
EPIDEMIOLOOGILISE
PROTSESSI
MODELLEERIMINE

1. Sissejuhatus

Uuringute liigid

- vaatlusuuringud
- eksperimentaalsed uuringud
- **MATEMAATILINE MODELLEERIMINE**

... **haiguse karakteristikute** kirjeldamiseks
populatsioonides

DEFINITSIOON / PIIRANGUD

Mudel on süsteemi või protsessi abstraktsioon

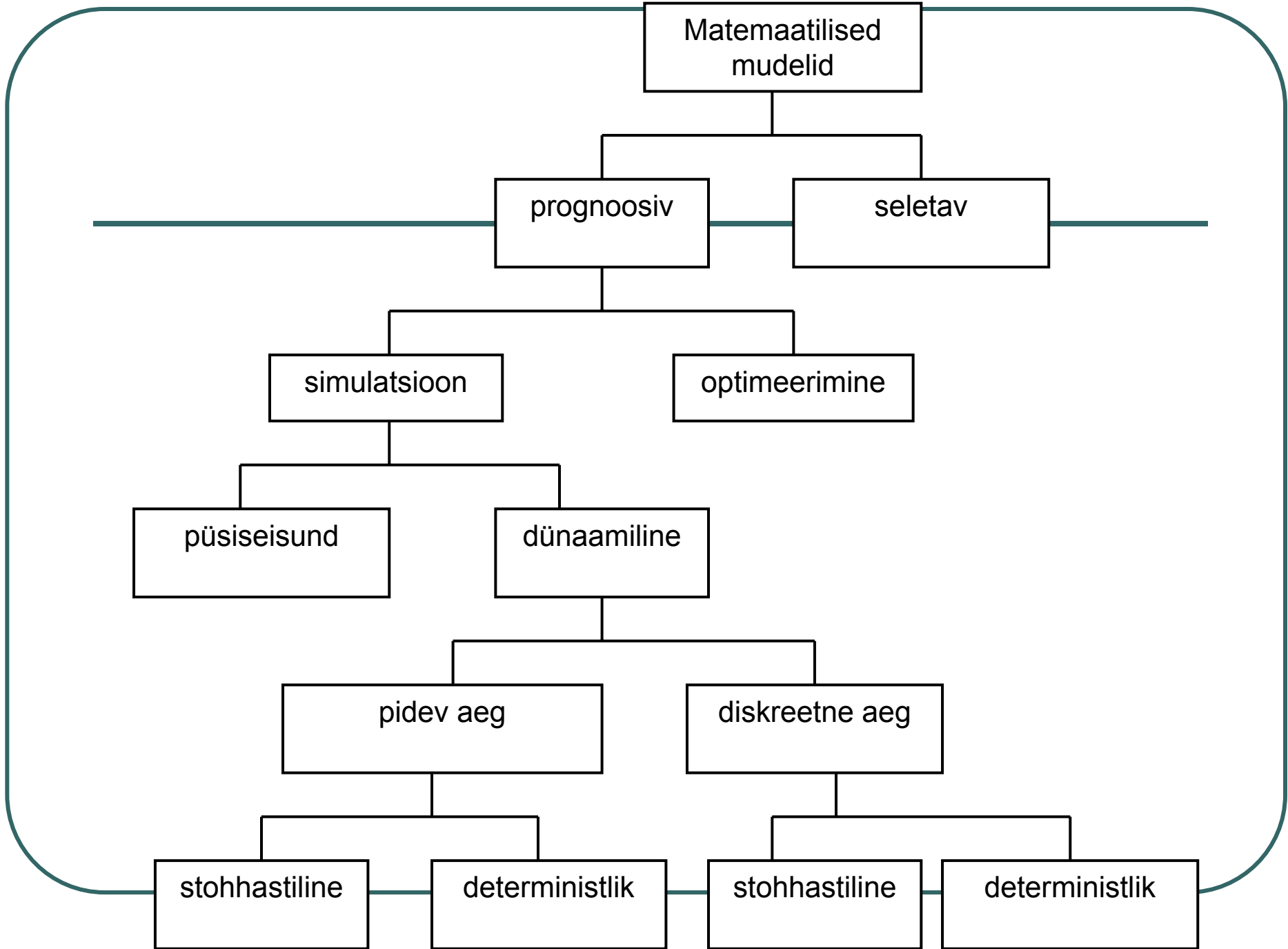
= on alati tegeliku olukorra lihtsustus

***„MODELS ARE ALWAYS WRONG
BUT SOMETIMES USEFUL“***

(Martin Hugh-Jones)

MUDELITE EESMÄRGID:

- probleemi täpsemalt määratleda
- korrastada teadmisi,
- mõista paremini olemasolevaid andmeid
- olemasolevaid teadmisi testida
- prognoosida,
- toetada otsuste tegemist



2. NAKKUSHAIGUSTE MUDELID

2. NAKKUSHAIGUSTE MUDELID

MIKROPARASIITSED INFEKTSIOONID

MAKROPARASIITSED NAKKUSED

<p><u>Mikroparasiidid</u> = bakterid, viirused, protozoad</p>	<p><u>Makroparasiidid</u> = helmindid, ektoparasiidid</p>
<p>▶ <u>paljunevad peremehes</u></p>	<p>▶ <u>ei paljune ainult lõpp-peremehes</u> – keeruline paljunemistsükkel mis osaliselt väljaspool lõpp-peremeest</p>
<p>▶ Nakkuslik periood lühiajaline</p> <p>▶ Suhteliselt lühike põlvkondade intervall</p>	<p>▶ Nakkuslik periood pikaajaline</p>
<p>▶ Indutseerivad püsiva immuunseisundi</p>	<p>▶ immuunsus lühiajaline või mittetäielik</p>
<p>▶ Peremees mängib mudelis kesksel rolli</p> <p>▪ Mikroobi esinemine <u>kvalitatiivne</u></p>	<p>▶ Olulisem on parasiitide arv</p> <p>▪ Nakkuse tase on tähtsam kui nakatatuselise staatus; <u>olemuselt kvantitatiivne</u></p>

MIKROPARASIITSETE INFEKTSIOONIDE MUDELID

➤ **Mudeli põhiloogika:**

- **Peremeespopulatsioon jaguneb mitmeks erinevaks klassiks (subpopulatsiooniks)**
- **Isendite jaotumine klasside vahel muutub ajas**
- **Üleminek ühest klassist teise toimub teatud tõenäosusega kindlaksmääratud aja jooksul**

MIKROPARASIITSETE INFEKTSIOONIDE MUDELID

SIR-mudelid

POPULATSIOONI PÕHIKLASSID:

S = VASTUVÕTLIK (*SUSCEPTIBLE*)

I = NAKATUNUD/NAKKUSLIK (*INFECTIOUS*)

R = TERVENENUD/IMMUUNNE/EEMALDATUD
(*RECOVERED; REMOVED*)

$S_{(t)}$, $I_{(t)}$ ja $R_{(t)}$ = erinevasse klassi kuuluvate loomade arv kogupopulatsioonis (N) ajahetkel "t"

2.1 Nakkuse konstantset tõenäosust kasutavad SIR-mudelid

Isendid liiguvad klasside vahel vastavalt kindlaks määratud **tõenäosusele**

p_{si} - tõenäosus, et loom liigub klassist **S** klassi **I**

Loomade arv, kes ajahetkel $t + 1$ on endiselt klassis S:

$$S_{(t+1)} = (1 - p_{si}) * S_{(t)}$$

➤ Fikseeritud proportsioonidega süsteemi on võimalik kujutada MARKOVI AHELANA (MARKOV CHAIN)

MARKOVI ahel: seisundid ja üleminekud (tõenäosused)

Ülemineku maatriks (1)

	S^a	I	R
S^b	p_{ss}^c	p_{si}	p_{sr}
I	p_{is}	p_{ii}	p_{ir}
R	p_{rs}	p_{ri}	p_{rr}

^a Veerud tähistavad seisundit ajahetkel $t + 1$

^b Read tähistavad seisundit ajahetkel t

^c p_{ij} tähistavad ühest seisundist teise ülemineku tõenäosusi perioodil t kuni $t+1$

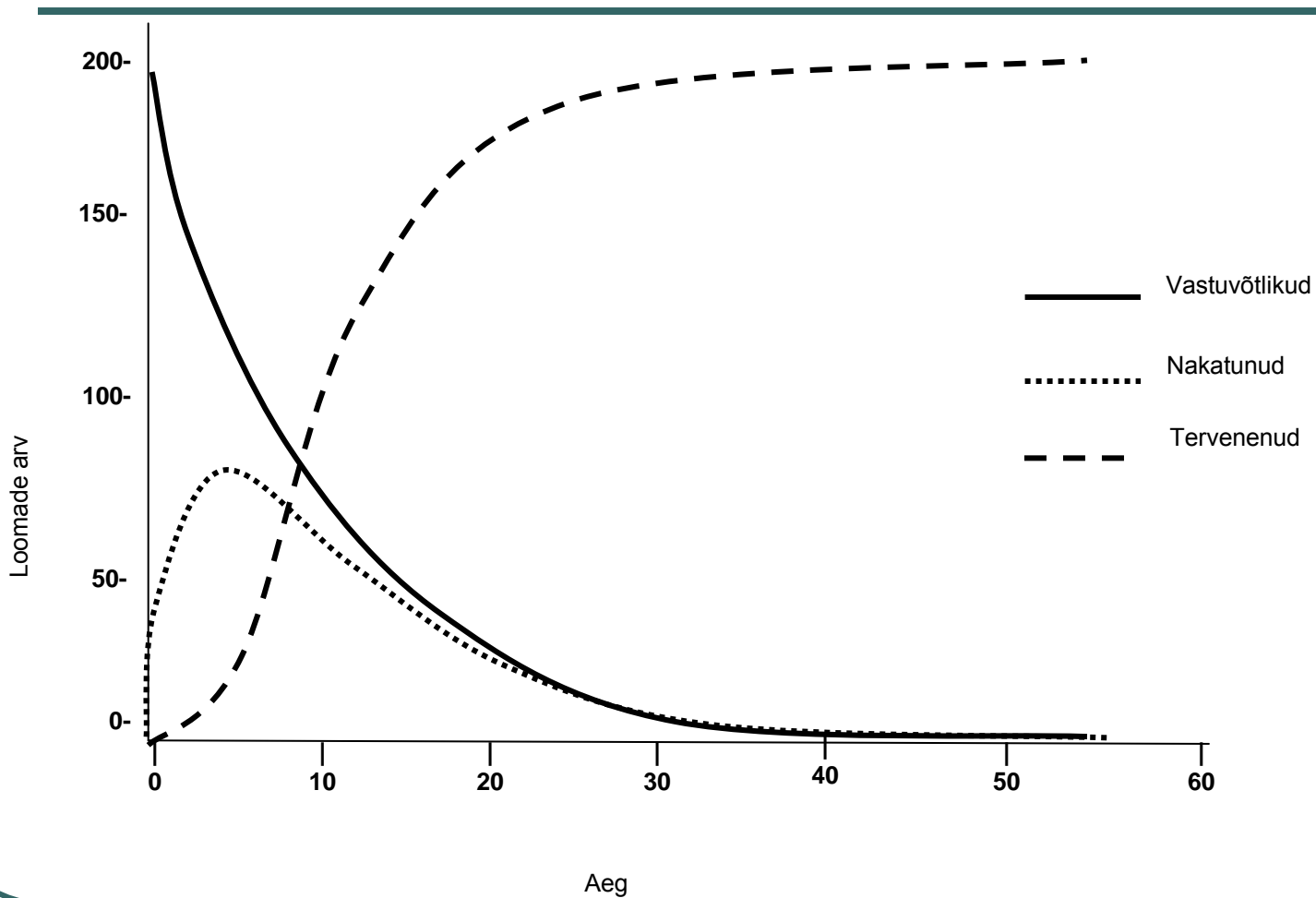
MARKOV Ahel: Näide

Ülemineku maatriks (2)

Ülemineku tõenäosused (p)		`suunas´ (t+1)		
		Vastuvõtlikud	Nakatunud	Tervenened
`alates´ (t)	Vastuvõtlikud	0,90	0,10	0,00
	Nakatunud	0,00	0,80	0,20
	Tervenened	0,00	0,00	1,00

Period	Vastuvõtlikud	Nakatunud	Tervenened
0	200	1	0
1	$200 \times 0,9 + 1 \times 0 + 0 \times 0 = 180$	$200 \times 0,1 + 1 \times 0,8 + 0 \times 0 = 20,8$	$200 \times 0 + 1 \times 0,2 + 0 \times 1 = 0,2$
2	$180 \times 0,9 + 20,8 \times 0 + 0,2 \times 0 = 162$	$180 \times 0,1 + 20,8 \times 0,8 + 0,2 \times 0 = 34,6$	$180 \times 0 + 20,8 \times 0,2 + 0,2 \times 1 = 4,36$
3	$162 \times 0,9 + 34,6 \times 0 + 4,36 \times 0 = 145,8$	$162 \times 0,1 + 34,6 \times 0,8 + 4,36 \times 0 = 43,9$	$162 \times 0 + 34,6 \times 0,2 + 4,36 \times 1 = 11,3$

MARKOVI AHEL: 3 seisundi (S, I, R) graafik; 60 ajaperioodi kohta



2.2. Muutuvate üleminekutõenäosustega SIR-mudelid

- Üleminekutõenäosused seisundite vahel varieeruvad **sõltuvalt nakkuslike loomade arvust** eelneval perioodil

2.2. Muutuvate üleminekutõenäosustega SIR-mudelid

REED-FROST'i-mudel

$$I_{(t+1)} = S_{(t)} * \left(1 - Q^{I_{(t)}} \right)$$

t = ajavahemik (tavaliselt inkubatsiooniperioodi pikkus),

I_(t+1) – (uute) nakatunud loomade arv ajavahemikul t+1,

I_(t) – nakatunud loomade arv ajaperioodi alguses,

S_(t) – vastuvõtlike loomade arv ajaperioodi alguses,

Q = 1 – p, milles:

p – efektiivse kontakti tõenäosus (beeta)

REED-FROST'i MUDEL

Eeldades, et haigusjuhud muutuvad immuunseks (R) pärast ühte ajaühikut ja et immuunsus on püsiv, saab teiste rühmade suurused määrata järgmiselt:

$$S_{(t+1)} = S_{(t)} - I_{(t+1)}$$

$$R_{(t+1)} = \sum_{t=0}^{t=t} I_t$$

REED-FROST näide

200 vastuvõtliku loomaga populatsiooni siseneb üks nakatunud loom.

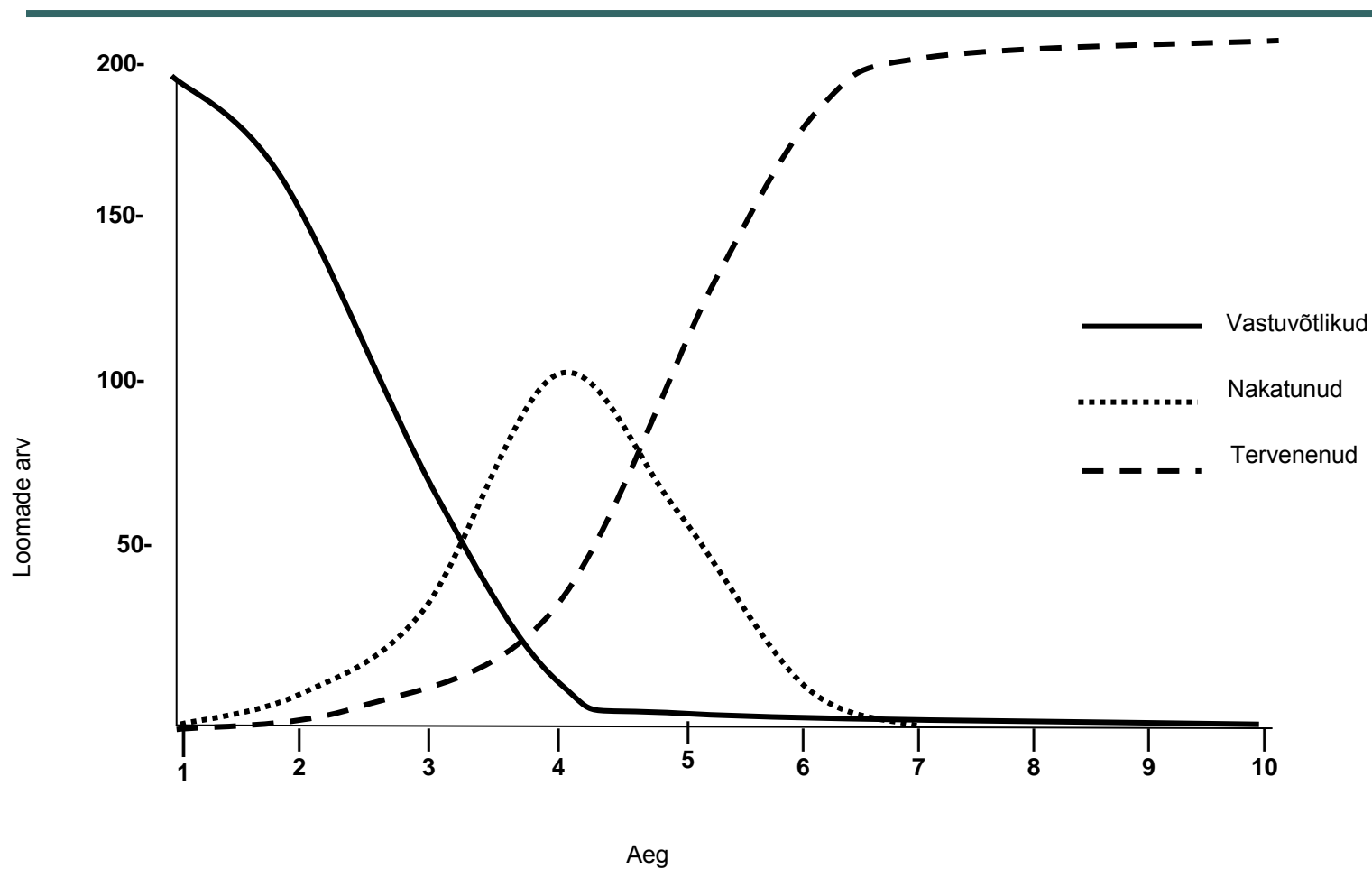
Teada on, et ajaühiku kohta toimub **kuus** efektiivset kontakti.

Seega p võrdub $6/201 = 0,03$ ja $Q = 0,97$.

REED-FROST näide

t	$S_{(t)}$	$I_{(t)}$	$R_{(t)}$	$p \times S_{(t)}$
0	200	1	0	5.97
1	194	6	1	5.79
2	162	32	7	4.83
3				
4				
5				
6				
7				

REED-FROST näide: graafik



Kokkuvõte

- Reedi-Frosti mudel sobib eriti hästi
 - haiguste puhul, millel on lühike nakkuslikkuse periood (võrreldes inkubatsiooni-perioodiga),
 - haiguse otsesel edasikandumisel,
 - täieliku immuunsuse tekkimisel pärast nakkusest tervenemist
 - kui isendite grupp on homogeenne.

Kokkuvõte

- Markovi ahela mudeleid kasutatakse eelkõige selleks, et modelleerida süsteemi või protsessi muutumist ajas (dünaamilised mudelid).
- Reedi - Frosti ja Markovi ahela mudeleid saab kohandada ja/või kombineerida sellisel moel, et see teeb mudeli modelleeritava situatsiooni jaoks sobivamaks
 - Selle asemel, et kasutada Markovi ahelas fikseeritud üleminekutõenäosusi, võib kasutada dünaamilist ülemineku tõenäosust vastavalt Reedi - Frosti võrrandile.

Kirjandus

1. Thrusfield, M. Veterinary epidemiology – Ptk. 8.
2. Epidemioloogia käsiraamat Ptk 14. veebist