

DOCENTENHANDLEIDING AGENT-BASED MODELING

INHOUDSOPGAVE

Inhoud

Inleiding	3
Materialen.....	3
1.1 Inleiding	4
Opdracht 1: Modellen	4
Opdracht 2: Vuurmieren	4
1.2 Groepsgedrag.....	4
Opdracht 3: Helden en lafaards	5
Opdracht 4: Delen of stelen	5
Opdracht 5: Weldoener.....	6
1.3 Tijd en iteraties	6
Opdracht 6: Een zwerm spreeuwen.....	6
Opdracht 7: Bosbrand	7
Opdracht 8: Iteraties	7
Opdracht 9: Laterale inhibitie	7
Opdracht 10: Spinnenwebben	7
1.4 Het doel van modelleren	8
Opdracht 11: Mensenstroom	8
Opdracht 12: Kiezen I.....	9
Opdracht 13: Kiezen II.....	10
Opdracht 14: Cellulaire automaten	10
Opdracht 15: Game of life.....	10
Opdracht 16: Verspreiding van HIV	11
1.5 Onderzoek doen	11
Opdracht 17: Mexican wave I	12
Opdracht 18: Agressie.....	12
1.6 De volledige modelleercyclus.....	13
Opdracht 19: Mexican wave II	13
Opdracht 20: Mexican wave III	13

ALGEMEEN

Inleiding

Welkom bij de handleiding bij de module **Agent-based modeling**. Deze module is een uitwerking van het domein **Domein R: Keuzethema Computational Science** met de subdomeinen:

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.

Materialen

Het lesmateriaal bevat de volgende onderdelen:

- PDF met theorie en vragen
De uitwerkingen van de vragen vindt u in dit document.
Uitwerkingen van NetLogo-opdrachten vindt u in de bijbehorende NetLogo-bestanden.
- Videobronnen: te herkennen aan 
De video-icoontjes bevatten hyperlinks naar de bijbehorende bronnen
- Bijlagen in de vorm van werkbladen en Excel-opdrachten: te herkennen aan 
De bijlagen staan in de map *leerlingen*. De uitwerkingen staan in de map *docent*.
- Bijlagen in de vorm van modellen & simulaties (uit te voeren zijn in de browser): te herkennen aan 
De bijlagen staan in de map *site* en kunt u eventueel toevoegen aan uw eigen schoolomgeving.
- Groepsopdrachten: te herkennen aan 
De bijbehorende instructie vindt u in dit document.
- Steropdrachten: te herkennen aan ★
Dit zijn opdrachten voor de betere havo-leerling en vwo-leerling, in te zetten ter differentiatie.
- Toets behorende bij de theorie van hoofdstuk 1
De toets met uitwerking vindt u in de map *docent*.
- Praktische opdracht ter afsluiting van de volledige module.
- Een Powerpoint voor in de les met ondersteunende dia's en extra bronnen.
LET OP: veel afbeeldingen bevatten een hyperlink om de direct de online bron te kunnen bezoeken.
Bij de notities staat de oorspronkelijke bron en soms een extra link als achtergrondinformatie.

Het lesmateriaal is opgedeeld in drie hoofdstukken met elk een studielast van 20 slu.

Hoofdstuk 1 Modellen

Dit hoofdstuk heeft als doel om leerling kennis te laten maken met een breed spectrum aan modellen en ze te laten nadenken over modelleren als techniek. Ze leren hierbij relevante vaktermen en maken kennis met de modelleercyclus die gebruikt kan worden om verantwoord onderzoek te doen.

Hoofdstuk 2 Modellen maken

Dit hoofdstuk heeft als hoofddoel om leerlingen te leren om modellen te ontwikkelen in het programma NetLogo. Dit hoofdstuk sluit af met eindopdrachten die ook als beperkte praktische opdracht kunnen worden ingezet.

Hoofdstuk 3 Onderzoek doen

In dit hoofdstuk wordt de inhoud van hoofdstuk 1 & 2 met elkaar verenigd. Het doel van dit hoofdstuk is om leerlingen te leren om zelfstandig verantwoord onderzoek te doen met agent-based modeling. Het hoofdstuk sluit af met een praktische opdracht.

H1 MODELLEN

Dit hoofdstuk geeft een algemene inleiding op modelleren en *agent-based modeling* in het bijzonder. Het is niet perse de bedoeling om dit hoofdstuk integraal door te werken. De ervaring op testscholen leert dat het verstandig is om keuzes te maken binnen dit hoofdstuk, om te voorkomen dat de klas te lang bezig is met dit theoretische hoofdstuk.

U kunt vanzelfsprekend differentiëren met de steropdrachten. Daarnaast is het bijvoorbeeld om leerlingen met een CM- en EM-profiel te laten werken aan de context *kiezen* terwijl NG- en NT-leerlingen werken aan de abstractere en exactere context *cellulaire automaten* (inclusief *game of life*). Wij dagen u uit om als vakdocent zelf keuzes te maken binnen dit hoofdstuk.

1.1 Inleiding

In de Powerpoint staat een verwijzing naar:

- een webpagina met actuele weermodellen.
- een TED-presentatie over weermodellen.

Opdracht 1: Modellen

Het doel van deze opdracht is om leerlingen te laten nadenken over wat modellen zijn, welke modellen ze kennen en waar modellen voor kunnen worden gebruikt.

1. modellen bij natuurkunde, economische modellen, modellen om bevolkingsgroei te voorspellen, de F1-simulator van Max Verstappen
2. bevestigen van een theorie, testen of een ontwerp veilig is, lange termijnplanning maken voor de groei van een stad, het trainen van mensen
3. nabootsen (van de werkelijkheid). Latijn *simulāre* 'gelijk maken, nabootsen, veinzen', een afleiding van *similis* 'gelijk'.

Opdracht 2: Vuurmieren

Het doel van deze opdracht is om leerlingen emergent gedrag (groepsgedrag) te laten zien als inleiding op paragraaf 1.1. De video is via een link opgenomen in de Powerpoint.

Daarnaast is er een extra slide verwijzend naar een video op:

<https://www.quantamagazine.org/the-simple-algorithm-that-ants-use-to-build-bridges-20180226>

1.2 Groepsgedrag

In de powerpoint is een pagina opgenomen met korte omschrijvingen van emergent gedrag en agents.

Daarnaast zijn video's opgenomen naar:

- Dodelijk groepsgedrag: *death spiral*
- Engelstalige uitleg van *Emergence* van Kurtzgesagt
- Een toepassing van agents die elkaar in de gaten houden: drones op de Olympische Spelen

Opdracht 3: Helden en lafaards

Het doel van deze opdracht is om leerlingen in de rol van agents te zetten met een beperkte set regels en zelf te laten ervaren dat dit emergent gedrag oplevert dat onvoorspelbaar is. De leerlinginstructie is opgenomen in de Powerpoint. Van dit model bestaat een variant in Netlogo: *Heroes and Cowards*.

Uitleg spel

Om het spel te spelen is een ruimte nodig, waar de klas vrij kan bewegen (in het lokaal, op de gang, in de kantine, buiten, etc.). Vooraf vraag je elke leerling om in gedachten één klasgenoot als *vriend* aan te duiden en een andere klasgenoot als *vijand*. Het spel kent vervolgens twee fasen.

fase 1: lafaards

Alle leerlingen wordt nu opgedragen om zich te gedragen als lafaards. Dit betekent dat ze moeten proberen om zich zo in de ruimte op te stellen dat hun *vriend* altijd tussen henzelf en hun *vijand* staan, zodat ze zichzelf achter hem of haar verschuilen.

Geef een startsignaal en laat de leerlingen gedurende enige tijd bewegen. Laat iedereen dan weer stoppen en op hun plek blijven staan.

Fase 2: helden

Alle leerlingen wordt nu opgedragen om zich te gedragen als helden. Dit betekent dat ze proberen om zich zo in de ruimte op te stellen dat ze zelf altijd tussen hun *vriend* en hun *vijand* staan, zodat ze hun eigen vriend beschermen.

Geef een startsignaal en laat de leerlingen gedurende enige tijd bewegen. Laat iedereen dan weer stoppen en op hun plek blijven staan. Benadruk dat het veranderen van slechts één regel tot totaal ander emergent gedrag leidt. Dit is kenmerkend voor *agent-based modeling*.

Tips bij het spel

Voor, tijdens en na dit spel kunt u overwegen om de volgende zaken te bespreken:

- i. Wat zijn *agents*? Wat is *emergent gedrag*?
- ii. Vraag na uitleg van fase 1: voorspel wat er gaat gebeuren: welk emergent gedrag verwacht je?
- iii. Na spelen van fase 1: terugkomen op voorspelling en vaststellen welk gedrag is waargenomen.
- iv. Vorige punten idem voor fase 2.
- v. In de Netlogo-Models Library is een implementatie van het spel beschikbaar onder *IABM Textbook* → *chapter 2* → *Heroes and Cowards*.

Deze kan worden getoond als vooruitblik op de rest van het lesmateriaal.

Opdracht 4: Delen of stelen

Het doel van deze opdracht is om leerlingen kennis te laten maken met het onderzoeken van menselijk gedrag middels agent-based modeling, door na te denken over onderzoeksvragen, hypothesen en de vertaling van de werkelijkheid naar een abstract model met slechts een paar parameters. Op de vragen zijn vele antwoorden mogelijk. Ze zijn vooral bedoeld om het denken over modellen te stimuleren. Figuur 4, figuur 5 en een mogelijk antwoord op vraag 11 zijn opgenomen in de Powerpoint.

Deze opgave heeft grote overeenkomsten met het gevangenendilemma dat leerlingen mogelijk van lessen economie of wiskunde kennen:

https://nl.wikipedia.org/wiki/Prisoner%27s_dilemma

4. De video is opgenomen in de Powerpoint.
5. Leerlingen kunnen zelf spelen tegen spelers met een bepaald profiel. Je kunt eventueel klassikaal spelen en met de klas de statistieken bespreken.
6. Zijn mensen eerder geneigd om te delen of te stelen?
Wie zijn er eerder geneigd om te delen? Mannen of vrouwen?
Zijn mensen als ze ouder worden eerder geneigd om te stelen?
7. (Op volgorde van de vorige vraag:)
Onder de 30 stelen mensen vaker dan ze delen. Daarboven zijn ze eerder geneigd tot delen.

Dit is afhankelijk van de leeftijd. Tot 40 jaar delen vrouwen eerder, daarboven delen mannen eerder Nee, integendeel.

8. Delen mensen vaker als de ander belooft om te delen?

Stelen mannen vaker van elkaar of van een vrouw?

Verliest diegene die als eerste een voorstel doet in de onderhandelingen vaker als degene die wacht tot de ander het initiatief neemt?

9. (Op volgorde van de vorige vraag:) ja, van een vrouw, ja

10. Ervaringen met het kijken naar het programma

De uitspraken van de presentator

De toon van de tegenkandidaat

11. Het draait hier om het nadenken over menselijk gedrag: de vraag is niet absoluut te beantwoorden, omdat wijziging van percentages zal leiden tot ander menselijk gedrag ofwel andere percentages van delen en stelen.
Zie de figuur voor een mogelijk antwoord. Het percentage delen is hier verhoogd, zodat mensen eerder geneigd zullen zijn om te delen. Hierdoor zal de jackpot vaker worden uitgekeerd. Dit zorgt voor meer kosten. Hiervoor kan worden gecompenseerd door de jackpot bij stelen te verlagen. Omdat er vaker wordt gedeeld dan gestolen, moet het steelpercentage meer dalen, dan dat het deelpercentage stijgt.

	Alice	
	A deelt	A steelt
	52,5%	95%
B deelt	52,5%	0%
Bob		
B steelt	0%	0%
	95%	0%

Opdracht 5: Weldoener

Het doel van deze opdracht is een eerste kennismaking met het uitvoeren van modellen en dient als aanloop naar de volgende paragraaf over tijd en iteraties. De leerlingen wordt onder andere gevraagd om zelf te formuleren wat een *tick* is. En passant komen NetLogo-begrippen als *setup* en *go* voor het eerst voorbij.

Advies: Leerlingen moeten beschrijven welke regel(-s) de agents hier volgen. Het kan nuttig zijn om klassikaal aandacht te besteden aan de duidelijkheid en eenduidigheid van formulering bij dergelijke regels.

Bij deze opdracht hoort een model dat in de browser kan worden uitgevoerd.

In de NetLogo-Models Library is een implementatie beschikbaar onder
IABM Textbook → *chapter 2* → *Simple Economy*.

De hier gebruikte Nederlandstalige implementatie kan ook rechtstreeks in NetLogo worden geopend.

1.3 Tijd en iteraties

In de powerpoint is een pagina opgenomen met korte omschrijvingen van het begrip iteratie.

Opdracht 6: Een zwerm spreuwen

Het doel van deze opdracht is om leerlingen in een andere context te laten nadenken over modellen. De opgave zoomt in op het gedrag van agents en het doel/nut van modelleren.

De video is opgenomen in de Powerpoint.

12. Aantal vogels, onderlinge afstand, eigen snelheid, snelheid buren, windrichting, aanwezigheid roofvogel, hoogte, eigen vliegrichting (omhoog, omlaag), vliegrichting buren
13. Fundamenteel inzicht in de werking van de natuur
14. Eén iteratie is de tijd waarin elke spreeuw afzonderlijk zijn positie ten opzichte van zijn omgeving bepaald, op basis daarvan beslist welke beweging hij maakt en die (micro-) beweging uitvoert.
15. Programmeren van robots die in een groep samen moeten werken.
Gebruik in programmatuur van zelfrijdende auto's of andere zelf-bewegende objecten zoals drones, legervoertuigen, etc.

Opdracht 7: Bosbrand

Het doel van deze opdracht is om leerlingen in een andere context te laten nadenken over modellen. De opgave zoomt in op het identificeren van agents in een context en het identificeren van factoren die agent-gedrag beïnvloeden. De Powerpoint bevat een afbeelding met de link naar de video (*embed* niet mogelijk).

Van dit model bestaat een variant in NetLogo: *Fire (Simple)*. Deze gebruiken we in hoofdstuk 2, maar u kunt er voor kiezen om daar nu al een voorschot op te nemen.

Er kan bij deze opgave gediscussieerd worden over de granulariteit: op welk niveau kies je de agents? Bosstroken? Losse bomen? Blaadjes en takjes?

16. de bomen.
17. Bedoeld als discussievraag. Vuur kan hier worden gezien als het emergente gedrag, veroorzaakt door de agents *bomen* die de eigenschap *brandend* hebben.
18. De bomen nemen vuur over op basis van onderlinge afstand, temperatuur, wind, vochtigheid.
19. gedrag van een actuele bosbrand voorspellen t.b.v. de bestrijding van het vuur, onderhoud van bos

Opdracht 8: Iteraties

Het doel van deze opdracht is om leerlingen inzicht te geven in het begrip iteraties. En passant leren ze om agent-gedrag toe te passen, op basis van enkele regels. Deze opdracht is een goede voorbereiding op de verificatie van modellen die in H2 en H3 moet worden gedaan: het zelfstandig controleren of de code doet wat het volgens jouw plan zou moeten doen. Dit kan alvast in de klas worden benadrukt.

Bij deze opdracht hoort een werkblad dat voor leerlingen moet worden geprint. De uitwerkingen staan in een apart bestand. In de Powerpoint staan de eerste drie afbeeldingen van de opdracht, die gebruikt kunnen worden bij de introductie. Daarnaast is ook daar een slide met de uitwerkingen opgenomen. Extra vragen die daarbij gesteld zouden kunnen worden, zijn:

- i. Wat betekent *wraparound*? Wie kent die term?
- ii. Zijn er agents die voor beide regels hetzelfde gedrag vertonen?
- iii. Zijn er agents die bij één van de twee regels altijd zwart of altijd wit blijven?

Opdracht 9: Laterale inhibitie

Deze verdiepingsopdracht heeft als doel om te laten zien hoe je met een eenvoudig model een ingewikkeld fenomeen kunt verklaren, ook al is de retina (en het achterliggende visuele systeem) in werkelijkheid een complex neurale netwerk. Daarnaast wordt het rekenen op basis van elementaire regels geoefend en wordt een toepassing (Photoshop) getoond.

In de Powerpoint zijn enkele figuren opgenomen ten behoeve van klassikale bespreking en/of instructie.

20. De acht burens zorgen voor een afname van $8 \cdot 3 = 24$. Het uitgangssignaal wordt dan $35 - 24 = 11$.
21. De zes cellen krijgen de waarden 11 | 11 | 17 | 1 | 7 | 7
22. Door laterale inhibitie wordt het contrast langs een rand vergroot. De bovenste afbeelding in de figuur lijkt twee keer dezelfde grijsint te bevatten, maar in de onderste figuur zie je dat er verschil is.
23. –
24. –

Opdracht 10: Spinnenwebben

Het doel van deze opdracht is om leerlingen kennis te laten maken met begrippen als willekeur en random. Bovendien laat de opdracht de leerlingen nadenken over zowel het model als de werkelijke context die wordt gemodelleerd en wordt impliciet ingegaan op zaken als *het nut van meerdere runs* en validatie. De video is opgenomen in de Powerpoint.

25. Een te klein web of een web met te grote gaten zal geen insecten vangen. De spin heeft dan geen voedsel en zal niet overleven en voortplanten.
26. Omdat het aantal insecten dat op een bepaalde plaats langs komt op willekeur berust, kan een spin met een goed web de pech hebben dat hij toch te weinig voedsel heeft om te overleven en zich te kunnen voortplanten. (De verspreiding van de insecten is random in tijd en plaats.)
27. Er is geen regelmaat te ontdekken in de plaatsing van de stippen (voor deze iteratie; voor de zes spinnenwebben in deze iteratie is het stippenpatroon identiek).
28. Bij elke iteratie hoort in dit geval een nieuwe generatie spinnen die anders genetisch is geprogrammeerd. Na elke iteratie planten spinnen met de meest succesvolle webben zich voort.
29. Omdat er toeval in het model zit, kan het met slechts één web ook gebeuren dat een spin met een acceptabel gebouwde web toch sterft, door dat de spin *pech* heeft met de random aanwezige prooidieren. Bij een volgende run van het model met hetzelfde web, zou deze spin best kunnen overleven om zich vervolgens voort te planten. Door met populaties van *dezelfde spinnen* te werken, wordt uitgesloten dat een acceptabel gebouwde web door toeval wordt uitgesloten van verdere ontwikkeling.
30. –
31. Er zijn opbrengsten in de vorm van gevangen insecten en kosten in de vorm van de hoeveelheid spinrag die nodig is voor de constructie.
32. Het eindresultaat van het model komt overeen met spinnenwebben die we in de natuur vinden.
33. Het model simuleert de ontwikkeling over vele generaties. Dat is een hele lange tijd. In de film wordt zelfs gesproken over een evolutie gedurende miljoenen jaren. Dit kan deels op basis van onderzoek aan fossielen worden gedaan, maar dan nog is het ingewikkeld om een lijn van ontwikkeling op basis van generaties in kaart te brengen.

1.4 Het doel van modelleren

In de powerpoint is een pagina opgenomen met een opsomming van de doelen uit het lesmateriaal. Bovendien is een TED-presentatie toegevoegd over onderzoek naar emergent gedrag van agents en toepassingen binnen artificiële intelligentie (AI). Deze kan als achtergrond bij de theorie van de paragraaf worden getoond en biedt tevens de kans om belangrijke begrippen als agents en emergent gedrag te herhalen.

Opdracht 11: Mensenstroom

Deze opdracht toont een concrete, herkenbare toepassing van computermodellen. Leerlingen moeten actief nadenken over doelen en factoren die te maken hebben met die doelstelling en oefenen met het formuleren van onderzoeksvragen en hypothesen. Aansluitend kunnen ze zelf aan de slag met een model. De video is opgenomen in de Powerpoint.

Bij deze opgave horen twee modellen die in de browser kunnen worden uitgevoerd:

- Evacuatie Stadion: hiermee kunt u klassikaal de ontruiming van stadionvakken simuleren. Hiermee kan meteen worden gedemonstreerd hoe te werken met modellen zoals deze en het klaslokaal.
- Evacuatie Klaslokaal: ten behoeve van vraag 43.

De modellen kunnen eventueel ook rechtstreeks in NetLogo worden geopend.

34. Beschrijven: hoe ziet een mensenstroom van 50 duizend mensen bij een evacuatie er uit?
 Uitleggen: waarom verloopt een evacuatie op een bepaalde manier (bij een zekere constructie en ontruimingsplan)
 Onderwijs: het voorlichten van beveiligers en hulpverleners
 Experimenteren: architecten kunnen zonder een stadion te bouwen zien wat het gevolg is van hun keuzes
 Voorspellen: het model geeft een uitkomst die niet zeker is (maar een voorspelling)
35. Hoe een evacuatie verloopt is afhankelijk van de vraag waar zich een probleem voordoet en of hierbij bijvoorbeeld ook een vluchtroute wordt afgesloten. Er worden meerdere plannen geprobeerd om te kijken welke waarschijnlijk het beste zal zijn.

36. De bezoekers van het stadion (mensen)
37. Onderlinge afstand met andere mensen, lokale mensendichtheid, (over-)zicht over de ruimte, looprichting van andere mensen, loopsnelheid van anderen, loopsnelheid van jezelf, lokale situatie: vlak stuk of een trap o.i.d. Er zijn heel veel antwoorden mogelijk.
38. De hoeveelheid rook / de rookontwikkeling (het tempo waarmee de hoeveelheid rook toeneemt), De breedte van de opening, het aantal aanwezige mensen, de hoeveelheid onderlinge ruimte die mensen elkaar laten
39. Hoe hangt de ontruimingstijd af van:
 - de breedte van de opening
 - het aantal aanwezige mensen
 - de onderlinge ruimte die mensen laten
40. (Op volgorde van de vorige vraag) De ontruimingssnelheid:
 - Neemt lineair toe met de grootte van de opening
 - Als het aantal mensen verdubbelt, is de toename van de ontruimingstijd groter dan 2
 - Als mensen meer onderlinge ruimte laten, is dat nadelig voor de lengte van de mensenstroom, maar omdat ze hierdoor makkelijker door de opening kunnen, is het uiteindelijk bevorderlijk omdat ze niet samenpersen
41. De rode bollen zijn verschillend van grootte.
42. Samenstelling van de verdeling van de groep (man, vrouw, grootte van individuen)
Variatie in looprichting en (maximale) loopsnelheid
43. Zelf proberen met het gegeven model.

Opdracht 12: Kiezen I

Deze opdracht geeft meer achtergrond bij het gebruik van modellen in de praktijk en toont zowel doelen als maatschappelijke invloeden van modellen. Daarnaast toont de opgave de stap van de context in een conceptueel model naar een formeel model, met een extreme versimpeling van de werkelijkheid (abstractie).

De Powerpoint bevat een afbeelding met de link naar de video (*embed* niet mogelijk).

44. Leeftijd van de huidige auto, leeftijd van de persoon, hoeveelheid spaargeld, aankooppatroon van auto's in het leven van de persoon, huidige baan / salaris, verandering in gezinssamenstelling
45. De modellen bevatten toevalselementen, waardoor de uitkomst niet altijd hetzelfde zal zijn.
46. Ze legt uit dat gemeentes met behulp van dit onderzoek beter hun energie kunnen richten op mensen die kansrijk zijn om weer aan het werk te komen. De inspanningen van de gemeente worden op die manier effectiever.
47. Discussievraag. Mogelijke reacties:
In een analyse heb je nooit alle gegevens. Het model dat het gedrag voorspelt zal dus altijd een versimpeling zijn van de werkelijkheid en dus wordt nooit alles met alles vergeleken.
Er is tegenwoordig zoveel data, dat *alles met alles* vergelijken te veel rekenkracht zou vergen en te lang zou duren. Daarom worden er waarschijnlijk toch wel keuzes gemaakt.
48. Politieke partijen maken op basis van deze profielen keuzes over de plaatsen waar ze al dan niet reclame maken (flyeren).
49. Elk individu (of een kleine groep) op maat bedienen met een persoonlijke boodschap.
50. Amerikanen met Haïtiaanse achtergrond gericht benaderen met negatieve berichtgeving over Clinton.
Zwarte stemmers die toch niet op Trump zouden stemmen, werd verteld dat stemmen geen zin had (door ze naar een site te verwijzen waar dat stond), zodat ze ook niet op concurrent Clinton zouden stemmen.
51. –
52. Random zit hem hier niet in de verhouding tussen de politieke voorkeuren, maar in de verdeling van de mensen met een bepaalde voorkeur over de ruimte. Er is een mate van toeval die bepaalt in welke omgeving een individu zich bevindt en hoe hij hierdoor wordt beïnvloed.
53. Dat zijn andere agents (met dezelfde of juist afwijkende politieke voorkeur).

54. Als de netto overredingskracht van alle Republikeinen en alle Democraten in de omgeving van de agent groter is dan de vasthoudendheid van de agent, dan is de politieke voorkeur na één iteratie gelijk aan de politieke voorkeur in de omgeving met de grootste netto overredingskracht.
55. Een interactie (uitwisseling van standpunten rond politiek) met alle agents in hun directe omgeving.

Opdracht 13: Kiezen II

Het doel van deze opdracht is om leerlingen zelf te laten werken met een abstract model in een context waar ze al over hebben nagedacht. En passant leren ze om agent-gedrag toe te passen, op basis van enkele regels. De opdracht wordt als redelijk pittig ervaren, zeker door minder exact aangelegde leerlingen.

Bij deze opdracht hoort een werkblad dat voor leerlingen moet worden geprint. De uitwerkingen staan in een apart bestand. In de Powerpoint staan sheets met de opgaven en uitwerkingen van de iteraties.

Deze opdracht moet in samenhang met opdracht 12 worden aangeboden. Op dezelfde manier kan opdracht 14 in samenhang met opdracht 15 worden aangeboden. Dit geeft u als docent de kans om te kiezen, maar u kunt de differentiatiekeuze ook bij de leerling neerleggen (b.v. α *kiezen* en β *automaten*).

Opdracht 14: Cellulaire automaten

Deze opdracht is bedoeld als verdieping op voorgaande thema's.

Ter variatie op vorige opgaves wordt hier gewerkt met een Excel-werkblad. De antwoorden van de Excel-opdrachten (57, 58) staan op een apart tabblad in de docentenversie.

Om de opdrachten te maken, moet de achtergrond van cellen zwart worden gekleurd. Dit kan eventueel klassikaal worden voorgedaan. In de Powerpoint staat een inleidende sheet.

Een overzicht van regels en hun resultaat is te vinden op:

<http://mathworld.wolfram.com/ElementaryCellularAutomaton.html>

Regels kunnen, met achtergrondinformatie, worden doorgerekend op:

<https://www.wolframalpha.com/input/?i=rule+225>

56. Wanneer je voor een wit vakje 0 invult en voor een zwart vakje 1, dan ontstaan van rechts naar links de binaire getallen 0 t/m 7.
57. $10010110 = 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^7 = 2 + 4 + 16 + 128 = 150$
58. Zie Excel
59. Zie Excel
60. –
61. –
62. (Leerlingen kunnen hun antwoord controleren via één van bovenstaande links.)

Opdracht 15: Game of life

Deze opdracht geeft meer verdieping op het thema cellulaire automaten en abstracte modellen. Het laat zien dat agents op basis van enkele simpele regels zeer complex en onvoorspelbaar emergent gedrag kunnen vertonen.

De video is opgenomen in de Powerpoint. Hiervoor zijn vele alternatieven:

- Uitgebreide video ingeleid met de modelregels: <https://www.youtube.com/watch?v=C2vgICfQawE>
- Game of life met een computer: <https://www.youtube.com/watch?v=8unMqSp0bFY>
- Interview met John Conway: <https://www.youtube.com/watch?v=R9Plq-D1gEk>

Bij deze opdracht hoort een model dat in de browser kan worden uitgevoerd. De oorspronkelijke code is te vinden op <https://playgameoflife.com> en is ontwikkeld en beschikbaar gesteld door (de Nederlander) Edwin Martin.

63. I Een cel met minder dan twee (levende) burens, sterft (door onderbevolking)
II Een cel met twee of drie (levende) burens, blijft leven
III Een cel met meer dan drie (levende) burens, sterft (door overbevolking)
IV Een dode cel met precies drie (levende) burens, komt tot leven (door voortplanting)
64. –
65. –
66. Een *still life* is een levensvorm die niet verandert in de tijd. Een *oscillator* is een levensvorm die na twee of meer iteraties terugkeert naar zijn oorspronkelijke vorm.
67. –
68. –

Opdracht 16: Verspreiding van HIV

Op veel scholen is binnen sectie Biologie het Aids-bekerspel bekend. Het spel is oorspronkelijk ontwikkeld door Henk Frencken, Lisette van Rens, Gilles de Wildt en Ries Buckers (Rutgers Stichting, 1994) en werd geleverd in een speldoos. Wellicht dat deze bij u op school nog aanwezig is.

Het spel gaat over de kans op hiv-besmetting en hoe je het kunt vermijden, bedoeld voor groepen van minimaal 15 personen van 15 jaar en ouder. Elke speler krijgt één van 25 rolkaarten en een plastic beker met een water-melk-oplossing.

Via het spel wordt duidelijk gemaakt hoe snel en gemakkelijk het hiv zich kan verspreiden als mensen niet veilig vrijen. In deze module willen we daarnaast kijken naar het emergente gedrag van de agents ter voorbereiding op de volgende paragraaf over *onderzoek doen*. U kunt vragen stellen als:

- Wat is hier een iteratie?
- Welke onderzoeksvragen kunnen we hier stellen?
- Hoe kunnen we het emergente gedrag straks kwantificeren? (besmettingsgraad)
- Welke uitkomst verwacht je? (hypothese)
- Zal er elke keer dezelfde uitkomst zijn (bij hetzelfde aantal iteraties)? Waarom niet?

De profielen en de instructie van dit spel vindt u in de docentenmap. Deze versie is gedownload via: <http://www.kiwibiologie.nl/voortplanting/> maar er zijn ook andere versies online te vinden (ook in het Engels).

1.5 Onderzoek doen

In de Powerpoint zijn pagina's opgenomen waarmee de eerste twee fasen in de onderzoekscyclus kunnen worden geïntroduceerd aan de hand van de gegeven casus *Mexican Wave*. Dit kan worden ingeleid met de video uit de volgende opdracht (opgenomen in de Powerpoint), of dit alternatief uit het beroemde stadion *Camp Nou* in Barcelona: https://www.youtube.com/watch?v=fCH8_6l824o
Figuur 1.23 uit de paragraaf is opgenomen als powerpointsheet.

Bij voldoende leerlingen kunt u er voor kiezen om met elkaar een wave te maken door op een lijn of juist in een kring te gaan staan. Bij de laatste variant zou aandacht besteed kunnen worden aan de continue modelwereld (*wraparound*) die in de simulatie bij opdracht 19 van toepassing is.

In de Powerpoint is nog een extra video opgenomen waarin onderzocht wordt hoeveel mensen er nodig zijn om een *Mexican Wave* op gang te krijgen.

Opdracht 17: Mexican wave I

Deze opdracht legt de verbinding met de voorgaande theorie. Leerlingen oefenen met het formuleren van onderzoeksvragen met bijbehorende voorspellingen van de uitkomst en denken na over abstractie. De video is opgenomen in de Powerpoint.

69. Gaat de wave op elke hoogte in het stadion ongeveer even snel?
Hoeveel rondjes maakt een wave gemiddeld door een stadion, voordat hij weer stopt?
70. (Op volgorde van de vorige vraag)
Mensen proberen de wave verticaal op dezelfde plek te houden. Omdat een rondje bovenin groter is, zal de wave daar sneller gaan.
Zeven
71. De afspeeltijd van de video, afmetingen van het stadion (schatting, of internet), eventueel aan de hand van schatting afmetingen van stoeltjes (en de ruimte daartussen)
72. Tussen 7 s en 12 s legt de wave een recht stuk af dat naar schatting een half voetbalveld is; ofwel 50 m in 5 s levert een geschatte snelheid van 10 m/s.
Tussen 46 en 53 s legt de wave een recht stuk af dat naar schatting driekwart voetbalveld is; ofwel 75 m in 7 s = 11 m/s.
Onze hypothese luidt dat waves in stadions een snelheid hebben van tussen de 8 m/s en 14 m/s, afhankelijk van de afmetingen van het stadion.
73. Toeschouwers zijn geslachtsloze poppetjes en hebben allen dezelfde reactietijd. Ook hebben ze geen leeftijd, lengte, etc. Het stadion loopt niet rond maar in een rechte lijn, alle mensen maken precies dezelfde wave-beweging en staan alleen op ten gevolge van de wave.

Opdracht 18: Agressie

Deze opdracht laat leerlingen nadenken over de vraag wat een agent-based model (al dan niet) is en wat eventueel met de ABM-techniek te modelleren is in een voor pubers aansprekende context. Bovendien geeft het een actueel beeld van gebruikte (model-) technologieën. De video is opgenomen in de Powerpoint.

74. Bij *big data* gaat het om erg grote hoeveelheden data die vaak snel en in grote hoeveelheden tegelijk worden verzameld. Ze kunnen alleen met digitale systemen worden geanalyseerd en gebruikt.
75. Nee. In dit systeem worden individuele mensen live gevolgd. Op basis van deze gegevens wordt een voorspelling gedaan. Het is geen simulatie op basis van vooraf ingestelde eigenschappen en geprogrammeerd gedrag.
Ja, op basis van live input worden in dit model agents gegenereerd met eigenschappen die als input dienen voor de simulatie. Op basis van het algoritme en ervaringsdata wordt een vechtpartij voorspeld aan de hand van het emergente gedrag van een groep agents in een model.
76. Individuele mensen
77. De rode bollen zijn personen. De blauwe lijnen tonen bewegingspatronen: hoe verplaatst de persoon zich door de ruimte in de tijd?
78. Abstractie is een versimpeling van de werkelijkheid waarbij je (in de context van modellen) alleen beschrijft wat belangrijk is voor het model. Al het overige laat je weg.
79. stressniveau (stresslevel in de stem), onderlinge afstand (als functie van de tijd)
80. Een hoger stressniveau en een kleinere onderlinge afstand (in combinatie met een hoog stressniveau) zorgt ervoor dat de kans op een conflict toeneemt. Het bijbehorende agent-gedrag is dat de agents naar elkaar toe bewegen en om elkaar heen draaien, net als het menselijke gedrag waarop dit systeem is gebaseerd. Bij een laag stressniveau zullen de agents meer in een rechte lijn bewegen.
81. Stressniveau: wat is het hoogste stressniveau waarbij de agents nog conflict-vermijndend gedrag zullen vertonen?
Onderlinge afstand: vrienden of stelletjes bewegen zich op een kleine onderlinge afstand. Wat is de meest kenmerkende onderlinge afstand die duidt op een aankomend conflict?

82. Nee, dit is een model dat op basis van statistische gegevens een voorspelling doet op basis van waarschijnlijkheid. Er is geen sprake van agents die volgens regels na een iteratie een nieuwe toestand krijgen.
83. Eigenschappen: afkomst, geslacht
Gedrag: *beweegt zich alsof hij net uit een koffieshop komt*

1.6 De volledige modelleercyclus

In de Powerpoint is een sheet opgenomen om aan te geven dat formaliseren de stap van de echte wereld naar de wereld van de computer betekent (mathematische wereld). Daarnaast is figuur 1.25 opgenomen, die hier een concreet voorbeeld geeft. Bovendien zijn sheets opgenomen met betrekking tot verificatie (mathematische wereld) en validatie (echte wereld). Het doel van deze paragraaf is een eerste kennismaking met de volledige cyclus met bijbehorende begrippen. In H3 zal dit verder worden uitgediept.

Er is een TED-video (Nederlandse ondertiteling beschikbaar) aan de Powerpoint toegevoegd, die kan dienen als illustratie van wat er mogelijk is met modellen in het algemeen (door iemand van 17 jaar!). De video kan ook gebruikt worden om verschillende fasen in de modelleercyclus nog eens te benadrukken aan de hand van dit concrete voorbeeld. Bij de video is Nederlandse ondertiteling beschikbaar.

Opdracht 19: Mexican wave II

Deze opdracht heeft als doel om na te denken over verificatie en validatie in de aangereikte context en stelt een aantal vragen die dwingen om kritisch te kijken naar model en modeluitkomsten.

Bij deze opdracht hoort een model dat in de browser kan worden uitgevoerd.

84. Zelf proberen met het gegeven model.
85. Nee. Als je jouw conceptuele model wilt toetsen, dan moet je eerst zorgen dat het formele model overeenkomt met het conceptuele model. Er zit blijkbaar nu een *fout* in het model. Dat moet eerst worden gerepareerd, voordat je gaat kijken of de uitkomsten kloppen met de werkelijkheid.

Opdracht 20: Mexican wave III

Deze opdracht heeft als doel om na te denken over validatie in de aangereikte context en stelt een aantal vragen die dwingen om kritisch te kijken naar model, modeluitkomsten en gemaakte aannames.

Bij deze opdracht hoort een model dat in de browser kan worden uitgevoerd.

86. Zelf proberen met het gegeven model.
87. De vraag suggereert dat een wave in een stadion een bepaalde snelheid heeft, maar we zien in deze simulatie dat de snelheid afhangt van de positie / hoogte in het stadion.