoda	cerna	2008
4	bmw	modra	2004

```
> (tab2 <- data.frame(znacka=c("saab", "bmw", "audi"), majitel=c("muz",
+ "zena", "zena")))
```

	znacka	majitel
1	saab	muz
2	bmw	zena
3	audi	zena

```
> merge(tab1, tab2)  protože tabulky neobsahují stejný název sloupce, podle kte-
rého by se sloučení mělo řídit, R vytvoří kartézský součin obou tabulek (tzn. ke každému
řádku tab1 se připojí každý řádek tab2)
```

	auto	barva	rok	znacka	majitel
1	fiat	seda	2003	saab	muz
2	opel	cervena	1999	saab	muz
3	skoda	cerna	2008	saab	muz
4	bmw	modra	2004	saab	muz
5	fiat	seda	2003	bmw	zena
6	opel	cervena	1999	bmw	zena
7	skoda	cerna	2008	bmw	zena
8	bmw	modra	2004	bmw	zena
9	fiat	seda	2003	audi	zena
10	opel	cervena	1999	audi	zena
11	skoda	cerna	2008	audi	zena
12	bmw	modra	2004	audi	zena

```
> merge(tab1, tab2, by.x="auto", by.y="znacka")  spojení na základě výskytu
bmw v obou sloupcích auto i znacka
```

	auto	barva	rok	majitel
1	bmw	modra	2004	zena

```
> merge(tab1, tab2, by.x="auto", by.y="znacka", all.x=T)  argument
all.x=T zajistil, aby výstup obsahoval všechny hodnoty z tab1
```

	auto	barva	rok	majitel
1	bmw	modra	2004	zena
2	fiat	seda	2003	<NA>
3	opel	cervena	1999	<NA>
4	skoda	cerna	2008	<NA>

Třídění

Ke třídění tabulek dat se používá funkce `order()`, která vrací vektor indexů vzestupně (implicitně) nebo sestupně uspořádaných prvků. Tabulky můžeme řadit podle jednotlivých sloupců příkazem `nazev[with(nazev, order(sloupc)),]`, kde `nazev` udává název datové tabulky a argument `sloupc` udává název sloupců, podle nichž bude provedeno třídění. Funkce `with()` slouží ke správnému seřazení jednotlivých řádků přes všechny sloupce.

```
> knihy
```

	nazev	autor	pocet	k_dispozici
1	Dekameron	Boccaccio	3	F
2	Maj	Erben	6	F
3	Temno	Jirasek	4	T
4	Bidnici	Hugo	3	F
5	Babicka	Nemcova	5	T

```
> knihy[with(knihy, order(k_dispozici, nazev)),]  seřazuje podle sloupce
k_dispozici, v případě vícenásobných hodnot řadí podle sloupce nazev
```

	nazev	autor	pocet	k_dispozici
4	Bidnici	Hugo	3	F
1	Dekameron	Boccaccio	3	F
2	Maj	Erben	6	F
5	Babicka	Nemcova	5	T
3	Temno	Jirasek	4	T

```
> knihy[with(knihy, order(k_dispozici, -pocet)),]  pokud některý ze sloupců
tabulky tvoří numerický vektor, pro sestupné uspořádání tohoto sloupce můžeme pou-
žít operátoru -. Rovněž si můžeme všimnout, že v případě nejednoznačných podmínek
na seřazení (řádek č. 1 a 4) dostává přednost řádek s nižším pořadovým číslem, u názvů
řádků se postupuje podle abecedního uspořádání.
```

	nazev	autor	pocet	k_dispozici
2	Maj	Erben	6	F
1	Dekameron	Boccaccio	3	F
4	Bidnici	Hugo	3	F
5	Babicka	Nemcova	5	T
3	Temno	Jirasek	4	T

Kapitola 6

Konstanty, operátory a matematické výpočty

6.1 Aritmetické operátory

+ sčítání
- odčítání
* násobení
/ dělení
^ umocňování
%% maticové násobení
%% zbytek po celočíselném dělení (modulo)
%/ % celá část z celočíselného dělení
t() transpozice matice nebo tabulky dat

```
> a <- c(3, 5, 7, 8); b <- c(1, 2, 3)
```

```
> c <- a+b
```

```
[1] 4 7 10 9
```

```
Warning message:
```

```
In a + b : longer object length is not a multiple of shorter object  
length
```

Protože vektor *b* je menší délky než vektor *a*, je potřeba jeho délku zvětšit o jednu pozici. (Pravidlo pro postupné opakování složek do požadované délky se nazývá *recycling rule*.) Poslední složka vektoru *c* je tedy součtem 4. složky vektoru *a* a 1. složky vektoru *b*. Na stejném principu fungují i všechny ostatní aritmetické operátory.

MATLAB by v tomto případě hlásil chybu a výpočet by neprovedl, protože sčítance nejsou stejné dimenze.



```
> "a" + "b"
Error in "a" + "b" : non-numeric argument to binary operator
```

Binární operátory můžeme použít pouze na numerické argumenty. Na rozdíl od R, v MATLABu je můžeme použít i na textové řetězce, které jsou převedeny na příslušný kód v ASCII tabulce a následně provedena příslušná operace.



```
> a / b
[1] 3.000000 2.500000 2.33333 8.00000
> a %/% b
[1] 3 2 2 8
> a %% b
[1] 0 1 1 0
```

6.2 Porovnávací a logické operátory

Porovnávací operátory slouží k porovnávání odpovídajících si složek vektorů. Na výstupu dostáváme vektor logických hodnot **TRUE** a **FALSE** délky nejdelšího vektoru na vstupu. Hodnoty **TRUE** obsazují ty pozice, které splňují danou podmínku, ostatní pozice jsou vyplněny hodnotami **FALSE**.

```
==   rovno
=    není rovno
<, <=  menší, menší nebo rovno
>, >=  větší, větší nebo rovno
&    logické a
|    logické nebo
!    negace

> a <- c(3, 5, 7); b <- c(1, 2, 3)
> a <= b
[1] FALSE FALSE FALSE
> a >= 3 & b <= 2
[1] TRUE TRUE FALSE
> !(a == 5 | a == b)
[1] TRUE FALSE TRUE
```


6.3 Množinové operátory

<code>all(relace)</code>	testuje, zda jsou všechny relace pravdivé
<code>any(relace)</code>	testuje, zda je alespoň jedna relace pravdivá
<code>which(relace)</code>	vrací pořadí těch relací množiny, které jsou pravdivé (popř. které splňují danou podmínku). V případě polí můžeme použít argument <code>arr.ind=T</code> pro výpis hodnot v podobě čísel řádků a sloupců, popř. dalších dimenzí
<code>x %in% y, is.element(x, y)</code>	testuje, zda je <code>x</code> podmnožinou množiny <code>y</code> , vrací logické hodnoty
<code>intersect(mnoziny)</code>	průnik množin
<code>union(mnoziny)</code>	sjednocení množin
<code>setdiff(x, y)</code>	rozdíl množin, vrací ty prvky vektoru <code>x</code> , které nejsou obsaženy v <code>y</code>


```

> x <- 1:10; y <- 2:9, z <- -5:5
> all(z)   testuje, zda jsou všechny prvky vektoru z kladné
[1] FALSE
> any(z)   testuje, zda existuje nějaký kladný prvek vektoru z
[1] TRUE
> all(y) >= x[5]
[1] FALSE
> any(x) == any(y)
[1] TRUE
> m <- matrix(2:10, c(3, 3))
      [,1] [,2] [,3]
[1,]    2    5    8
[2,]    3    6    9
[3,]    4    7   10
> which(m > 8 | m == 3)
[1] 2  8  9
> which(m > 8 | m == 3, arr.ind=T)
      row col
[1,]    2    1
[2,]    2    3
[3,]    3    3
> x %in% y
[1] FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE
[10] FALSE
> is.element(y, x)
[1] TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE

```

```
> union(x[1:5], y[c(7, 8)])
[1] 1 2 3 4 5 8 9
> intersect(x[1:5], y[c(1, 2, 3)])
[1] 2 3 4
> setdiff(x, y)
[1] 1 10
> setdiff(y, x)
integer(0)
```

6.4 Matematické funkce

Předpokládejme, že objekt x je numerický, komplexní, logický vektor nebo pole, operace jsou prováděny po složkách.

`abs(x)`, `sqrt(x)` absolutní hodnota a druhá odmocnina objektu x
`sign(x)` signum objektu x

Logaritmické a exponenciální funkce:

`log(x)`, `log10(x)`, `log2(x)` přirozený logaritmus, logaritmus se základem 10 a 2
`log(x, base)` logaritmus se základem `base`
`exp(x)` exponenciální funkce x

Trigonometrické a hyperbolické funkce:

`cos(x)`, `sin(x)`, `tan(x)`, `cosh(x)`, `sinh(x)`, `tanh(x)`

Inverzní trigonometrické a hyperbolické funkce:

`acos(x)`, `asin(x)`, `atan(x)`, `acosh(x)`, `asinh(x)`, `atanh(x)`

`gamma(x)` gamma funkce pro kladná reálná čísla x

`choose(n, k)` kombinační číslo $\binom{n}{k}$ pro každé reálné číslo n a přirozené číslo k

`factorial(x)` faktoriál x

`max(x)`, `min(x)`, `sum(x)`, `prod(x)` vrací maximální a minimální prvek, součet a součin prvků argumentu x . Pro objekty typu matice nebo pole funkce `sum(x)` a `prod(x)` vrací součet, resp. součin všech prvků.

MATLAB aplikuje funkce `sum()` a `prod()` na matice po sloupcích.



`cummax(x)`, `cummin(x)`, `cumsum(x)`, `cumprod(x)` vrací vektor, jehož složkami jsou

KAPITOLA 6. KONSTANTY, OPERÁTORY A MATEMATICKÉ VÝPOČTY

maximum, minimum, kumulativní součet a součin prvků argumentu x

```
> a <- c(1, 2, 3, 5, 8, 2, 4, 1, 2, 2)
> cumsum(a)
 [1] 1  3  6 11 19 21 25 26 28 30
> cummin(a)  vždy nerostoucí posloupnost prvků
 [1] 1  1  1  1  1  1  1  1  1  1
> cummax(a)  vždy neklesající posloupnost prvků
 [1] 1  2  3  5  8  8  8  8  8  8
```

`range(x)` vektor obsahující minimum a maximum objektu x , `range(x)` je ekvivalentní příkazu `c(min(x), max(x))`

`mean(x)`, `median(x)` průměr a medián objektu x

`sd(x)` směrodatná odchylka objektu x , v případě, že x je matice, `sd(x)` vrací směrodatnou odchylku jejích sloupců

`var(x)`, `cov(x, y)`, `cor(x, y)` rozptyl x , kovariance a korelace vektorů x, y , v případě, že x, y jsou matice, kovariance a korelace jsou počítány mezi sloupci x a y

`quantile(x)` generická funkce, vrací minimum, dolní kvartil, medián, horní kvartil a maximum objektu x

```
> c(min(a), max(a)); range(a)
 [1] 1  8
 [1] 1  8
> mean(a)
 [1] 3
> var(a)
 [1] 4.666667
> quantile(a)
 0%  25%  50%  75% 100%
1.00 2.00 2.00 3.75 8.00
```

`pmax(x, y, z, ...)`, `pmin(x, y, z, ...)` objekt maximálních/minimálních prvků na odpovídajících si pozicích

```
> b <- 1:10
> pmin(a, b)
 [1] 1  2  3  4  5  2  4  1  2  2
```

Pro pole o 2 a více dimenzích s numerickými, komplexními nebo logickými hodnotami nebo tabulky dat můžeme použít následující funkce, které vrací průměry, součty a rozptyly po sloupcích či řádcích:

```
colMeans(x), colSums(x), colVars(x)
rowMeans(x), rowSums(x), rowVars(x)
```

KAPITOLA 6. KONSTANTY, OPERÁTORY A MATEMATICKÉ VÝPOČTY

```
> (e <- matrix(a,5))
```

```
      [,1] [,2]
[1,]    1    2
[2,]    2    4
[3,]    3    1
[4,]    5    2
[5,]    8    2
```

```
> rowSums(e)
```

```
[1]  3  6  4  7 10
```

`sort(x, decreasing, na.last, index.return)` uspořádání objektu `x`
`decreasing=F` vzestupné pořadí (implicitní nastavení), `decreasing=T` sestupné pořadí,

`na.last=NULL` zajišťuje, aby hodnoty `NA` byly vynechány,

`na.last=T` zajišťuje, aby hodnoty `NA` byly řazeny na konec,

`index.return=T` vypíše i původní pořadí hodnot

`order(x, decreasing, na.last)` vypíše indexy seřazených hodnot, význam argumentů je stejný jako u funkce `sort()`

`rank(x, na.last, ties.method)` vypíše pořadí jednotlivých hodnot vektoru `x`. Argument `ties.method` definuje, jaké číslo má být přiřazeno stejným hodnotám vektoru `x`, nabývá jedné z hodnot `c("first", "random", "average", "max", "min")`. "First" řadí vzestupně podle pozice v řadě, "random" řadí náhodně, "average" podle průměrného pořadí a "min/max" podle hodnoty minimálního/maximálního pořadí
`rev(x)` seřazení v opačném pořadí

```
> a <- c(1, 2, 3, 5, 8, NA, 2, 4, 1, 2, 2)
```

```
> sort(a) hodnoty NA automaticky vynechává
```

```
[1] 1 1 2 2 2 2 3 4 5 8
```

```
> sort(a, na.last=F)
```

```
[1] NA 1 1 2 2 2 2 3 4 5 8
```

```
> order(a)
```

```
[1] 1 9 2 7 10 11 3 8 4 5 6
```

```
> rank(a, ties.method="average")
```

```
[1] 1.5 4.5 7.0 9.0 10.0 11.0 4.5 8.0 1.5 4.5
[11] 4.5
```

6.5 Zaokrouhlování

Pro zaokrouhlování se používají následující funkce:

<code>ceiling()</code>	zaokrouhlení k nejbližšímu většímu celému číslu
<code>floor()</code>	zaokrouhlení k nejbližšímu menšímu celému číslu
<code>trunc()</code>	zaokrouhlení směrem k 0, celá část daného čísla
<code>round()</code>	zaokrouhlení k nejbližšímu celému číslu, parametrem <code>digits=pocet volíme počet desetinných míst, na jaký má být zaokrouhlení provedeno (implicitně <code>digits=0</code>)</code>
<code>signif()</code>	zaokrouhlení na určitý počet platných cifer (parametr <code>digits</code> , zbytek doplní nulami)

```
> ceiling(c(3.468575, -3.468575))
[1] 4 -3
> floor(c(3.468575, -3.468575))
[1] 3 -4
> trunc(c(3.468575, -3.468575))
[1] 3 -3
> round(c(3.468575, -3.468575), digits=3)
[1] 3.469 -3.469
> signif(c(3.468575, -3.468575), digits=3)
[1] 3.47 -3.47
```

Poznámka. Zaokrouhlování čísla 5: pokud následují za číslicí 5 jen nuly, číslo je zaokrouhleno směrem dolů, pokud následuje jakákoliv jiná číslice, číslo je zaokrouhleno nahoru.

```
> round(7.125, digits=2)
[1] 7.12
> round(7.12501, digits=2)
[1] 7.13
```

6.6 Konstanty

Jazyk R má zabudovány konstanty, z nichž nejpoužívanější jsou:

`pi` ... π , Ludolfovo číslo

`exp(1)` ... e , základ přirozeného logaritmu, Eulerovo číslo

`i` ... i , komplexní jednotka

`.Last.value` ... proměnná obsahující poslední hodnotu, jež nebyla přiřazena do žádné proměnné explicitně

`letters` ... malá písmena abecedy

KAPITOLA 6. KONSTANTY, OPERÁTORY A MATEMATICKÉ VÝPOČTY

LETTERS ... velká písmena abecedy
month.name ... anglické názvy měsíců
month.abb ... zkratky anglických názvů měsíců

```
> 3
[1] 3
> .Last.value
[1] 3
> LETTERS[9:14]
[1] "I" "J" "K" "L" "M" "N"
> month.name[c(7, 10)]
[1] "July" "October"
```

Kapitola 7

Další příkazy v R

7.1 Práce s knihovnami

Ne všechny funkce jsou přístupné ze základních knihoven, jsou umístěny v dodatečných balíčcích. Výpis aktuálně nainstalovaných knihoven můžeme získat příkazem `library()`. Příkaz `search()` vyhledá přiinstalované knihovny.

```
> search()
[1] ".GlobalEnv"          "package:stats"      "package:graphics"
[4] "package:grDevices"  "package:utils"      "package:datasets"
[7] "package:methods"    "Autoloads"          "package:base"
```

Mnohdy je zapotřebí přiinstalovat další balíčky: záložka `Packages` → `Install Package(s) ...` nebo příkazem `install.packages(nazev_balicku)`. Před zahájením práce s přiinstalovanými balíčky je třeba je načíst příkazem `library(nazev_balicku)`, až teprve v tomto okamžiku je balíček připraven k používání. O tom se znovu můžeme přesvědčit:

```
> library(Matrix)
Loading required package : lattice
> library(lattice)
> library(Matrix)
> search()
[1] ".GlobalEnv"          "package:Matrix"     "package:lattice"
[4] "package:stats"      "package:graphics"  "package:grDevices"
[7] "package:utils"      "package:datasets"  "package:methods"
[10] "Autoloads"          "package:base"
```

7.2 Práce s daty

Funkce pro načítání dat

`scan(file, what, sep, dec, nmax)` je funkce pro načtení vektoru nebo seznamu z konzole nebo souboru. Popis argumentů:

`file` textový řetězec uvádějící plnou cestu s názvem souboru, při načítání ze schránky `file="clipboard"`
`what` typ načítané hodnoty (numerické, komplexní, ...)
`sep` znak, kterým jsou odděleny jednotlivé načítané položky, např. `sep=","`
`dec` znak pro desetinnou čárku
`nmax` maximální počet hodnot, který má být načten

Postup pro zobrazení hodnot uložených ve schránce:

1. zkopírovat příslušná data, např. 2; 4; 6; 1; 3; 5
2. zavolat funkci `scan()`

```
x <- scan(file="clipboard", sep=";")
```

Po jejím zavolání se objeví oznámení:

```
Read 6 items
> x
[1] 2 4 6 1 3 5
> x <- scan(file="clipboard", sep=";", what=character())
Read 6 items
> x
[1] "2" "4" "6" "1" "3" "5"
```

Další takovou funkcí je `read.table(file, header, sep, dec, row.names, col.names)`, která načítá data do tabulky dat (`data.frame`)

`file, sep, dec` viz funkce `scan()`
`header` logická hodnota, zda je v datech obsažena hlavička
`row.names` textový řetězec názvů řádků nebo číslo odkazující na sloupec názvů
`col.names` vektor názvů sloupců

```
1, 2, 3, 4, 5
```

```
3, 2, 1, 1, 2
```

```
> read.table(file="clipboard", sep=";")
```

```
  V1 V2 V3 V4 V5
1  1  2  3  4  5
2  3  2  1  1  2
```

```
1 2 3 4 5 r1
```

```
3 2 1 1 2 r2
```

```
> read.table(file="clipboard", row.names=6, col.names=c("s11", "s12",
+ "s13", "s14", "s15", "s16"))
```

 přestože poslední sloupec obsahuje názvy řádků,

argument `col.names` musí obsahovat jeho název i tohoto sloupce ("`s16`"), i když nebude vytištěn

```
      s11 s12 s13 s14 s15
r1     1   2   3   4   5
r2     3   2   1   1   2

s11 s12 s13 s14 s15 s16
1 2 3 4 5 r1
3 2 1 1 2 r2
> read.table(file="clipboard", row.names=6, header=T)
      s11 s12 s13 s14 s15
r1     1   2   3   4   5
r2     3   2   1   1   2
```

Pro usnadnění práce s daty jazyk R obsahuje okolo sta vestavěných datových souborů (v balíčku `datasets`). Funkce `data()` zobrazí seznam dostupných datových souborů. K zobrazení vybraných souborů slouží příkaz `data(nazev, package)`¹, argument `package` slouží ke specifikaci balíčku, ve kterém se data nachází.

Dalšími užitečnými funkcemi jsou `attach()` a `detach()`. Funkce `attach()` má použití zejména u seznamů a datových tabulek, kde umožňuje vypisování jejich složek přímo, tzn. bez specifikace objektu. Argumentem funkce je název objektu, u kterého chceme výše uvedené provést.

```
> tabulka <- data.frame(id=c(1:6), skupina=c(1, 2, 2, 1, 2, 1),
+ hodnota=runif(6, 2, 4))
> id
Error : object 'id' not found
> attach(tabulka)
> id
[1] 1 2 3 4 5 6
```

Opakem k funkce `attach` je funkce `detach`, která naopak znemožní, aby byly složky volány pouze svým názvem, nikoliv uvedením i specifikace objektu.

```
> detach(tabulka)
> id
Error : object 'id' not found
> tabulka$id
[1] 1 2 3 4 5 6
```

Ukládání dat

K ukládání objektů `object` do souboru specifikovaného argumentem `file=""` slouží

¹Od verze 2.0.0 jsou všechny datové soubory přístupné přímo zavoláním jejich názvu. Mnohé balíčky ovšem stále používají dřívější způsob volání pomocí `data(nazev)`, jenž může být stále využíván i dnes.

funkce `save(object, file="")`. Objekt může být následně načten pomocí funkce `load`.

```
> l <- list(v=1:5, mat=matrix(2:7, 3))   pro ukládání více objektů současně je
nejlepší seskupit tyto objekty do seznamu
> save(l, file="seznam.txt")
> nacteni <- load("seznam.txt")   načtení uloženého souboru seznam.txt, který
obsahuje proměnnou l
> nacteni
 [1] "l"
> l
 $v
 [1] 1  2  3  4  5
 $mat
      [,1] [,2]
 [1,]    2    5
 [2,]    3    6
 [3,]    4    7
```

Posloupnost jednotlivých příkazů i s jejich výstupy můžeme uložit v menu *File* → *Save to File...* Historii příkazů můžeme uložit v menu *File* → *Save History* nebo příkazem `savehistory(file=".RHistory")`, příkazem `loadhistory(file=".RHistory")` ji následně můžeme načíst. V případě, že otevíráme dříve uložený soubor, historie příkazů je načtena automaticky s ním.

7.3 Vlastnosti objektů

Se základními vlastnostmi objektů jsme se již seznámili v předešlých kapitolách. Zde si uvedeme některé další funkce, které nám o vnitřní struktuře objektů vypoví mnohem více.

`summary(object)` jedná se o tzv. generickou funkci (funkce, která si nejprve zjistí, jaké třídy je její parametr, podle něj pak vypisuje celkový přehled)

```
> (a <- c(1, 2, 3, 5, 8, 2, 4, 1, 2, 2))   v případě číselných vektorů funkce
summary() vrací minimum, 1. kvartil, medián, průměr, 3. kvartil a maximum
 [1] 1  2  3  5  8  2  4  1  2  2
> summary(a)
 Min. 1st Qu.  Median  Mean 3rd Qu.  Max.
 1.00   2.00   2.00  3.00   3.75  8.00
> (b <- c(1+3i, 7-1i, NA))
 [1] 1+3i  7-1i  NA
```

KAPITOLA 7. DALŠÍ PŘÍKAZY V R

```
> summary(b)
  Length   Class   Mode
    3 complex complex
> (c <- c(T, T, F, T, F))
[1] TRUE  TRUE  FALSE TRUE  FALSE
> summary(c)
  Mode FALSE TRUE NA's
logical    2    3    0
> (d <- c("k", "l", "l", "m"))
[1] "k"  "l"  "l"  "m"
> summary(d)
  Length   Class   Mode
    4 character character
> (e <- matrix(a, c(5, 2)))
  [,1] [,2]
[1,]  1   2
[2,]  2   4
[3,]  3   1
[4,]  5   2
[5,]  8   2
> summary(e)  vypíše přehled pro každý sloupec
  V1      V2
Min.  :1.0 Min.  :1.0
1st Qu.:2.0 1st Qu.:2.0
Median :3.0 Median :2.0
Mean   :3.8 Mean   :2.2
3rd Qu.:5.0 3rd Qu.:2.0
Max.   :8.0 Max.   :4.0
> (f <- factor(a))
[1] 1 2 3 5 8 2 4 1 2 2
Levels: 1 2 3 4 5 8
> summary(f)  vypisuje četnosti jednotlivých úrovní faktoru (Levels)
 1  2  3  4  5  8
2  4  1  1  1  1
> (tab <- data.frame(cervena=c(15, 14, 12, 12), seda=c(13, 17, 10, 9),
+ zelena=c(7, 9, 8, 6)))
  cervena  seda  zelena
1      15    13      7
2      14    17      9
3      12    10      8
4      12     9      6
```

KAPITOLA 7. DALŠÍ PŘÍKAZY V R

> `summary(tab)` opět vypisuje přehled pro každý sloupec zvlášť

```
      cervena      seda      zelena
Min.   :12.00  Min.   : 9.00  Min.   :6.00
1st Qu.:12.00  1st Qu.: 9.75  1st Qu.:6.75
Median :13.00  Median :11.50  Median :7.50
Mean   :13.25  Mean   :12.25  Mean   :7.50
3rd Qu.:14.25  3rd Qu.:14.00  3rd Qu.:8.25
Max.   :15.00  Max.   :17.77  Max.   :9.00
```

`str(object)` přehledně vypíše podrobnou vnitřní strukturu objektu, je alternativou k funkci `summary()` s tím rozdílem, že výpis provádí do řádku

```
> str(a)
 num [1:10]  1  2  3  5  8  2  4  1  2  2
> str(b)
 cplx [1:3]  1+3i  7-1i  NA
> str(c)
 logi [1:5]  TRUE  TRUE  FALSE  TRUE  FALSE
> str(d)
 chr [1:4]  "k"  "l"  "l"  "m"
> str(e)
 num [1:5, 1:2]  1  2  3  5  8  2  4  1  2  2
> str(f)
 Factor w/  6 levels "1"  "2"  "3"  "4",...:  1  2  3  5  8  2
4  1  2  2
> str(tab)
'data.frame':  4 obs. of  3 variables
 $ cervena: num  15  14  12  12
 $ seda   : num  13  17  10  9
 $ zelena : num   7   9   8   6
```

`comment(object)` nastaví nebo vypíše komentář k danému objektu

```
> comment(tab) <- "Pocty aut jednotlivych barev behem 4 casovych
obdobi."  nastavení komentáře k objektu tab
```

> `comment(tab)` zobrazení komentáře

```
[1] "Pocty aut jednotlivych barev behem 4 casovych obdobi."
```

`attributes(object)` vypisuje všechny atributy objektu. K výpisu nebo nastavení konkrétní vlastnosti objektu slouží příkaz `attr(object, name)`, kde parametr `name` udává název zjišťované vlastnosti.

```
> (ar <- array(1:8, c(2, 2, 2)))
, , 1
  [,1] [,2]
[1,]  1   2
[2,]  2   4
, , 2
  [,1] [,2]
[1,]  5   7
[2,]  6   8
> attributes(ar)
$dim
[1] 2 2 2
> attributes(f)
$levels
[1] 1 2 3 4 5 8
$class
[1] "factor"
> attributes(tab)
$names
[1] "cervena" "seda" "zelena"
$row.names
[1] 1 2 3 4
$class
[1] "data.frame"
$comment
[1] "Pocty aut jednotlivych barev behem 4 casovych obdobi."
> attr(,"names")
[1] "cervena" "seda" "zelena"
```

Funkce `as.something()` umožňuje změny modů všude, kde je to smysluplné.

```
> u <- 1:10
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
> v <- as.character(u) převede numerický vektor na vektor textových hodnot
[1] "1" "2" "3" "4" "5" "6" "7" "8" "9" "10"
> w <- as.integer(v) převede vektor textových hodnot na numerický vektor, vektory u a w jsou stejného typu
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

K převodu objektů z jednoho modu na druhý je k dispozici velké množství funkcí typu `as.something()`. Jejich podrobný seznam můžeme najít příkazem `methods(as)`.

Kapitola 8

Grafika v R

Systém R umožňuje zobrazovat širokou škálu statistických grafů a rovněž vytvářet zcela nové typy grafů. Příkazy k vykreslování grafů jsou rozděleny do tří základních skupin:

- **High-level** funkce vytváří nový graf s osami, popisky, názvem atd.
- **Low-level** funkce přidávají do již existujícího grafu další informace, např. další body, čáry, popisky.
- **Interaktivní grafika** umožňuje interaktivně pomocí myši přidávat data do již existujícího grafu nebo zpětně informace odebírat.

V případě, že jsou tyto grafy nedostačující, můžeme použít dalších balíčků - např. `grid`, `lattice`, `iplots`, `misc3D`, `rgl`, `scatterplot` nebo balíček `maps` obsahující nejrůznější mapy.

8.1 High-level funkce

Všechny grafy jsou nejprve vytvořeny pomocí high-level funkcí, které vytváří "kompletní" graf. Kompletní v tom smyslu, že jsou automaticky vygenerovány osy, popisky a nadpis (pokud sami nenastavíme jinak). High-level funkce vždy vykresluje nový graf, v případě, že již nějaký graf existuje, přepíše jej. Je důležité si uvědomit, že data k vykreslení mohou být různé objekty - podle druhu objektu grafické funkce následně vykresluje graf.

Argumenty k high-level funkcím:

<code>add</code>	implicitní hodnota <code>FALSE</code> , nastavením na hodnotu <code>TRUE</code> se high-level funkce začne chovat jako low-level funkce, tzn. výstup je přidán do již existujícího grafu
<code>axes</code>	implicitní hodnota <code>TRUE</code> , nastavení na hodnotu <code>FALSE</code> potlačuje vykreslování os

<code>log</code>	nastavením na hodnoty <code>log="x"</code> , <code>log="y"</code> , <code>log="xy"</code> budou mít vybrané osy logaritmické měřítko
<code>main</code>	textový řetězec pro název grafu, je umístěn nad grafem
<code>sub</code>	textový řetězec, je umístěn pod grafem a psán menším fontem
<code>type</code>	typ výstupního grafu <code>type="p"</code> vykresluje samostatné body (implicitní nastavení) <code>type="l"</code> linie <code>type="b"</code> přerušované linie s body <code>type="c"</code> přerušované linie bez bodů <code>type="o"</code> body navzájem spojené liniemi <code>type="h"</code> vertikální linie <code>type="s"</code> schodovitý graf s první linií horizontální <code>type="S"</code> schodovitý graf s první linií vertikální <code>type="n"</code> žádné vykreslování dat, vykresleny jsou pouze osy, rozsah souřadného systému závisí na datech
<code>xlab</code> , <code>ylob</code>	textové řetězce pro názvy os x a y , tyto argumenty mění implicitně zadané názvy os při volání high-level funkcí
<code>xlim</code> , <code>ylim</code>	2-prvkový vektor specifikující minimální a maximální hodnotu k vykreslení dané osy

Dále jsou uvedeny nejpoužívanější typy grafů se svými argumenty. Nejedná se o kompletní výčet argumentů, uvedeny jsou pouze ty nejdůležitější. Použitá data jsou uvedena na příloženém CD.

- `plot(x)` graf různého typu podle vstupních dat. Pro numerický vektor vrací jednoduchý graf s indexy na ose x a hodnotami na ose y , pro matice vrací graf s hodnotami prvního sloupce na ose x a odpovídajícími hodnotami druhého sloupce na ose y (ostatní sloupce jsou ignorovány), pro faktory vykresluje sloupcový graf četností jednotlivých hodnot, pro datové tabulky vykresluje bodový graf závislosti všech proměnných, pro křivky vykresluje hladkou čáru

`plot(x, y)` jestliže x a y jsou vektory téže délky, funkce vykreslí bodový graf hodnot y na pozicích x . Stejného výsledku můžeme docílit nahrazením argumentů x a y buď seznamem, obsahujícím dvě složky x a y , nebo maticí o dvou sloupcích (viz příkaz `plot(x)`).

Implicitní vzhled grafu `plot(x)` a `plot(x, y)` můžeme upravit pomocí široké škály volitelných argumentů:

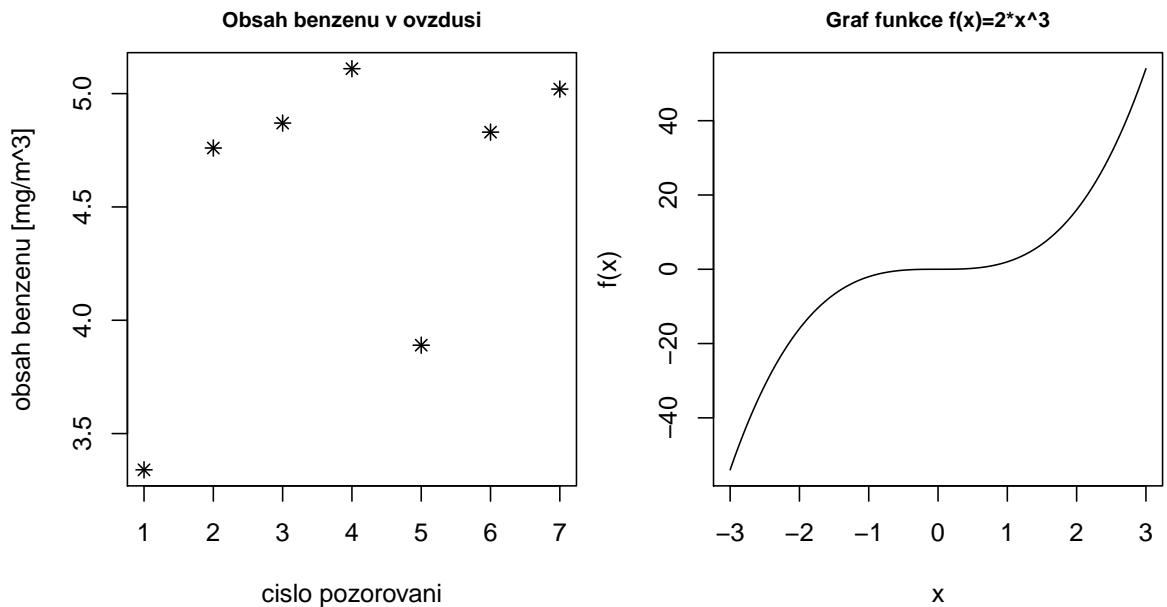
- `main`, `sub`, `type`
- `axes`, `xlim`, `ylim`, `xlab`, `ylob`
- `ann`, `col`, `bg`, `pch`, `cex`, `lty`, `lwd` parametry zadávající výpis názvu a popisků os, barvu, barvu pozadí grafu, znaky pro vykreslení bodů a jejich velikost, typ a tloušťku čar. Více informací v Kapitole 8.3.

- `frame.plot` logická hodnota implicitně nastavená na `FALSE`, nastavení na hod-

KAPITOLA 8. GRAFIKA V R

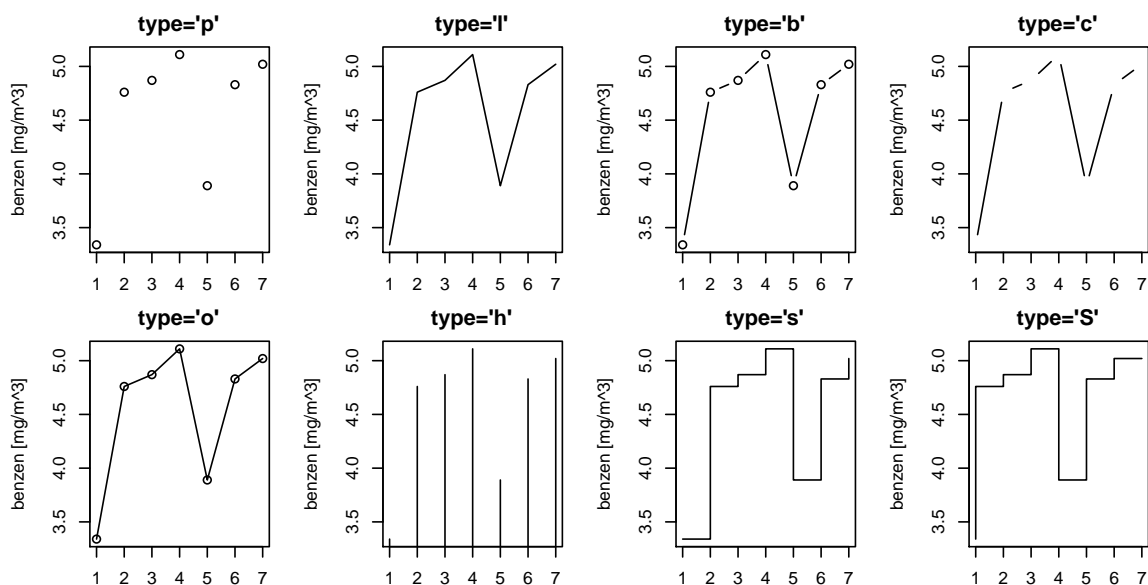
notu TRUE graf orámuje
asp poměr osy y/x

```
> benzen <- c(3.34, 4.76, 4.87, 5.11, 3.89, 4.83, 5.02) sedm měření pro
kontrolu obsahu benzenu v ovzduší [mg/m3]
> plot(benzen, pch=8, xlab="cislo pozorovani", ylab="obsah benzenu
+ [mg/m3]", main="Obsah benzenu v ovzdusi", frame.plot=T)
> plot(function(x) 2*x3, xlim=c(-3, 3), ylab="f(x)", main="Graf funkce
+ f(x)=2*x3")
```



Obr. 8.1. Funkce plot()

```
> plot(benzen, type="p", main="type='p'", ylab="benzen [mg/m3]")
> plot(benzen, type="l", main="type='l'", ylab="benzen [mg/m3]")
> plot(benzen, type="b", main="type='b'", ylab="benzen [mg/m3]")
> plot(benzen, type="c", main="type='c'", ylab="benzen [mg/m3]")
> plot(benzen, type="o", main="type='o'", ylab="benzen [mg/m3]")
> plot(benzen, type="h", main="type='h'", ylab="benzen [mg/m3]")
> plot(benzen, type="s", main="type='s'", ylab="benzen [mg/m3]")
> plot(benzen, type="S", main="type='S'", ylab="benzen [mg/m3]")
```

Obr. 8.2. Typy výstupních grafů

- `barplot()` sloupcový graf, pro vektor numerických hodnot či matici graf vykreslí posloupnost obdélníků s výškami rovnými hodnotám jednotlivých prvků vektoru či matic

`axes, main, sub, xlab, ylab, xlim, ylim`

`beside` lze použít pouze v případě vstupního argumentu typu matice. Implicitní hodnota `beside=FALSE` vykreslí více obdélníků nad sebou, nastavení na hodnotu `TRUE` vedle sebe.

`width` vektor hodnot udávajících šířku vykreslovaných obdélníků na ose x . Jestliže vektor `width` nedosahuje délky rovné počtu složek argumentu, je použito pravidlo *recycling rule*.

`space` velikost místa pro vynechání mezi jednotlivými sloupci (podíl průměrné šířky sloupce), může se jednat o numerickou hodnotu nebo vektor hodnot. Pro vstupní matici a argument `beside=TRUE` může být argument `space` specifikován vektorem dvou hodnot, první vyjadřuje odestup sloupců ve stejné skupině (ve stejném sloupci), druhý vyjadřuje odestup mezi skupinami. Implicitní nastavení je `space=c(0,1)` pro vstupní matici a argument `beside=TRUE`, pro ostatní možnosti `space=0.2`.

`names.arg` vektor názvů ke každému sloupci nebo skupině sloupců

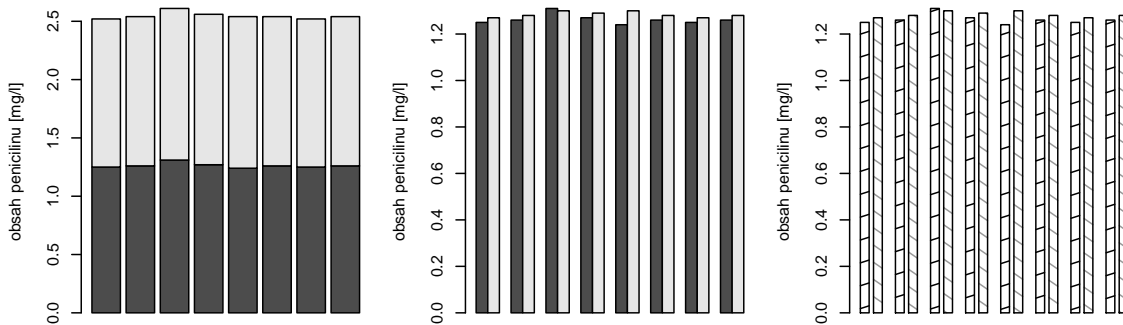
`legend.text` vektor textových řetězců uvádějící názvy v legendě, má smysl jen pro vstupní matici

`horiz` implicitní hodnota `horiz=FALSE` vykresluje obdélníky vertikálně, argument `horiz=TRUE` horizontálně

`density` hodnota nebo numerický vektor nastavující hustotu šrafování sloupců

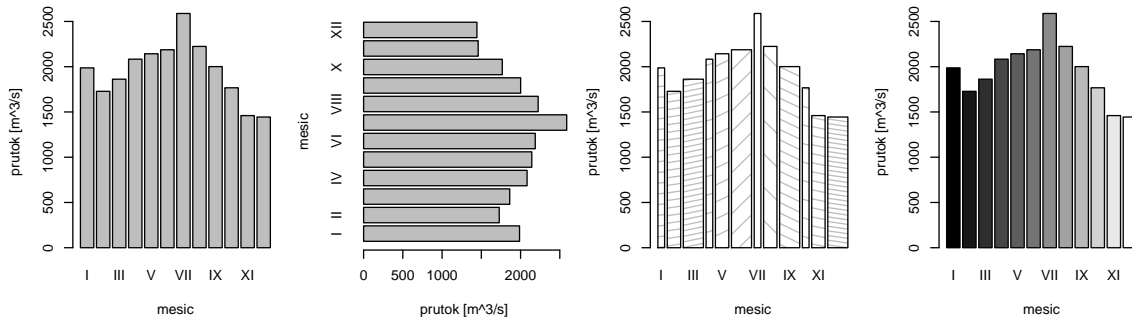
`angle` úhel pro sklon šrafování

```
> barplot(penicilin, ylab="obsah penicilinu [mg/l]")
> barplot(penicilin, beside=T, ylab="obsah penicilinu [mg/l]")
> barplot(penicilin, beside=T, ylab="obsah penicilinu [mg/l]",
+ space=c(0.5,1.5), density=c(7,18), angle=c(60,105), col=gray(c(0,
+ 0.6)))
```



Obr. 8.3. Porovnání obsahu penicilinu v krvi dvou pacientů [mg/l]

```
> barplot(dunaj, names.arg=c("I", "II", "III", "IV", "V", "VI", "VII",
+ "VIII", "IX", "X", "XI", "XII"), ylab="prutok [m^3/s]",
+ xlab="mesic")
> barplot(dunaj, horiz=T, names.arg=c("I", "II", "III", "IV", "V",
+ "VI", "VII", "VIII", "IX", "X", "XI", "XII"), ylab="prutok
+ [m^3/s]", xlab="mesic")
> barplot(dunaj, width=c(1, 2, 3), density=rep(c(5, 8, 13), times=4),
+ angle=seq(from=30, by=10, length=12), names.arg=c("I", "II", "III",
+ "IV", "V", "VI", "VII", "VIII", "IX", "X", "XI", "XII"), ylab="prutok
+ [m^3/s]", xlab="mesic")
> barplot(dunaj, col=gray(seq(from=0, to=1, length=12))), names.arg=
+ c("I", "II", "III", "IV", "V", "VI", "VII", "VIII", "IX", "X", "XI",
+ "XII"), ylab="prutok [m^3/s]", xlab="mesic")
```



Obr. 8.4. Kolísání průtoku Dunaje během roku [m^3/s]

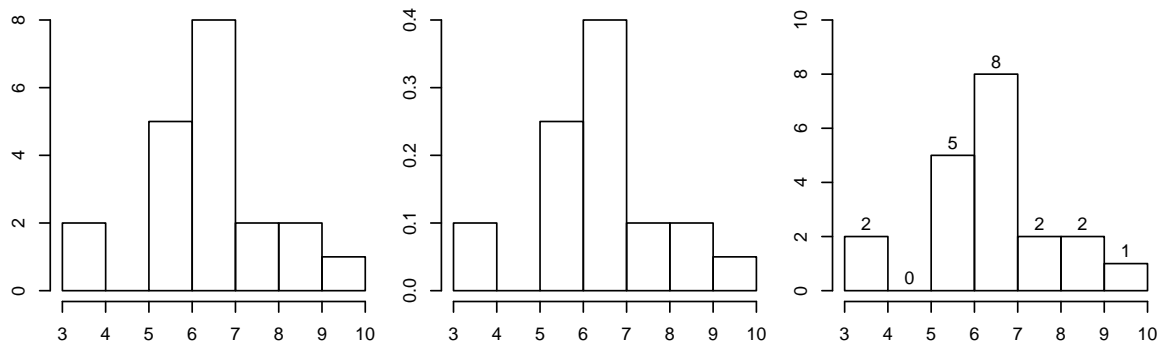
- `hist(x)` histogram pro numerický vektor
 - `breaks` argument šířky intervalů, implicitní nastavení je `breaks="Sturges"`, která šířku intervalů počítá Sturgesovým pravidlem: $\log_2 n + 1$, [18], dalšími možnostmi jsou `breaks="Scott"` (Scottovo pravidlo: $3.5 \cdot \hat{\sigma} \cdot n^{-1/3}$, [18]) nebo `breaks="FD"` (Freedman a Diaconis: $2 \cdot IQR \cdot n^{-1/3}$, [18]), n udává počet hodnot vektoru, $\hat{\sigma}$ je odhadem směrodatné odchylky a IQR značí interkvantilové rozpětí
 - `freq` implicitní nastavení `freq=TRUE` vykresluje absolutní četnosti, nastavení na hodnotu `freq=FALSE` vykresluje relativní četnosti
 - `right` pro implicitní hodnotu `right=TRUE` jsou intervaly zprava uzavřené, zleva otevřené, pro hodnotu `right=FALSE` je tomu naopak
 - `labels` pro hodnotu `labels=TRUE` vypisuje nad sloupce absolutní/relativní četnosti
 - `density, angle` stejně jako u `barplot()`
 - `axes, main, sub, xlim, ylim, xlab, ylab`
- Funkce `hist()` má k dispozici i výstupní hodnoty:
- `breaks` hodnoty hranic intervalů
 - `counts` absolutní četnosti pro každý interval
 - `density` hustota pravděpodobnosti pro jednotlivé intervaly
 - `intensities` shodné s `density`
 - `mids` středy intervalů
 - `xname` název objektu v argumentu
 - `equidist` logická hodnota stejné délky všech intervalů

```
> hist(obili, breaks="Sturges", main="breaks='Sturges'")
> hist(obili, breaks="Scott", main="breaks='Scott'")
> hist(obili, breaks="FD", main="breaks='FD'")
```



Obr. 8.5. Sklizňová ztráta obilí [g/m³], argumenty šířky intervalů

```
> hist(obili, main="")
> hist(obili, freq=F, main="")
> hist(obili, labels=T, main="")
```



Obr. 8.6. Sklizňová ztráta obilí [g/m³], zobrazení absolutních a relativních četností

```
> (hist(obili))  výstupní hodnoty
$breaks
[1] 3 4 5 6 7 8 9 10
$count
[1] 2 0 5 8 2 2 1
$intensities
[1] 0.09999998 0.00000000 0.25000000 0.40000000 0.10000000
+ 0.10000000 0.05000000
$density
[1] 0.09999998 0.00000000 0.25000000 0.40000000 0.10000000
+ 0.10000000 0.05000000
```

```

$mids
[1] 3.5 4.5 5.5 6.5 7.5 8.5 9.5
$xname
[1] "obili"
$equidist
[1] TRUE
attr(,"class")
[1] "histogram"

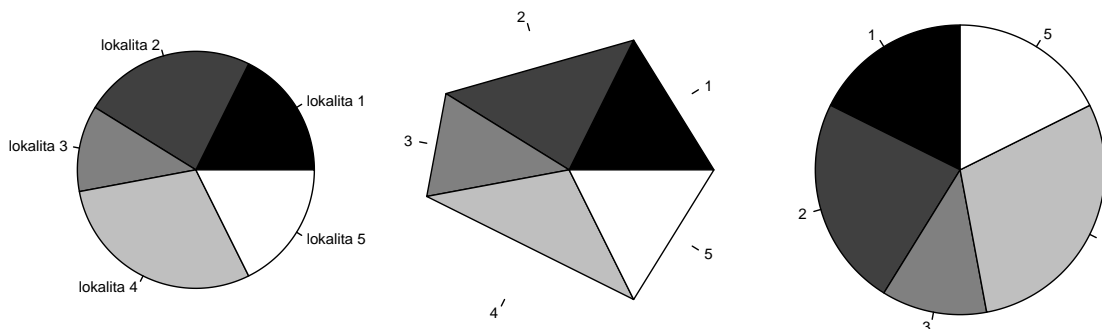
```

- `pie()` koláčový graf pro vektor nezáporných celých čísel
 - `labels` vektor textových hodnot vyjadřující názvy jednotlivých dílů grafu
 - `edges` numerická hodnota udávající počet vrcholů polygonu, jímž má být kružnice nahrazena
 - `clockwise` logická hodnota vykreslení po (`TRUE`) nebo proti (`FALSE`) směru hodinových ručiček
 - `init.angle` počáteční úhel pro natočení grafu
 - `density, angle`

```

> kralici <- c(3, 4, 2, 5, 3)
> pie(kralici, angle=seq(from=30, to=360, length=5), labels=c("lokalita
+ 1", "lokalita 2", "lokalita 3", "lokalita 4", "lokalita 5"),
+ col=gray(seq(from=0, to=1, length=5)))
> pie(kralici, edges=5, col=gray(seq(from=0, to=1,
+ length=5)))
> pie(kralici, clockwise=F, init.angle=90, col=gray(seq(from=0, to=1,
+ length=5)))

```



Obr. 8.7. Počet chycených králíků v jednotlivých lokalitách lesa

• `boxplot()` krabicový graf

`range` vymezuje rozpětí "fousků" grafu, pro kladné `range` se "fousky" rozpínají do vzdálenosti `range · IQR` (interkvartilová odchylka), pro `range=0` se rozpínají od minimální po maximální hodnotu

`notch` pro `notch=TRUE` zobrazuje výřezy po stranách "krabice" (výřezy odpovídají hodnotám $\pm 1.58 \cdot \frac{IQR}{\sqrt{n}}$)

`outline` implicitní nastavení `outline=TRUE` zobrazuje odlehlé hodnoty, hodnota `FALSE` odlehlé hodnoty nezobrazuje

`names` vektor textových řetězců pro názvy jednotlivých krabicových grafů zobrazené na ose x

`horizontal` pro hodnotu `horizontal=TRUE` vykresluje grafy horizontálně

`pars` seznam parametrů k volbě vzhledu krabicového grafu (velikosti "krabic", hodnoty hradeb a extrémů, typy, šířky a barvy čar, velikosti bodů atd.), více pomocí příkazu `help(bxp)`

Výstupní hodnoty:

`stats` matice, jejíž sloupce obsahují informaci o hodnotách dolního "fousu", dolní části krabice, mediánu, horní části krabice a horním "fousu".¹

`n` vektor počtu pozorování každé skupiny

`conf` matice, jejíž sloupce obsahují horní a dolní extrémy výřezů (`notch`)

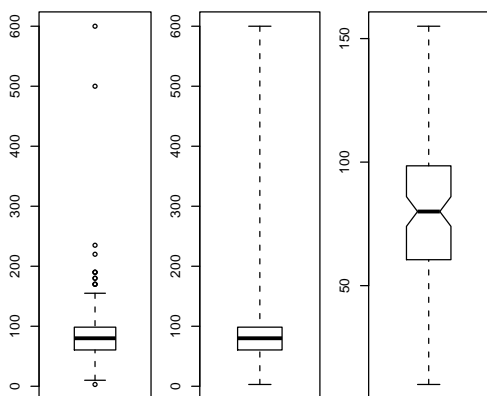
`out` odlehlé hodnoty

`group` vektor stejné délky jako `out`, jehož prvky uvádějí, do které skupiny patří odlehlé hodnoty

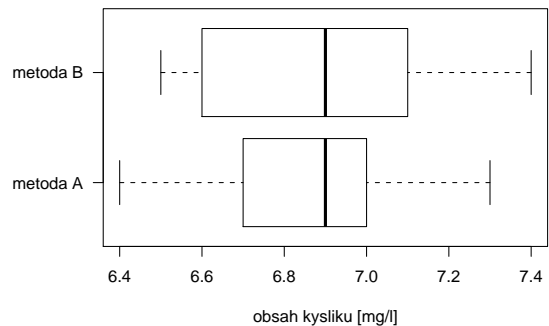
`names` vektor názvů skupin

```
> boxplot(dusicnany)
> boxplot(dusicnany, range=0)
> boxplot(dusicnany, notch=TRUE, outline=FALSE)
> boxplot(kyslik, names=c("metoda A", "metoda B"), horizontal=TRUE,
+ las=1, xlab="obsah kysliku [mg/l]")
```

¹Záměrně jsou uvedeny pojmy jako dolní "fous", dolní část krabice, horní část krabice, horní "fous", protože implicitní nastavení (dolní hradba, dolní kvartil, horní kvartil, horní hradba) může být uživatelem změněno pomocí argumentů `range` a `pars` na jiné hodnoty.



Obr. 8.8. Obsah dusičnanů ve studniční vodě [mg/l]



Obr. 8.9. Porovnání dvou metod stanovení obsahu kyslíku ve vodě [mg/l]

• `stripchart()` pro numerické vektory, seznamy a tabulky dat vykresluje diagram rozptýlení, používá se pro jednoduché zobrazení dat

`method` způsob zobrazení shodných dat, implicitní nastavení `method="overplot"` způsobuje překrývání shodných dat, `method="jitter"` zobrazuje náhodně kolem osy a `method="stack"` skládá na sebe

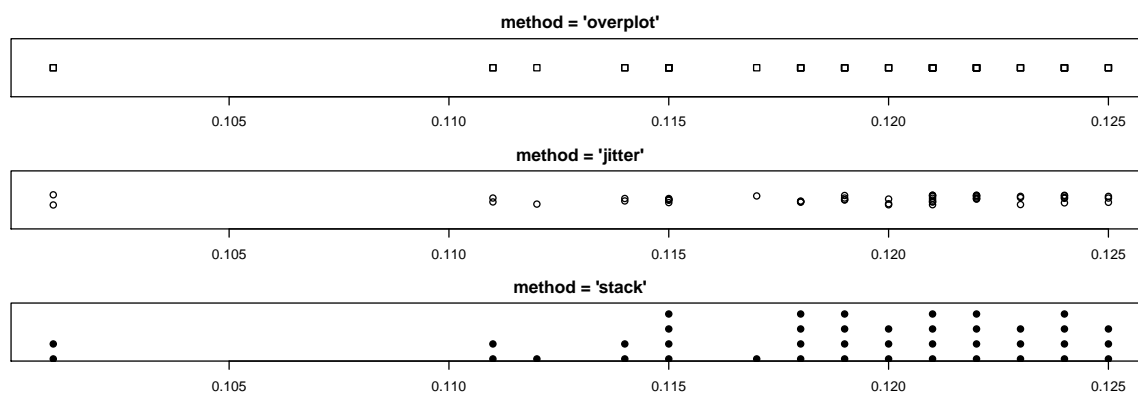
`jitter` v případě volby `method="jitter"` můžeme argumentem `jitter` nastavit šířku vykreslování kolem osy

`offset` v případě volby `method="stack"` argument udává rozestup mezi jednotlivými vykreslenými body

`vertical` pro hodnotu `vertical=TRUE` vykresluje vertikálně

`group.names` textový řetězec názvů skupin zobrazovaný po bocích grafu (při vykreslení více grafů)

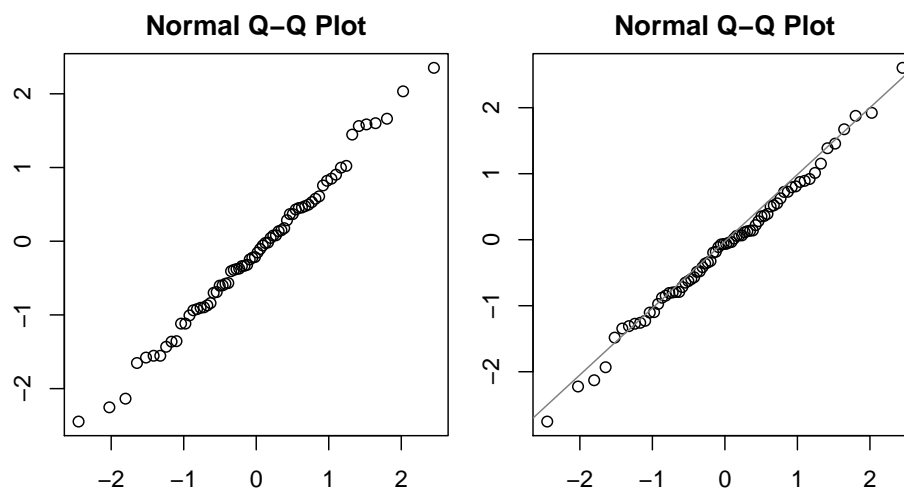
```
> stripchart(cekani, method="overplot", main="method = "overplot",
+ cex=1)
> stripchart(cekani, method="jitter", main="method = "jitter", cex=1,
+ pch=1)
> stripchart(cekani, method="stack", main="method = "stack", cex=1.5,
+ pch=20, offset=0.4, at=0)
```



Obr. 8.10. Doba čekání na zákazníka [min]

- `qqnorm()`, `qqline()` grafy pro ověřování normality dat. `qqnorm()` vykresluje normální kvantil-kvantilový graf (Q-Q plot), `qqline()` navíc přidá přímku odpovídající normálnímu rozložení

```
> qqnorm(rnorm(70))
> qqnorm(rnorm(70))
> qqline(rnorm(70), col=gray(0.5))
```

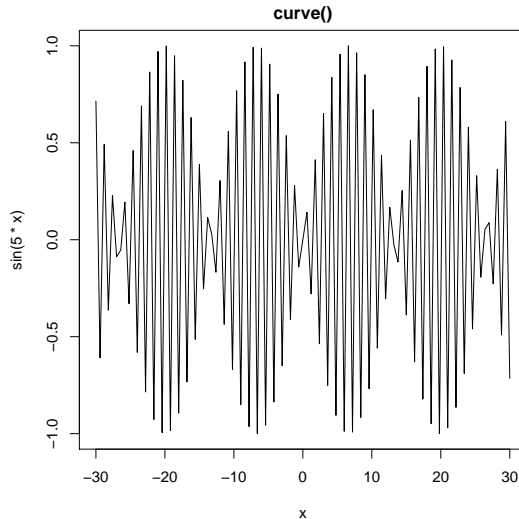


Obr. 8.11. Q-Q plot pro výběr z normálního rozložení

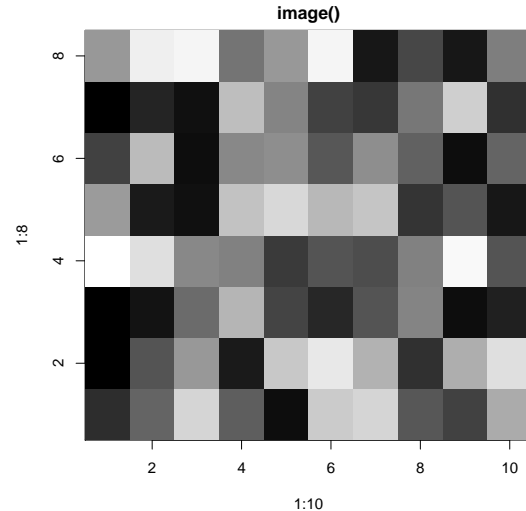
- `curve()` vykreslí křivku
`from, to` interval pro vykreslení funkce
- `image()` vytvoří mřížku s obdélníky různého stupně šedi, slouží k zobrazení 3-dimenzionálních nebo prostorových dat

KAPITOLA 8. GRAFIKA V R

```
> curve(sin(5*x), from=-30, to=30, main="curve()")
> image(1:10, 1:8, matrix(runif(80, min=0, max=1), 10), col=gray(seq(
+ from=0, to=1, length = 80)), main="image()")
```

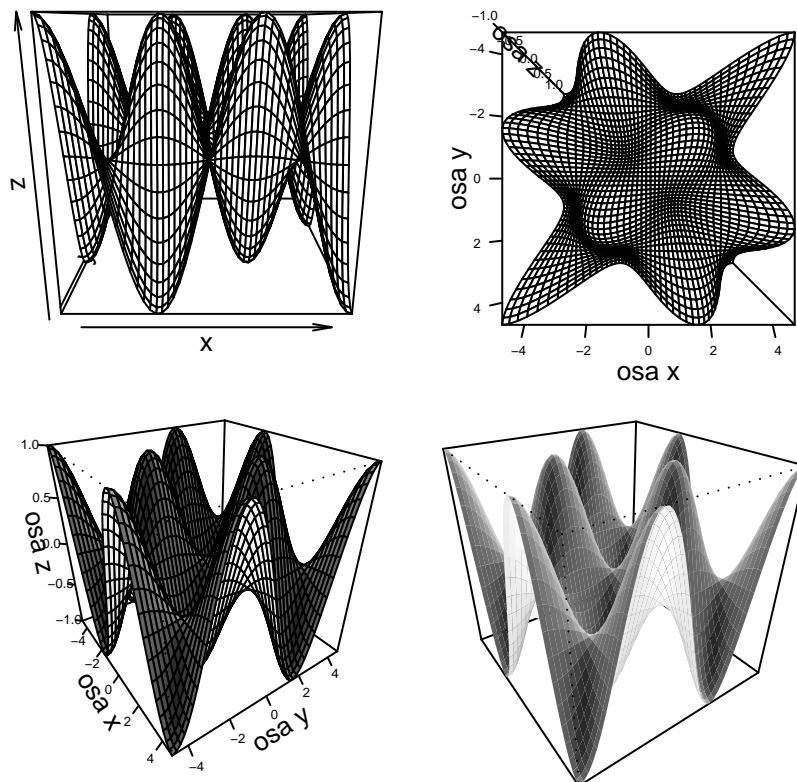


Obr. 8.12. Funkce `curve()`



Obr. 8.13. Funkce `image()`

- `persp(x, y, z)` slouží k vykreslení 3D grafu
 - `xlim, zlim, ylim` intervaly pro vykreslování hodnot na osách x , y a z
 - `main, sub, col`
 - `theta` úhel pro otočení grafu v horizontálním smyslu
 - `phi` úhel pro otočení grafu ve vertikálním smyslu
 - `shade` stínování
 - `ticktype` typ os, `ticktype="simple"` vykreslí pouze šipky souběžné s osami grafu, šipky indikují směr nárůstu hodnot, `ticktype="detailed"` zobrazuje i měřítko os (počet značek na ose udává argument `nticks`)
- ```
> x <- seq(-1.5*pi, 1.5*pi, length=50)
> y <- seq(-1.5*pi, 1.5*pi, length=50)
> z <- sin(x) %*% t(sin(y))
> persp(x, y, z)
> persp(x, y, z, ticktype="detailed", nticks=5, phi=270, xlab="osa x",
+ ylab="osa y", zlab="osa z")
> persp(x, y, z, ticktype="detailed", nticks=5, phi=30, theta=55,
+ shade=0.5, xlab="osa x", ylab="osa y", zlab="osa z")
> persp(x, y, z, shade=0.5, phi=30, theta=55, border=NA, box=T, axes=F)
```

Obr. 8.14. Funkce `persp()`

Funkce `contour()` a `filled.contour()` slouží k podobnému zobrazení jako funkce `image()`. Velký výběr dalších 3D grafů nabízí balíčky `misc3d`, `scatterplot3d` a `lattice`.

## 8.2 Low-level funkce

Někdy se stává, že grafické funkce nevykreslují přesný typ grafu, jaký bychom si přáli. V těchto případech je dobré použít tzv. low-level funkce. Pomocí nich vytváříme celý graf po samostatných částech s větším množstvím argumentů než u high-level grafiky. Druhou možností je přidání dalších informací (body, čáry, text, ...) do již existujícího grafu.

Nejpoužívanější funkce pro tvorbu low-level grafiky:

- `points(x, y, type, pch, col, bg, cex, lwd, ...)` vykreslí body různých tvarů, barev (dle nastavení argumentů) na souřadnice `x`, `y`
- `lines(x, y, type, lty, lwd, ...)` vykreslí lomenou čáru mezi body danými souřadnicemi `x` a `y`

- `segments(x0, y0, x1, y1, col, lty, lwd, ...)` vykreslí úsečky mezi dvěma body o souřadnicích  $[x_0, y_0]$ ,  $[x_1, y_1]$
- `abline(a, b, ...)` vykreslí přímkou se směrnici  $b$  a průsečíkem s osou  $y$   $a$
- `abline(h, ...)` vykreslí vodorovné úsečky přes celou šířku grafu,  $h$  udává hodnoty na ose  $y$
- `abline(v, ...)` vykreslí svislé úsečky,  $v$  udává hodnoty na ose  $x$
- `symbols()` na dané souřadnice vykreslí symboly - kružnice, čtverce, trojúhelníky, hvězdičky, více informací viz `help(symbols)`

Další tvary pro vykreslení: `rect()` (vykresluje obdélníkovou oblast), `polygon()` (mnohoúhelníky), `arrows()` (šipky), `rug()` ("rohož" s rozestupem).

- `legend(x, y, legend, ...)` na souřadnice  $x$  a  $y$  vytiskne legendu (vektor textových řetězců). Funkce má velké množství volitelných argumentů (viz `help(legend)`)
- `title(main, sub, xlab, ylab, ...)` vypíše název, podtitulek, popisky os
- `grid(nx, ny)` vykreslí mřížku,  $nx$  a  $ny$  udávají počet vertikálních a horizontálních čar, implicitní nastavení k vykreslování mřížky (`col="lightgray"`, `lty="dotted"`, `lwd=par("lwd")`) lze samozřejmě libovolně měnit
- `axis(side, at, labels, tick, lty, lwd, col, ...)` vykreslí osu, umožňuje nastavit značky a popisky libovolně pro jednotlivé osy
  - `side` přirozené číslo specifikující stranu grafu, na které má být osa vykreslena (1 - dole, 2 - vlevo, 3 - nahoře, 4 - vpravo)
  - `at` body, ve kterých mají být vykreslovány značky pro měřítko
  - `labels` názvy pro jednotlivé značky
  - `tick` logická hodnota pro vykreslování značek
- `text(x, y, labels, ...)` vypíše textový řetězec `labels` do grafu na pozici  $[x, y]$
- `mtext(text, side, ...)` vypíše textový řetězec `text` na okraj grafu (`side`)

### 8.3 Funkce `par()`

Funkce `par()` slouží k nastavení a změnám parametrů aktuálního grafu. Nastavení parametrů pomocí funkce `par()` mění hodnoty parametrů nastálo - ve všech dalších voláních libovolné grafické funkce až do doby zavření grafické okna. S dalším otevřením grafického okna jsou všechna předchozí nastavení ignorována.

#### Text

- `adj` zarovnání textu, 0 - zarovnat vlevo, 1 - zarovnat vpravo, 0.5 - zarovnat horizontálně na střed
- `ann` implicitní hodnota `ann=TRUE` vypisuje anotace (název a popisky os), hodnota `FALSE` je potlačuje

`cex` relativní velikost znaků (1 - normální velikost, 2 - dvojnásobná), `cex.main` nastaví velikost znaků pro název grafu, `cex.sub` pro podtitulek, `cex.axis`, `cex.lab` pro velikost písma popisek a názvů os

### Barva

`bg` barva pozadí grafu  
`col` barva bodů, obrysů bodů nebo spojnice. Barva může být vyjádřena přirozeným číslem nebo textovým řetězcem. Pro barvu os použijeme příkaz `col.axis`, pro popisky os `col.lab`, pro titulek a podtitulek grafu `col.main` a `col.sub`. Základní barvy jsou uvedeny v Tab. 8.1, podrobnější seznam barev o 657 položkách dostaneme příkazem `colors()`, funkcí `gray()` s argumenty od 0 do 1 získáme různé stupně šedi

| barva       | numerická hodnota | textový řetězec |
|-------------|-------------------|-----------------|
| bílá        | 0                 | "white"         |
| černá       | 1                 | "black"         |
| červená     | 2                 | "red"           |
| zelená      | 3                 | "green"         |
| modrá       | 4                 | "blue"          |
| modrozelená | 5                 | "cyan"          |
| fialová     | 6                 | "magenta"       |
| žlutá       | 7                 | "yellow"        |
| šedá        | 8                 | "gray"          |

Tab. 8.1. Barvy bodů

### Graf

`pty` textový řetězec specifikující tvar grafické oblasti, "s" čtvercová, "m" maximální  
`mfcol` 2-prvkový vektor (tvaru `c(pocet_radku, pocet_sloupcu)`) udávající počet grafů v grafickém výstupu, jednotlivé grafy jsou řazeny po sloupcích  
`mfrow` počet grafů v grafickém výstupu, grafy jsou řazeny po řádcích

### Osy

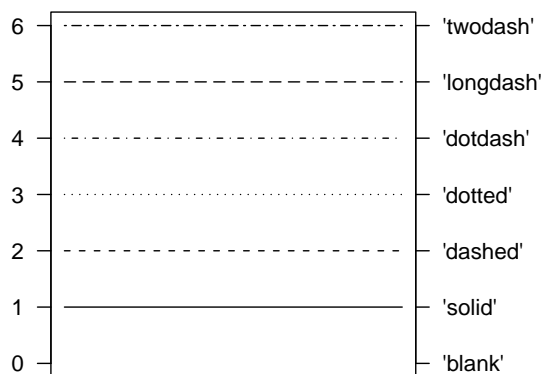
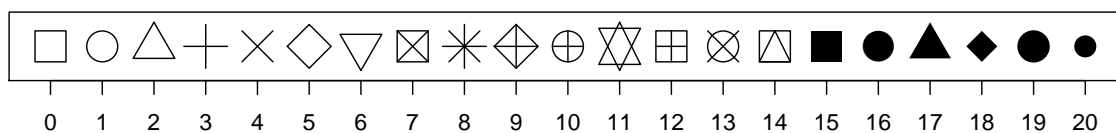
`las` numerická hodnota pro otočení popisek os:  
0 -  $x$  vodorovně,  $y$  svisle  
1 -  $x$  i  $y$  vodorovně  
2 -  $x$  svisle,  $y$  vodorovně  
3 -  $x$  i  $y$  svisle

**Body, čáry**

`lty` numerická hodnota udávající typ čáry, jednotlivé typy s odpovídající hodnotou jsou uvedeny na Obr. 8.15

`lwd` numerická hodnota pro šířku čáry, standardní `lwd=1`

`pch` numerická hodnota (1 – 20) pro znak vykreslovaných bodů, jednotlivé znaky s odpovídajícími hodnotami jsou uvedeny na Obr. 8.16. Pro hodnoty 21 – 25 jsou vykresleny znaky s číslem 1, 0, 5, 2, 6 (v tomto pořadí) s volitelnou barvou výplně `bg` a barvou hranice `col`. Hodnotám 32 – 255 odpovídají znaky ASCII tabulky. Je možno použít i jakékoliv textové řetězce, vypisuje se však vždy jen první znak.

Obr. 8.15. Typy čar (argument `lty`)Obr. 8.16. Typy bodů (argument `pch`)

## 8.4 Další užitečné funkce

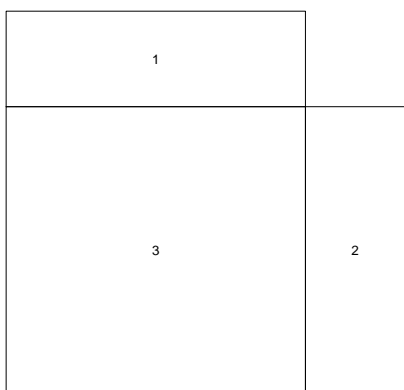
K otevření dalšího grafického okna slouží příkaz `windows()` nebo `dev.new()`. Příkaz `dev.new()` můžeme použít i s numerickým argumentem `which`, prostřednictvím něhož lze příkazy `dev.set(which)` a `dev.off(which)` dané okno aktivovat, popř. zavřít. Příkaz `graphics.off()` zavře všechna grafická okna.

Funkce `layout()` umožňuje vytvářet složený graf obsahující několik grafů různých rozměrů, přičemž mohou zabírat i více řádků či sloupců.

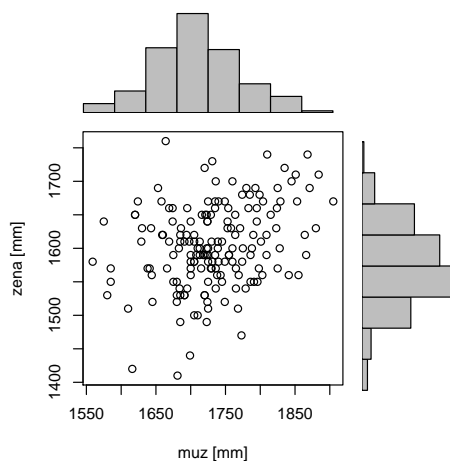
Jediným povinným argumentem funkce je matice, jejíž počet řádků a sloupců a jejich číselné hodnoty určují pořadí zaplňování jednotlivých "boxů" grafy. Příkaz `layout(matrix(c(1, 0, 3, 2), 2, 2, byrow=TRUE))` vytvoří graf se čtyřmi boxy, přičemž pozice `[1,1]` bude obsazena jako první, dále budou obsazovány pozice `[2,2]` a `[2,1]`, pro nulovou hodnotu zůstává pozice prázdná (pozice `[1,2]`).

Argumenty `heights` a `widths` jsou používány ke specifikaci výšek řádků a šířek sloupců. Takto připravenou šablonu s jednotlivými boxy si můžeme prohlédnout příkazem `layout.show(n)` (Obr. 8.17), kde `n` udává počet vykreslovaných grafů.

```
> layout(matrix(c(1, 0, 3, 2), 2, byrow=TRUE), widths=c(3, 1),
+ heights=c(1, 3))
> layout.show(3) (Obr. 8.17)
> layout(matrix(c(1, 0, 3, 2), 2, byrow=TRUE), widths=c(3, 1),
+ heights=c(1, 3))
> par(mar=c(0, 3.5, 1, 1)) funkce mar slouží pro nastavení okrajů grafu
> barplot(muzhist$counts, axes=F, ylim=c(0, top), space=0)
> par(mar=c(3.5, 0, 1, 1))
> barplot(zenahist$counts, axes=F, xlim=c(0, top), space=0, horiz=T)
> par(mar=c(4.3, 4, 1, 1))
> plot(muz, zena, xlab="muz [mm]", ylab="zena [mm]")
Následující graf znázorňuje závislost výšky 169 manželských párů.
```



Obr. 8.17. Šablona s boxy



Obr. 8.18. Složený graf

Funkce `split.screen()` slouží k dělení grafického prostředí na libovolný počet částí. Např. příkazem `split.screen(c(2,2))` rozdělíme prostředí na čtyři části, na něž můžeme odkazovat příkazy `screen(1), …, screen(4)`. Každá část přitom může být znovu rozdělena pomocí funkce `split.screen(c(,), screen)`.

Rozdělení grafu na jednotlivé podgrafy můžeme dosáhnout i pomocí argumentů `mfc` a `mfr` funkce `par()` (viz podkapitola 8.3).

MATLAB používá k rozdělení grafu na více částí funkci `subplot`.



Funkce `locator()` umožňuje interaktivně vybrat pozici pro umístění grafických prvků (např. legendy, popisků os, …). Funkce `locator()` čeká, než uživatel zvolí levým tlačítkem myši místo, následně vypíše jeho souřadnice. Argument `n` udává počet bodů, u kterých chceme tímto způsobem zjistit souřadnice.

# Kapitola 9

## Programování v R

Programy v jazyce R, které si uživatel může sám vytvořit, lze rozdělit do dvou skupin - dávkové soubory a funkce. V následujících odstavcích si uvedeme hlavní rozdíly mezi nimi a způsoby, jak lze tyto programy vytvořit.

Každá funkce v R, ať vestavěná nebo definovaná uživatelem, musí být definována příkazem `nazev <- function(argumenty){telo}`, kde `nazev` udává název funkce, `argumenty` je čárkami oddělený seznam vstupních argumentů a `telo` obsahuje posloupnost příkazů, které musí být uzavřeny ve složených závorkách `{ }` (pouze v případě jediného příkazu mohou být složené závorky vynechány).

Při volání funkce musí být jednotlivé argumenty uvedeny v tom pořadí, v jakém byly definovány. Můžeme také používat přiřazení `nazev_argumentu=hodnota`, popř. názvy argumentů můžeme zkracovat, jestliže zkratka nemůže znamenat žádný jiný argument. Hodnoty argumentů mohou mít definovány své implicitní hodnoty (ty lze nastavit při definování funkce příkazem `nazev_argumentu=hodnota` v seznamu argumentů). Při volání funkce pak tyto argumenty mohou být vynechány a bude jim přidělena implicitní hodnota `hodnota`.

Další možností je definovat dávkové soubory - jedná se o posloupnost příkazů, která může využívat již definovaných objektů z pracovního prostoru. Do příkazové řádky se z dávkového souboru můžeme dostat příkazem `browser()`, k odlišení dávky a prostředí pracovního prostoru se prompt změní na `Browse[1]>`. Od této chvíle se nacházíme v pracovním prostoru, kde můžeme psát nejrůznější příkazy. Zpět do dávkového souboru se dostaneme příkazem `c` nebo klávesou ENTER.

MATLAB místo příkazu `browser()` používá `keyboard`, objevuje se prompt `K>>` a k návratu zpět do dávkového souboru používá příkaz `return`.



Hlavním rozdílem funkcí a dávkových souborů je ten, že objekty definované uvnitř funkce nejsou k dispozici v pracovním prostoru. U dávkových souborů navíc nezáleží na tom, z jakého adresáře jsou volány, objekty definované uvnitř dávky jsou v pracovním prostoru stále k dispozici.



Při tvorbě složitějších zdrojových kódů je vhodnější používat editory místo příkazové řádky. Jazyk R má k dispozici zabudovaný vlastní editor, který najdeme v menu *File* → *New script*. Možné je rovněž používat editory jako PSPad nebo WinEdt s číslovanými řádky, kontrolou syntaxe apod. V případě, že zdrojový kód vytvoříme v libovolném editoru, ukládáme jej s koncovkou `.R` (např. `funkce1.R`) a načítáme příkazem `source("cesta")`, kde argument `cesta` udává kompletní cestu k souboru. Kompletní cesta musí být zobrazena i v případě, že se funkce nachází v aktuálním adresáři. V tomto okamžiku stačí ke spuštění funkce zavolat její název s příslušnými argumenty (`funkce1(arg1, arg2, arg3, ...)`).

Jazyk R rovněž umožňuje definování nových binárních operátorů (např. `%in%`). K odlišení od funkcí musí být jejich název ve tvaru `"%navez%"`.

## 9.1 Lokální a globální proměnné

V jazyce R není nezbytně nutné deklarovat proměnné uvnitř funkce. Při vyhodnocování funkce R používá pravidlo *lexical scoping*, které rozhodne, zda je objekt lokální nebo globální proměnnou.

```
> funkce1 <- function() print(x)
> x <- 3
> funkce1()
[1] 3
```

Objekt `x` není definován uvnitř funkce `funkce1()`, proto R hledá v uzavřeném<sup>1</sup> prostředí objekt s názvem `x` a vytiskne jeho hodnotu. V případě, že by objekt `x` nebyl nalezen ani v globálním prostředí, zobrazilo by se chybové hlášení `Error in print(x) : object 'x' not found` a vyhodnocování funkce by tímto bylo u konce.

MATLAB by v případě, kdy objekt `x` není definován uvnitř funkce `funkce1()`, dával chybové hlášení, protože proměnná `x` je považována za lokální v prostředí, ve kterém byla definována (v tomto případě ve workspace).



```
> funkce2 <- function() {x <- 1; print(x)}
> x <- 3
> funkce2()
[1] 1
> x
[1] 3
```

---

<sup>1</sup>To, že jde o uzavřené prostředí, je důležité. V našem příkladu jsou dvě prostředí: globální a prostředí funkce `funkce1()`. Kdyby zde byla tři a více vnořených prostředí, hledání objektu by probíhalo postupně od daného prostředí, přes jednotlivá uzavřená prostředí až ke globálnímu.

Jestliže je `x` použito jako název objektu uvnitř funkce, hodnota `x` v globálním prostředí nebude změněna.

Chceme-li mít k dispozici `i` v globálním prostředí přiřazení provedená uvnitř funkce, musíme použít operátoru `<<-` nebo funkce `assigns` argumentem `envir=.GlobalEnv`.

```
> funkce3 <- function{x <- 2; print(x)}
> x přesvědčíme se, že objekt x není definován
[1] Error: object 'x' not found
> funkce3()
[1] 2
> x objekt x opravdu není v globálním prostředí definován, je definován pouze v prostředí funkce funkce3
[1] Error: object 'x' not found
```

Rozdíl při použití operátoru pro globální přiřazení:

```
> funkce4 <- function{assign("x", 2, envir=.GlobalEnv); print(x)}
> x
[1] Error: object 'x' not found
> funkce4()
[1] 2
> x
[1] 2
```

## 9.2 Podmíněné příkazy

Do této chvíle jsme sestavovali programy, které vyhodnocovaly pouze jednoduché výrazy nebo jejich posloupnosti uzavřené ve složených závorkách. Často ovšem potřebujeme provést sérii příkazů až na základě výsledku nějaké podmínky/nějakých podmínek.

```
if(podminka){prikaz}
```

provede `prikaz` v případě, že `podminka` je vyhodnocena jako `TRUE`. V případě vyhodnocení podmínky jako `FALSE` se žádné příkazy neprovedou.

```
> x <- 5
> if(x > 3) {"Podminka splnena."}
[1] "Podminka splnena."
```

```
if(podminka) {prikaz1}
else {prikaz2}
```

V případě vyhodnocení podmínky `podminka` jako `TRUE` je proveden `prikaz1`, v opačném případě je proveden `prikaz2`.

```
> if(x > 3) {"Podminka splnena."
+ } else {"Podminka nesplnena."}
[1] "Podminka splnena."
```

Obecným předpokladem podmínky je to, že vrací buď hodnotu TRUE, nebo FALSE. Jestliže podmínka vrací logický vektor o více než jednom prvku, jako výsledek vyhodnocení podmínky je ovšem brán pouze jeho první prvek. Součástí výstupu je i chybové hlášení:

```
> x <- c(-2, 0, 3, 1)
> if(x > 0) {'vetsi nez 0'}
+ } else {'mensi nebo rovno 0'}
[1] 'mensi nebo rovno 0'
Warning message:
In if (x > 0) { :
 the condition has length > 1 and only the first element will be used
```

Alternativou k příkazu if - else může být příkaz

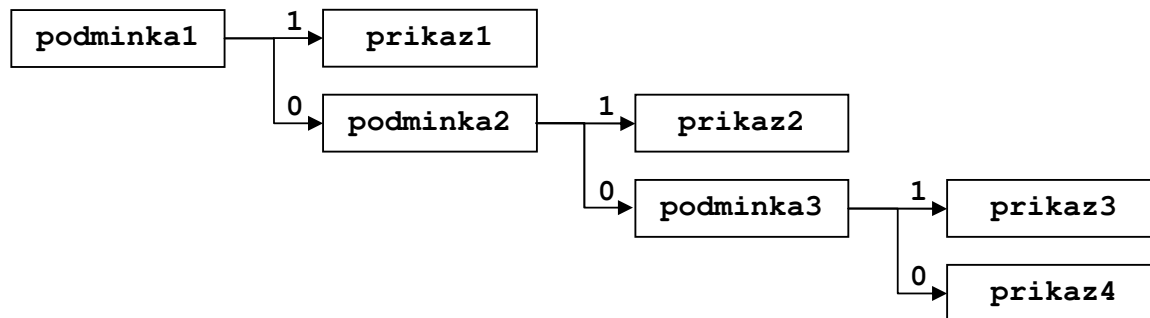
```
ifelse(podminka, prikaz1, prikaz2),
```

která v případě podmínky vyhodnocené jako TRUE provede příkaz prikaz1, v opačném případě provede prikaz2.

```
> ifelse(x > 3, "Podminka splnena.", "Podminka nesplnena.")
[1] "Podminka splnena."
```

```
if(podminka1) {prikaz1}
else if(podminka2) {prikaz2}
else if(podminka3) {prikaz3}
else {prikaz4}
```

Vysvětlení těchto podmíněných příkazů je zachyceno na následujícím diagramu:



Obr. 9.1. Diagram vysvětlující příkaz if - else if - else

```
> x <- 3
> if(x == 1) {'cervena - stat!'}
+ } else if(x == 2) {'oranzova - pripravit se'}
+ } else if(x == 3) {'zelena - muzeme jet'}
+ } else {'zadna jina barva na semaforu neexistuje'}
 [1] 'zelena - muzeme jet'
```

Příkaz

`switch(vyraz, prikazy, prikazy_jine)`

slouží také k větvení programu. Jestliže `vyraz` je celé číslo, na výstupu je vrácena hodnota odpovídajícího prvku `prikazy`. Pokud nedojde ke spojení hodnoty `vyraz` s prvkem `prikazy`, funkce vrací hodnotu `NULL`.

Pro textový řetězec musí být název `vyraz` použit ke spojení s příslušným prvkem posloupnosti `prikazy`. Pokud nedojde ke spojení s některým z prvků posloupnosti `prikazy`, můžeme definovat `prikazy_jine`, které budou v tomto případě provedeny. `prikazy_jine` můžeme definovat pouze pro `vyraz` typu textový řetězec.

Syntaxe příkazu bude názornější z následujících příkladů:

```
> switch(2, "vyborne", "velmi dobre", "dobre", "uspokojive",
+ "dostatecne", "nedostatecne")
 [1] "velmi dobre"
> switch(7, "vyborne", "velmi dobre", "dobre", "uspokojive",
+ "dostatecne", "nedostatecne")
 [1] NULL
> switch("vyborne", vyborne="znamka A", velmi_dobre="znamka
+ B", dobre="znamka C", uspokojive="znamka D", dostatecne="znamka E",
+ neuspokojive="znamka F", "znamka neexistuje")
 [1] "znamka A"
> switch("chvalitebne", vyborne="znamka A",
+ velmi_dobre="znamka B", dobre="znamka C", uspokojive="znamka D",
+ dostatecne="znamka E", neuspokojive="znamka F", "znamka neexistuje")
 [1] "znamka neexistuje"
```

### 9.3 Příkazy cyklů

Někdy potřebujeme opakovaně vyhodnocovat výraz nebo skupinu výrazů. Toho můžeme docílit pomocí příkazů `for`, `while` a `repeat`.

```
for(promenna in vyraz) {prikaz}
```

Provede sérii příkazů `prikaz`, `promenna` označuje indexační proměnnou, `vyraz` může být vektor nebo seznam, pro jehož každou složku je `prikaz` vyhodnocen. Cyklus `for`

je vhodné používat tehdy, když předem víme, kolik opakování chceme provést.

```
> for(i in 1:5) {cat('pruchod cyklem', i, '\ n'^2)} funkce cat() zřetězí a
vytiskne své argumenty
pruchod cyklem 1
pruchod cyklem 2
pruchod cyklem 3
pruchod cyklem 4
pruchod cyklem 5
```

Někdy ovšem předem nevíme, kolikrát bude třeba cyklus opakovat, a počet opakování závisí na splnění určité podmínky. V těchto případech použijeme cyklus `while`:

```
while(podminka) {prikaz}
```

Stejně jako u výrazu `if`, `podminka` je výraz, který po vyhodnocení vrací logickou hodnotu `TRUE` nebo `FALSE`. V případě splnění podmínky `podminka` cyklus provede `prikaz`.

```
> while(i %in% c(1:5)){print(i); i <- i + 1}
[1] 1
[1] 2
[1] 3
[1] 4
[1] 5
```

Cyklus `repeat` opakuje vyhodnocování výrazů `prikaz` do té doby, dokud nedosáhne konce. Syntaxe vypadá následovně:

```
repeat{prikaz}
```

Pro ukončení nejen cyklu `repeat`, ale i `for` a `while`, se používá výraz `break`. Výraz `next` přerušuje běh aktuální iterace a navýší index. `break` i `next` mohou být použity pouze uvnitř vnořených cyklů a větvení.

```
> i <- 0
> repeat{
+ if(i > 6) break
+ if(i >= 2 && i < 4){i <- i + 1; next}
+ print(i)
+ i <- i + 1}
[1] 0
[1] 1
[1] 4
[1] 5
[1] 6
```

---

<sup>2</sup>výraz `'\n'` způsobí přechod na nový řádek

U cyklů `while` a `for` je třeba si dát pozor na správnou definici konce cyklu, v opačném případě může dojít k zacyklení.

## 9.4 Skupiny funkcí `apply()`

Do této skupiny patří funkce `apply()`, `lapply()`, `sapply()` a `tapply()`. Společnou vlastností všech těchto funkcí je schopnost aplikovat funkci na vybrané části struktury bez použití cyklu, což má výhody v přehlednosti i rychlosti výpočtu.

Funkce `apply()` se používá pro vektory, matice a pole. Funkce požaduje tři argumenty: název pole a jeho dimenze, na kterých má být provedena požadovaná operace. Její název je třetím argumentem funkce. Jestliže u matic druhý argument nabývá hodnoty 1, operace se provádí po řádcích, v případě hodnoty 2 po sloupcích, u polí vyšší hodnoty odkazují na další dimenze.

```
> ar <- array(1:8, c(2,2,2))
, , 1
 [,1] [,2]
[1,] 1 3
[2,] 2 4
, , 2
 [,1] [,2]
[1,] 5 7
[2,] 6 8
> apply(ar, 1, sum)
[1] 16 20
> apply(ar, 2, sum)
[1] 14 22
> apply(ar, 3, sum)
[1] 10 26
```

Obě funkce `lapply()` i `sapply()` provádí výpočet určité funkce v jednotlivých složkách seznamu jako prvního argumentu. Druhým argumentem je název funkce, která má být provedena. Tyto příkazy se liší pouze výstupem - zatímco `lapply()` vrací seznam o stejném počtu složek jako vstupní seznam, funkce `sapply()` se snaží výsledek zjednodušit do vektoru nebo matice.

```
> (l <- list(1:5, 5:14, 2:6))
[[1]]
[1] 1 2 3 4 5
[[2]]
[1] 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
[[3]]
[1] 2 3 4 5 6
```

```
> lapply(1, range)
[[1]]
[1] 1 5
[[2]]
[1] 5 14
[[3]]
[1] 2 6
> sapply(1, range)
 [,1] [,2] [,3]
[1,] 1 5 2
[2,] 5 14 6
```

Funkce `tapply()` aplikuje požadovanou funkci na roztríděná data v tabulce dat. Argument `INDEX` specifikuje seznam položek pro roztrídění.

```
> (tabulka <- data.frame(id=c(1:6), skupina=c(1, 2, 2, 1, 2, 1),
+ hodnota=runif(6, 2, 4)))
 id skupina hodnota
1 1 1 3.238305
2 2 2 2.502754
3 3 2 3.939131
4 4 1 3.524773
5 5 2 3.731300
6 6 1 3.836787
> tapply(tabulka$hodnota, INDEX=tabulka$skupina, mean)
 1 2
3.533288 3.391061
```

# Kapitola 10

## Základy statistického zpracování dat

Jazyk R je programovací jazyk zaměřený především na statistickou analýzu dat a jejich grafické zobrazení. Poskytuje kompletní sadu statistických tabulek a řadu funkcí pro statistické zpracování dat.

Některé základní funkce jsou uvedeny v podkapitole 6.4. V této kapitole si uvedeme pouze základní příkazy z této oblasti.

### 10.1 Pravděpodobnostní rozložení

Práce s rozloženími pravděpodobností se realizuje pomocí čtveřice funkcí. Jednotlivé funkce jsou schopny vyhodnotit distribuční funkci ( $P(X < x)$ ), hustotu pravděpodobnosti, kvantilovou funkci ( $P(X \leq x) > q$ ). K dispozici jsou rovněž generátory náhodných čísel jednotlivých rozložení. Následující tabulka zobrazuje přehled nejčastěji používaných rozložení a jejich odpovídající výše zmiňované funkce.

| rozložení     | hustota<br>pravděpo-<br>dobnosti | distribuční<br>funkce | kvantilová<br>funkce | generátor ná-<br>hodných čísel |
|---------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| beta          | dbeta                            | pbeta                 | qbeta                | rbeta                          |
| binomické     | dbinom                           | pbinom                | qbinom               | rbinom                         |
| chi-kvadrát   | dchisq                           | pchisq                | qchisq               | rchisq                         |
| exponenciální | dexp                             | pexp                  | qexp                 | rexp                           |
| F-rozdělení   | df                               | pf                    | qf                   | rf                             |
| gamma         | dgamma                           | pgamma                | qgamma               | rgamma                         |

Pokračování na další straně



| rozložení           | hustota<br>pravděpo-<br>dobnosti | distribuční<br>funkce | kvantilová<br>funkce | generátor ná-<br>hodných čísel |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| geometrické         | dgeom                            | pgeom                 | qgeom                | rgeom                          |
| hypergeometrické    | dhyper                           | phyper                | qhyper               | rhyper                         |
| lognormální         | dlnorm                           | plnorm                | qlnorm               | rlnorm                         |
| negativně binomické | dnbinom                          | pnbinom               | qnbinom              | rnbinom                        |
| normální            | dnorm                            | pnorm                 | qnorm                | rnorm                          |
| Poissonovo          | dpois                            | ppois                 | qpois                | rpois                          |
| Studentovo          | dt                               | pt                    | qt                   | rt                             |
| rovnoměrně spojité  | dunif                            | punif                 | qunif                | runif                          |
| Weibullovo          | dweibull                         | pweibull              | qweibull             | rweibull                       |

Tab. 10.1. Tabulka pravděpodobnostních rozložení

## 10.2 Testy statistických hypotéz

Častým předpokladem pro testování hypotéz je předpoklad o **normalitě rozložení**:

`shapiro.test(x)` provede Shapirův-Wilkův test normality. Argument `x` udává vstupní vektor. Testujeme nulovou hypotézu  $H_0$ : Zkoumaná data pochází ze základního souboru s normálním rozložením. Výstupem je hodnota testové statistiky  $H$  a  $p$ -hodnota `p-value`.

`ks.test(x, y)` provede Kolmogorovův-Smirnovův test shody rozložení. Argument `x` je numerický vektor, argument `y` je textový řetězec udávající název příkazu pro distribuční funkci testovaného rozložení (pro normální rozložení `y=pnorm`). Testujeme nulovou hypotézu  $H_0$ : Zkoumaná data odpovídají danému teoretickému rozložení. Výstupem je hodnota testové statistiky  $D$  a  $p$ -hodnota `p-value`.

Pro testování **homogeneity** (porovnání rozptylů) je zabudována funkce `var.test(x, y, ratio=1, alternative, conf.level)`. Argumenty `x` a `y` udávají vstupní vektory pro porovnání vzájemné variability, `ratio` (implicitní nastavení `ratio=1`) stanovuje poměr variabilit daných pozorování. Předpokladem je normalita obou zkoumaných souborů, testujeme nulovou hypotézu  $H_0$ : Poměr variabilit zkoumaných souborů je v poměru `ratio`. Argument `alternative` udává typ alternativy ("`two.sided`" pro oboustrannou alternativu, "`less`" pro pravostrannou a "`greater`" pro levostrannou alternativu). Argument `conf.level` udává spolehlivost testu. Výstupem je hodnota testového kritéria  $F$ , počet stupňů volnosti čitatele `num df` a jmenovatele `denom df`,  $p$ -hodnota `p-value`, konfidenční interval spolehlivosti a vypočtený poměr `ratio of variances`.

K testování hypotézy o středních hodnotách použijeme:

`t.test(x, y, alternative, mu, var.equal, conf.level)` Argumenty `x` a `y` jsou vstupní vektory pro porovnání středních hodnot (v případě jednoho výběru je implicitní nastavení `y=NULL`), `mu` je numerická hodnota uvádějící testovanou střední hodnotu, popř. jejich rozdíl u dvou výběrů. Důležitým argumentem je `var.equal`, který uvádí, zda se jedná o test výběrů s rovnými (`TRUE`) nebo různými (`FALSE`) rozptyly.

Výstupem je hodnota testového kritéria `t`, počet stupňů volnosti `df`, `p`-hodnota `p-value`, interval spolehlivosti a odhad střední hodnoty/středních hodnot.

**Jednofaktorová ANOVA** (analýza rozptylu) se zabývá posouzením vlivu jednoho faktoru na sledovanou proměnnou nebo porovnáním výsledků z různých zdrojů. Testujeme nulovou hypotézu  $H_0$ : Střední hodnoty jednotlivých výběrů jsou shodné proti alternativě  $H_1$ : Alespoň jedna dvojice středních hodnot se liší:

`anova(object)` Argument `object` je objekt obsahující výsledky regresního modelu (např. `lm` nebo `glm`).

Nejjednodušším regresním modelem je lineární model: `lm(formula)`,

kde `formula` je objekt typu 'formula': tyto objekty mohou být pomocí operátoru `~` využívány pro uchování symbolického předpisu vztahu mezi několika proměnnými. Výraz `y ~ x` vyjadřuje závislost proměnné `y` (vysvětlovaná, závisle proměnná) na proměnné `x` (vysvětlující, nezávisle proměnná).

Výstupem je ANOVA tabulka obsahující počet stupňů volnosti `Df`, součet čtverců `Sum Sq`, průměrné čtverce `Mean Sq`, hodnotu testové statistiky `F value` a `p`-hodnotu `Pr(>F)`. V případě zamítnutí nulové hypotézy je třeba provést vícenásobná porovnání, abychom zjistili, mezi kterými úrovněmi faktoru nabývají střední hodnoty zkoumané veličiny statisticky významných rozdílů.

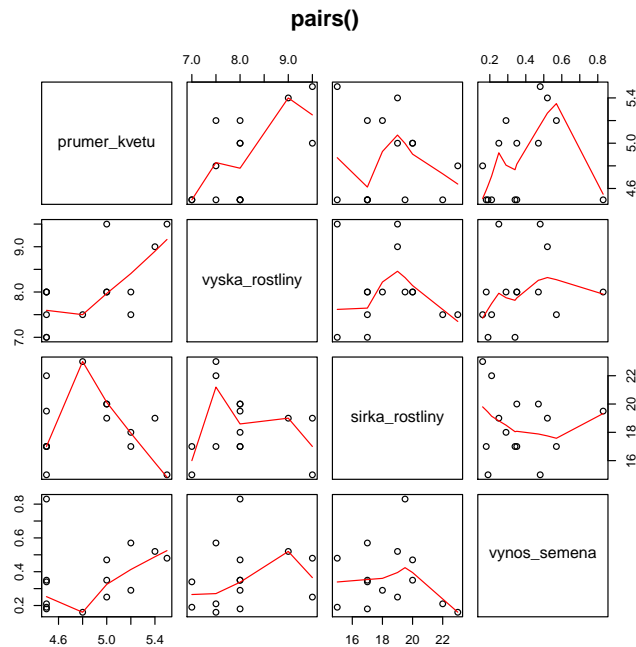
**Tukeyova metoda:** `TukeyHSD(aov(formula))`, kde `aov(formula)` provede analýzu rozptylu. Výstupem Tukeyovy metody je tabulka poskytující informace o porovnání úrovní faktoru: rozdíl středních hodnot `diff`, dolní a horní mez intervalu spolehlivosti `lwr`, `upr` a `p`-hodnotu `p adj`.

### 10.3 Grafická zobrazení

Grafický výstup ke statistice neodmyslitelně patří. V Kapitole 8 jsme se již seznámili s mnoha typy grafů, které jsou často využívány ve statistice (`barplot`, `hist`, `pie`, `boxplot`, `stripchart`, `qqnorm`, `qqline`). Zde si stručně ukážeme další typy grafů:

- `pairs()` matice `xy` grafů v jednom okně, na vstup matice, faktor, nebo tabulka `dat`. Graf se často využívá při základní analýze závislosti proměnných  
`panel=panel.smooth` přidá vyhlazovací křivku

```
> pairs(petrzel, panel=panel.smooth)
> title('pairs()')
```



Obr. 10.1. Funkce `pairs()`, závislosti faktorů ovlivňující výnosnost petržele

- `dotchart()` vykreslí bodový graf dat, osa y zobrazuje indexy dat, osa x zobrazuje jejich hodnoty, na vstup vektor nebo matice  
`labels` popisky k ose  $y$
- `sunflowerplot()` slunečnicový graf, jedná se o bodový graf, ve kterém se počet překrývajících bodů zobrazuje "okvětními lístky"  
`number` počet opakování v daném bodě  
`digits` počet desetinných míst, na než je možné považovat shodu v případě blízkosti bodů  
`rotate` `rotate=TRUE` náhodně rotuje okvětní lístky, aby se zabránilo překryvům  
`size, seg.col, seg.lwd` délka, barva a tloušťka "okvětních lístků"
- `spineplot()` speciální sloupcový graf pro 2-rozměrná data
- `mosaicplot()` mozaikový graf, používá se pro zobrazení vztahů v kontingenčních tabulkách

## KAPITOLA 10. ZÁKLADY STATISTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ DAT

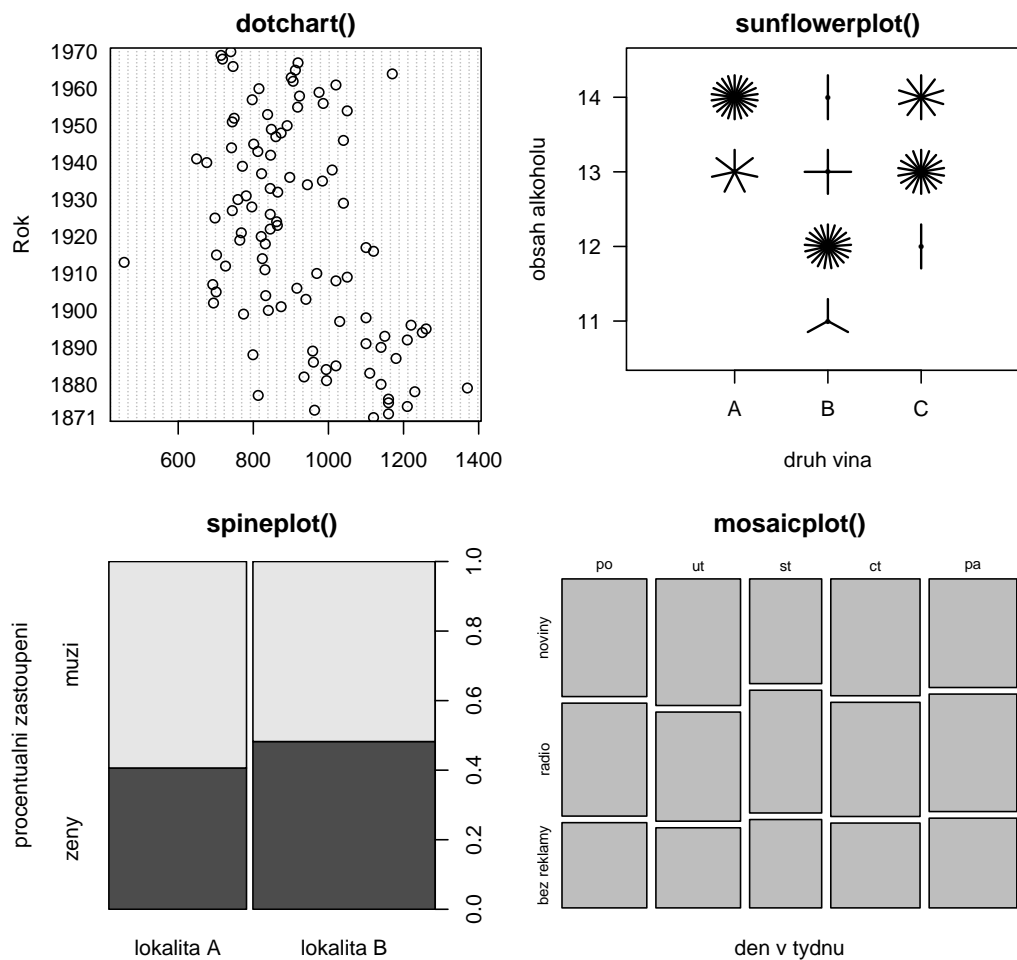
---

```
> popis <- rep(NA, times=100) příprava na popis osy y
> popis[c(1, seq(from=10, by=10, to=100))] <- c(1871, seq(from=1880,
+ by=10, to=1970))
> dotchart(Nile, main="dotchart()", labels=popis, xlab="Rocni prutok
+ reky Nil", ylab="Rok") bodový graf ročních průtoků řeky Nil (vestavěná pro-
měnná)

> sunflowerplot(vino, digits=2, axes=F, frame.plot=T, xlab="druh vina",
+ ylab="obsah alkoholu", main="sunflowerplot()", xlim=c(0, 4),
+ ylim=c(10.5, 14.5), seg.col=1) obsah alkoholu jednotlivých vzorků vína tří
kategorií
> axis(1, las=1, at=c(1,2,3), labels=c(LETTERS[1:3])) nastavení popisů os
> axis(2, las=1, at=c(11:14), labels=c(11:14))

> spineplot(osoby, xlab = "lokalita", ylab="procentualni zastoupeni",
+ main="spineplot()") sloupkový graf zastoupení mužů a žen na dvou lokalitách

> mosaicplot(reklama, xlab="den v tydnu", ylab="druh reklamy",
+ main="mosaicplot()") mozaikový graf vlivu reklamy a dne v týdnu na počet
kusů prodaného zboží
```



Obr. 10.2. Funkce dotchart(), sunflowerplot(), spineplot() a mosaicplot()

Mezi další používané grafy patří např. `assocplot()`, `fourfoldplot()`, `stars()`, `coplot()`, `cdplot()`, `matplot()` ....

## Závěr

Práce je rozdělena do desíti kapitol. *První kapitola* seznamuje s prostředím R a poskytuje základní informace k jeho správnému používání. *Druhá kapitola* se věnuje rozdělení objektů, následující tři kapitoly se zabývají nejpoužívanějším datovým strukturám v R, jejich definicí a použitím. *Šestá kapitola* seznamuje s operátory, matematickými funkcemi a konstantami. *Sedmá kapitola* se zabývá prací s knihovnami a načítáním a ukládáním dat. *Osmá kapitola* zmiňuje nejpoužívanější typy grafů a funkce pro jejich modifikaci, *devátá kapitola* se věnuje programování v R a v poslední kapitole jsou uvedeny základní funkce z oblasti statistického zpracování dat.

Součástí této práce je i sedm výukových dávek, které se vztahují k některým kapitolám. Dávky obsahují úkoly zaměřené na základní orientaci v prostředí R, na pochopení a procvičení definic datových objektů a manipulace s nimi. Dávky seznamují uživatele i s grafickým prostředím a základy programování. Svě znalosti si uživatel může prověřit na závěrečném testu.

Data pro grafický výstup (ve formátu .txt i ve formě datových objektů) společně s výukovými dávkami a závěrečným testem jsou k dispozici na příloženém CD.

Bakalářská práce byla vysázena systémem L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

## Seznam použité literatury

- [1] BÍNA, V., KOMÁREK, A., KOMÁRKOVÁ, L. *Jak na jazyk R: instalace a základní příkazy*. [online] 2006. 18 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.karlin.mff.cuni.cz/~komarek/Rko/Rmanual2.pdf>>
- [2] CRAWLEY, M. J. *Statistics: An Introduction Using R, Vectors And Logical Arithmetic*. [online] 30 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://osiris.sunderland.ac.uk/~cs0her/Statistics/Crawley/R2Calculations.pdf>>
- [3] DROZD, P. *Cvičení z biostatistiky: Základy práce se softwarem R*. [online] Ostrava: 2007. 111 s. ISBN 978-80-7368-433-4. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://cran.r-project.org/doc/contrib/CviceniR1.pdf>>
- [4] GUNDERSEN, V. B. *R for MATLAB Users* [online]. 2007 [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://mathesaurus.sourceforge.net/octave-r.html>>
- [5] HIEBELER, D. *MATLAB/R Reference*. [online] 52 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.math.umaine.edu/~hiebler/comp/matlabR.pdf>>
- [6] KLEIBER, Christian, ZEILEIS, Achim. *Applied Econometrics with R*. New York: Springer 2008. 221 s. ISBN 978-0-387-77316-2
- [7] KOLÁČEK, Jan, ZELINKA, Jiří. *Jak pracovat s MATLABem*. [online] 40 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.math.muni.cz/~kolacek/vyuka/vypsyst/navod.pdf>>
- [8] MELOUN, Milan, MILITKÝ, Jiří. *Kompendium statistického zpracování dat: Metody a řešení úlohy včetně CD*. 1. vydání. Praha: Academia, 2002. 764 s. ISBN 80-200-1008-4
- [9] PARADIS, Emmanuel. *R for Beginners*. [online] 2002. 58 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <[http://www.karlin.mff.cuni.cz/~kulich/vyuka/Rdoc/rdebuts\\_en.pdf](http://www.karlin.mff.cuni.cz/~kulich/vyuka/Rdoc/rdebuts_en.pdf)>

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

---

- [10] R Development Core Team. *Writing R Extensions*. [online] 2009. 155 s. ISBN 3-900051-11-9 [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-exts.pdf>>
- [11] SCOTT, Theresa A. *An Introduction to R*. [online]. 2004. 52 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.karlin.mff.cuni.cz/~kulich/vyuka/Rdoc/RLectureTScott.pdf>>
- [12] SCOTT, Theresa A. *An Introduction To The Fundamentals & Functionality Of The R Programming Language: Part I: An Overview*. [online] 69 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://biostat.mc.vanderbilt.edu/wiki/pub/Main/TheresaScott/Scott.IntroToR.I.pdf>>
- [13] SCOTT, Theresa A. *An Introduction To The Fundamentals & Functionality Of The R Programming Language: Part II: The Nuts and Bolts*. [online] 101 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://biostat.mc.vanderbilt.edu/wiki/pub/Main/TheresaScott/Scott.IntroToR.II.pdf>>
- [14] SCOTT, Theresa A. *An Introduction To The Fundamentals & Functionality Of The R Programming Language: Section I: Some Language Essentials*. [online] 44 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <[http://www.webpages.uidaho.edu/~brian/R\\_Scott\\_intro.pdf](http://www.webpages.uidaho.edu/~brian/R_Scott_intro.pdf)>
- [15] SPECTOR, Phil. *Data Manipulation with R*. New York: Springer, 2008. 147 s. ISBN 978-0-387-74730-9
- [16] VAVRČÍK, H. *Statistická analýza dat v aplikaci R*. [online][cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://wood.mendelu.cz/cz/sections/FEM/?q=book/export/html/49>>
- [17] VENABLES, W. K., SMITH, D. M. and the R Development Core Team. *An Introduction to R*. [online] 100 s. ISBN 3-900051-12-7. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf>>
- [18] VENABLES, W. N., RIPLEY, B. D. *Modern Applied Statistics with S-Plus*. 2. upravené vydání. New York: Springer-Verlag, 1994. 462 s. ISBN 0-384-94350-1
- [19] *The R Project for Statistical Computing*. [online][cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://r-project.org/>>
- 
- [20] RYBIČKA, Jiří. *L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X pro začátečníky*. 3. vydání. Brno: Konvoj, 2003. 238 s. ISBN 80-7302-049-1



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

---

- [21] SYSEL, Petr, RAJMIC, Pavel. [online][cit. květen 2010]. Dostupné z WWW:  
<<http://latex.feec.vutbr.cz/cz/latex/diskuze/>>
- [22] The University Of Tennessee. [online][cit. květen 2010]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.utm.edu/departments/cens/engineering/Images/matlab\\_logo\\_000.gif](http://www.utm.edu/departments/cens/engineering/Images/matlab_logo_000.gif)>

# Rejstřík

!=, 39  
!, 39  
|, 39  
\*, 38  
+, 9, 38  
-, 38  
.Last.value, 44  
/, 38  
:, 16  
<-, 9  
<<-, 73  
<=, 39  
<, 39  
==, 39  
=, 9  
>=, 39  
>, 8, 39  
?, 10  
Hmisc, 32  
LETTERS, 45  
Levels, 22  
Matrix, 27  
NaN, 15  
TukeyHSD, 81  
[[ ]], 32  
#, 9  
\$, 32  
%\*%, 28, 38  
%/%, 38  
%%, 38  
%in%, 40  
%operator%, 72  
&, 39  
^, 38  
abline, 66  
abs, 41  
acosh, 41  
acos, 41  
all, 40  
anova, 81  
any, 40  
aov, 81  
apply, 77  
apropos, 10  
args, 10  
as.character, 52  
as.integer, 52  
as.something, 52  
asinh, 41  
asin, 41  
assign, 15, 73  
atanh, 41  
atan, 41  
attach, 48  
attributes, 51  
axis, 66  
backsolve, 29  
barplot, 56  
boxplot, 61  
break, 76  
cbind, 25, 35  
ceiling, 44  
character, 21  
choose, 41  
colMeans, 42  
colSums, 42

## REJSTRÍK

---

colVars, 42  
comment, 51  
contents, 32  
cor, 42  
cosh, 41  
cos, 41  
cov, 42  
cummax, 41  
cummin, 41  
cumprod, 41  
cumsum, 41  
curve, 63  
data.frame, 30  
datasets, 48  
data, 48  
dbeta, 79  
dbinom, 79  
dchisq, 79  
demo, 10  
detach, 48  
det, 27  
dexp, 79  
df, 79  
dgamma, 79  
dgeom, 79  
dhyper, 79  
diag, 27  
dim, 24, 27, 32  
dir, 11  
dlnorm, 79  
dnbinom, 79  
dnorm, 79  
dotchart, 82  
dpois, 79  
dt, 79  
dunif, 79  
dweibull, 79  
eigen, 27  
example, 10  
exp, 41  
factorial, 41  
factor, 22  
floor, 44  
for, 75  
function, 72  
gamma, 41  
gbeta, 79  
getwd, 11  
glm, 81  
grid, 53, 66  
head, 19  
help.search, 10  
help.start, 10  
help, 8, 10  
hist, 58  
if - else if - else, 74  
if - else, 73  
ifelse, 74  
if, 73  
image, 63  
install.packages, 46  
intersect, 40  
iplots, 53  
is.element, 40  
is.na, 15  
i, 44  
ks.test, 80  
lapply, 77  
lattice, 65  
lattice, 53  
layout.show, 69  
layout, 69  
legend, 66  
letters, 44  
library, 46  
lines, 65  
list.files, 11  
list, 31  
lm, 81  
loadhistory, 49  
locator, 70  
log10, 41

## REJSTŘÍK

---

log2, 41  
log, 41  
ls, 11  
maps, 53  
matrix, 24  
max, 41  
mean, 42  
median, 42  
merge, 35  
methods(as), 52  
min, 41  
misc3D, 53  
misc3d, 65  
month.abb, 45  
month.name, 45  
mosaicplot, 82  
mtext, 66  
names, 32  
ncol, 27  
next, 76  
norm, 27  
nrow, 27  
objects, 11  
order, 37, 43  
pairs, 81  
par, 66  
pbeta, 79  
pbinom, 79  
pchisq, 79  
persp, 64  
pexp, 79  
pf, 79  
pgamma, 79  
pgeom, 79  
phyper, 79  
pie, 60  
pi, 44  
plnorm, 79  
plot, 54  
pmax, 42  
pmin, 42  
pnbinom, 79  
pnorm, 79  
points, 65  
ppois, 79  
print, 72  
prod, 41  
pt, 79  
punif, 79  
pweibull, 79  
qbinom, 79  
qchisq, 79  
qexp, 79  
qf, 79  
qgamma, 79  
qgeom, 79  
qhyper, 79  
qlnorm, 79  
qnbinom, 79  
qnorm, 79  
qpois, 79  
qqline, 63  
qqnorm, 63  
qr, 27  
qt, 79  
quantile, 42  
qunif, 79  
qweibull, 79  
q, 10  
range, 42  
rank, 43  
rbeta, 79  
rbind, 25, 35  
rbinom, 79  
rchisq, 79  
read.table, 47  
repeat, 76  
rep, 17  
rev, 43  
rexp, 79  
rf, 79  
rgamma, 79

## REJSTŘÍK

---

rgeom, 79  
rgl, 53  
rhyper, 79  
rlnorm, 79  
rm, 11  
rbinom, 79  
rnorm, 17, 79  
round, 44  
rowMeans, 42  
rowSums, 42  
rowVars, 42  
rpois, 17, 79  
rt, 79  
runif, 17, 79  
rweibull, 79  
sample, 18  
sapply, 77  
savehistory, 49  
save, 49  
scan, 47  
scatterplot3d, 65  
scatterplot, 53  
sd, 42  
search, 46  
segments, 66  
sequence, 16  
seq, 16  
setdiff, 40  
setwd, 11  
shapiro.test, 80  
signif, 44  
sign, 41  
sinh, 41  
sin, 41  
solve, 28  
sort, 43  
spineplot, 82  
split.screen, 70  
sqrt, 41  
stripchart, 62  
str, 32, 51  
subset, 20, 33  
summary, 49  
sum, 41  
sunflowerplot, 82  
svd, 27  
switch, 75  
symbols, 66  
t.test, 81  
tail, 19  
tanh, 41  
tan, 41  
tapply, 78  
text, 66  
title, 66  
transform, 35  
trunc, 44  
typeof, 33  
t, 27, 38  
union, 40  
var.test, 80  
var, 42  
vector, 15  
which, 40  
while, 76