

agent-based modeling



agent-based modeling

domein R: computational science

Nataša Grgurina
René van der Veen

modelleren

- Waarom?
- Wat is het?
- Modelleren bij informatica?
- Lesmateriaal

modellen spelen een
centrale rol in wetenschap

domein A6: modelleren

De kandidaat kan in **contexten** een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen.

De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen.

domein R: computational science

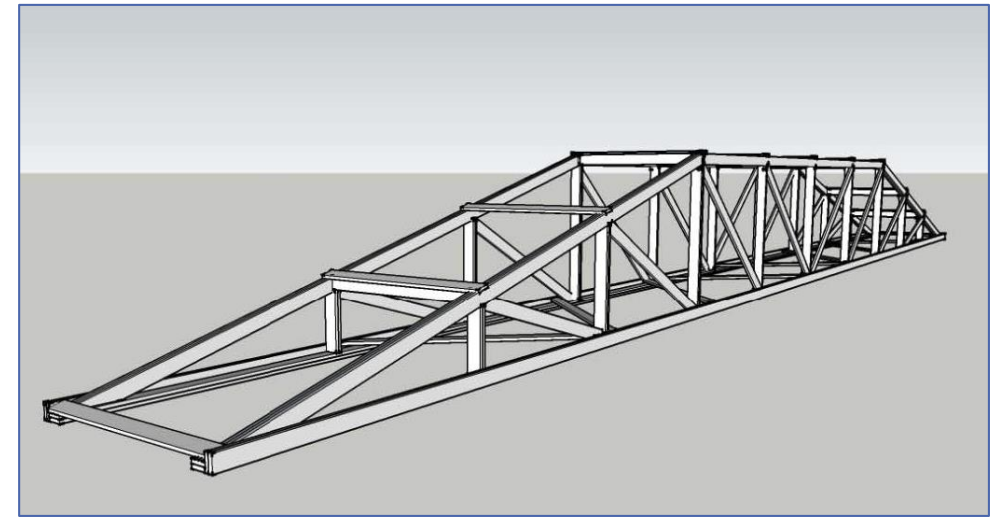
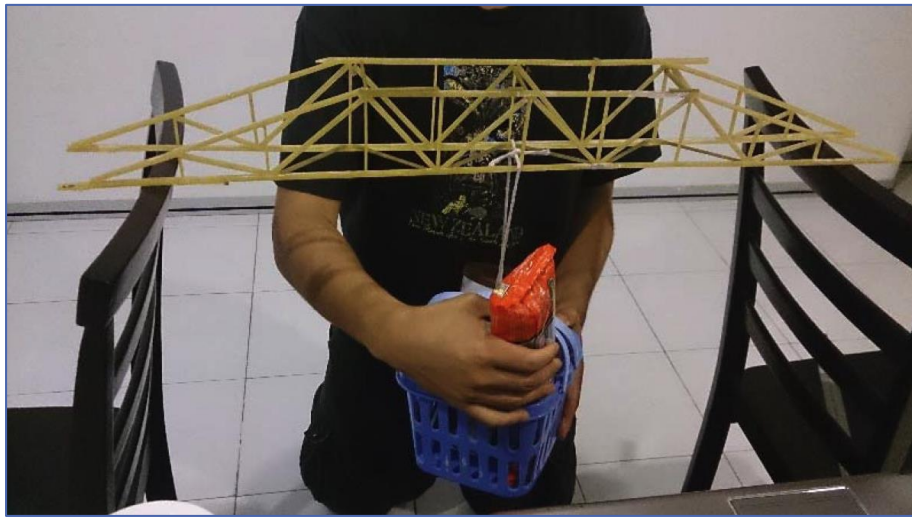
R1: modelleren De kandidaat kan aspecten van een andere wetenschappelijke discipline modelleren in computationele termen.

R2: simuleren De kandidaat kan modellen en simulaties construeren en gebruiken voor het onderzoeken van verschijnselen in die andere wetenschap.

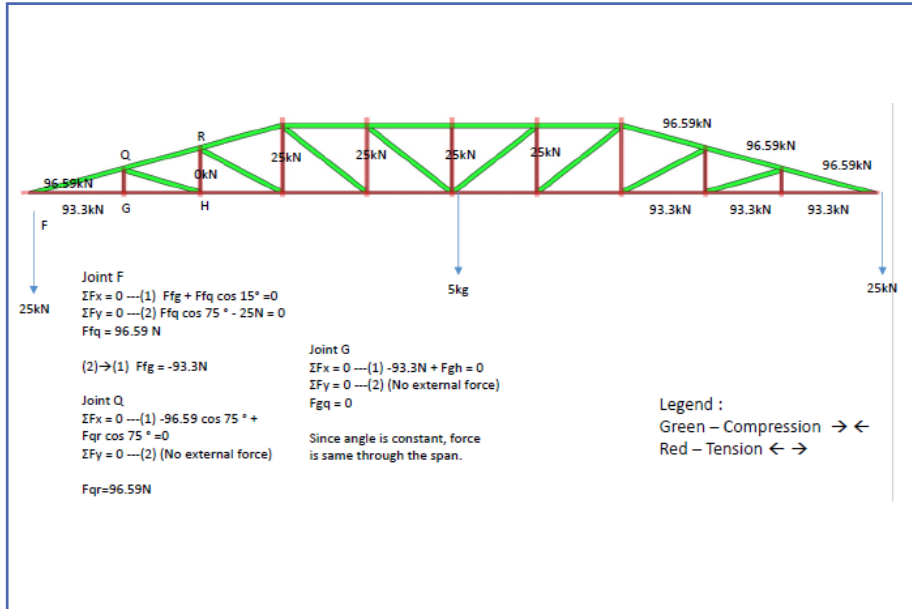
domein R: computational science

R1: modelleren De kandidaat **kan** aspecten van een **andere wetenschappelijke discipline modelleren** in computationele termen.

R2: simuleren De kandidaat **kan** modellen en simulaties construeren en gebruiken voor het **onderzoeken** van verschijnselen in die **andere wetenschap**.



keuzes



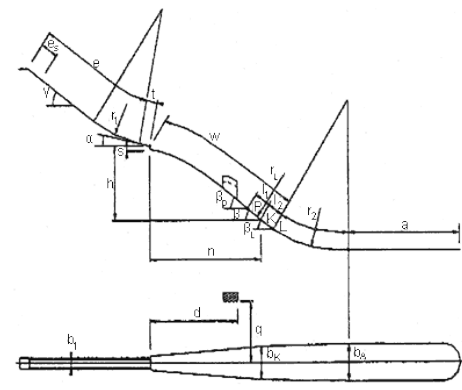
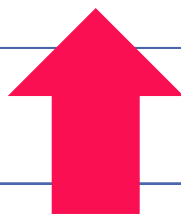
$$a_r = g \cdot \sin \alpha - k \cdot v$$



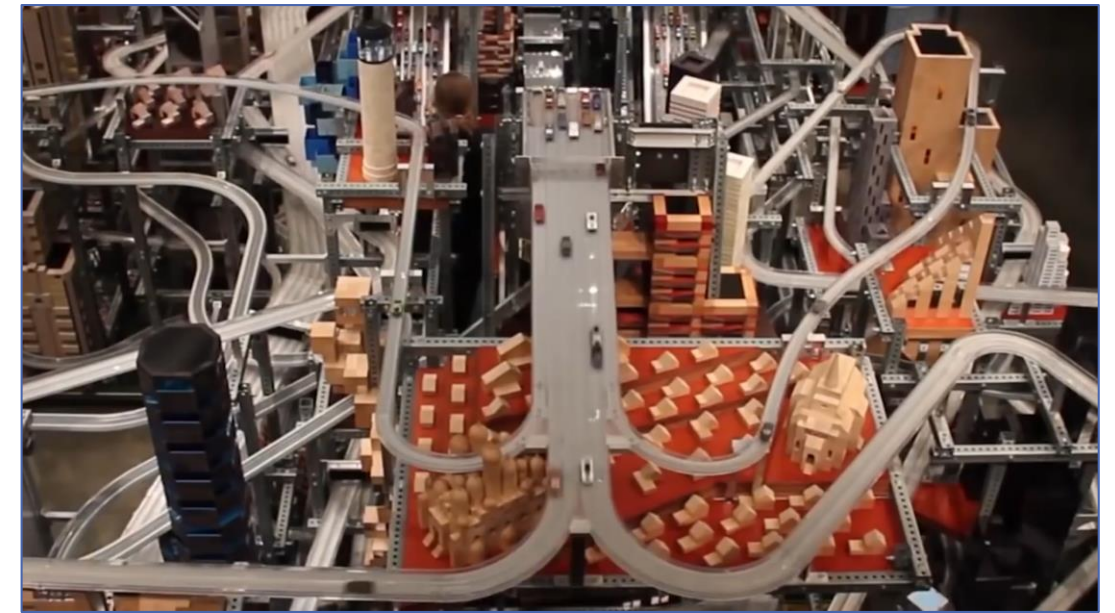
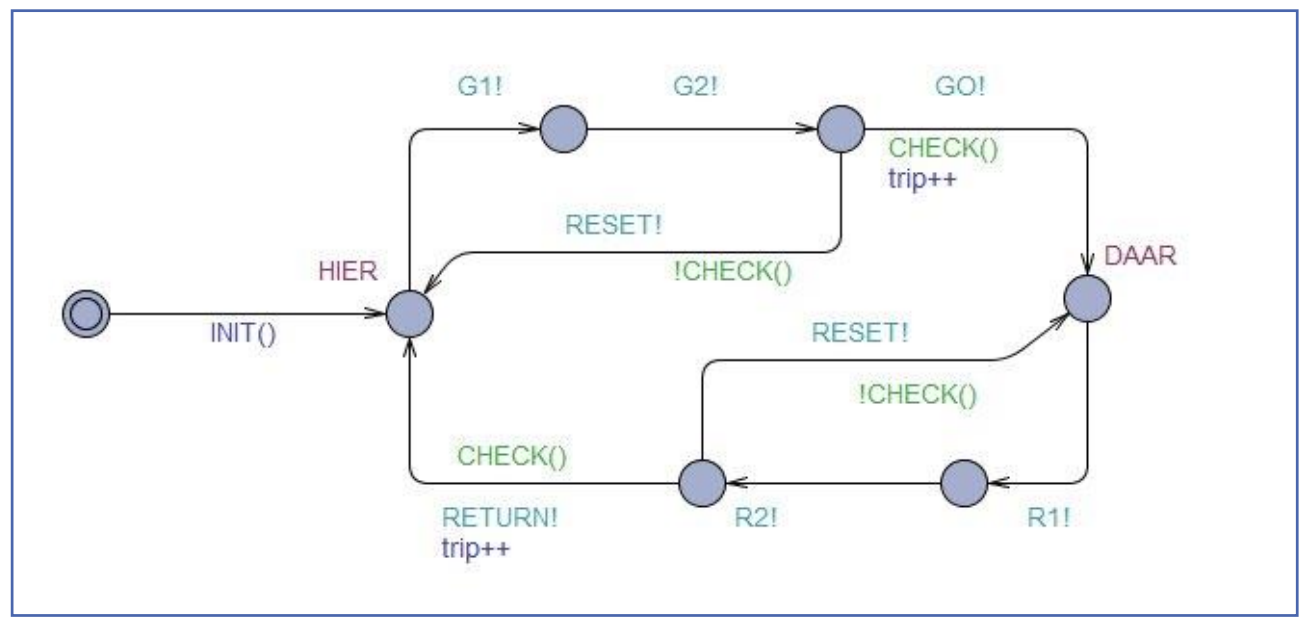
$$a(t) = g \cdot \sin \alpha \cdot e^{-k \cdot t}$$

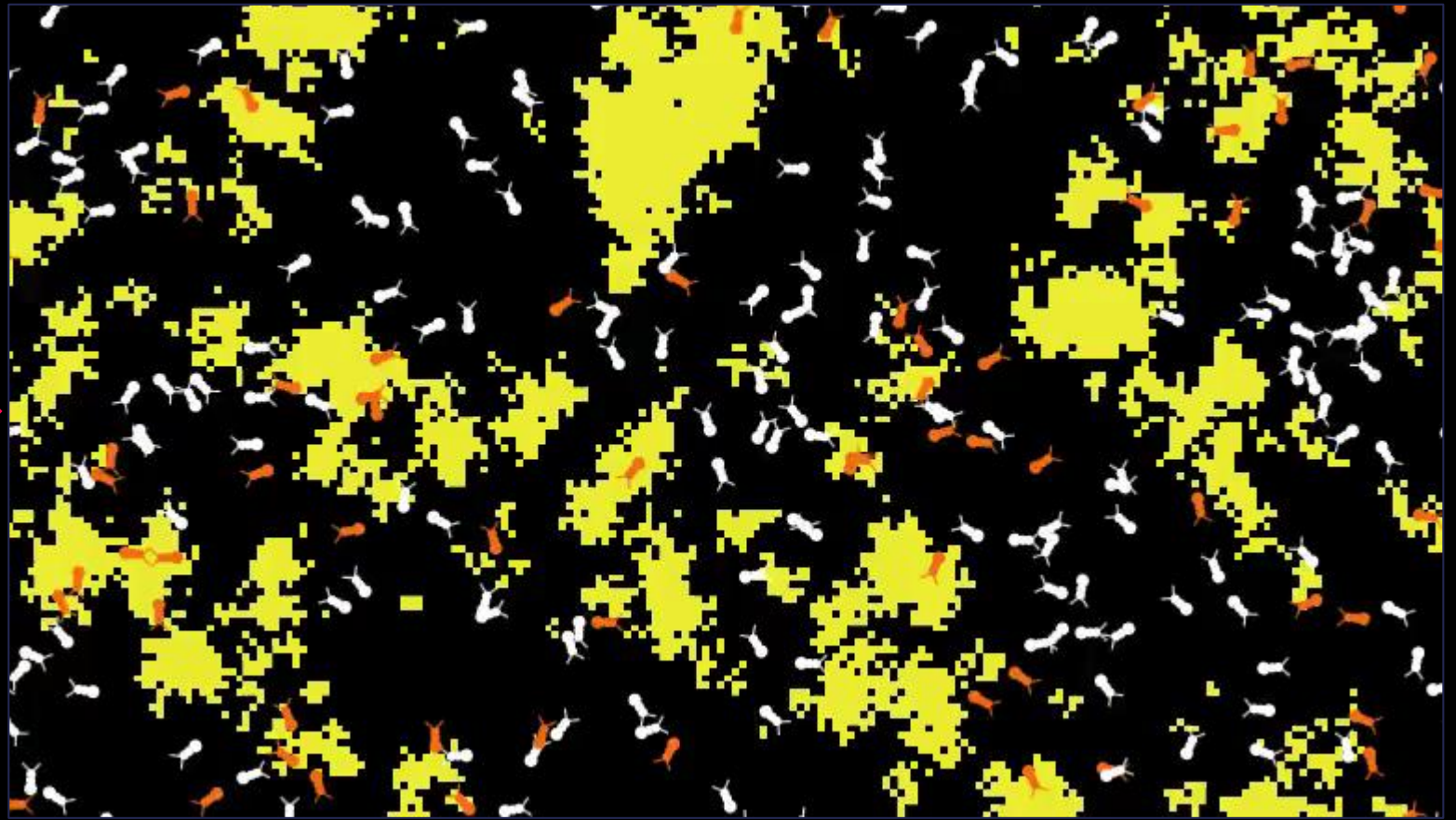
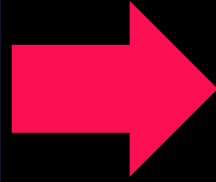
$$v(t) = \frac{g}{k} \cdot \sin \alpha \cdot (1 - e^{-k \cdot t})$$

$$s(t) = \frac{g}{k} \cdot \sin \alpha \cdot [t + \frac{1}{k} (e^{-k \cdot t} - 1)]$$



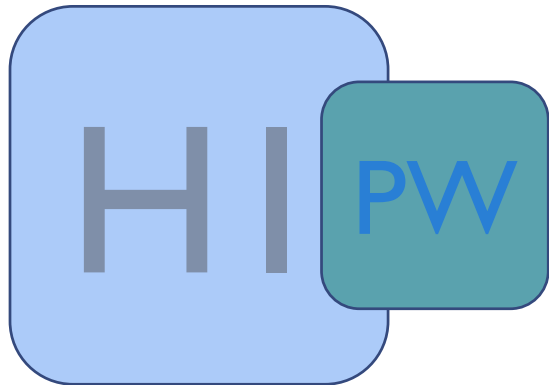
keuzes





ABM met **Netlogo**

module agent-based modeling



- Wat is een model?
- ABM, agents & emergent gedrag
- voorbeeldcontexten & -doelen
- modelleercyclus

- ❖ theorie & opdrachten
- ❖ *unplugged* werkvormen
- ❖ online simulaties
- ❖ videobronnen
- ❖ differentiatie

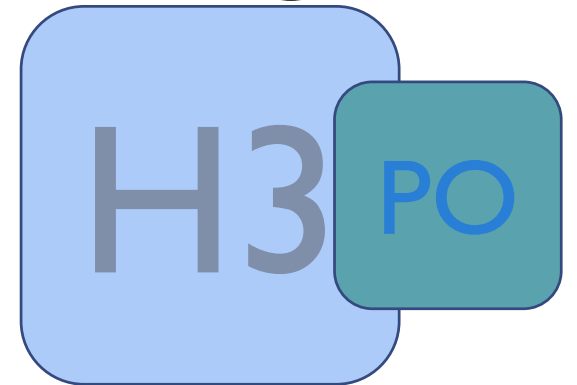
Modellen & Context



- kennismaken met Netlogo
- *patches & turtles*
- regels & interactie
- globale variabelen en statistiek

- ❖ theorie & opdrachten
- ❖ modelbestanden & *library*
- ❖ video-uitleg
- ❖ rode draad: aquarium

Tool Begrijpen & Beheersen

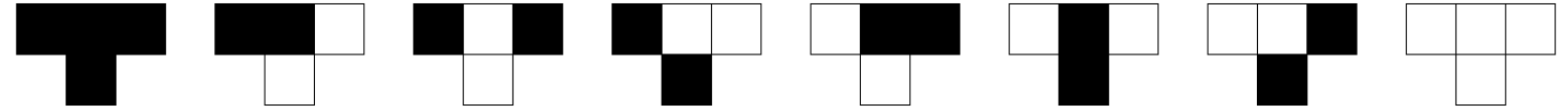
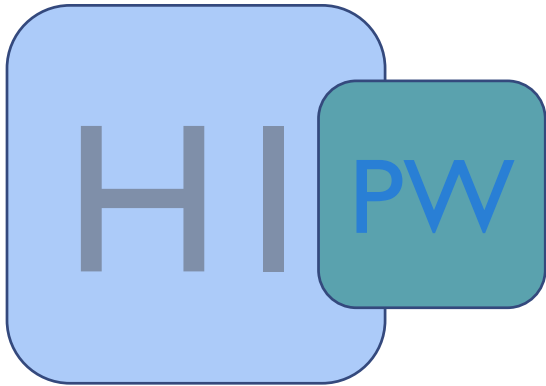


- modelleercyclus
- van casus naar model / simulatie
- verificatie & validatie
- gegevens verzamelen & verwerken

- ❖ theorie & opdrachten
- ❖ modelbestanden & *library*
- ❖ video-uitleg
- ❖ Excel-vaardigheid
- ❖ rode draad: virus || segregatie

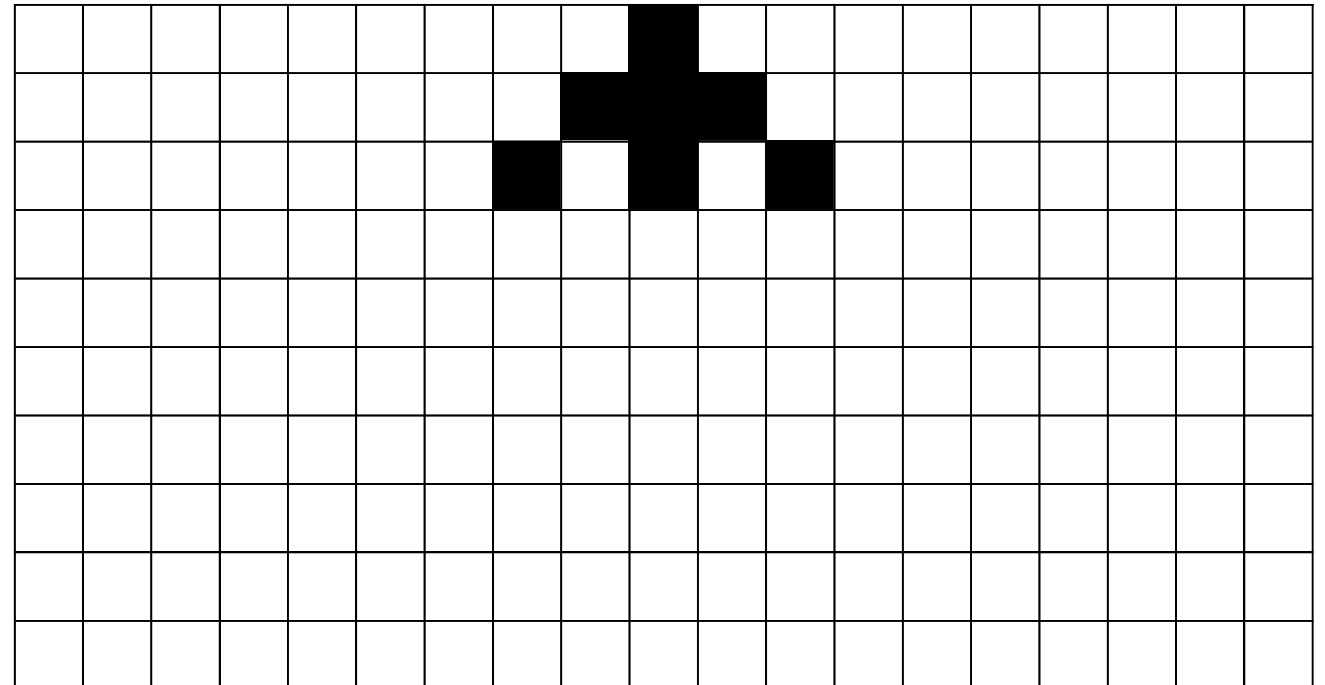
Modelleren & Onderzoeken

module agent-based modeling



- Wat is een model?
- ABM, agents & emergent gedrag
- voorbeeldcontexten & -doelen
- modelleercyclus

- ❖ theorie & opdrachten
- ❖ *unplugged* werkvormen
- ❖ online simulaties
- ❖ videobronnen
- ❖ differentiatie



agents & emergent gedrag

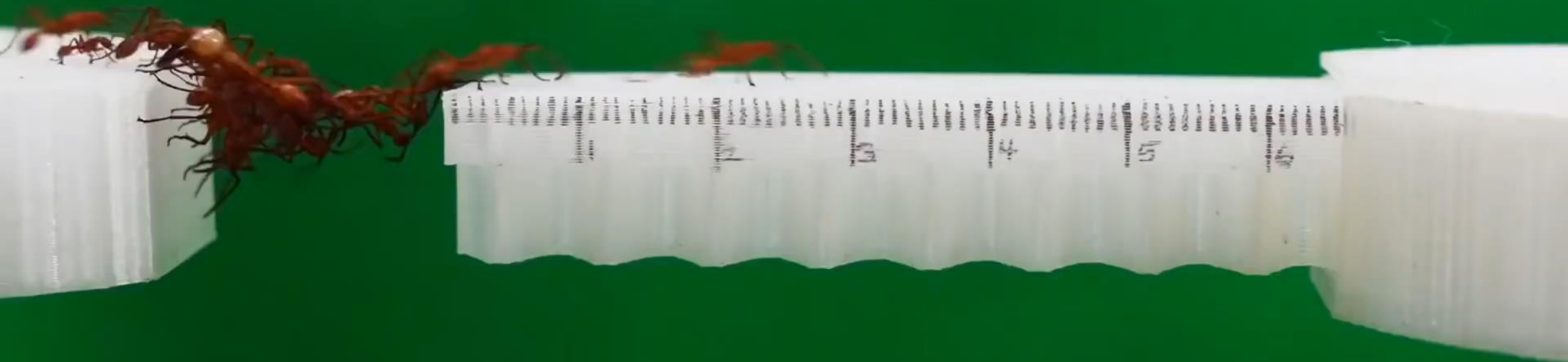
heroes & cowards

spelregels Helden & Lafaards

Kies in gedachten een klasgenoot die je (voor dit spel) als **vriend** ziet en een andere klasgenoot die je als **vijand** ziet.

Probeer na het startsignaal zo te gaan staan, dat **jouw vriend precies tussen jou en jouw vijand in staat.**

10x



context & parameters

evacuatie

Zenit Arena

Saint-Petersburg, Russia

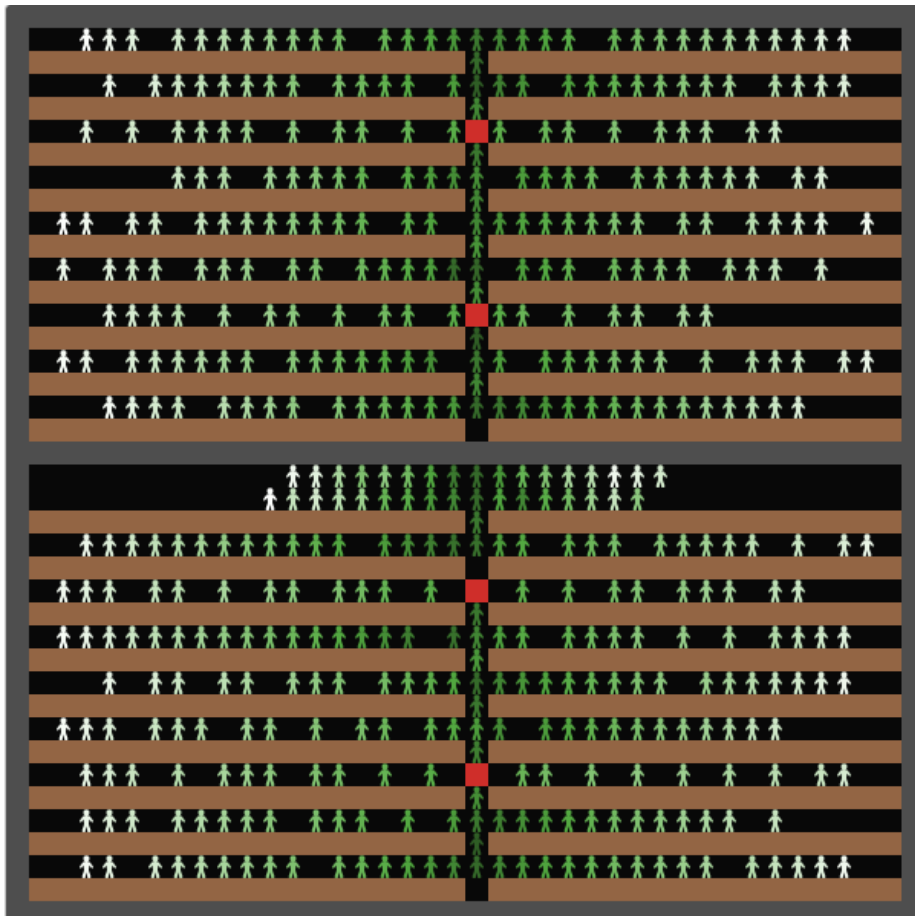
50k evacuation



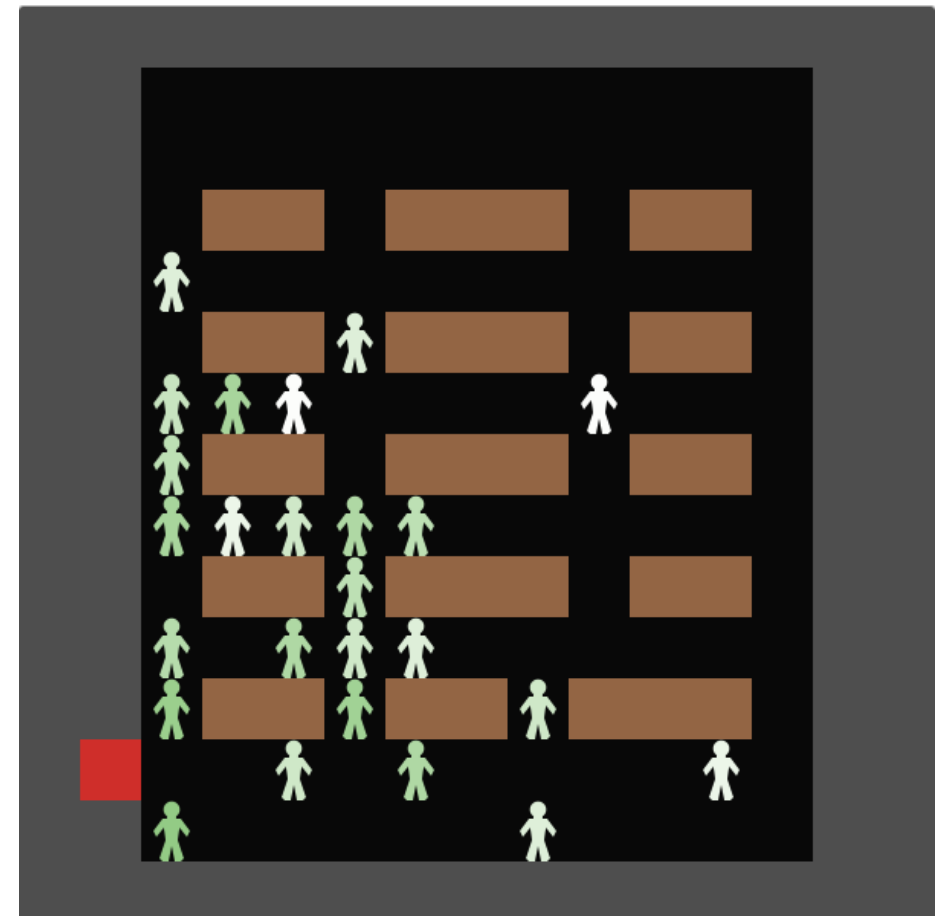
ITMO UNIVERSITY

simulatie evacuatie

demo docent: STADION



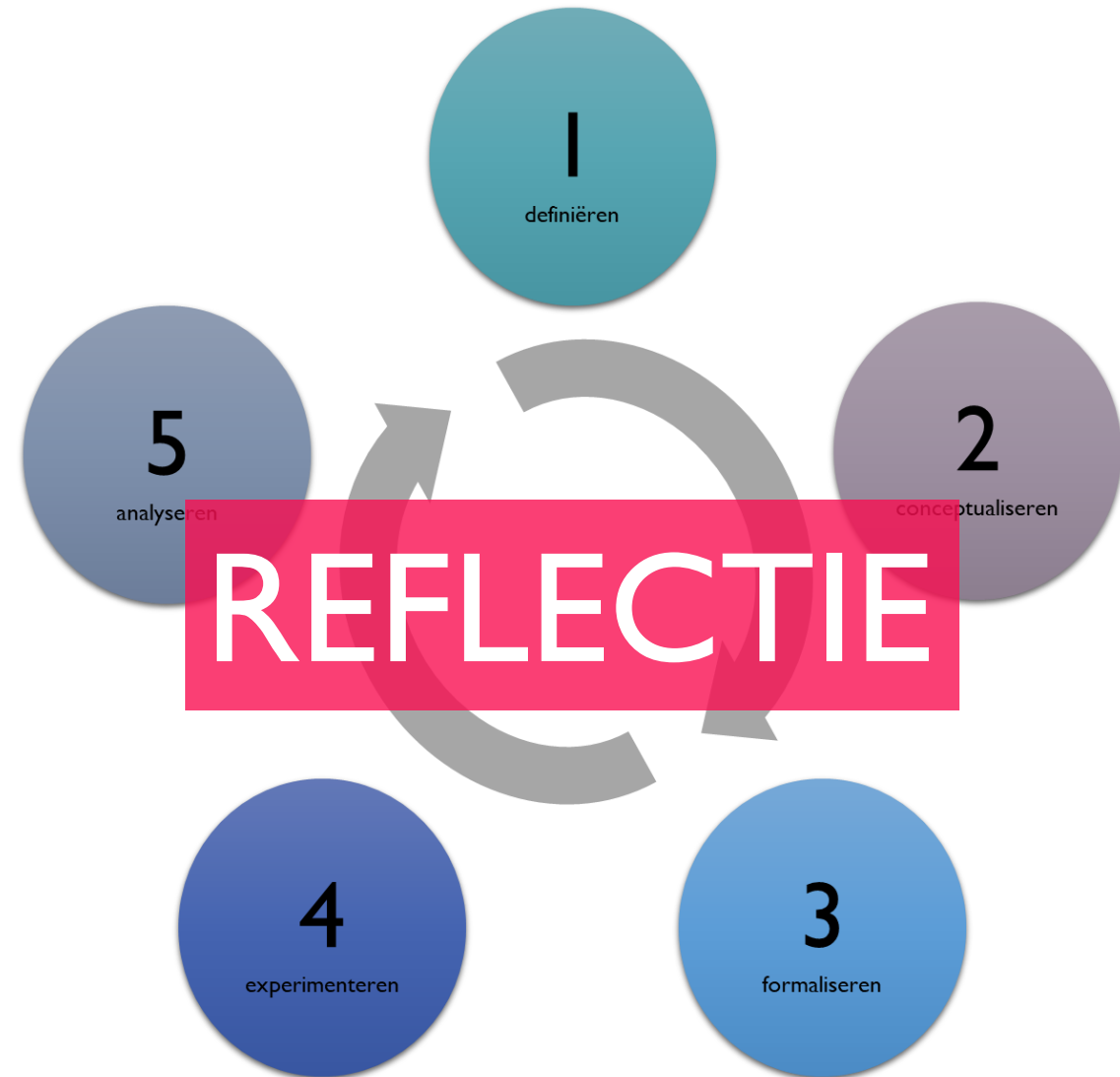
zelf doen leerling: KLASLOKAAL



simulatie evacuatie

modelleercyclus

1. Definiëren
onderzoeksvraag, hypothese
2. Conceptualiseren
abstractie, iteratie
agents & eigenschappen
3. Formaliseren
implementatie (programmeren)
verificatie, validatie
4. Experimenteren
uitvoeren model, gegevens
verzamelen
5. Analyseren
interpreteren, concluderen



keuze & differentiatie

niveau, profiel, voorkeur

1.4 Het doel van modelleren

In de wetenschap, maar ook bij bedrijven en in de sport wordt steeds meer gebruik gemaakt van modellen. Waarom doen we dat? Het verhaal van de spinnenwebben in de vorige opdracht geeft hierop al meerdere antwoorden:

- het model geeft een manier om de werkelijkheid te beschrijven
- hiermee kunnen we de ontwikkeling van spinnenwebben uitleggen of verklaren
- in de video wordt het model gebruikt voor een college. Dit heeft als doel **onderwijs of educatie**
- met het model kun je eenvoudig nieuwe situaties proberen: je kunt **experimenteren**
- op basis van de resultaten van een model kun je gaan **discussiëren en voorspellen**

In het model van de spinnenwebben was sprake van toeval ofwel random gedrag. Dit zijn belangrijke begrippen als je gaat modelleren, omdat veel fenomenen die we kunnen modelleren die willekeur bevatten. Ze gaan nu eenmaal niet altijd precies op dezelfde manier. Dat noemen we **niet-deterministisch**. De willekeur in het model zit ten eerste in de insecten die in willekeurige hoeveelheden op willekeurige plaatsen langs en in het spinnenweb komen. Ten tweede zit er willekeur in de manier waarop een nieuwe generatie spinnen genetisch wordt geprogrammeerd om een web te weven. Een spin erft veel van die regels van zijn voorouders, maar door mutaties worden die regels een klein beetje random gewijzigd. Op die manier kan worden verklaard dat de vorm van de spinnenwebben in de loop van de tijd verandert.

Opdracht 11: Mensenstroom

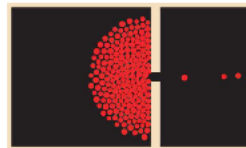
Bekijk de video waarin wordt gemodelleerd hoe een groep mensen zich gedraagt wanneer een groot stadion in Sint-Petersburg (Rusland) moet worden geëvacueerd. De getoonde simulaties zijn gemaakt, nog voordat het stadion (Figuur 1.13) in 2017 werd geopend.



FIGUUR 1.13

34. In de theorie wordt een aantal mogelijke doelen van modelleren beschreven. Welke doelen zijn volgens jou van toepassing op deze situatie. Geef bij elk gekozen doel een toelichting.
35. In de video worden meerdere evacuatieplannen gesimuleerd. Wat is hiervoor de reden?
36. Wat zijn de agents in dit model?
37. Noem vijf factoren die het gedrag van de agents (mede) zullen bepalen.

Een voetbalstadion voor bijna 70 duizend toeschouwers is een hele ingewikkelde omgeving om te modelleren. In modellen wordt een situatie vaak vereenvoudigd door de omgeving te versimpelen en het aantal gedragsregels te beperken.



FIGUUR 1.14

In Figuur 1.14 zie je een beeld van zo'n versimpeld, abstract model van een ruimte. Het model simuleert een groep mensen die de ruimte (links) zo snel mogelijk wil verlaten, vanwege rookontwikkeling. Er is maar één opening (midden). Omdat iedereen snel weg wil, ontstaat een opstopping. Dit is niet goed voor de totale ontruimingstijd.

38. Bedenk minimaal drie omgevingsfactoren waar de totale ontruimingstijd van afhangt.
39. Bedenk drie onderzoeksvragen over de ontruimingstijd die je bij dit model zou kunnen stellen.
40. Voorspel wat de antwoorden op jouw eigen onderzoeksvragen zullen zijn.

Het model van Figuur 1.14 is heel erg versimpeld. Zo worden mensen weergegeven als...

41. Hoe kun je in de figuur zien dat de modelmakers rekening hebben gehouden met... mensen niet allemaal even groot zijn?
42. Bedenk twee manieren waarop de modelmakers willekeur of random gedrag... kunnen hebben ingebouwd.

Opdracht 12: Kiezen I

Bekijk de video over het voorspellen van menselijk keuzegedrag bij verkiezingen. Hierbij wordt onder meer iets verteld over het gebruik van data en modellen tijdens de verkiezingsstrijd tussen Donald Trump en Hillary Clinton (Figuur 1.15).



FIGUUR 1.15

In de eerste minuten van de video wordt verteld dat er op basis van algoritmes wordt voorspelt wie binnenkort een nieuwe auto zal gaan kopen of wie fraude zal gaan plegen. Om dit te voorspellen gebruikt het model gegevens of data.

43. Bedenk vijf persoonlijke gegevens die je zou kunnen gebruiken om te voorspellen of iemand binnenkort een nieuwe auto zal gaan kopen.
44. De uitkomst van de algoritmes zijn *niet-deterministisch*. Leg dit uit.
45. Welke reden geeft de onderzoekster (in de tweede minuut van de video) voor haar onderzoek naar de vraag wie er kans maakt om in de bijstand terecht te komen?
46. De campagnestrategie zegt in de derde minuut: *alles wordt met alles vergeleken en berekend*. Geef jouw mening over deze uitspraak.
47. In de vierde minuut wordt verteld op welke manier er profielen worden opgesteld van potentiële kiezers. Op welke manier worden deze gegevens gebruikt om de verkiezingsuitslag te beïnvloeden?
48. Wat is *microtargeting*?
49. Welke tactieken zijn door het Trump-campagneteam gebruikt om kiezers niet op de concurrent Clinton te laten stemmen?
50. Vind jij jezelf voorspelbaar? Waarom? Ben je makkelijk te manipuleren, denk je?

We willen met een sterk versimpeld model modelleren hoe een groep mensen elkaar kan beïnvloeden. Hiervoor maken we een ruimte met 100 mensen. De helft van de mensen krijgt de politieke voorkeur blauw, de andere helft de voorkeur geel, vergelijkbaar met *Democraat of Republikein*. De mensen worden over de ruimte verspreid. We gaan onderzoeken hoe mensen die naast elkaar staan elkaar kunnen beïnvloeden.

51. Deze verdeling van 50-50 is precies bepaald en dus niet willekeurig. Leg uit hoe je ondanks dit gegeven toch een random verdeling kunt krijgen.

De agents in dit model zijn de mensen. Ze krijgen twee eigenschappen die in grootte kunnen variëren:

- overredingskracht: hoe goed is iemand in staat om een ander met argumenten te overtuigen van het feit dat zijn politieke voorkeur de juiste is?
- vasthoudendheid: hoeveel is er voor nodig om iemand anders van mening te doen veranderen? Hoe overtuigd zijn ze van hun eigen gelijk?

Bij agent-based modeling vertonen agents hun gedrag op basis van een beperkt aantal simpele regels. De agents reageren hierbij op hun omgeving.

52. Wat is in dit model de omgeving?
53. Bedenk een gedragsregel: op basis waarvan kan de politieke voorkeur van een agent veranderen?
54. Wat zou in dit model een iteratie kunnen zijn?

Opdracht 13: Kiezen II

Op basis van een model onderzoek je hoe de politieke voorkeur van mensen kan worden beïnvloed door hun directe omgeving. Agents laten zich beïnvloeden door de overtuigingskracht van nabije agents. Als die overtuigingskracht groter is dan hun eigen vasthoudendheid, kunnen ze van politieke voorkeur wisselen.

-1	0	-2	1	0
2	3	3	5	3
-2	2	0	0	-1
2	7	3	1	1
-1	0	0	1	0
1	2	3	2	4
1	2	-2	1	0
3	5	5	3	2

FIGUUR 1.16

Bij deze opgave hoort een werkblad.

Opdracht 14: Cellulaire automaten

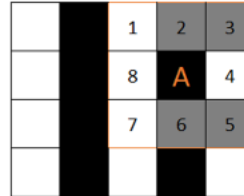
★ Bij opdracht 8 (iteraties) en opdracht 13 (politieke voorkeur) heb je gewerkt met een abstracte wereld van agents in de vorm van vierkantjes. Agents veranderen van kleur op basis van een aantal eenvoudige gedragsregels, waarbij ze reageren op hun omgeving. Die omgeving bestaat uit acht omringende agents (zie Figuur 1.17).

Als je de opdracht 8 en 12 hebt gemaakt heb je gemerkt dat het, zelfs met maar een paar gedragsregels en eigenschappen, al snel ingewikkeld wordt om te bepalen of voorspellen of een agent van kleur zal wisselen. Het emergente gedrag van alle agents samen – het totale patroon – is al helemaal niet te voorspellen. Daarom gebruiken we vanaf hoofdstuk 2 de computer om dit voor ons door te doen.

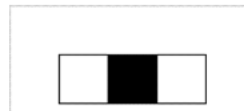
De modellen die we in opdracht 8 en 12 hebben bekeken zijn voorbeelden van cellulaire automaten. Een cellulaire automaat bestaat standaard uit een raster van cellen (agents) die zich in een beperkt aantal toestanden (meestal kleuren) kunnen bevinden. Door het toepassen van een aantal gedragsregels die betrekking hebben op de toestand van hun burens, kan de toestand van de cel veranderen.

In de meest elementaire vorm van een cellulaire automaat stellen we ons een cel in één dimensie voor met slechts twee burens zoals in Figuur 1.18. De cel is zelf zwart (waarde 1) en zijn burens zijn allebei wit (waarde 0).

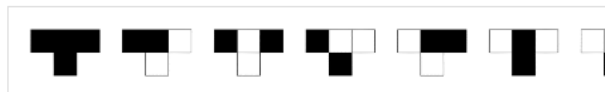
In Figuur 1.19 zie je dat er nu maximaal $2^3 = 8$ verschillende mogelijkheden zijn voor de drie cellen. We willen nu dat de cellen of agents gaan reageren op hun omgeving op basis van regels. Omdat er acht verschillende combinaties van de drie cellen mogelijk zijn, moeten we die voor alle acht gevallen beschrijven. Zie Figuur 1.19.



FIGUUR 1.17



FIGUUR 1.18



FIGUUR 1.19

In de figuur zie je in de bovenste rij de acht mogelijke combinaties van de cel met zijn twee burens. In de rij eronder staat hoe de cel in een volgende iteratie moet kleuren op basis van de huidige combinatie.

55. De acht combinaties zijn (van rechts naar links) heel bewust in een bepaalde volgorde getekend. Leg dit uit aan de hand van jouw kennis over binaire getallen.
56. Als je in de onderste rij voor een zwarte cel '1' invult en voor witte cel '0', dan ontstaat 10010110. Leg uit dat de situatie in Figuur 1.19 'regel 150' wordt genoemd.

📎 Met behulp van een werkblad in Excel gaan we kijken welke patronen er ontstaan na een aantal iteraties.

57. Gebruik het Excel-werkblad om regel 150 voor een aantal opeenvolgende iteraties uit te werken, door de achtergrondkleur van de cellen waar nodig in zwart te veranderen.
58. Ga naar het tabblad met de naam *regel 57* en vul bovenaan (in rij drie de regels) aan door de juiste vakjes zwart op te vullen. Vul daarna vanaf regel 6 de vakjes aan voor een aantal iteraties.

📎 Als je het patroon van vele iteraties wilt bekijken, kun je beter de computer laten tekenen.

59. Gebruik de link om regel 57 door de computer uit te laten voeren. Bekijk het patroon dat ontstaat.
60. Bekijk de regels 30, 45 en 225.
61. Gebruik het tabblad *eigen regel* in Excel om zelf een regel te ontwerpen en teken een paar iteraties bij je eigen regel. Laat jouw regel daarna online uitvoeren voor een groot aantal iteraties.

Opdracht 15: Game of life

📺 Bekijk de video waarin een cellulaire automaat (zie vorige opgave) is gemaakt op basis van een aantal simpele regels die bekend staan onder de naam *Game of life*. Het is bedacht door de Britse wiskundige John Conway.

62. Gebruik internet om te onderzoeken op basis van welke simpele regels de agents zich gedragen.

📎 Met de paar regels paar regels uit de vorige vraag kan verrassend complex emergent gedrag worden bereikt, waarbij vormen zoals die in Figuur 1.20 tot leven komen.

63. Gebruik de link om naar een simulatie te gaan en probeer de mogelijkheden van de simulatie zelf te ontdekken.

64. Selecteer in het dropdown-menu achtereenvolgens *Glider*, *Exploder* en *10 Cell Row* en bekijk het resultaat.

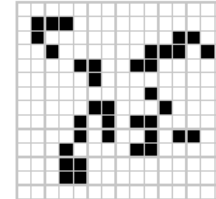
📎 Er is veel onderzoek gedaan naar de *Game of Life* en vergelijkbare cellulaire automaten. Ook is er een aparte wiki-pagina aangemaakt waar veel informatie en voorbeelden te vinden zijn.

65. Kijk op de link om naar de wiki-pagina te gaan. Wat is een *still life*? En wat is een *oscillator*?

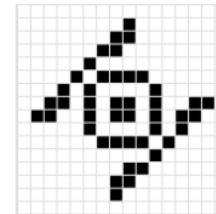
In de simulatie kun je eigen vormen maken door op cellen te klikken.

66. Kies in het dropdown-menu voor *clear* en bouw vervolgens Figuur 1.20 na. Klik op *Start* om het resultaat te bekijken.

67. Doe hetzelfde voor figuur 21.



FIGUUR 1.20



FIGUUR 1.21

Opdracht 16: Verspreiding van HIV

👤 Bij deze opdracht onderzoek je de verspreiding van het HIV-virus door onveilige seks. Jouw klasgenoten en jij zoeken contact en hebben 'gemeenschap' via de mobiele telefoon. De leefregels krijg je van je leraar.

1.5 Onderzoek doen

We hebben inmiddels nagedacht over een groot aantal modellen over de natuur (b.v. weer, bosbrand), dieren (b.v. vuurmieren, spreuwen) en dierlijke gedragingen (netvlies, spinnenweb), menselijk gedrag (delen of stelen, vluchtgedrag, kiesgedrag) en een aantal abstracte modellen (cellulaire automaten, Game of Life). Ook hebben we een aantal situaties nagespeeld (Helden en Lafaards, Weldoener, HIV). In alle gevallen was er sprake van gedrag van agents volgens een paar gedragsregels en konden we emergent gedrag van een groep agents waarnemen.

In de vorige paragraaf hebben we doelen van modellen benoemd. Maar hoe weet je nu dat het gedrag van een model klopt? Dat is best een moeilijke vraag. Het model dat de ontwikkeling van spinnenwebben modelleerde, voorspelt spinnenwebben die we ook in het echt in de natuur zien. Dat is een sterk argument in het voordeel van het model. Maar betekent dit ook dat de ontwikkeling van de vorm van een spinnenweb over miljoenen jaren net zo gaat als het model voorspelt?

Dit zijn vragen die je jezelf pas kunt stellen, nadat je een model hebt gemaakt en uitgevoerd, zodat je modelresultaten hebt. Vaak levert dit op dat je daarna je model verder wilt aanpassen of verfijnen. Voor je zover bent, moet je een aantal andere stappen worden doorlopen. De stappen om onderzoek te doen met behulp van een model worden op een rij gezet in de modelleercyclus met vijf fasen.

module agent-based modeling

H2

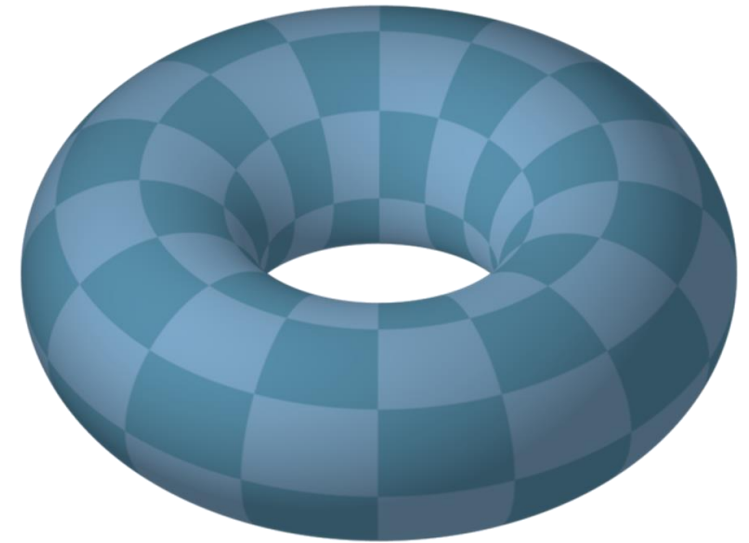
- kennismaken met Netlogo
- *patches & turtles*
- regels & interactie
- globale variabelen en statistiek

- ❖ theorie & opdrachten
- ❖ modelbestanden & *library*
- ❖ video-uitleg
- ❖ rode draad: aquarium

Tool Begrijpen & Beheersen



cilinder



torus



ABM met Netlogo

The background features a repeating pattern of small green squares scattered across a black field. Interspersed among these squares are several stylized orange fish with white fins, swimming in various directions. The fish are simple in design, with a single black dot for an eye and a small white fin on their back.

rode draad: AQUARIUM

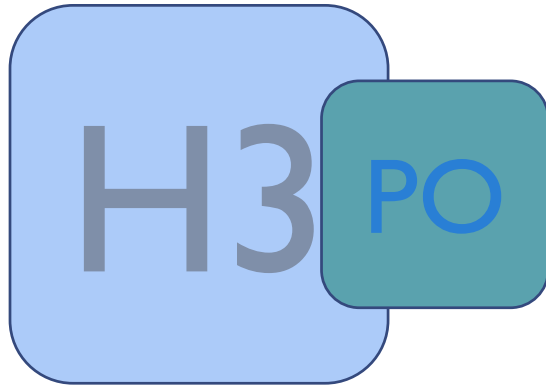
patches & turtles

instructie

- open het bestand **AQUARIUM** opgave
- maak de opdrachten op de **Handout**

In hoeverre is
jouw model **realistisch**?

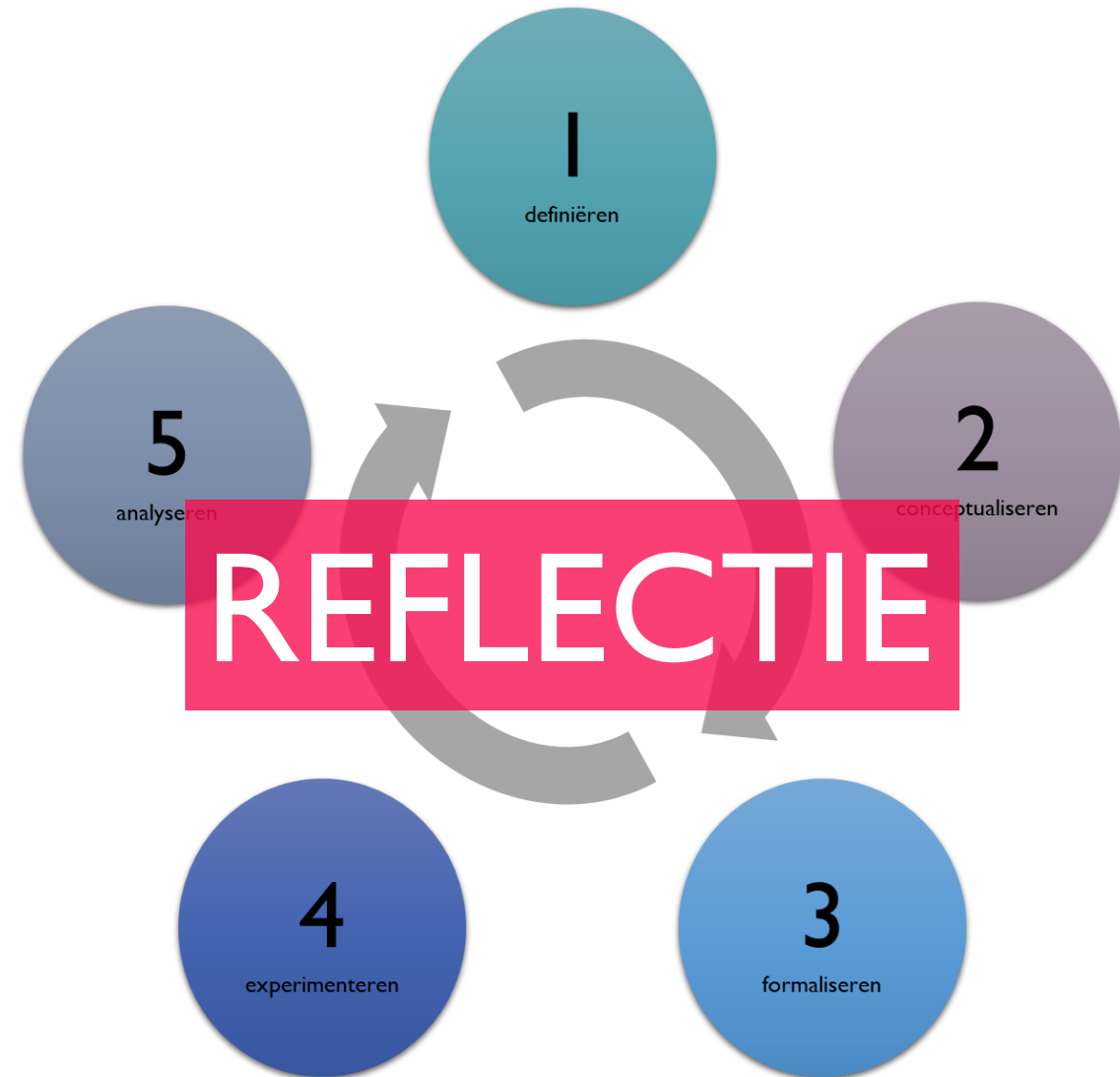
module agent-based modeling



- modelleercyclus
- van casus naar model
- verificatie & validatie
- gegevens verzamelen & verwerken

- ❖ theorie & opdrachten
- ❖ modelbestanden & *library*
- ❖ video-uitleg
- ❖ Excel-vaardigheid
- ❖ rode draad: virus || segregatie

Zelf Onderzoek Doen

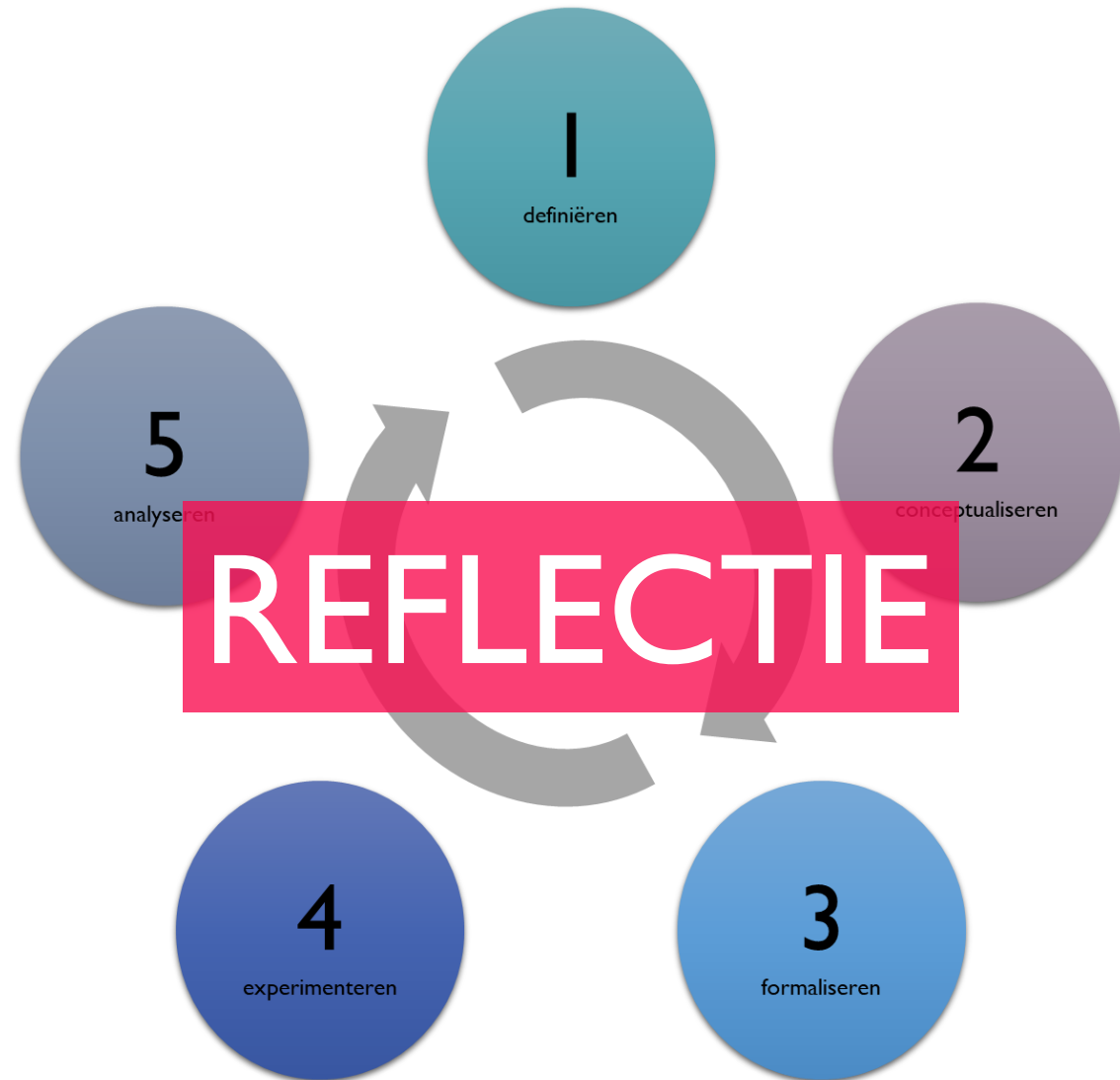




module agent-based modeling



- wetenschappelijke methode
- van casus naar model
- verificatie & validatie
- gegevens verzamelen & analyseren
- ❖ casussen beschikbaar
- ❖ differentiatie
- ❖ nakijkmodel (*rubrics*)



model van een leerling

Wat **vertel** je een collega
die er niet bij kon zijn?

het lesmateriaal wordt
beschikbaar gemaakt via het **SLO**