

.daddy_code

Rasmus Hammar

Table of contents

1 Allmänt	1
1.1 Paket & inläsning av data	2
1.2 Variabel	4
1.3 Vektor	4
1.4 Data frame	5
1.5 Matris	10
1.6 Lista (den riktiga listan)	12
1.7 Lite andra funktioner	13
1.8 Plotting	15
2 Stats	15
2.1 Binomial fördelning	16
2.2 Skillnad mellan grupper	17
2.2.1 T-test: ensidigt	17
2.2.2 T-test: tvåsidigt	18
2.2.3 T-test: paired/beroende	18
3 Matte	19
3.1 Lösa differentialekvationer	19
4 KvantBio	22
4.1 Lotka-Volterra byte-predator modell	22

1 Allmänt

Lite allmänna funktioner som är bra att kunna.

1.1 Paket & inläsning av data

För att installera ett paket.

```
# För att installera paketet som heter palmerpenguins
install.packages("palmerpenguins")

# För Stats
install.packages("MKinfer")
install.packages("lmboot")
install.packages("boot.pval")

# För Matte
install.packages("pracma")
install.packages("expm")
install.packages("deSolve")
```

För att använda funktioner i ett paket måste man ladda in paketet i R genom `library()`

```
# Exempel data
library(palmerpenguins)

# Stats
library(MKinfer)
library(lmboot)
library(boot.pval)

# Matte
library(pracma)
library(expm)
library(deSolve)

# KvantBio
```

För att läsa in data från t.ex. en .csv eller .txt fil. Öppna filen och identifiera vilka symboler som **separerar** kolumner samt används som **decimaltecken**.

```
file.choose() # Returnerar vägen till filen man väljer, hitta fönstret
↪ med alt + tab.

my_data <- read.table(
```

```

file = file.choose(), # Välj fil interaktivt, alt. filens sökväg som
  ↪ en text string
header = TRUE, # Om det finns namn på kolumnerna
sep = ",", # Här används ett kommatecken för att skilja på kolumner
dec = "." # Här används en punkt som decimaltecken
)

```

För att titta på data kan man använda

```

# View(penguins) # Öppnar som separat flik
head(penguins, # Printar de första 4 raderna
      n = 4)

```

```

# A tibble: 4 x 8
  species island bill_length_mm bill_depth_mm flipper_length_mm body_mass_g
  <fct>   <fct>         <dbl>         <dbl>             <int>      <int>
1 Adelie Torgersen      39.1           18.7             181       3750
2 Adelie Torgersen      39.5           17.4             186       3800
3 Adelie Torgersen      40.3           18              195       3250
4 Adelie Torgersen      NA              NA              NA         NA
# i 2 more variables: sex <fct>, year <int>

```

```

tail(penguins, # Printar de sista 4 raderna
      n = 4)

```

```

# A tibble: 4 x 8
  species island bill_length_mm bill_depth_mm flipper_length_mm body_mass_g
  <fct>   <fct>         <dbl>         <dbl>             <int>      <int>
1 Chinstrap Dream      43.5           18.1             202       3400
2 Chinstrap Dream      49.6           18.2             193       3775
3 Chinstrap Dream      50.8           19              210       4100
4 Chinstrap Dream      50.2           18.7             198       3775
# i 2 more variables: sex <fct>, year <int>

```

För att skapa olika datastrukturer

1.2 Variabel

```
var_1 <- "Text/character string" # Någonting inuti "" är text
var_2 <- 25 # Nummer, för decimaltal 25.99
var_3 <- TRUE # Boolean, kan bara vara TRUE (T) eller FALSE (F)
var_4 <- NA # Not Available (NA), inte samma som "NA" (text string)!
var_5 <- NULL # Ingenting, tenderar att radera saker!
```

1.3 Vektor

```
vec_1 <- c() # Skapar en tom vektor
vec_1 <- c(36, 56, 48) # Skapa en vektor med tre värden
vec_1[4] <- 25 # Sätta in ett värde i index plats 4
vec_1 # Printa innehållet av variabeln (vektorn)
```

```
[1] 36 56 48 25
```

```
vec_1[2] # Printa innehållet i index 2
```

```
[1] 56
```

```
vec_1[c(1,3)] # Printa index 1 och 3
```

```
[1] 36 48
```

Vektorer kan innehålla namn och indexeras med namn

```
vec_2 <- c(element_1 = 99, element_2 = 100, element_3 = 101)
vec_2["element_4"] <- 102 # Sätt in ett värde med namn
vec_2
```

```
element_1 element_2 element_3 element_4
      99       100       101       102
```

```
vec_2["element_2"]
```

```
element_2  
100
```

```
vec_2[c("element_1", "element_3")]
```

```
element_1 element_3  
99         101
```

1.4 Data frame

```
df <- data.frame( # Skapa en dataframe med kolumn_namn = vektor  
  vec_1, # Kolumn 1, vec_1 från tidigare  
  letters = LETTERS[1:4] # Kolumn 2, lite bokstäver  
)  
df
```

```
vec_1 letters  
1    36      A  
2    56      B  
3    48      C  
4    25      D
```

Man kan lägga till kolumner med \$

```
df$col_3 <- vec_2 # Kolumn 3  
df
```

```
vec_1 letters col_3  
1    36      A    99  
2    56      B   100  
3    48      C   101  
4    25      D   102
```

Andra sätt att lägga till kolumner är med namn

```
df["col4"] <- letters[1:4]
df
```

```
  vec_1 letters col_3 col4
1    36      A    99    a
2    56      B   100    b
3    48      C   101    c
4    25      D   102    d
```

En kolumn kan användas med \$

```
df$letters # Ger en vektor, samma som med df[["letters"]]
```

```
[1] "A" "B" "C" "D"
```

Eller med indexering/namn, N.B. enkla [] ger ett subset = en mindre del av samma objekt typ

```
df[3] # Ger en data frame med enbart kolumn 3
```

```
  col_3
1    99
2   100
3   101
4   102
```

```
df["col4"] # Ger en data frame med kolumn "col4"
```

```
  col4
1    a
2    b
3    c
4    d
```

medan dubbla [[]] ger objektet inuti

```
df[[1]] # Ger det "mindre objektet inuti", alltså en vektor i detta fall
```

```
[1] 36 56 48 25
```

Enkla [] kan indexeras med rader och kolumner samtidigt

```
df[2] # Kolumn 2 (en data frame med en kolumn)
```

```
letters
1      A
2      B
3      C
4      D
```

```
df[3,2] # Rad 3, kolumn 2 (en vektor av längd ett)
```

```
[1] "C"
```

```
df[,2] # Alla rader, kolumn 2 (en vektor)
```

```
[1] "A" "B" "C" "D"
```

```
df[3, ] # Rad 3, alla kolumner (en data frame med en rad)
```

```
vec_1 letters col_3 col4
3     48          C   101    c
```

På tal om subsetting, för att ta ett subset av en data frame kan man filtrera rader baserat på ett kriterium

```
penguins_chin <- penguins[penguins$species == "Chinstrap", ]
# Utan komma läses det som att du vill filtrera kolumner! '==' är det
  ↳ matematiska 'lika med' (eftersom '=' är samma som '<-' )
head(penguins_chin)
```

```
# A tibble: 6 x 8
  species island bill_length_mm bill_depth_mm flipper_length_mm body_mass_g
  <fct>    <fct>         <dbl>         <dbl>         <int>         <int>
1 Chinstrap Dream         46.5           17.9           192           3500
2 Chinstrap Dream         50             19.5           196           3900
3 Chinstrap Dream        51.3           19.2           193           3650
4 Chinstrap Dream        45.4           18.7           188           3525
5 Chinstrap Dream        52.7           19.8           197           3725
6 Chinstrap Dream        45.2           17.8           198           3950
# i 2 more variables: sex <fct>, year <int>
```

```
penguins_heavy <- penguins[penguins$body_mass_g > 3500, ]
head(penguins_heavy)
```

```
# A tibble: 6 x 8
  species island bill_length_mm bill_depth_mm flipper_length_mm body_mass_g
  <fct>    <fct>         <dbl>         <dbl>         <int>         <int>
1 Adelie  Torgersen      39.1           18.7           181           3750
2 Adelie  Torgersen      39.5           17.4           186           3800
3 <NA>    <NA>              NA             NA             NA             NA
4 Adelie  Torgersen      39.3           20.6           190           3650
5 Adelie  Torgersen      38.9           17.8           181           3625
6 Adelie  Torgersen      39.2           19.6           195           4675
# i 2 more variables: sex <fct>, year <int>
```

Man kan även göra detta för att få en kolumn filtrerad/subset baserad på en annan kolumn.

```
penguins_chin_weight <- penguins$body_mass_g[penguins$species ==
  ↪ "Chinstrap", ]
```

Error in `penguins$body_mass_g[penguins$species == "Chinstrap",]` : incorrect number of dimensions

Det blir en error därför att nu försöker man ta både rader och kolumner (2 dimensioner) på en kolumn (kolumn/vektor har bara 1 dimension) därför att `$` ger en vektor. Om vi istället provar utan extra kommatecken för att ange rader & kolumner samtidigt fungerar det (ger en vektor). Alternativt ange kolumnen med namn istället för med `$` (ger en mindre data frame).

```
# Utan extra kommatecken
```



```
penguins_chin_weight <- penguins$body_mass_g[penguins$species ==
  ↪ "Chinstrap"]
head(penguins_chin_weight)
```

```
[1] 3500 3900 3650 3525 3725 3950
```

```
# Ange kolumnen med namn
penguins_chin_weight <- penguins[penguins$species == "Chinstrap",
  ↪ "body_mass_g"]
head(penguins_chin_weight)
```

```
# A tibble: 6 x 1
  body_mass_g
    <int>
1       3500
2       3900
3       3650
4       3525
5       3725
6       3950
```

Vi kan även bli av med NA på ett kontrollerat sätt med den här metoden. Om man vill se till att vikt och näbb längd inte har NA kan man använda funktionen `is.na()` och operatoren `!`.

```
is.na(NA) # Kolla om NA är NA
```

```
[1] TRUE
```

```
!is.na(NA) # ! negerar ett TRUE/FALSE uttryck
```

```
[1] FALSE
```

```
vec_NA <- c(NA, 50)
is.na(vec_NA) # Kolla vilka element som är NA
```

```
[1] TRUE FALSE
```

```
!is.na(vec_NA)
```

```
[1] FALSE TRUE
```

```
# Alla rader där kolumnen body_mass_g inte är NA och alla kolumner
penguins_no_NA <- penguins[!is.na(penguins$body_mass_g), ]
# Alla rader där kolumnen bill_length_mm inte är NA och alla kolumner
penguins_no_NA <- penguins_no_NA[!is.na(penguins_no_NA$bill_length_mm),
↪ ]
data.frame(
  rows = c(penguins = nrow(penguins), no_NA = nrow(penguins_no_NA)),
  columns = c(penguins = ncol(penguins), no_NA = ncol(penguins_no_NA))
)
```

	rows	columns
penguins	344	8
no_NA	342	8

1.5 Matris

Vi kan skapa matriser med `rbind()` (går även att använda `cbind()` men då placeras vektorerna vertikalt från det övre vänstra hörnet, istället för horisontellt). Med `rbind()` blir matrisen som den ser ut när man skriver den.

```
rbind( # en "character matrix"
  c("a", "b"),
  c("c", "d")
)
```

```
      [,1] [,2]
[1,] "a"  "b"
[2,] "c"  "d"
```

```
cbind( # skillnaden med cbind()
  c("a", "b"),
  c("c", "d")
)
```

```

      [,1] [,2]
[1,] "a"  "c"
[2,] "b"  "d"

```

```

M <- rbind( # Skapar en matris radvis med namngivna rader och kolumner
  r1 = c(col1 = 0.90, col2 = 0, col3 = 0, col4 = 0, col5 = 0.45),
  r2 = c(          0,    0.45,    0,    0,    0),
  r3 = c(          0,    0.23,    0.45,    0,    0),
  r4 = c(          0,    0,    0.23,    0.45,    0),
  r5 = c(          0,    0,    0,    0.23,    0.20)
)
M

```

```

      col1 col2 col3 col4 col5
r1  0.9 0.00 0.00 0.00 0.45
r2  0.0 0.45 0.00 0.00 0.00
r3  0.0 0.23 0.45 0.00 0.00
r4  0.0 0.00 0.23 0.45 0.00
r5  0.0 0.00 0.00 0.23 0.20

```

För matris matte se [Matte](#) sektionen.

Matriser kan indexeras ungefär på samma sätt som data frames.

```

M[3, 2]

```

```

[1] 0.23

```

```

M[3:5, 2:3]

```

```

      col2 col3
r3 0.23 0.45
r4 0.00 0.23
r5 0.00 0.00

```

```

M[c(3,5), c(2,3)]

```

```

      col2 col3
r3 0.23 0.45
r5 0.00 0.00

```

```
M[c("r3","r5"), c("col2","col3")]
```

```

      col2 col3
r3 0.23 0.45
r5 0.00 0.00

```

1.6 Lista (den riktiga listan)

I en vektor **måste** alla element vara av samma typ (numerisk/text osv.) och i en data frame **måste** alla kolumner (som är vektorer) vara lika långa.

Listor kan ha olika typer av objekt i sig och brukar användas för att bunta ihop olika objekt man vill hålla tillsammans. Till exempel är output från `t.test()` en lista.

```

my_list <- list() # En tom lista
my_list$df_1 <- df # Lägg till en data frame med $
my_list[[2]] <- var_2 # Lägg till en variabel med index, N.B. [[]]
my_list[["plats_3"]] <- vec_2 # Lägg till en vektor med namn, N.B. [[]]
my_list

```

```

$df_1
  vec_1 letters col_3 col4
1    36      A    99    a
2    56      B   100    b
3    48      C   101    c
4    25      D   102    d

```

```

[[2]]
[1] 25

```

```

$plats_3
element_1 element_2 element_3 element_4
      99       100       101       102

```

1.7 Lite andra funktioner

Ett objekts typ heter "klass" och kan kollas med funktionen `class()`

```
class(var_1) # var_1 är text
```

```
[1] "character"
```

```
class(var_2) # var_2 är numerisk
```

```
[1] "numeric"
```

```
class(var_3) # var_3 är logical/boolean (TRUE/FALSE)
```

```
[1] "logical"
```

```
class(vec_1) # vec_1 är numerisk vektor
```

```
[1] "numeric"
```

```
class(df) # df är en data frame
```

```
[1] "data.frame"
```

```
class(M) # M är en matris
```

```
[1] "matrix" "array"
```

```
class(my_list) # my_list är en lista
```

```
[1] "list"
```

För att se till att någonting skrivs i konsolfönstret används `print()`

```
print(var_1) # Tar enbart ett objekt! Se paste()
```

```
[1] "Text/character string"
```

För att skriva ihop text m.m. används `paste()`, den tar dock enbart enskilda element (inte vektor/data frame/list

```
message <- paste(
  "Hello", "world", var_1, 55, vec_2[3], # Alla objekt man vill skriva
  ↪ ihop
  sep = " " # Separator att infoga mellan varje objekt, här ett
  ↪ mellanslag
)
print(message)
```

```
[1] "Hello world Text/character string 55 101"
```

Notera att `print()` enbart accepterar ett objekt, därav den vanliga kombinationen `print(paste(arg1, arg2))`.

```
print(paste("Nu", "klaras", "vi", "tentan!", sep = "! "))
```

```
[1] "Nu! klaras! vi! tentan!"
```

Kolla längden på saker med

```
length(vec_1) # Längden på en vektor
```

```
[1] 4
```

```
length(penguins) # Längden på en data frame är antalet kolumner
```

```
[1] 8
```

```
nrow(penguins) # För antalet rader i en data frame
```

```
[1] 344
```

```
ncol(penguins) # Antalet columner på en data frame
```

```
[1] 8
```

Få en vektor med namnen på kolumner

```
colnames(penguins)
```

```
[1] "species"      "island"        "bill_length_mm"  
[4] "bill_depth_mm" "flipper_length_mm" "body_mass_g"  
[7] "sex"          "year"
```

Få alla unika element i en vektor

```
unique(penguins$species)
```

```
[1] Adelie    Gentoo    Chinstrap  
Levels: Adelie Chinstrap Gentoo
```

1.8 Plotting

2 Stats

Rapportera alltid testets namn, statistiken (t.ex. t-/F-värdet), frihetsgrader och p-värde, samt en mening som ger slutsatsen/tolkningen av testet. Andra relevanta saker kan också inkluderas, såsom konfidens intervall.

Exempel: Förklarande mening ([testets namn], t([frihetsgrader]) = [värdet], p = [värdet]).

Det fanns en skillnad mellan Grupp 1 och den förväntade vikten ($\mu = 3000$ g)
enligt internet (One sample t-test, $t(150) = 18.776$, $p < 2.2e-16$).

Tips från coachen, gör detta snyggare än jag...

2.1 Binomial fördelning

Min binomiala studie:

- 20 försök
- varje försök är Ja/Nej
- 37 % sannolikhet för Ja för varje oberoende försök

För att beräkna sannolikheten för utfall med binomial fördelning används `dbinom()` för att beräkna sannolikheten för exakt x antal gynsamma utfall,

```
f5 <- dbinom(  
  x = 5, # Exakt antal 'Ja'  
  size = 20, # Totalt antal försök  
  prob = 0.37 # Sannolikheten för försöket  
)  
print(paste("Sannolikhet att exakt fem av 20 försök blir 'Ja':", f5))
```

```
[1] "Sannolikhet att exakt fem av 20 försök blir 'Ja': 0.10508981363014"
```

Dessa sannolikheter kan adderas.

```
f6 <- dbinom(  
  x = 6, # Exakt 6st Ja  
  size = 20,  
  prob = 0.37  
)  
print(paste("p att exakt 5-6st av 20 försök blir 'Ja':", (f5+f6)))
```

```
[1] "p att exakt 5-6st av 20 försök blir 'Ja': 0.259388349515663"
```

eller `1 - pbinom()` för att beräkna sannolikheten för alla utfall **över** det man anger.

```
f15_20 <- (1 - pbinom(  
  q = 14, # utfall över det angivna  
  size = 20,  
  prob = 0.37  
))  
print(paste("p att få 15 eller fler 'Ja':", f15_20))
```



```
[1] "p att få 15 eller fler 'Ja': 0.000621595787321794"
```

Enbart `pbinom()` ger den motsatta sannolikheten (alltså 0-14 Ja) vilket är komplement till 15-20 Ja. Använd `lower.tail = FALSE` för att få 15-20 Ja istället.

```
f15_20_igen <- pbinom(  
  q = 14,  
  size = 20,  
  prob = 0.37,  
  lower.tail = FALSE # Istället för 1 - pbinom()  
)  
print(paste("p att få 15 eller fler 'Ja':",f15_20_igen))
```

```
[1] "p att få 15 eller fler 'Ja': 0.000621595787321803"
```

2.2 Skillnad mellan grupper

2.2.1 T-test: ensidigt

För att testa om en grupp med kontinuerlig data skiljer sig från ett känt eller teoretiskt väntevärde.

```
grupp_1 <- penguins$body_mass_g[penguins$species == "Adelie"]  
  
t.test(  
  x = grupp_1, # En vektor  
  mu = 3000    # Väntevärdet vi hittade på internet  
)
```

One Sample t-test

```
data: grupp_1  
t = 18.776, df = 150, p-value < 2.2e-16  
alternative hypothesis: true mean is not equal to 3000  
95 percent confidence interval:  
 3626.926 3774.398  
sample estimates:  
mean of x  
 3700.662
```

2.2.1.1 Resultat:

Det fanns en skillnad mellan Grupp 1 och den förväntade vikten enligt internet (One sample t-test, $t(150) = 18.776$, $p < 2.2e-16$).

2.2.2 T-test: tvåsidigt

För att testa om det finns en skillnad mellan två grupper av kontinuerlig data.

```
grupp_1 <- penguins$body_mass_g[penguins$species == "Adelie"]
grupp_2 <- penguins$body_mass_g[penguins$species == "Gentoo"]

t.test(
  x = grupp_1, # En vektor
  y = grupp_2, # En annan vektor
)
```

Welch Two Sample t-test

```
data: grupp_1 and grupp_2
t = -23.386, df = 249.64, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -1491.183 -1259.525
sample estimates:
mean of x mean of y
 3700.662  5076.016
```

2.2.2.1 Resultat:

Det fanns en skillnad mellan Grupp 1 och Grupp 2 (Welch two sample t-test, $t(249.64) = -23.386$, $p < 2.2e-16$).

2.2.3 T-test: paired/beroende

First rule of Crayfish Fight Club is you do not talk about Crayfish Fight Club.

```
t.test()
boot.t.test()
wilcox.test()
```

```
chisq.test()
fisher.test()
```

```
cor.test()
cor()
```

```
aov()
ANOVA.boot()
TukeyHSD()
p.adjust()
```

```
lm()
boot_summary()
predict()
```

```
mean()
sum()
median()
```

```
rowMeans()
rowSums()
```

3 Matte

3.1 Lösa differentialekvationer

```
# Funktion med ekvationssystemet att lösa
DE_fun <- function(times, # Intervall
                    y,      # Begynnelsevärden
                    parms   # Andra värden
) {
  # variabler att använda (från parms)
  alfa <- parms["alfa"]
  beta <- parms["beta"]
  delta <- parms["delta"]
  gamma <- parms["gamma"]
}
```

```

# Begynnelsevärden (från y)
I <- y["I"]
S <- y["S"]

# Differentialekvationen att lösa numeriskt
# (Minst 1 ekv. men sedan är det bara att lägga till fler ekv.
# på var sin rad. Varje ekv. måste ha ett begynnelsevärde &
# sedan returneras i result_vec)
dI <- alfa * I - beta * I * S
dS <- delta * I * S - gamma * S

# Spara & returnera resultatet (ode() är lite speciell...)
result_vec <- c( # Först som vektor
  dI,
  dS
)
result_list <- list(result_vec) # Sedan som lista
return(result_list) #Returnera
}

# Vektor med alla tidssteg (t) att sätta in
DE_time_span <- seq(
  from = 0, # Början på intervall
  to = 30, # Slut på intervall
  by = 0.1 # Steglängd
)

# Vektor med begynnelsevärden
# (enklast att namnge dem och sedan indexera med namnet i fun)
DE_init <- c(
  I = 200,
  S = 10
)

# Vektor med andra värden för formeln
# (enklast att namnge dem och sedan indexera med namnet i fun)
DE_params <- c(
  alfa = 2.5,
  beta = 0.15,
  delta = 0.02,
  gamma = 1.5
)

```

```

)

# Lösa ekvationerna numeriskt
DE_sol <- ode(
  y = DE_init,          # Begynnelsevärden
  times = DE_time_span, # Intervall
  func = DE_fun,         # Funktionen
  parms = DE_params,     # Andra värden
  method = "rk4"         # Runge-Kutta version 4
)

# Konvertera till data frame för att göra den lättare att hantera
DE_sol <- as.data.frame(DE_sol)

# Plotta dI respektive dS mot tid
plot( # Plot fönster & dI mot tid
  DE_sol$time,
  DE_sol$I,
  type = "l",

  col = "blue",

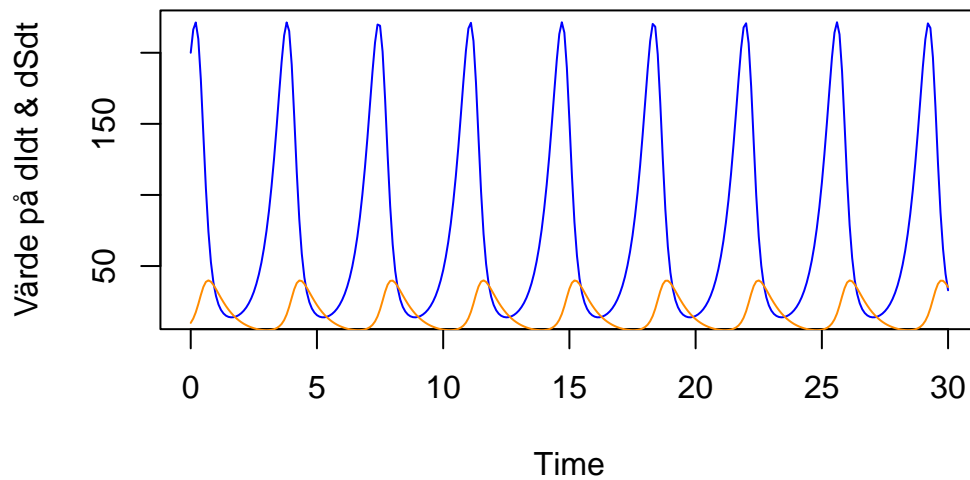
  xlab = "Time",
  ylab = "Värde på dIdt & dSdt",
  main = "Numerisk lösning för system av differentialekvationer"
)

lines( # Lägg till dS mot tid
  DE_sol$time,
  DE_sol$S,

  col = "darkorange"
)

```

Numerisk lösning för system av differentialekvationer



4 KvantBio

4.1 Lotka-Volterra byte-predator modell

En specifik modell som bygger på att lösa ett ekvationssystem av differentialekvationer.

```
# Funktion med ekvationssystemet att lösa
LV_fun <- function(times, # Intervall
                    y,      # Begynnelsevärden
                    parms   # Andra värden
) {
  # variabler att använda (från parms)
  alfa <- parms["alfa"]
  beta <- parms["beta"]
  delta <- parms["delta"]
  gamma <- parms["gamma"]

  # Begynnelsevärden (från y)
  I <- y["I"]
  S <- y["S"]
```

```

# Differentialekvationen att lösa numeriskt
dIdt <- (alfa * I - beta * I * S)
dSdt <- (delta * I * S - gamma * S)

# Spara & returnera resultatet
result_vec <- c(
  dIdt,
  dSdt
)
result_list <- list(result_vec)
return(result_list)
}

# Vektor med alla tidssteg (t) att sätta in
time_span_LV <- seq(
  0,
  30,
  by = 0.1
)

# Vektor med begynnelsevärden
init_LV <- c(
  I = 200,
  S = 10
)

# Vektor med andra värden för formeln
params_LV <- c(
  alfa = 2.5,
  beta = 0.15,
  delta = 0.02,
  gamma = 1.5
)

# Lösa ekvationerna numeriskt
sol_LV <- ode(
  y = init_LV,           # Begynnelsevärden
  times = time_span_LV,  # Intervall
  func = LV_fun,         # Funktionen
  parms = params_LV,     # Andra värden

```

```

    method = "rk4"          # Runge-Kutta version 4
  )
sol_LV <- as.data.frame(sol_LV)

# Plotta antal insekter [milljoner] respektive spindlar [tusen] mot tid
plot(
  sol_LV$time,
  sol_LV$I,
  type = "l",

  col = "blue",

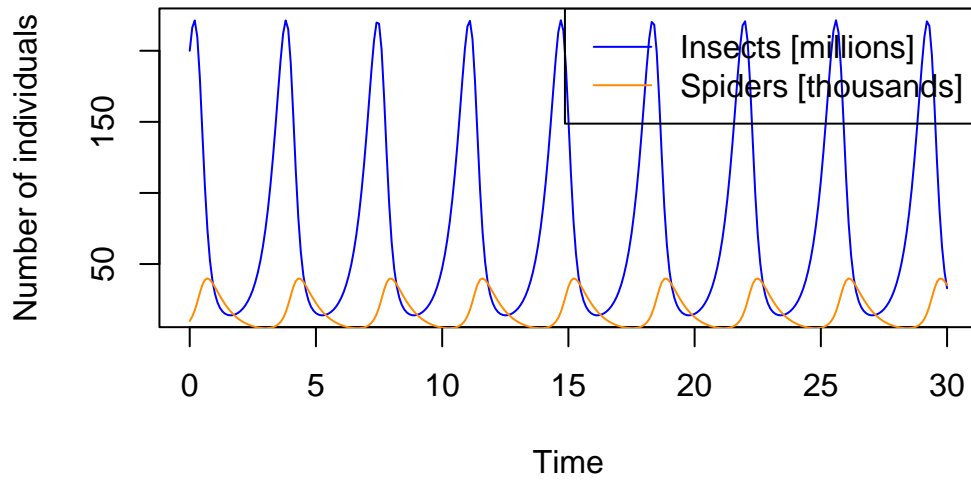
  xlab = "Time",
  ylab = "Number of individuals",
  main = "Lotka-Volterra model"
)
lines(
  sol_LV$time,
  sol_LV$S,

  col = "darkorange"
)
legend(
  "topright",
  legend = c("Insects [millions]",
             "Spiders [thousands]"),

  lty = c(1, 1),
  col = c("blue",
          "darkorange")
)

```


Lotka–Volterra model



```
# "Fasporträtt" (två pop. mot varandra där tiden blir att följa linjen)
plot(
  sol_LV$I,
  sol_LV$S,
  type = "l",

  col = "darkgreen",

  xlab = "Insects",
  ylab = "Spiders",
  main = "Fasporträtt"
)
```

Fasporträtt

