

# Seminarska naloga pri predmetu Modeliranje časovnih in prostorskih procesov

Neža Kržan, Tom Rupnik Medjedovič

## Kazalo

<b>1</b>	<b>Analiza prostorskega procesa</b>	<b>2</b>
1.1	Predstavitev podatkov . . . . .	2
	Vegetacijski indeks NDRE . . . . .	2
1.1.1	Grafični prikaz parametrov . . . . .	3
1.2	Grafični prikaz . . . . .	3
1.3	Analiza prostorske korelacije . . . . .	5
1.3.1	Razsevni grafikon . . . . .	5
1.3.2	Oblak semivariograma in vzorčni semivariogram . . . . .	6
1.3.3	Ovojnice za vzorčni semivariogram . . . . .	8
1.4	Model semivariograma za dane podatke . . . . .	9
1.4.1	Sferični model variograma brez zlatega zrna . . . . .	9

## Slike

1	Porazdelitev parametrov glede na vrsto. . . . .	3
2	Porazdelitev parametrov glede na lokacijo. . . . .	3
3	Grafični prikaz lokacij in relativne vrednosti spremenljivke 'NDRE'. . . . .	4
4	Predstavitev realizacije prostorskega procesa 'NDRE'. . . . .	5
5	Prostorska korelacija za 'NDRE(jul)'. . . . .	6
6	Oblak semivariograma za 'NDRE(jul)')(levo), okvirji z ročaji za vrednosti klasičnega variaograma po razdaljah med lokacijami(sredina) in za vrednosti robustnega vzorčnega variograma(desno). . . . .	6
7	Vzorčni semivariogram za 'NDRE(jul)'. . . . .	7
8	Vzorčni variogrami za 'NDRE(jul)' za štiri glavne smeri. . . . .	8
9	Monte Carlo ovojnica semivariograma. . . . .	8
10	Profile-log-likelihood za parametra sferičnega modela semivariograma brez zlatega zrna kaže na napačno izbiro modela prostorske korelacije. . . . .	10
11	Modela vzorčnega semivariograma za prostorski trend, na podlagi vzorčnega variograma in na podlagi oblaka variograma z ML. . . . .	10
12	Profile-log-likelihood za parametra sferičnega modela semivariograma z zlatim zrnem. . . . .	11
13	Modela vzorčnega semivariograma za prostorski trend, na podlagi vzorčnega variograma in na podlagi oblaka variograma z ML. . . . .	12

## Tabele

# 1 Analiza prostorskega procesa

## 1.1 Predstavitev podatkov

Podatki so bili pridobljeni kot meritev več različnih spremenljivk na izbrani njivi v Šempasu. Podatki tal so pridobljeni 18. 7. 2023 iz globine tal 20 cm, izmerjeni parametri pa so bili:

- *swc* je gravimetrična vsebnost vode v tleh (vol. %)
- *gostota* je gostota tal (g/cm<sup>3</sup>)
- *pF2* je vsebnost vode pri matričnem potencialu vode pF 2.0
- *pF4.2* je vsebnost vode pri matričnem potencialu vode pF 4.2
- *aw* je rastlinam razpoložljiva voda v tleh (available water) (pF 2.0 - pF 4.2)

Podrobneje bova obravnala vegetacijski indeks *NDRE* v mesecu juliju in zgoraj napisani izmerjeni parametri lahko, poleg lokacije, tudi vplivajo na vegetacijski indeks.

Na spodnji sliki si lahko ogledamo še načrt meritev.



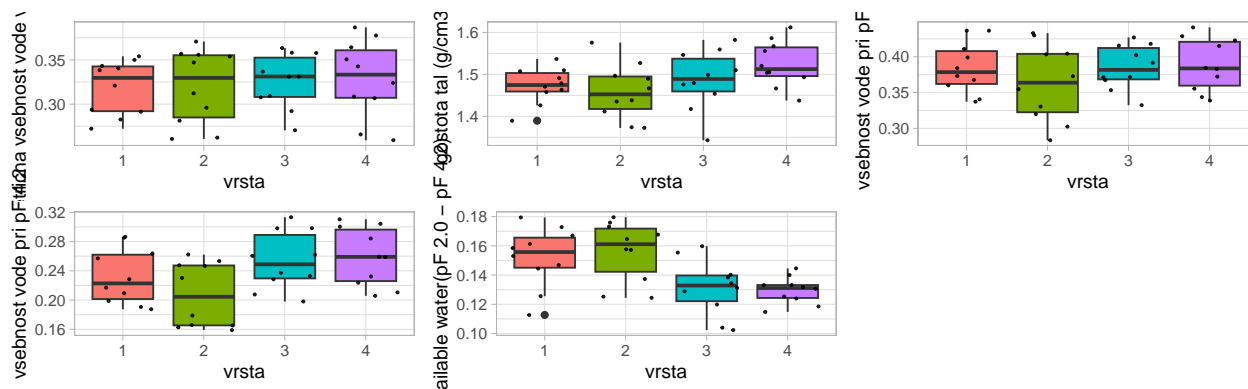
## Vegetacijski indeks NDRE

Vegetacijski indeks NDRE (Normalized Difference Red Edge) je spektralni indeks, ki se uporablja v daljinskem zaznavanju za merjenje vsebnosti klorofila v rastlinah. Pogosto se uporablja v preciznem kmetijstvu za

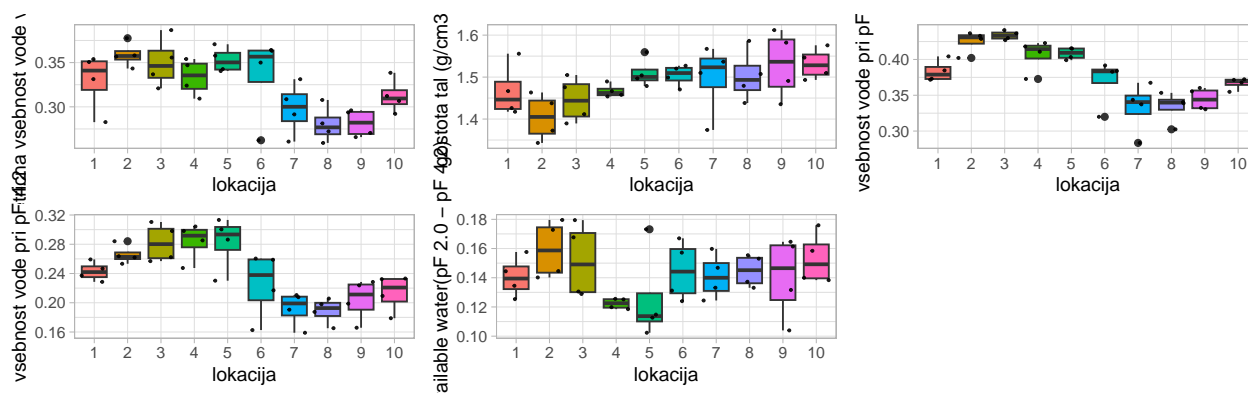
optimizacijo pridelkov, spremljanje zdravja rastlin, določanje potreb po gnojilih in drugih kmetijskih praks. Uporaba tega indeksa omogoča bolj ciljno usmerjene in učinkovite kmetijske posege, kar lahko vodi k večji produktivnosti in trajnosti.

### 1.1.1 Grafični prikaz parametrov

Najprej si pogledjmo s kakšnimi podatki imamo opravka v našem podatkovnem okvirju.



Slika 1: Porazdelitev parametrov glede na vrsto.

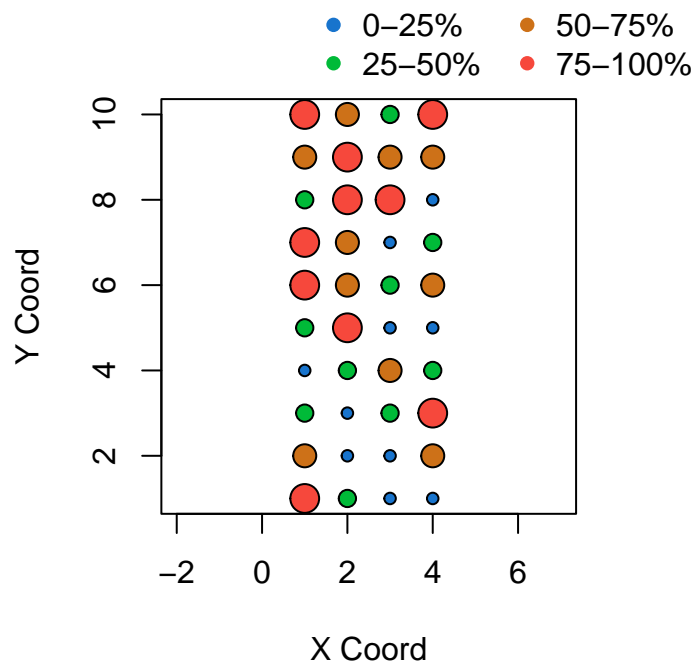


Slika 2: Porazdelitev parametrov glede na lokacijo.

Glede na vrsto in lokacijo vidimo, da imajo parametri različne variabilnosti, prav tako je razpon vrednosti, še posebej glede na lokacijo, zelo različen.

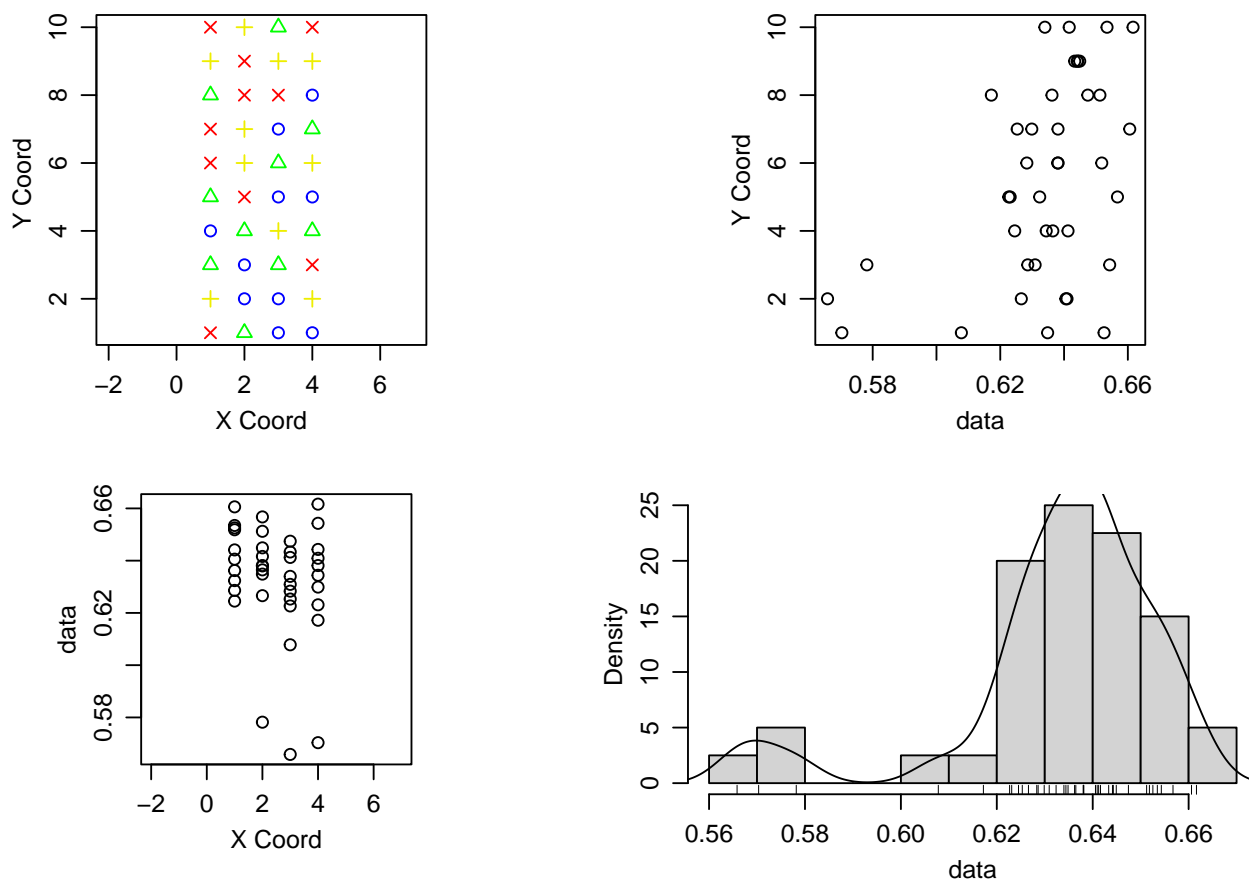
## 1.2 Grafični prikaz

Na spodnjem grafu lahko vidimo lokacije meritev, na katerem sta ploščina in barva krogcev sorazmerna z vrednostjo spremenljivke *NDRE\_jul*, podatki so razdeljeni v štiri razrede, ki so določeni s kvantili.



Slika 3: Grafični prikaz lokacij in relativne vrednosti spremenljivke 'NDRE'.

Poglejmo si še nekoliko podrobnejši prikaz, kjer nas bosta zanimala predvsem razsevna grafikona *vrsta* in *NDRE\_jul*, ter *lokacija* in *NDRE\_jul*.



Slika 4: Predstavitev realizacije prostorskega procesa 'NDRE'.

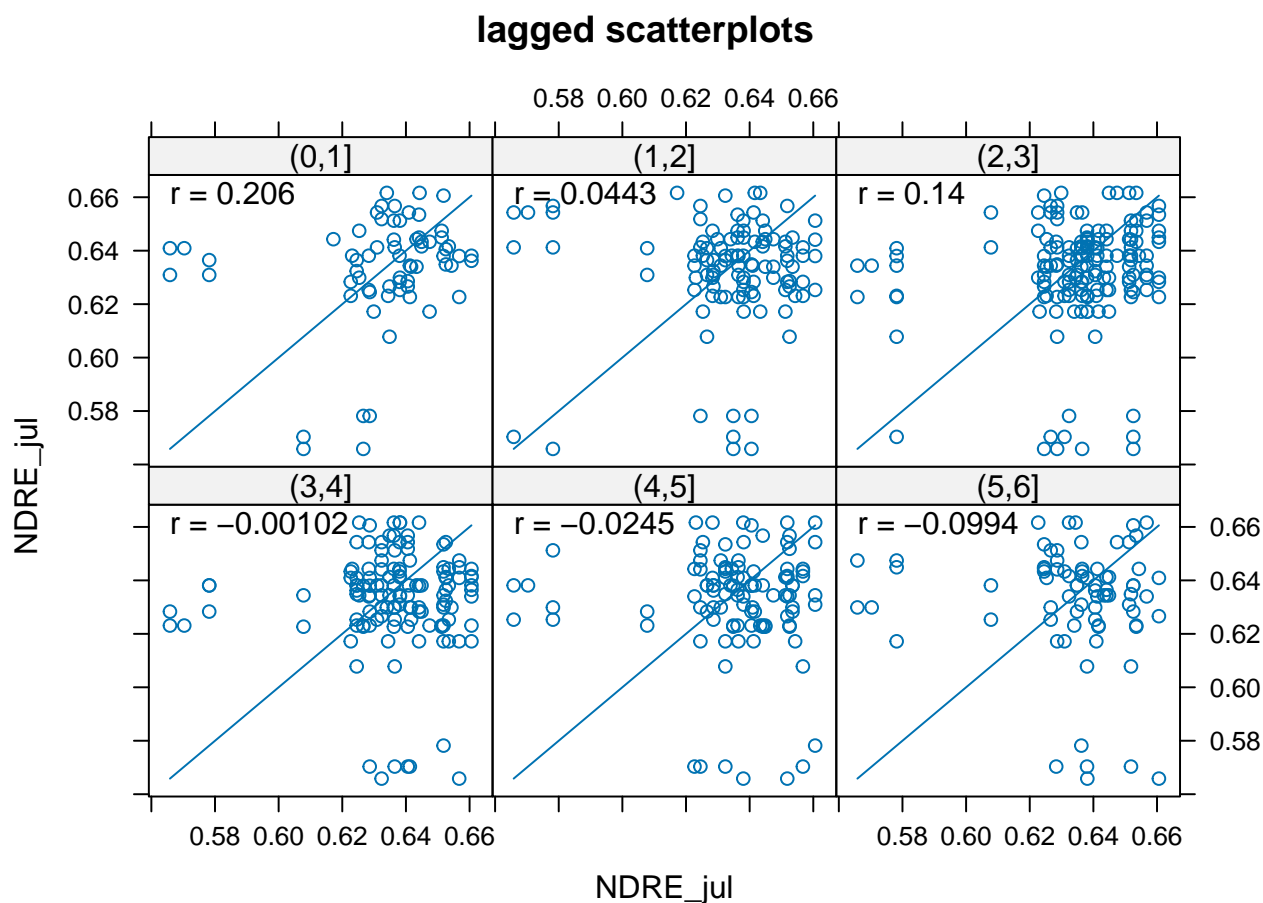
Iz razsevnih grafikonov ni videti odvisnosti spremenljivke  $NDRE\_jul$  od koordinat lokacije. Iz prvega grafa in pa zgornjega levega grafa lahko opazimo nek vzorec, kar nam nakazuje na prisotnost prostorske korelacije.

Torej iz zgornjega desnega grafa (vrednosti v odvisnosti od *lokacija*) in spodnjega levega grafa (vrednosti v odvisnosti od *vrsta*) ni možno razbrati prirobnosti trenda in nekonstantne varinace, zato ne bova naredila podrobnejše analize morebitne nestacionarnosti.

### 1.3 Analiza prostorske korelacije

#### 1.3.1 Razsevni grafikon

Ker naju natančneje zanima izražanje prostorske korelacije, si nariševa razsevne grafikone, na katerih so prikazani pari podatkov na različnih prostorskih odlogih. Črta nam prikazuje idealno povezanost z vrednostjo korelacijskega koeficienta 1.

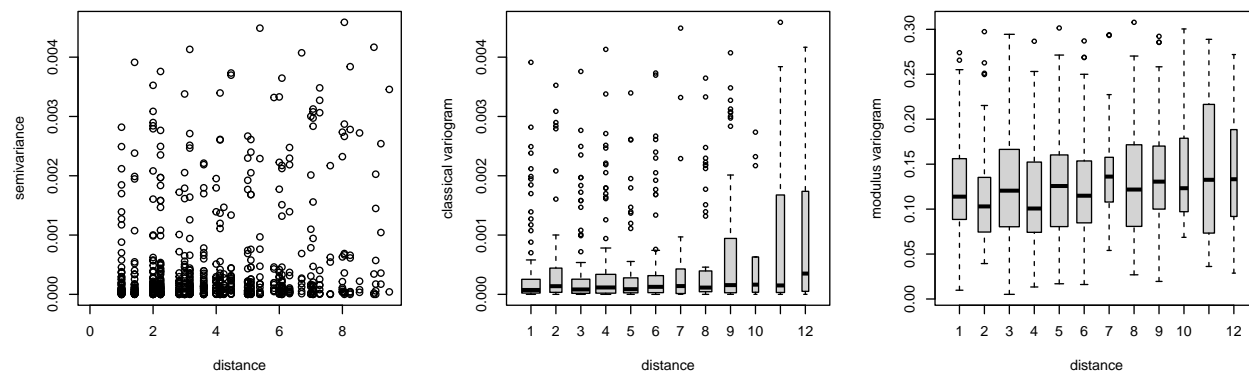


Slika 5: Prostorska korelacija za 'NDRE(jul)'.

Za pare podatkov o **NDRE\_jul** glede na razrede oddaljenosti lahko vidimo, da se z oddaljenostjo prostorska korelacija zmanjšuje (Pearsonov koeficient korelacije). Lahko bi torej reki, da na zelo kratkih razdaljah imamo majhno povezanost, ki na daljših razdaljah še pada.

### 1.3.2 Oblak semivariograma in vzorčni semivariogram

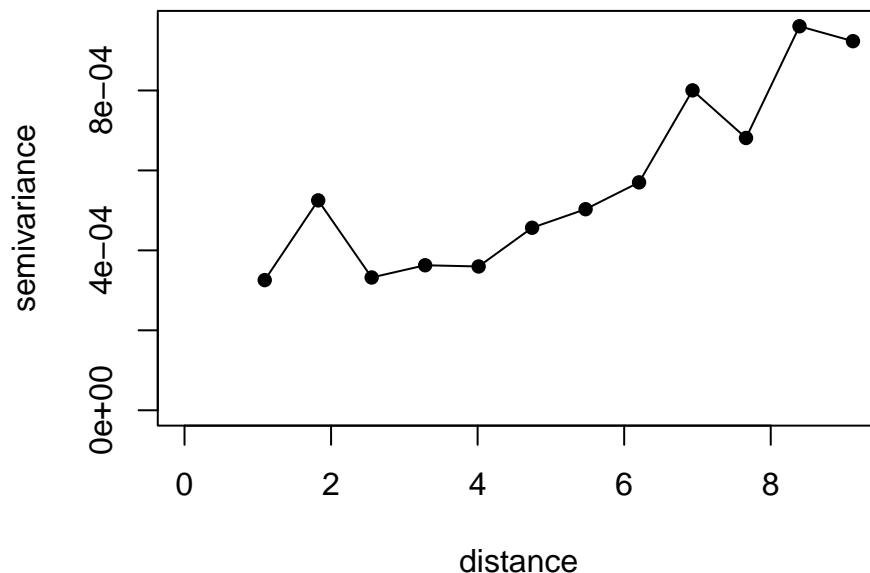
Poglejmo analizo prostorske korelacije še s pomočjo oblaka semivariograma in vzorčnega semivariograma.



Slika 6: Oblak semivariograma za 'NDRE(jul)'(levo), okvirji z ročaji za vrednosti klasičnega variaograma po razdaljah med lokacijami(sredina) in za vrednosti robustnega vzorčnega variaograma(desno).

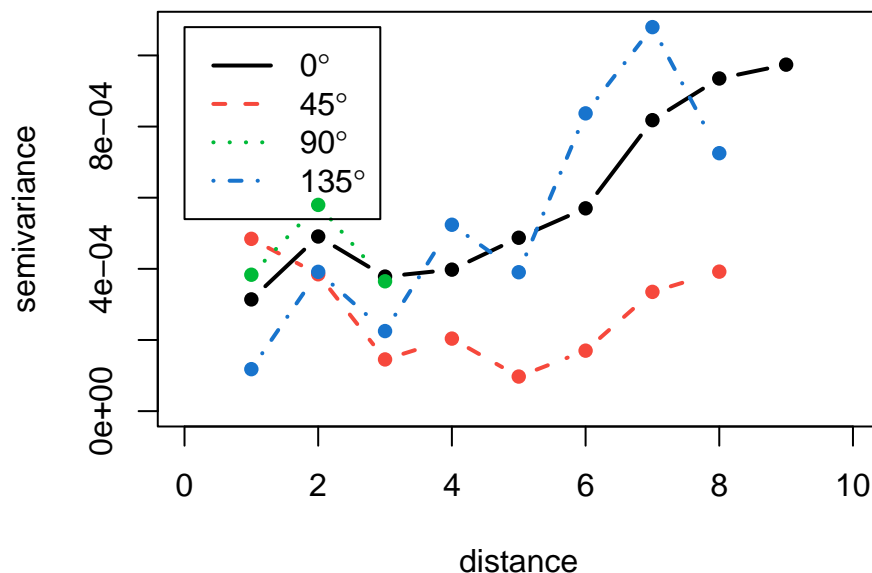
Na skrajno levem zgornjem grafu vidimo, da vrednosti *NDRE\_jul* predstavljajo meritve v pravilni mreži točk, saj oblak variograma prikazuje diskretne vrednosti razdalj med lokcijami in so točke narisane v črtah. Porazdelitve vrednosti vzorčnega variograma pa so asimetrične v vsakem razredu (razredi predstavljajo razdalje), prav tako pa imamo nekaj osamelcev. Na zadnjem, robustnem vzorčnem variogramu, kjer na nek način “posekamo” vpliv vrednosti, ki zelo odstopajo, vidimo, da so porazdelitve glede na razrede sedaj bistveno drugačne in nekateri osamelci izginejo.

Na spodnjem vzorčnem semivariogram s povprečji za posamezne razrede razdalje lahko iz razporeditve točk razberemo, da so pri manjših razdaljah vzorčne variogramske vrednosti manjše, z naraščajočo razdaljo se povečujejo in se z nadaljnjim večanjem razdalje ne ustalijo ravno oz. ne izgleda, kot da bi se približevale določenemu pragu.



Slika 7: Vzorčni semivariogram za 'NDRE(jul)'.

Do sedaj sva proučevala prostorsko korelacijo ne glede na smer v prostoru, torej sva predpostavila izotropni prostorski proces. Zato narišimo še usmerjene semivariograme za določene smeri v prostoru in s tem preverimo ali je predpostavka izotropnosti upravičena.

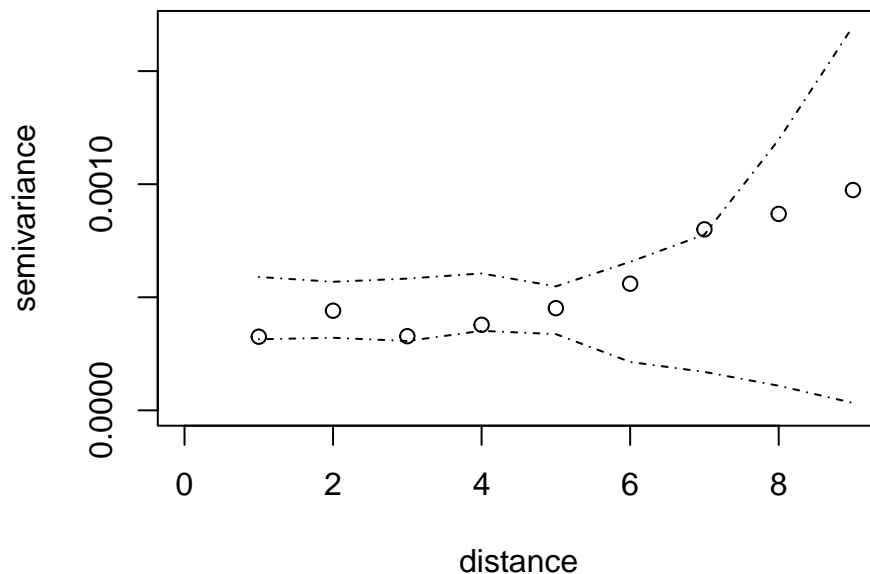


Slika 8: Vzorčni variogrami za 'NDRE(jul)' za štiri glavne smeri.

Vzorčni variogrami za *NDRE\_jul* za štiri glavne smeri izraža izotropijo, saj že na krajših razdaljah vidimo razlike v vzorčnih variogramih za različne smeri. Torej bi glede na graf bilo potrebno modeliranje prostorske korelacije na kratke razdalje.

### 1.3.3 Ovojnice za vzorčni semivariogram

Da bi dobila širšo sliko o prostorski povezanosti procesa, pri raziskovanju prostorske povezanosti uporabiva Monte Carlo simulacije na podlagi te realizacij prostorskega procesa. Če padejo vse vrednosti osnovnega vzorčnega variograma znotraj ovojnice, ki je določena z robnima variogramoma permutiranih vrednosti, potem podatki ne nakazujejo prostorske povezanosti. Predvsem naju zanima nekaj prvih točk, ki odražajo korelacijo na manjših razdaljah.



Slika 9: Monte Carlo ovojnica semivariograma.



Vidimo, da ni izrazite koreliranosti oz. podatki niso prostorsko korelirani.

## 1.4 Model semivariograma za dane podatke

### 1.4.1 Sferični model variograma brez zlatega zrna

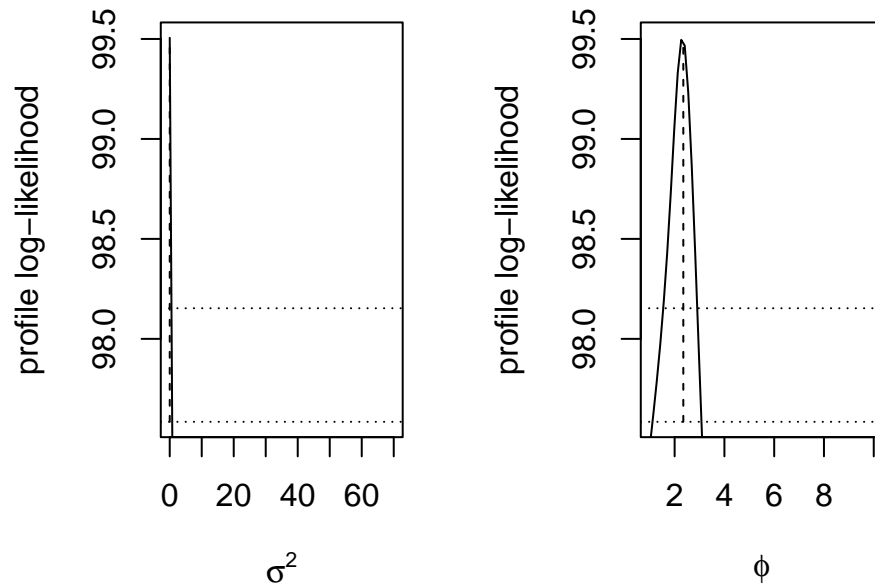
Najprej sva parametre semivariograma ocenila z metodo Maximum Likelihood(ML), ki za začetne vrednosti vzame ocene dobljene s funkcijo `variofit`.

```
## variog: computing omnidirectional variogram
## variofit: covariance model used is spherical
## variofit: weights used: npairs
## variofit: minimisation function used: optim

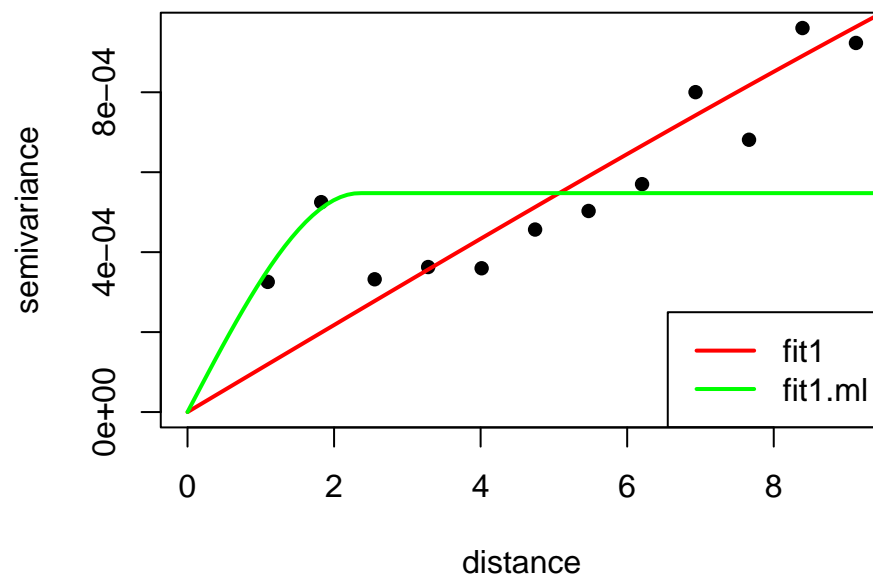
## kappa not used for the spherical correlation function
## -----
## likfit: likelihood maximisation using the function optimize.
## likfit: Use control() to pass additional
##         arguments for the maximisation function.
##         For further details see documentation for optimize.
## likfit: It is highly advisable to run this function several
##         times with different initial values for the parameters.
## likfit: WARNING: This step can be time demanding!
## -----
## likfit: end of numerical maximisation.

## likfit: estimated model parameters:
##      beta  sigmasq      phi
## "0.6342" "0.0005" "2.3494"
## Practical Range with cor=0.05 for asymptotic range: 2.349445
##
## likfit: maximised log-likelihood = 99.51

## proflik: computing profile likelihood for the sill
## proflik: computing profile likelihood for the range
```



Slika 10: Profile-log-likelihood za parametra sferičnega modela semivariograma brez zlatega zrna kaže na napačno izbiro modela prostorske korelacije.



Slika 11: Modela vzorčnega semivariograma za prostorski trend, na podlagi vzorčnega variograma in na podlagi oblaka variograma z ML.

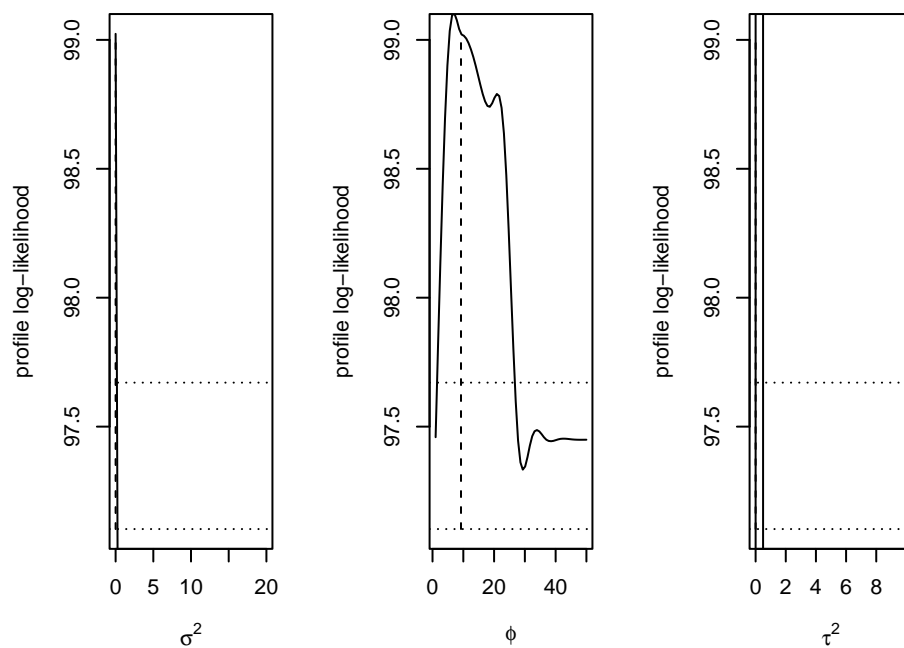
V naslednjem koraku pri uporabi funkcije likfit dopustiva, da dobimo tudi oceno za zlato zrno.

```
## kappa not used for the spherical correlation function
## -----
## likfit: likelihood maximisation using the function optim.
## likfit: Use control() to pass additional
##         arguments for the maximisation function.
##         For further details see documentation for optim.
## likfit: It is highly advisable to run this function several
```

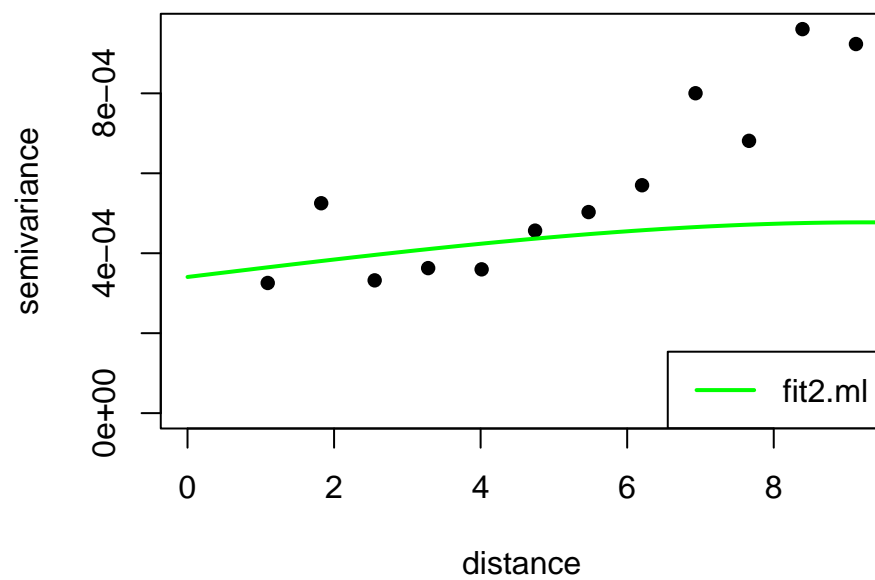
```
##          times with different initial values for the parameters.
## likfit: WARNING: This step can be time demanding!
## -----
## likfit: end of numerical maximisation.

## likfit: estimated model parameters:
##      beta   tausq  sigmasq   phi
## "0.6335" "0.0003" "0.0001" "9.2499"
## Practical Range with cor=0.05 for asymptotic range: 9.24988
##
## likfit: maximised log-likelihood = 99.02

## proflik: computing profile likelihood for the sill
## proflik: computing profile likelihood for the range
## proflik: computing profile likelihood for the nugget
```



Slika 12: Profile-log-likelihood za parametra sferičnega modela semivariograma z zlatim zrnem.



Slika 13: Modela vzorčnega semivariograma za prostorski trend, na podlagi vzorčnega variograma in na podlagi oblaka variograma z ML.