



**TURUN
YLIOPISTO**

SMC-MENETELMÄT SEKÄ NIIDEN SOVELTAMINEN
AOA-MENETELMÄÄN PERUSTUVASSA SISÄTILAPAIKANNUKSESSA

Lasse Rintakumpu

Pro gradu -tutkielma
Tammikuu 2023

Tarkastajat:

Ohjaajan titteli (Prof./Dos./FT) ja nimi

Toisen tarkastajan titteli (Prof./Dos./FT) ja nimi

MATEMATIIKAN JA TILASTOTIETEEN LAITOS

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck-järjestelmällä

TURUN YLIOPISTO
Matematiikan ja tilastotieteen laitos

LASSE RINTAKUMPU: SMC-menetelmät sekä niiden soveltaminen AoA-
menetelmään perustuvassa sisätilapaikannuksessa
Pro gradu -tutkielma, X s.
Tilastotiede
Tammikuu 2023

Tutkielmassa esitetään sekventiaalisten Monte Carlo -menetelmien (SMC) teoria
Bayesilaisessa tilastotieteellisessä viitekehyksessä. LISÄKSI

Empiirisenä esimerkkinä tutkielmassa tarkastellaan SMC-menetelmien käyttöä AoA-
teknologiaan perustuvassa sisätilapaikannusratkaisussa.

Asiasanat: SMC-menetelmät, Monte Carlo -menetelmät, sekventiaalinen Monte Carlo,
suodinongelma, hiukassuodin, SIR-algoritmi, sisätilapaikannus, BLE, AoA, trian-
gulaatio, Bayesilainen päättely

Sisällys

1	Johdanto	3
1.1	Notaatioista	3
1.2	Suodin- ja siloitteluongelmat	3
1.3	Suodin- ja siloitteluongelmien historiaa	3
2	Monte Carlo -menetelmistä	5
2.1	Monte Carlo -menetelmien historiaa	5
2.2	Monte Carlo -approksimaatio	5
2.3	Tärkeytysotanta	5
2.4	Sekventiaalinen Monte Carlo	5
3	Bayesilainen suodin ja siloitin	7
3.1	Bayesilainen suodin	7
3.2	Bayesilainen siloitin	7
3.3	Kalman-suotimen ja hiukkassuotimen eroista	7
4	Hiukkassuotimet	9
4.1	Saapasremmisuodin	9
4.2	SIR-algoritmi	9
4.2.1	Interpolaatiosta	9
4.2.2	Parametrien valinta	9
4.2.3	Marginaalijakauma	9
4.2.4	Aikakompleksisuus	9
4.2.5	Konvergenssituloksia	9
4.3	Varianssin estimointi	10
5	Hiukkasiloittimet	11
5.1	Offline-algoritmit	11
5.1.1	SIR-siloitin	11
5.2	Online-algoritmit	11
6	Hiukassuodin ja -siloitin sisätilapaikannuksessa	13
6.1	Teknologian kuvaus	13
6.2	Koeasetelma	13
6.3	AoA-menetelmistä	13
6.3.1	MUSIC-algoritmi	13

6.4	Datan kuvaus	14
6.5	Ongelman ja mallien kuvaus	14
6.5.1	Datan valinta	14
6.5.2	Uskottavuusmallit	14
6.5.3	Dynaaminen malli	14
6.6	Algoritmien toteutuksesta	14
6.7	Karttasovitusalgoritmi	14
6.8	Reitinhakualgoritmi	14
6.9	Parametrien valinnasta	14
6.10	Tulokset	14
7	Lopuksi	15

Luku 1

Johdanto

Lorem ipsum.

1.1 Notatioista

Lorem ipsum.

1.2 Suodin- ja siloitteluongelmat

Lorem ipsum.

1.3 Suodin- ja siloitteluongelmien historiaa

Lorem ipsum.

Luku 2

Monte Carlo -menetelmistä

2.1 Monte Carlo -menetelmien historiaa

2.2 Monte Carlo -approksimaatio

2.3 Tärkeytysotanta

2.4 Sekventiaalinen Monte Carlo

Luku 3

Bayesilainen suodin ja siloitin

Cross-references make it easier for your readers to find and link to elements in your book.

3.1 Bayesilainen suodin

There are two steps to cross-reference any heading:

1. Label the heading: `# Hello world {#nice-label}`.
 - Leave the label off if you like the automated heading generated based on your heading title: for example, `# Hello world = # Hello world {#hello-world}`.
 - To label an un-numbered heading, use: `# Hello world {-#nice-label}` or `{# Hello world .unnumbered}`.
2. Next, reference the labeled heading anywhere in the text using `\@ref(johdanto)`;
 - If you prefer text as the link instead of a numbered reference use: [any text you want can go here](#).

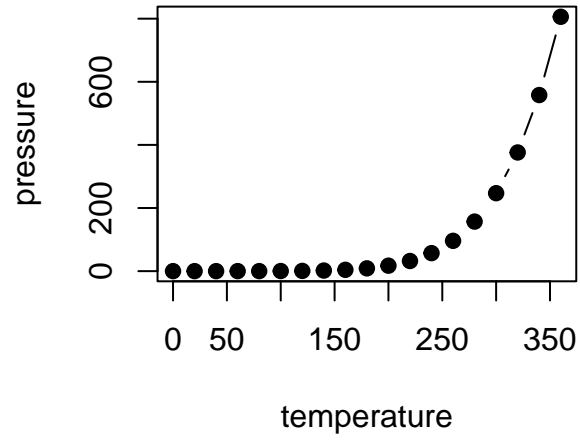
3.2 Bayesilainen siloitin

Figures and tables *with captions* can also be cross-referenced from elsewhere in your book using `\@ref(fig:chunk-label)` and `\@ref(tab:chunk-label)`, respectively.

See Figure [3.1](#).

Don't miss Table [3.1](#).

3.3 Kalman-suotimen ja hiukassuotimen eroista



Kuva 3.1: Here is a nice figure!

Taulukko 3.1: Here is a nice table!

temperature	pressure
0	0.0002
20	0.0012
40	0.0060
60	0.0300
80	0.0900
100	0.2700
120	0.7500
140	1.8500
160	4.2000
180	8.8000

Luku 4

Hiukkassuotimet

Add an appendix as a special kind of un-numbered part: `# (APPENDIX) Other stuff {-}` (followed by `# A chapter`). Chapters in an appendix are prepended with letters instead of numbers.

4.1 Saapasremmisuodin

Lorem ipsum

4.2 SIR-algoritmi

Lorem ipsum

4.2.1 Interpolaatiosta

Lorem ipsum

4.2.2 Parametrien valinta

Lorem ipsum

4.2.3 Marginaalijakauma

Lorem ipsum

4.2.4 Aikakompleksisuus

Lorem ipsum

4.2.5 Konvergenssituloksia

Lorem ipsum

4.3 Varianssin estimointi

Luku 5

Hiukkasiloittimet

Add an appendix as a special kind of un-numbered part: `# (APPENDIX) Other stuff {-}` (followed by `# A chapter`). Chapters in an appendix are prepended with letters instead of numbers.

5.1 Offline-algoritmit

Lorem ipsum

5.1.1 SIR-siloitin

5.2 Online-algoritmit

Lorem ipsum

Luku 6

Hiukassuodin ja -siloitin sisätilapaikannuksessa

6.1 Teknologian kuvaus

Here is an equation.

$$f(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (6.1)$$

You may refer to using `\@ref{eq:binom}`, like see Equation (6.1).

6.2 Koeasetelma

Labeled theorems can be referenced in text using `\@ref{thm:tri}`, for example, check out this smart theorem 6.1.

Theorem 6.1. *For a right triangle, if c denotes the length of the hypotenuse and a and b denote the lengths of the **other** two sides, we have*

$$a^2 + b^2 = c^2$$

Read more here <https://bookdown.org/yihui/bookdown/markdown-extensions-by-bookdown.html>.

6.3 AoA-menetelmistä

6.3.1 MUSIC-algoritmi

Footnotes are put inside the square brackets after a caret `^[]`. Like this one ¹.

Citations. Reference items in your bibliography file(s) using `@key`.

For example, we are using the **bookdown** package [Xie, 2022] (check out the last code chunk in `index.Rmd` to see how this citation key was added) in this sample

¹This is a footnote.

book, which was built on top of R Markdown and **knitr** [?] (this citation was added manually in an external file book.bib). Note that the .bib files need to be listed in the index.Rmd with the YAML bibliography key.

The RStudio Visual Markdown Editor can also make it easier to insert citations: <https://rstudio.github.io/visual-markdown-editing/#/citations>

6.4 Datan kuvaus

6.5 Ongelman ja mallien kuvaus

6.5.1 Datan valinta

Convex hull goes here.

6.5.2 Uskottavuusmallit

6.5.3 Dynaaminen malli

6.6 Algoritmien toteutuksesta

6.7 Karttasovitusalgoritmi

6.8 Reitinhakualgoritmi

6.9 Parametrien valinnasta

6.10 Tulokset

Luku 7

Lopuksi

Lorem ipsum

Kirjallisuutta

Yihui Xie. *bookdown: Authoring Books and Technical Documents with R Markdown*, 2022. URL <https://github.com/rstudio/bookdown>. R package version 0.31.