Ventilácia - 3 kompartmenty

Návod k programu ventilacia_3k.R

Ondrej Pisarčík

23 novembra 2018

Určenie programu

Program *ventilacia_3k.R* slúži pre výpočet priemernej výmeny vzduchu medzi budovou a vonkajším prostredím n, ďalej toky vzduchu $R_{i,j}$ pre $i, j \in \{1, 2, 3\}$ medzi jednotlivými zónami, exfiltrácie vzduchu Re_i pre $i \in \{1, 2, 3\}$ z jednotlivých zón a odhadov ich neistôt. Program je určený pre trojkompartmentový model ventilácie.

Programovací jazyk

Program je napísaný v prostredí *R*. Aby spustiť program *ventilacia_3k.R* je potrebné mať nainštalované uvedené prostredie. Doporučovaným GUI pre *R* je *RStudio*.

Program *ventilacia_3k.R* okrem funkcií implementovaných v základnej verzii *R* využíva i dodatočné balíčky *tidyverse* a *Deriv*. Uvedené balíčky možno nainštalovať pomocou príkazov **install.packages("tidyverse")** a **install.packages("Deriv")**.

Popis programu

Celý kód programu je uvedený na konci tohto dokumentu. Kód je rozdelený na tri hlavné časti:

1. načítanie potrebných balíčkov
2. vstupné parametre
3. algoritmus výpočtu

V prvej časti program sa načítavajú potrebné balíčky, v druhej sa zadávajú vstupné parametre (viď kód programu na konci dokumentu) a v tretej časti sa nachádza kód pre výpočet požadovaných veličín. V prvom a treťom bloku sa nič neprepisuje.

Práca s programom v *RStudio*

Po spustení *RStudio* možno otvoriť program dvomi spôsobmi

- pomocou hornej lišty (*File - Open File*)
- pomocou klávesnicovej skratky *ľavý Ctrl + O*

Vstupy sa zapisujú do vektorov. Vektor v *R* sa definuje pomocou príkazu *c()*. Jednotlivé prvky vektoru sa oddeľujú čiarkou. Pokiaľ vstupom nie je vektor hodnôt, ale len jedna hodnota (napr. doba merania), hodnotu zapíšeme bez použitia znakov *c()*. Pre desatinnú čiarku sa používa bodka.

Vstupné parametre *tlak*, *teplota*, *molárna hmotnosť*, *odberová rýchlosť* a *odozva detektora* sa zadávajú v takom poradí, aby bola zachovaná následujúca postupnosť výpočtu hmotnostných koncentrácií i-tého typu indikačného plynu v j-tej zóne:

- C11, C21, C31, C12, C22, C32, C13, C23, C33

Parametre *emisia indikačných plynov* a *objemy zón* sa zadávajú podľa číslovania zón.

Po zadaní všetkých potrebných vstupných parametrov spustíme program z hornej lišty tlačítkom *Source* alebo skratkou ľavý *Ctrl* + *pravý Shift* + *Enter*.

Tabuľka s výsledkami bude vypísaná v prostredí *RStudio* v okne *Console*. Okrem toho výsledky budú uložené v priečinku so súborom, ktorý bude zadaný vstupným parametrom *cesta*.

Kód programu

```
# ------------------------------------------------------------------------------------------
# 1. NACITANIE POTREBNYCH BALICKOV (Nic neprepisovat!)
# ------------------------------------------------------------------------------------------
rm(list = ls())
library(tidyverse)
library(Deriv)
# ------------------------------------------------------------------------------------------
# 2. VSTUPNE PARAMETRE (Zadava uzivatel)
# ------------------------------------------------------------------------------------------
# vstupne paramere zadavame v tomto poradi: C11, C21, C31, C12, C22, C32, C13, C23, C33
# doba merania
Texp = 10080
# tlak
p <- c(99000, 99000, 99000)
# teplota v stupnoch celsia
t <- c(24.1, 24.1, 24.1)
# molarni hmotnost
Mw <- c(350, 400, 450, 350, 400, 450, 350, 400, 450)
# odberova rychlost
Ur <- c(5.61, 6.15, 6.44, 5.61, 6.15, 6.44, 5.61, 6.15, 6.44)
# odozva detektora
r <- c(231, 11, 5, 32, 98, 5, 106, 74, 131)
# emisia indikacnych plynov
m <- c(4.38, 3.88, 2.3)
# objemy zon
V <-  c(137, 137, 115)
# rel. neistota objemu meranej zony
uV <- 0.101
# rel. neistota rychlosti emisie vyvijacieho plynu
s <- 0.052
# rel. neistota tlaku vzduchu
up <- 0.041
# rel. neistota odbervej rychlosti TD meradiel
uUr <- 0.118
# rel. neistota teploty
ut <- 0.048
# cesta a nazov suboru, kde budu ulozene vysledky
cesta <- "z:/SURO/Programy_v_R/Ventilacia/Vysledky.csv"
# ------------------------------------------------------------------------------------------
# 3. ALGORITMUS VYPOCTU (Nic neprepisovat!)
# ------------------------------------------------------------------------------------------
# prepocet teploty na kelviny
t <- 273.25 + t
MV <- Mw*p/(8314.5*t)
```

```
# hmotnostne koncentracie Cij
C <- matrix(NA,3,3)
for (i in 1:3) {
  for (j in 1:3) {
    C[j,i] = r[3*i-3+j]/Ur[3*i-3+j]/Texp*MV[3*i-3+j]
  }
}
# determinant matice C
A <- det(C)
# toky vzduchu medzi zonami
R <- matrix(NA,3,3)
R[2,1] = 1/A*m[1]*(C[2,1]*C[3,3]-C[2,3]*C[3,1])
R[3,1] = 1/A*m[1]*(C[2,2]*C[3,1]-C[2,1]*C[3,2])
R[1,2] = 1/A*m[2]*(C[1,2]*C[3,3]-C[1,3]*C[3,2])
R[3,2] = 1/A*m[2]*(C[1,1]*C[3,2]-C[1,2]*C[3,1])
R[1,3] = 1/A*m[3]*(C[1,3]*C[2,2]-C[1,2]*C[2,3])
R[2,3] = 1/A*m[3]*(C[1,1]*C[2,3]-C[1,3]*C[2,1])
# exfiltracie vzduchu Re
Re <- numeric(3)
Re[1] = R[3,1]*C[2,3]/C[2,1]+R[2,1]*C[2,2]/C[2,1]-R[1,3]-R[1,2]
Re[2] = R[3,2]*C[1,3]/C[1,2]+R[1,2]*C[1,1]/C[1,2]-R[2,3]-R[2,1]
Re[3] = R[1,3]*C[1,1]/C[1,3]+R[2,3]*C[1,2]/C[1,3]-R[3,1]-R[3,2]
# vymena vzduchu
n <-  sum(Re)/sum(V)
# vektor pre vypocet chyb
DRE <- numeric(6)
DRE[1:3] <- m
DRE[4] <- (C[2,2]*C[3,3]-C[3,2]*C[2,3]-C[2,1]*C[3,3]+C[3,1]*C[2,3]-C[3,1]*C[2,2]+C[2,1]*
            C[3,2])/det(C)
DRE[5] <- (C[1,1]*C[3,3]-C[3,1]*C[1,3]-C[1,2]*C[3,3]+C[3,2]*C[1,3]-C[1,1]*C[3,2]+C[3,1]*
            C[1,2])/det(C)
DRE[6] <- (C[1,1]*C[2,2]-C[2,1]*C[1,2]-C[2,2]*C[1,3]+C[1,2]*C[2,3]-C[1,1]*C[2,3]+C[2,1]*
            C[1,3])/det(C)
# uprava matice C pre dalsie vypocty
CC <- list(C11 <- C[1,1],
           C21 <- C[2,1],
           C31 <- C[3,1],
           C12 <- C[1,2],
           C22 <- C[2,2],
           C32 <- C[3,2],
           C13 <- C[1,3],
           C23 <- C[2,3],
           C33 <- C[3,3])
# uprava vektoru m pre dalsie vypocty
M <- list(m11 <- m[1],
          m22 <- m[2],
          m33 <- m[3])
# matica pre dalsie vypocty
x <- matrix(NA,3,9)
x[1,] <- as.vector(eval(Deriv(~(C22*C33-C32*C23-C21*C33+C31*C23-C31*C22+C21*C32)/
                               (C11*(C22*C33-C23*C32)+C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*
                               (C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33")
```

```
)))
x[2,] <- as.vector(eval(Deriv(~(C11*C33-C31*C13-C12*C33+C32*C13-C11*C32+C31*C12)/
                               (C11*(C22*C33-C23*C32)+C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*
                               (C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33")
)))
x[3,] <- as.vector(eval(Deriv(~(C11*C22-C21*C12-C22*C13+C12*C23-C11*C23+C21*C13)/
                               (C11*(C22*C33-C23*C32)+C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*
                               (C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33")
)))
# rozptyl koncentracii Cij (E2)
par_der_fun <- function(x){
  return(eval(Deriv(~r*p/(Ur*t)*Mw/(8314.5*Texp), x)))
}
par_der <- matrix(NA,4,9)
par_der[1,] <- par_der_fun("r")
par_der[2,] <- par_der_fun("p")
par_der[3,] <- par_der_fun("Ur")
par_der[4,] <- par_der_fun("t")
E2 <- par_der[1,]^2*r + par_der[2,]^2*(p*up)^2 + par_der[3,]^2*(Ur*uUr)^2 +
      par_der[4,]^2*(t*ut)^2
# kovariancna matica koncentracii Cij
VC <- x %*% diag(E2) %*% t(x)
# variancna matica pre emisiu indikacnych plynov m
VR <- diag((m*s)^2)
# kovariancna matica z matic VC a VR
VCR <- matrix(0,6,6)
VCR[1:3,1:3] <- VC
VCR[4:6,4:6] <- VR
# rozptyl meraneho objemu V
uV2 <- sum(V^2*uV^2)
# roptyl celkovej exfilracie Re
uRE2 <- t(DRE) %*% VCR %*% DRE
# rozptyl vymeny vzduchu n
un <- n*sqrt((uRE2/sum(Re)^2+uV2/sum(V)^2))
# matica derivaci pre vypocet variancii R
y <- matrix(NA,6,10)
y[1,] <- as.vector(eval(Deriv(~m11*(C21*C33-C23*C31)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                               C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33","m11")
)))
y[2,] <- as.vector(eval(Deriv(~m11*(C22*C31-C21*C32)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                               C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33","m11")
)))
y[3,] <- as.vector(eval(Deriv(~m22*(C12*C33-C13*C32)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                               C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33","m22")
)))
y[4,] <- as.vector(eval(Deriv(~m22*(C11*C32-C12*C31)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                               C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33","m22")
```

```
)))
y[5,] <- as.vector(eval(Deriv(~m33*(C13*C22-C12*C23)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                               C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33","m33")
)))
y[6,] <- as.vector(eval(Deriv(~m33*(C11*C23-C13*C21)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+C12*
                               (C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                              c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13","C23","C33","m33")
)))
# smeodajne odchylky pre toky vzudchu R
uR <- numeric(6)
uR[1] <- sqrt(t(y[1,])  %*% diag(c(E2,(m11*s)^2)) %*% y[1,])
uR[2] <- sqrt(t(y[2,])  %*% diag(c(E2,(m11*s)^2)) %*% y[2,])
uR[3] <- sqrt(t(y[3,])  %*% diag(c(E2,(m22*s)^2)) %*% y[3,])
uR[4] <- sqrt(t(y[4,])  %*% diag(c(E2,(m22*s)^2)) %*% y[4,])
uR[5] <- sqrt(t(y[5,])  %*% diag(c(E2,(m33*s)^2)) %*% y[5,])
uR[6] <- sqrt(t(y[6,])  %*% diag(c(E2,(m33*s)^2)) %*% y[6,])
# matica derivaci pre vypocet variancii Re
yy <- matrix(NA,3,12)
yy[1,] <- as.vector(eval(Deriv(~m11*(C22*C31-C21*C32)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31))*C23/C21 +
                                m11*(C21*C33-C23*C31)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31))*C22/C21 -
                                m33*(C13*C22-C12*C23)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)) -
                                m22*(C12*C33-C13*C32)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                               c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13",
                                 "C23","C33","m11","m22","m33")
)))
yy[2,] <- as.vector(eval(Deriv(~m22*(C11*C32-C12*C31)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31))*C13/C12 +
                                m22*(C12*C33-C13*C32)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31))*C11/C12 -
                                m33*(C11*C23-C13*C21)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)) -
                                m11*(C21*C33-C23*C31)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                               c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13",
                                 "C23","C33","m11","m22","m33")
)))
yy[3,] <- as.vector(eval(Deriv(~m33*(C13*C22-C12*C23)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31))*C11/C13 +
                                m33*(C11*C23-C13*C21)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31))*C12/C13 -
                                m11*(C22*C31-C21*C32)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)) -
                                m22*(C11*C32-C12*C31)/(C11*(C22*C33-C23*C32)+
                                C12*(C23*C31-C21*C33)+C13*(C21*C32-C22*C31)),
                               c("C11","C21","C31","C12","C22","C32","C13",
                                 "C23","C33","m11","m22","m33")
)))
# smeodajne odchylky pre exfiltracie vzduchu Re
```

```r
uRe <- numeric(3)
uRe[1] <- sqrt(t(yy[1,])  %*% diag(c(E2,(m*s)^2)) %*% yy[1,])
uRe[2] <- sqrt(t(yy[2,])  %*% diag(c(E2,(m*s)^2)) %*% yy[2,])
uRe[3] <- sqrt(t(yy[3,])  %*% diag(c(E2,(m*s)^2)) %*% yy[3,])
# uprava matice R na vektor
RR <- as.vector(R[!is.na(R)])
# relativne chyby
relR <- uR/RR*100
relRe <- uRe/Re*100
reln <- un/n*100
# tabulka vysledkov
tab <- tibble("ozn" = c("Re1","Re2","Re3","R21","R31","R12","R32","R13","R23","n"),
              "R" = round(c(Re,RR,n),4),
              "uR" = round(c(uRe,uR,un),4),
              "rel.chyba" = round(c(relRe,relR,reln),4)) %>%
  mutate(R = gsub("\\.", ",", R),
         uR = gsub("\\.", ",", uR),
         rel.chyba = gsub("\\.", ",", rel.chyba))
# ulozenie vysledkov do suboru
write_delim(tab, cesta, delim = ";")
# vypis tabulku vysledkov
print(tab)
```

```
## # A tibble: 10 x 4
##    ozn   R        uR      rel.chyba
##    <chr> <chr>    <chr>   <chr>
##  1 Re1   35,3242  9,9486  28,1636
##  2 Re2   105,5678 23,0479 21,8323
##  3 Re3   57,8723  10,4732 18,0971
##  4 R21   6,7604   3,6251  53,6229
##  5 R31   2,7458   1,6041  58,4196
##  6 R12   19,6417  6,9787  35,5301
##  7 R32   5,3368   3,2695  61,2632
##  8 R13   23,735   7,8482  33,0659
##  9 R23   47,1386  14,8804 31,5673
## 10 n     0,511    0,0594  11,6219
```