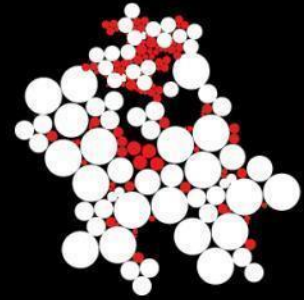


UNIVERSITEIT TWENTE.

CHOIR



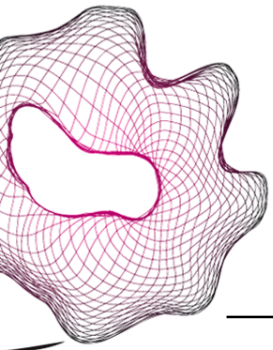
SIMULATIE ALS TOOL VOOR PROCESANALYSE EN -OPTIMALISATIE

Prof.dr.ir. Erwin W. Hans

Met dank aan:

prof.dr. Nico van Dijk,
dr.ir. Martijn Mes



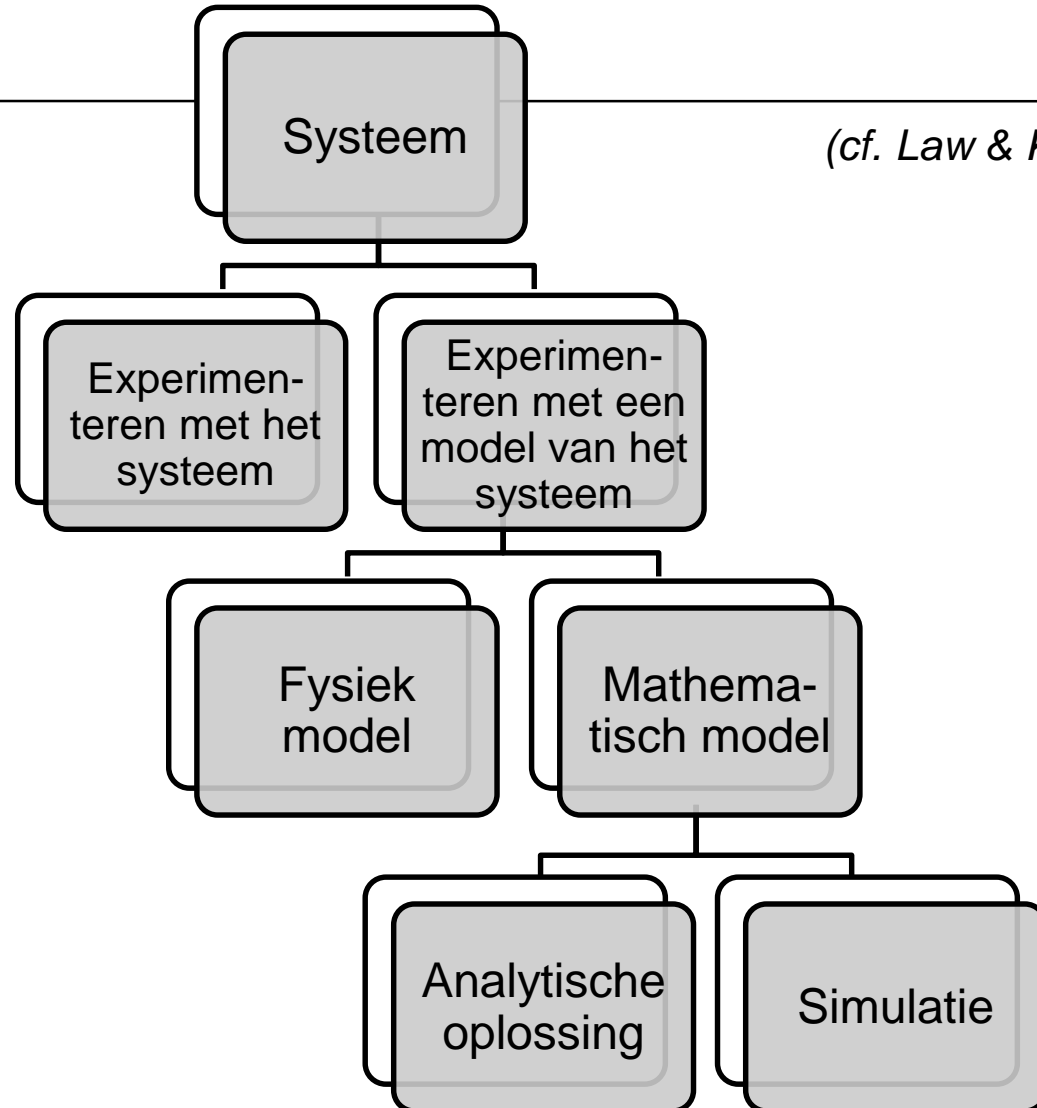


Overzicht

- Wat is simulatie?
- Waarom simulatie?
- Alternatieven voor simulatie
- Voor- en nadelen
- Aanpak simulatiestudie
- Typen simulatiemodellen en alternatieven



Manieren om veranderingen in (de besturing van) een proces te onderzoeken



(cf. Law & Kelton, 2000)

Wat is simulatie?

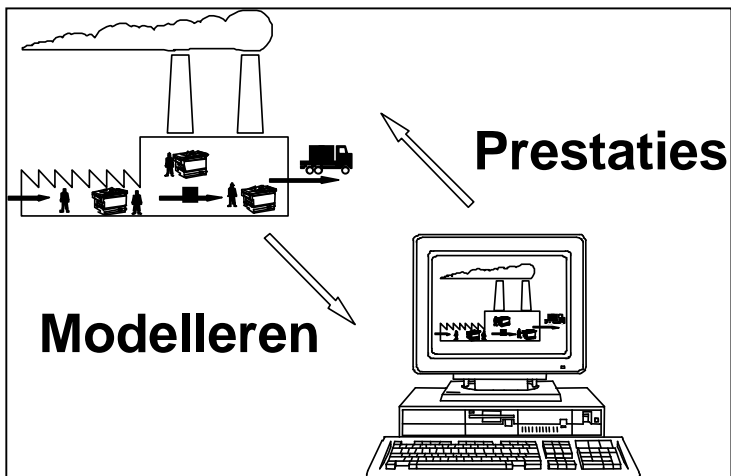
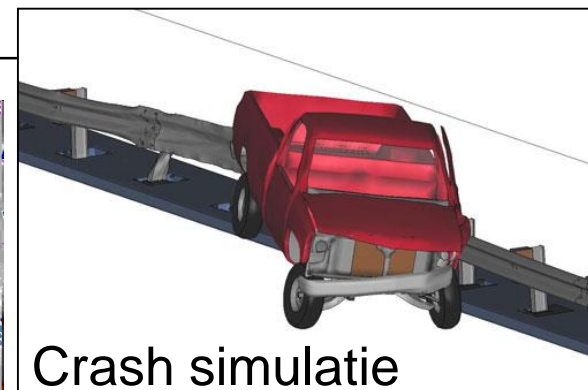
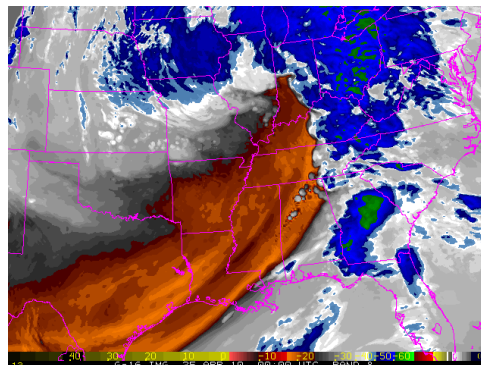
“Simulatie is het proces van het ontwerpen van een model van een systeem en het experimenteren met dit model, met als doel het gedrag van het systeem of verscheidene strategieën te analyseren binnen de gestelde grenzen van de besturing van het systeem”

Shannon, 1975

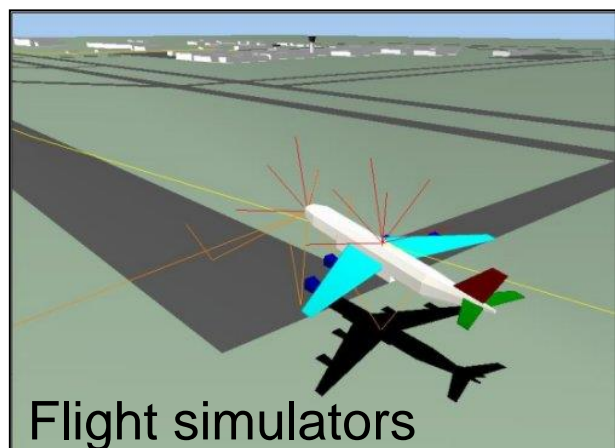
“Bij simulatie gebruiken we een computer om een model numeriek te evalueren, en verzamelen we data om de onderliggende karakteristieken van het model te schatten”

Law & Kelton

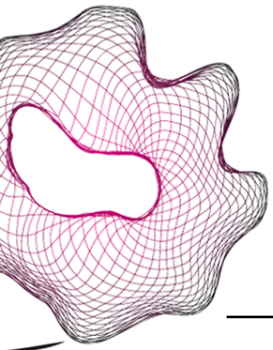
Bestuderen van gedrag/prestatie van systemen



Business games



Lange historie in de industrie
UNIVERSITEIT TWENTE.



Alternatieven voor simulatie

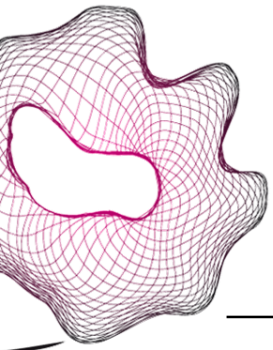
Experimenten in de praktijk:

- Duur
- Eenmalig
- Onmogelijk (systeem bestaat nog niet)
- Gevaarlijk / onwenselijk
- Duurt te lang

Analytische modellen (bijv. Markov-model):

- Sneller
- Nuttig voor validatie simulatiemodel
- Optimalisatie eenvoudiger en beter
- Werkelijkheid vaak te complex voor analytische modellen





Waarom simulatie?

- Real-life experimenten (“trial & error”) onwenselijk:
 - Te duur
 - Onmogelijk / gevaarlijk
 - Duurt te lang / te kort
- Nuttig voor validatie van analytische modellen
- Analyse van veel complexere systemen mogelijk dan middels analytische modellen
- Helpt betrokkenen te overtuigen van strategische veranderingen



Typen simulatiemodellen

■ Deterministisch vs. Stochastisch

- *volledig voorspelbaar systeem*
- *gebruikt statistische verdelingen*

■ Discreet vs. Continu

- *springt van “event” tot “event”
of tussen gegeven tijdstippen*
- *status verandert ieder moment*

■ Statisch vs. Dynamisch

- *beslissingen zijn tijdsonafhankelijk*
- *beslissingen zijn tijdsafhankelijk*

Typen simulatiemodellen

▪ Deterministisch vs. Stochastisch

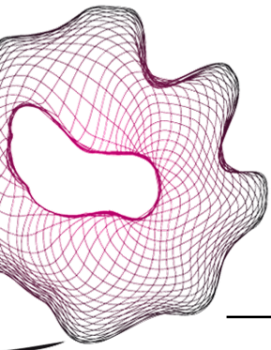
- *volledig voorspelbaar systeem*
- *gebruikt statistische verdelingen*

▪ Discreet vs. Continu

- *springt van “event” tot “event”
of tussen gegeven tijdstippen*
- *status verandert ieder moment*

▪ Statisch vs. Dynamisch

- *beslissingen zijn tijdsonafhankelijk*
- *beslissingen zijn tijdsafhankelijk*



Typen simulatiemodellen: Monte Carlo simulatie

- Stochastisch, discreet, statisch

- Het bepalen van de verdelingsfunctie van een gezochte modeluitkomst d.m.v. herhaaldelijk trekken van waarden uit de verdelingen van de proceskarakteristieken

- Voorbeeld: simulatie van een poli-programma
 - Invoervariabelen, bijv.:
 - Aankomsttijden patiënten
 - Duur consult
 - No shows
 - Gezochte modeluitkomst:
 - Verwachte wachttijd van de patiënt



Eenvoudige simulatie van een kliniek



- We gooien met een munt. Bij KOP nemen we aan dat er in het tijdsinterval (bijv. 1 uur) één patiënt is aangekomen. Bij MUNT is er geen patiënt aangekomen.
- De serviceduur bepalen we ook met het gooien van een munt.
 - KOP: 2 uur servicetijd
 - MUNT: 1 uur servicetijd



Eenvoudige simulatie van een kliniek

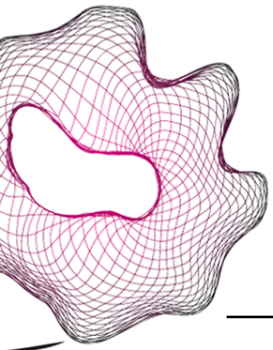
Tijd	KOP of MUNT voor aankomst	Aankomst patiënt	Wachtrij	KOP of MUNT voor serviceduur	Dokter	Vertrek patiënt
8:00 - 8:59	KOP	#1		KOP	#1	-
9:00 - 9:59	KOP	#2	#2	MUNT	#1	#1
10:00 - 10:59	KOP	#3	#3	MUNT	#2	#2
11:00 - 11:59	MUNT	-	-	-	#3	#3
12:00 - 12:59	KOP	#4		KOP	#4	-
13:00 - 13:59	KOP	#5	#5	KOP	#4	#4
14:00 - 14:59	MUNT	-	-	-	#5	-
15:00 - 15:59	KOP	#6	#6	MUNT	#5	#5

Samenvatting van resultaten

Patiënt	Wachttijd	Servicetijd	Totale tijd in het systeem
#1	0	2	2
#2	1	1	2
#3	1	1	2
#4	0	2	2
#5	1	2	3
#6	1	1	2
Totaal	4	9	13

Andere KPI's:

aantal aankomsten, gem. aantal wachtenden, gem. wachttijd,
service utilisatie, gem. servicetijd, gem. tijd in systeem, etc....



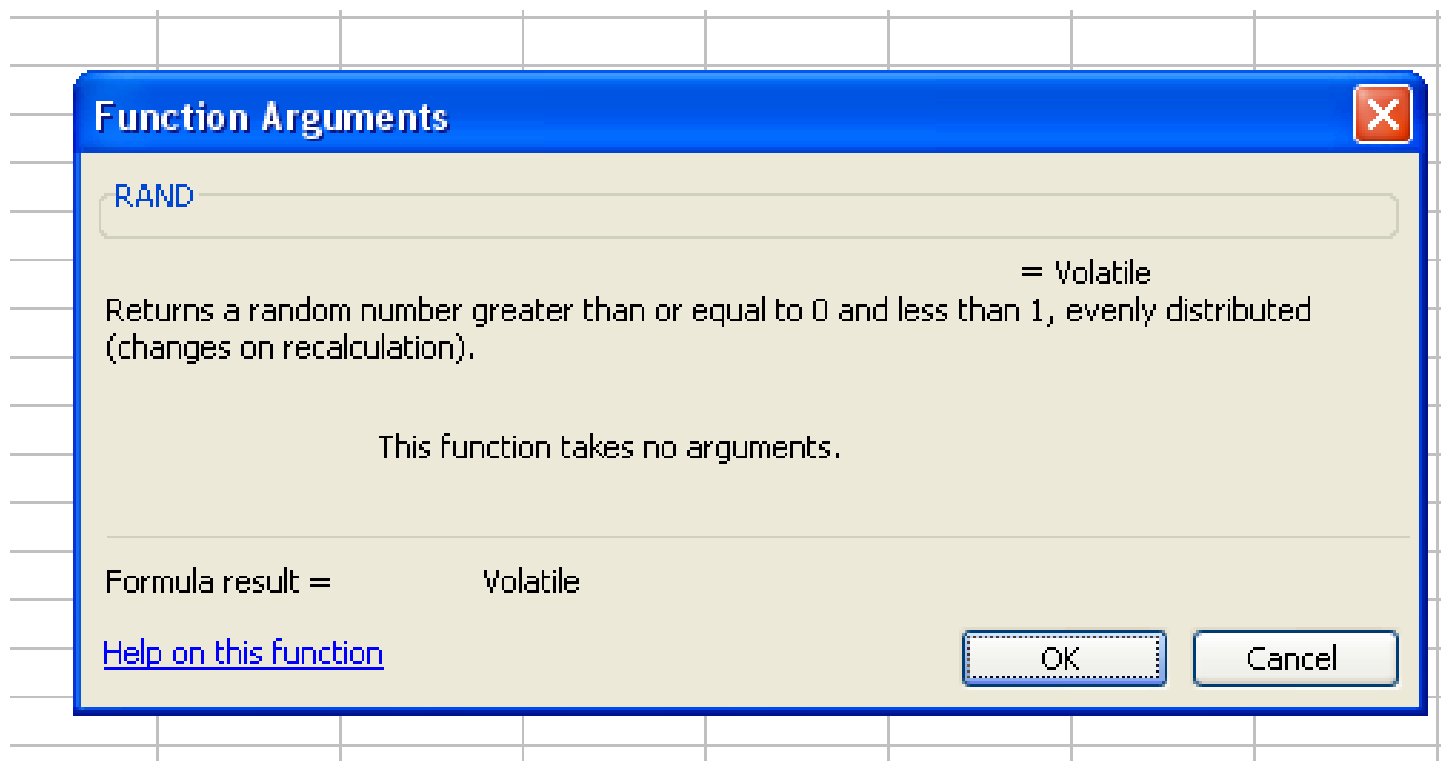
Monte Carlo Simulatie: voorbeelden in Excel

- Excel voorbeeld: Ontwikkeling opties op de beurs
- Excel voorbeeld: Poolen van 3 CT-scanners



Random trekkingen in Excel

RAND() functie in de Engelse Excel, of **ASELECT()** in de Nederlandse



Hoe gebruik je de RAND() functie?

- **RAND()** trekt een niet geheel getal tussen **0** en **1**
- **RAND() x 25** trekt een niet geheel getal tussen **0** en **25**
- **10 + RAND() x 25** trekt een niet geheel getal tussen **10** en **25**
- **RANDBETWEEN(10,25)** trekt een geheel getal tussen **10** en **25**

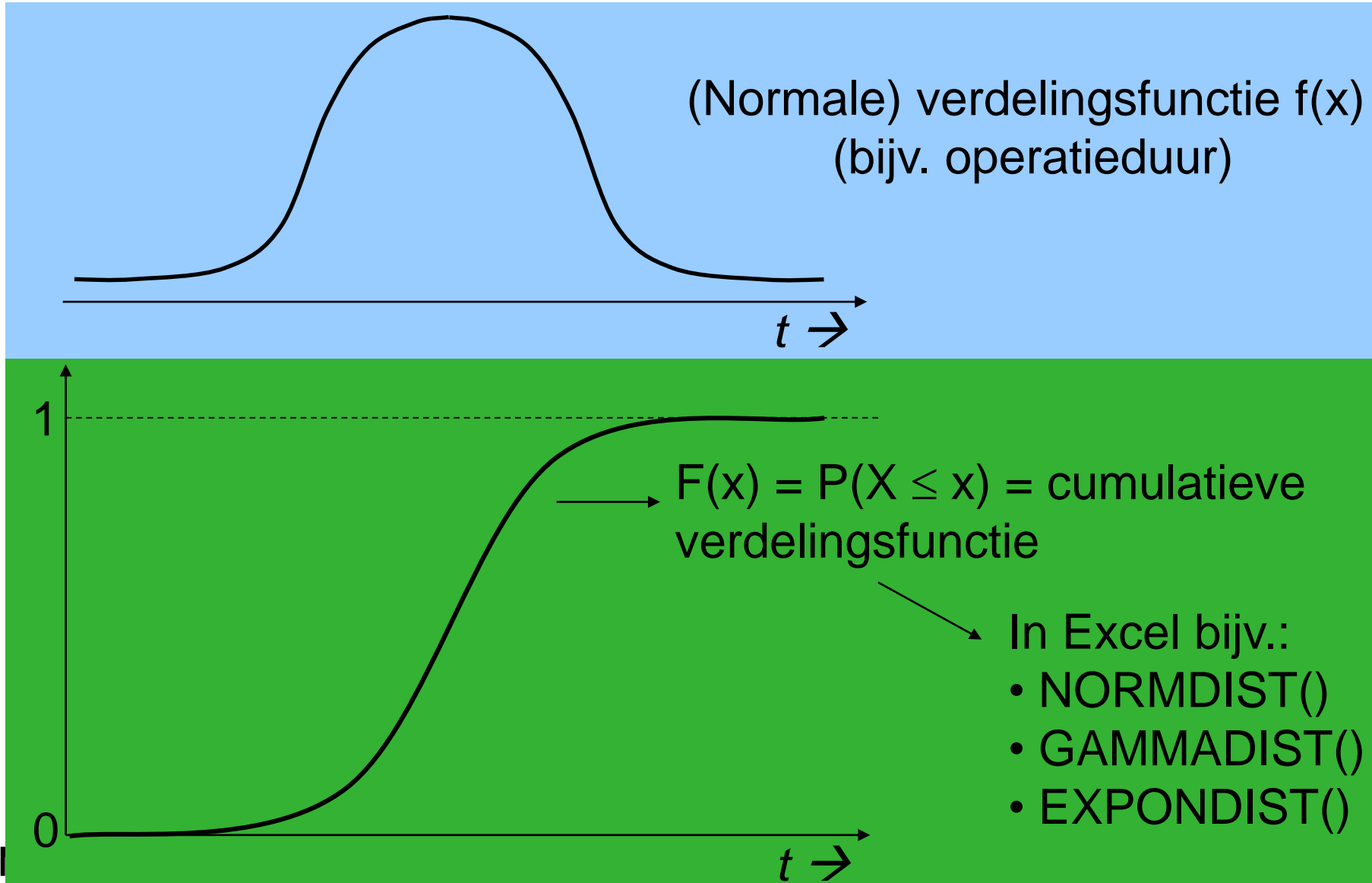
Maar wat als je andere aankomstpatronen hebt?

- **Empirische verdeling**, o.b.v. historische data
 - Bijv. historische aankomstfrequentie:

Aantal aankomsten	Frequentie	Kans
0	180	0.180
1	400	0.400
2	150	0.150
3	130	0.130
4	90	0.090
5 & meer	50	0.050
Totaal	1000	1

Inverse transform method

Hoe trek je een random waarde uit een verdeling met Excel?

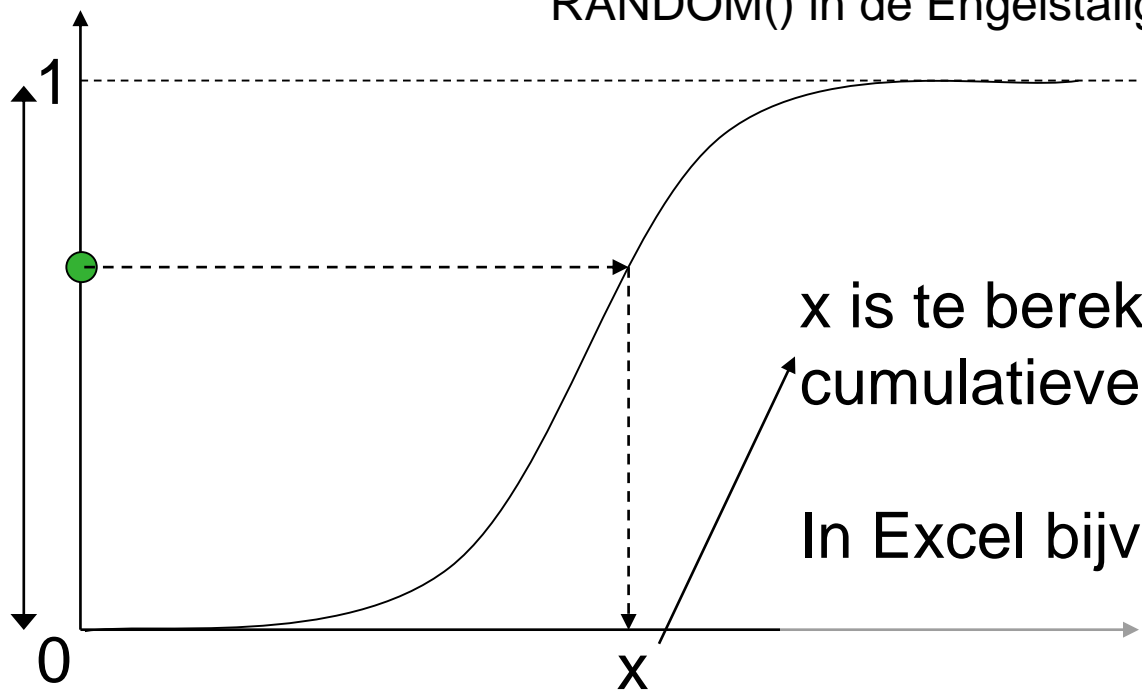


Inverse transform method

Hoe trek je een random waarde uit een verdeling met Excel?

De functie ASELECT() trekt een random getal tussen 0 en 1

 RANDOM() in de Engelstalige Excel-versie



x is te berekenen met de inverse
cumulatieve verdeling $F^{-1}()$

In Excel bijvoorbeeld:

`NORMINV(ASELECT())`
`GAMMAINV(ASELECT())`

Andere verdelingen in Excel

Nederlandse Excel

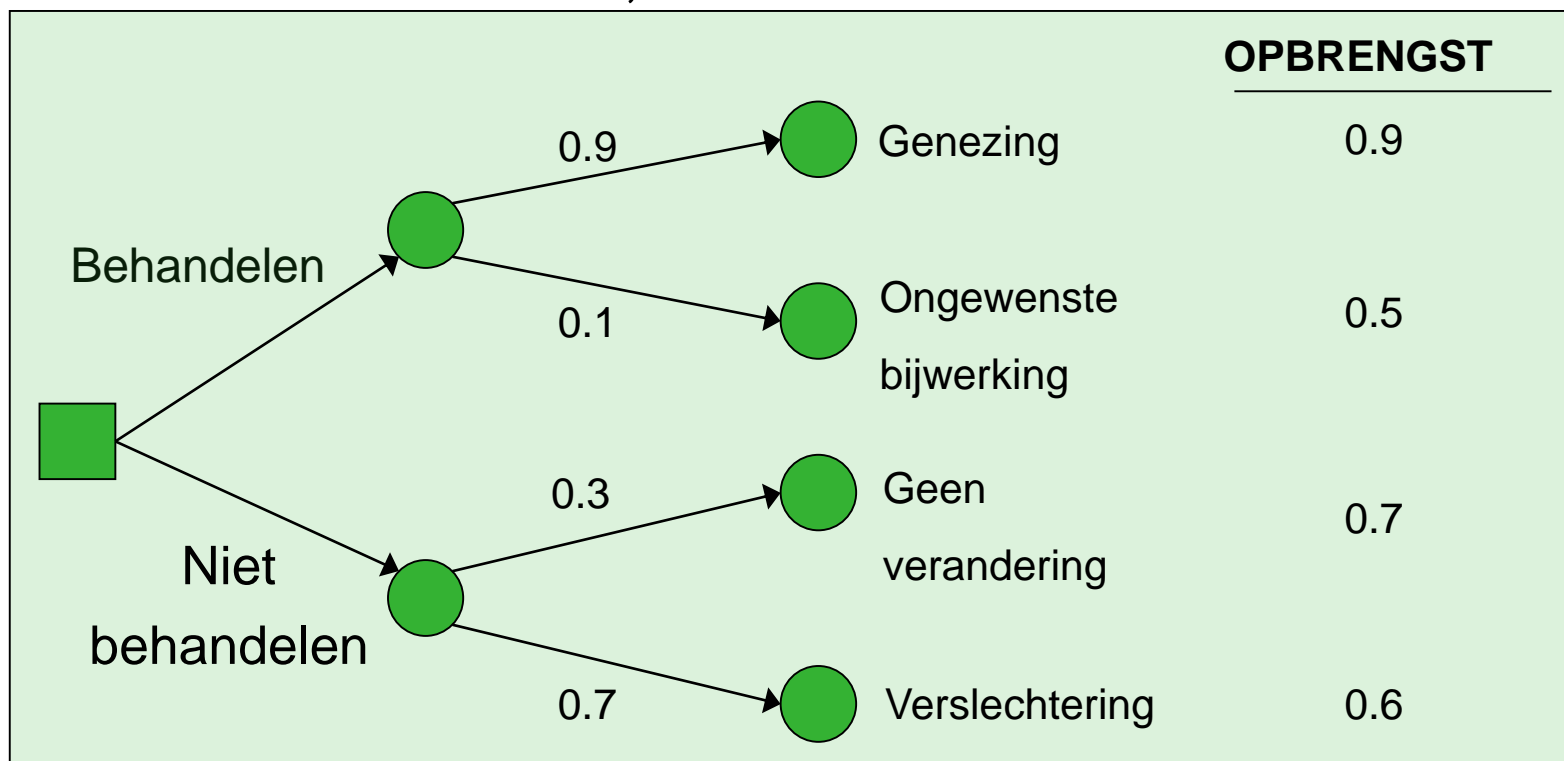
- T.INV
- NORM.INV
- GAMMA.INV
- BETA.INV
- CHI.KWADRAAT.INV
- STAND.NORM.INV
- LOG.NORM.INV
- FISHER.INV
- F.INV

Engelse Excel

- TINV
- NORMINV
- GAMMAINV
- BETAINV
- CHIINV
- NORMSINV
- LOGINV
- FISHERINV
- FINV

Typen simulatiemodellen: Beslissingsbomen

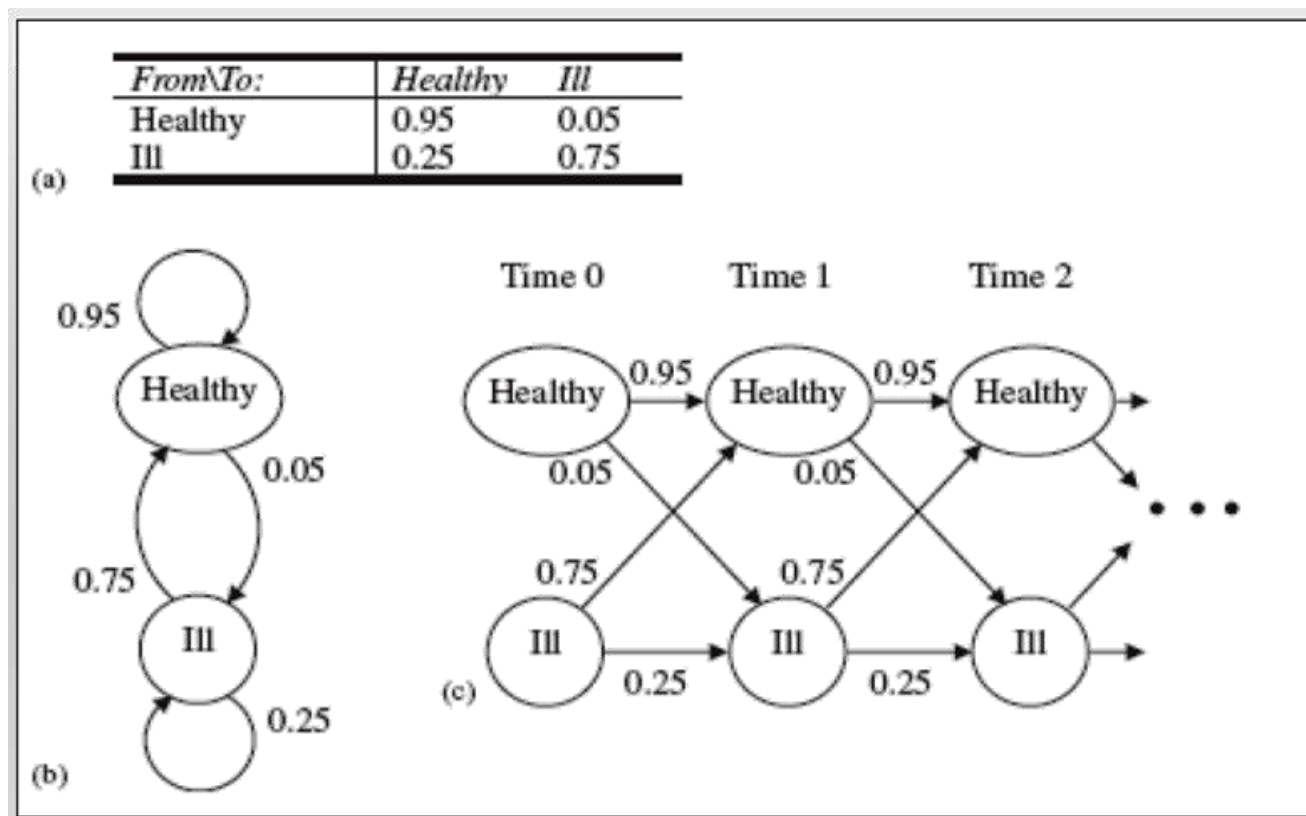
- Stochastisch, statisch

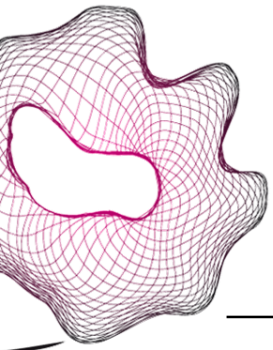


Verwachte opbrengst bij behandelen: $0.9 \times 0.9 + 0.1 \times 0.5 = 0.86$

Typen simulatiemodellen: Markov modellen

- Stochastisch, discreet





Typen simulatiemodellen: Markov modellen

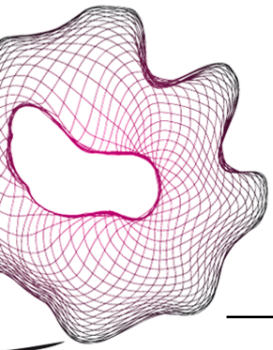
Voordelen:

- Korte ontwikkelingstijd
- Exacte resultaten: formules geven inzicht in gedrag

Nadelen:

- Weinig flexibel t.a.v. complexe verdelingsfuncties, complexiteit van het proces en de interacties daarin
- Vele vereenvoudigende aannames
- Betreft analyse van stationaire toestand (bootst niet het proces na)





Typen simulatiemodellen: Discrete-event simulatie

- Stochastisch, discreet, dynamisch
- Flowchart-achtige nabootsing van processen, met:
 - Entiteiten (systeemelementen die je wilt simuleren)
 - Verplaatsbare eenheden (bijv. patiënten)
- Deze triggeren 'events', bijv.
 - Aankomst van patiënt
 - Voltooing van afspraak
 - Ziekmelding van medewerker

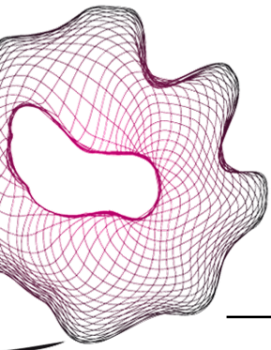


Discrete Event simulatie: OK-voorbeeld

Event lijst bij start simulatie:

<u>Tijdstip</u>	<u>Event type</u>	<u>Entiteit</u>
t = 8:00	Start OK	OK1
t = 8:00	Start OK	OK2
...
t = 8:00	Start OK	OK8
t = 8:01	Patiëntaankomst	Patiënt 11004
t = 8:02	Chirurgaankomst	Chirurg 1425
Et cetera		

Aan iedere event kunnen acties gekoppeld worden die op zichzelf weer events kunnen genereren

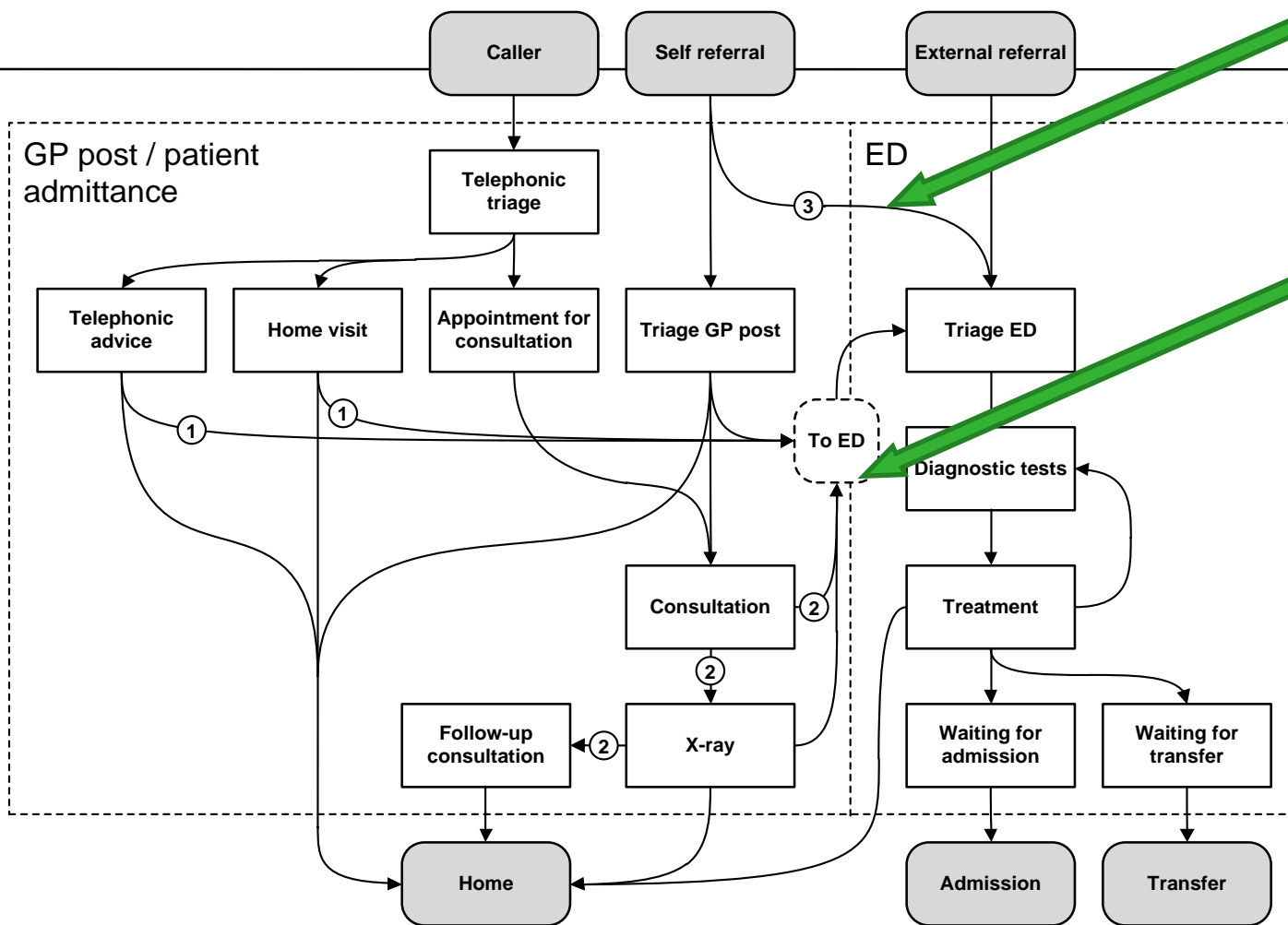


Typen simulatiemodellen: Discrete-event simulatie

- Aan iedere event kunnen acties gekoppeld worden
 - Her-planning
 - Toewijzen patiënt aan OK
- Simulatie “springt” van event naar “event”
 - Allerlei statistieken worden bijgehouden

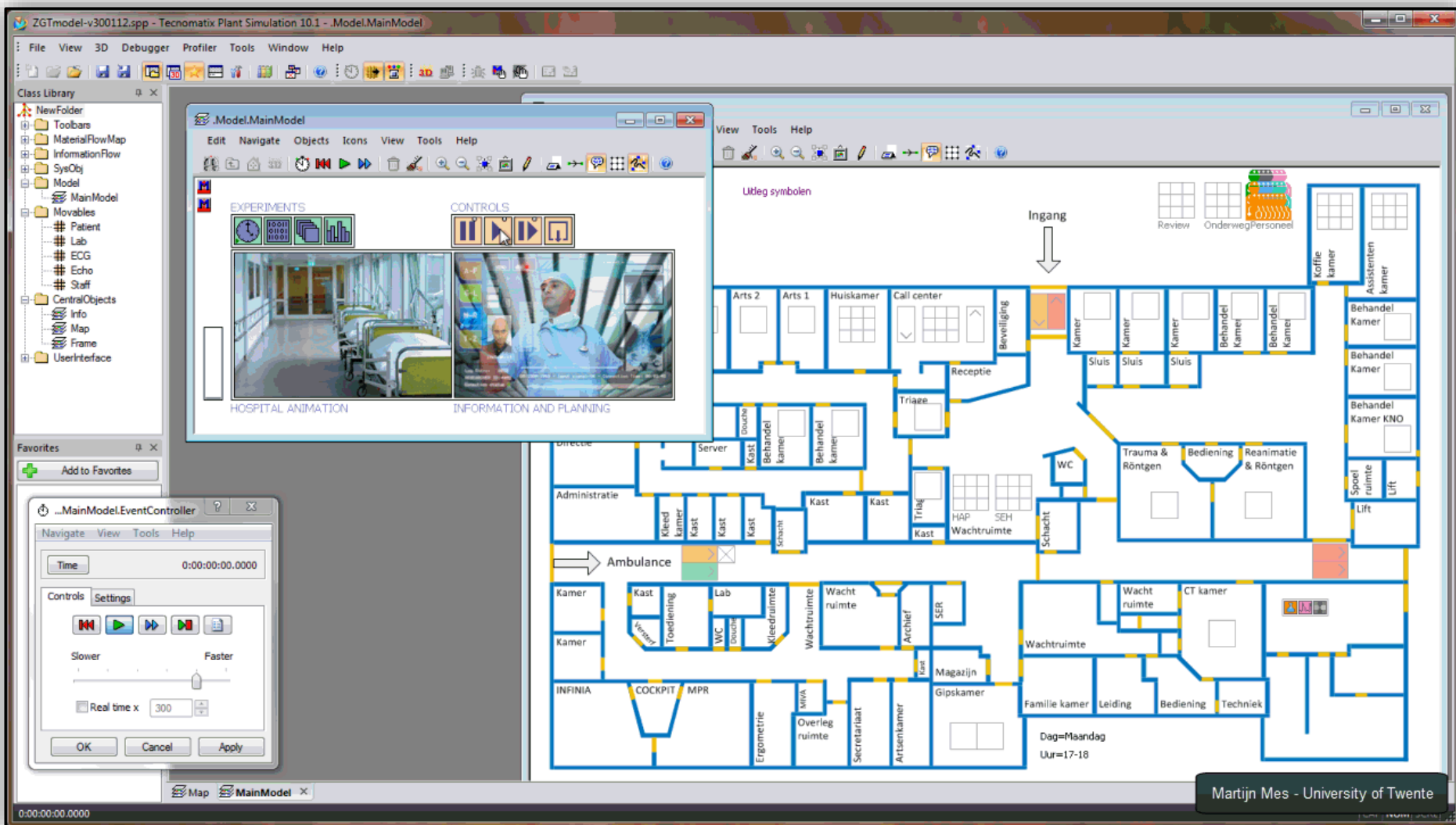


VOORBEELD: GEÏNTEGREERDE SPOEDPOST ALMELO



- ① Travel time from home to the ED ② Travel time between the GP post and the ED (NIP) ③ Self referrals at the ED (NIP)

Voorbeeld: geïntegreerde spoedpost Almelo



The screenshot displays the Tecnomatix Plant Simulation 10.1 interface. The main window shows a detailed 3D floor plan of a hospital emergency department. Key areas labeled include:

- Ingang** (Entrance)
- Arts 2**, **Arts 1**, **Huiskamer**, **Call center**, **Beveiliging** (Security)
- Receptie** (Reception), **Triage**, **Sluis** (Sluice)
- Behandel Kamers** (Treatment Rooms), **Behandel Kamer KNO** (Orthopedics)
- Trauma & Röntgen**, **Bediening** (Nursing), **Reanimatie & Röntgen** (Resuscitation)
- WC** (Toilet), **Schacht** (Shaft), **Lift**
- Ambulance** entrance
- Administratie** (Administration), **Server**, **Kleedkamer** (Dressing Room), **WC**, **Lab**, **Wachruimte** (Waiting Room), **Wacht ruimte**
- INFINIA**, **COCKPIT**, **MPR**, **Ergometrie**, **MIRA**, **Overleg ruimte** (Meeting Room), **Secretariaat** (Secretariat), **Artistenkamer** (Artist's Room), **Magazijn** (Warehouse), **Gipskamer** (Plaster Room)
- Familie kamer** (Family Room), **Leiding** (Management), **Bediening** (Nursing), **Techniek** (Technical)
- Dag=Maandag**, **Uur=17-18**

Overlaid on the main view are several control and simulation windows:

- EXPERIMENTS** and **CONTROLS** panels with various icons.
- HOSPITAL ANIMATION** window showing a 3D rendering of a hospital corridor.
- INFORMATION AND PLANNING** window showing a 3D rendering of a medical professional.
- Uitleg symbolen** (Legend) window with a grid and icons.
- Review** and **Onderwegpersoneel** (Staff in Motion) windows.
- ..MainModel.EventController** window with a time display (0:00:00:00.0000) and speed controls (Slower, Faster, Real time x 300).

The bottom right corner of the software interface contains the text: **Martijn Mes - University of Twente**.

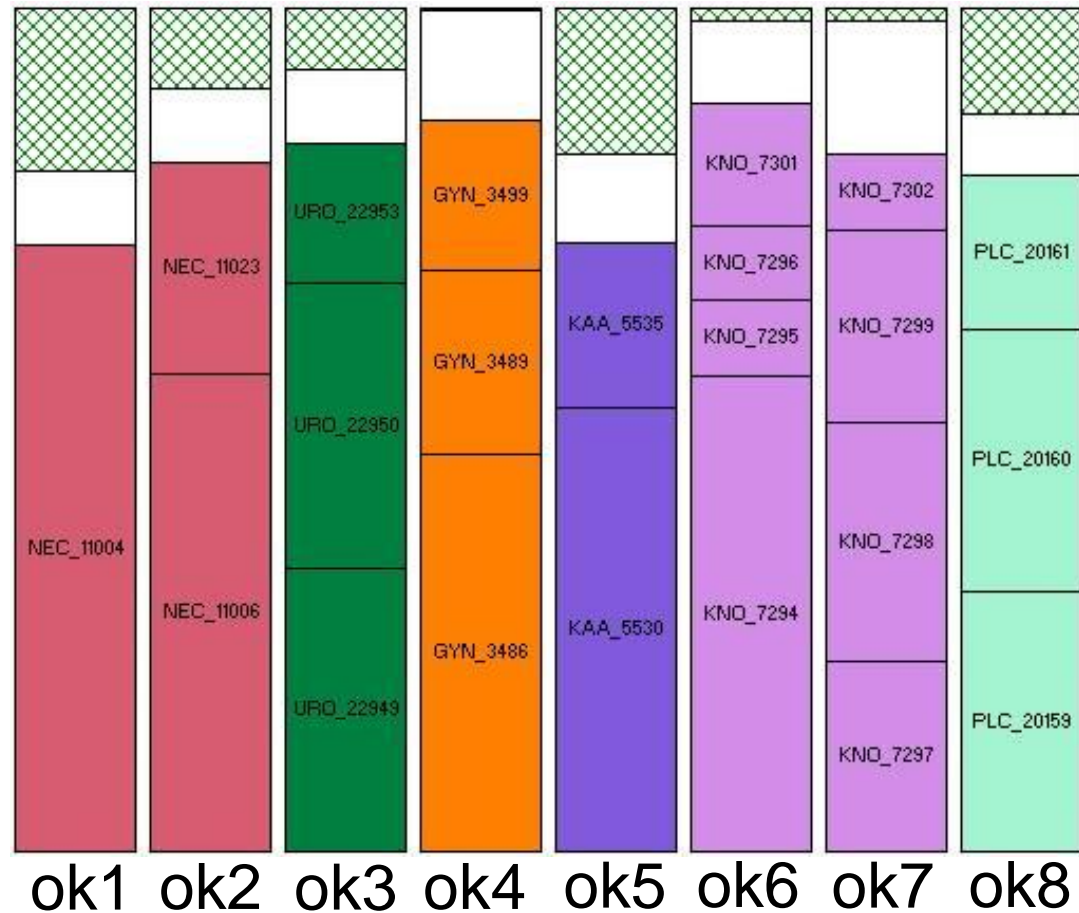
SIMULATIE TUTORIAL SESSIE ZORGDE VOOR VEEL ENTHOUSIASME EN DRAAGVLAK

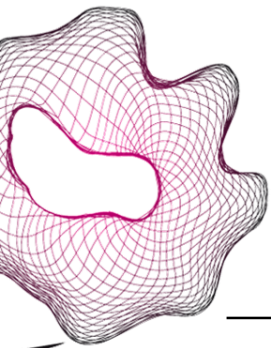


chpo
centrale huisartsenpost almelo

 zgt

Discrete Event simulatie: OK-voorbeeld





Aanpak discrete-event simulatie

1. Probleemdefinitie
2. Definiëren scope
3. Data verzameling
4. Modelbouw
5. Verificatie
6. Validatie
7. Experimenteren
(interventies, scenario's)

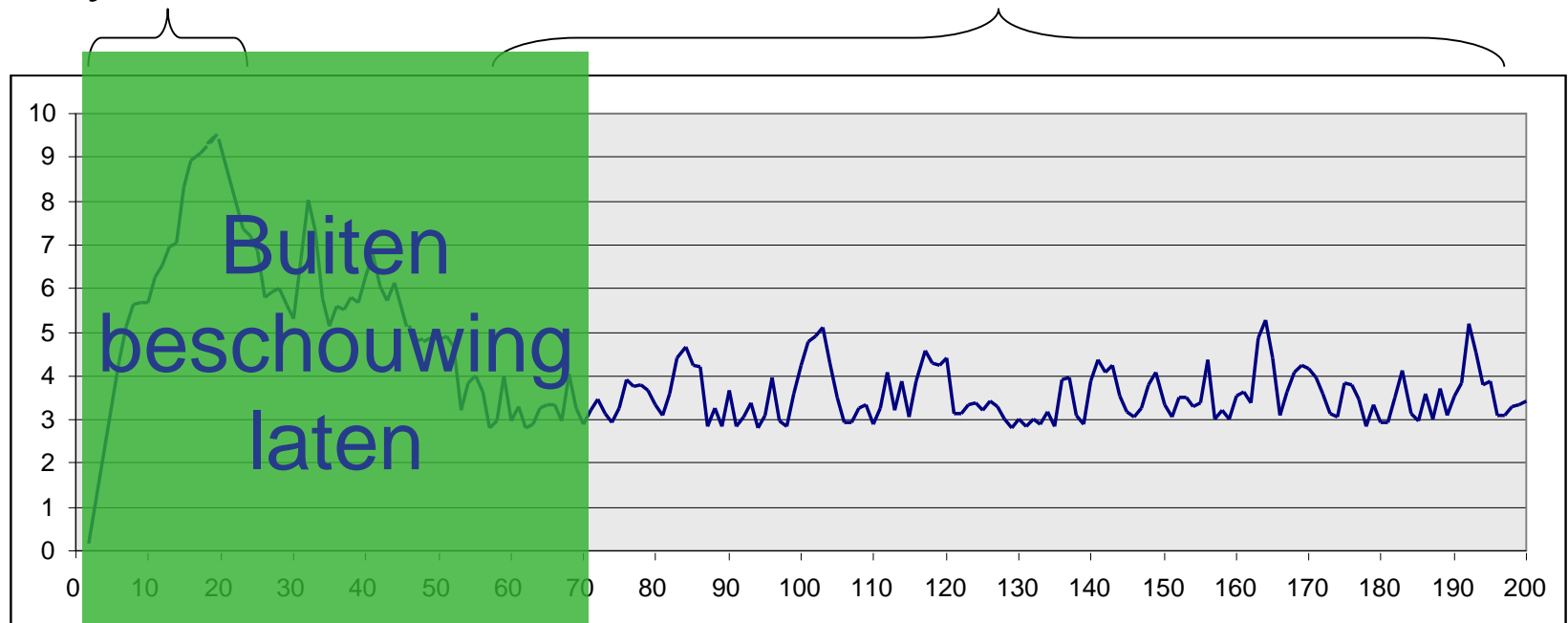
iteratief



“Opwarmtijd” discrete-event simulatie

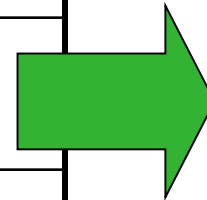
Start met
leeg
systeem

Stabilisatie

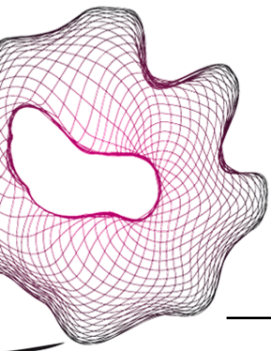


Bepalen aantal runs van simulatiemodel

RUN	UITKOMST PRESTATIEINDICATOR
1	95.43
2	87.67
3	98.31
4	86.10
5	90.39



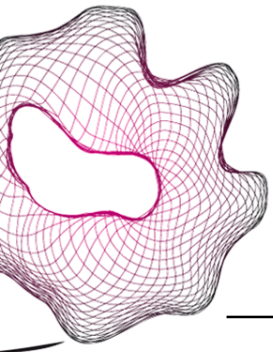
Veel runs
nodig om
betrouwbare
uitspraken te
kunnen doen!



Voordelen van simulatie

- Kan veel realistische aspecten meenemen
- Middels moderne software snelle ontwikkeling
- Krachtige visualisatie 2D / 3D
- Rapportage functionaliteiten
- Flexibel t.a.v. veranderingen in het onderliggende systeem
- Controle over simulatiesnelheid
- “Speelomgeving” / “offline” uitproberen



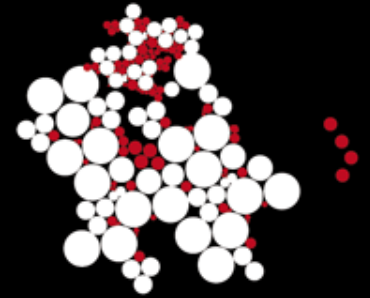


Nadelen simulatie

- Enorme data-behoefte → veel data analyse
 - Beschikbare data vaak ongeschikt
- Lange ontwikkeltijd
 - m.n. door data analyse, validatie
- Lange rekentijd
- Optimalisatie door “trial & error”
- “Softe” prestatiekenmerken niet meetbaar
- Werkelijkheid houdt zich minder goed aan de regels dan het simulatiemodel



Dank voor uw aandacht!



Prof.dr.ir. Erwin W. Hans

CHOIR



www.utwente.nl/choir

