

# Pig Island

Eindopdracht Kunstmatige Intelligentie

Jeroen de Haas, Reinout Versteeg, Bob van der Putten

30 november 2020

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Knabbel verschijnt ten tonele</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>De varkentjes willen niet naar de haaien</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>De eilandengroep</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Het gedrag van Knabbel</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Het gedrag van de varkentjes</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>Het gedrag van de Porcus Vincit</b>	<b>6</b>
<b>8</b>	<b>Het verloop van de simulatie</b>	<b>7</b>
<b>9</b>	<b>De opdracht</b>	<b>8</b>
9.1	Document . . . . .	8
9.1.1	A* . . . . .	8
9.1.2	Finite state machine . . . . .	9
9.1.3	Force-driven entities . . . . .	9
9.1.4	Genetisch algoritme . . . . .	9
9.1.5	Q-learning . . . . .	10
9.2	Startproject . . . . .	10
9.3	Deadline . . . . .	11
9.4	Beoordeling applicatie . . . . .	11

## 1 Inleiding

Ergens in het Exumadistrict van de Bahama's ligt het onbewoonde eiland Big Major Cay. Nou ja, onbewoond. . . Onbewoond door mensen, want het eiland telt een populatie van zwemmende varkens.



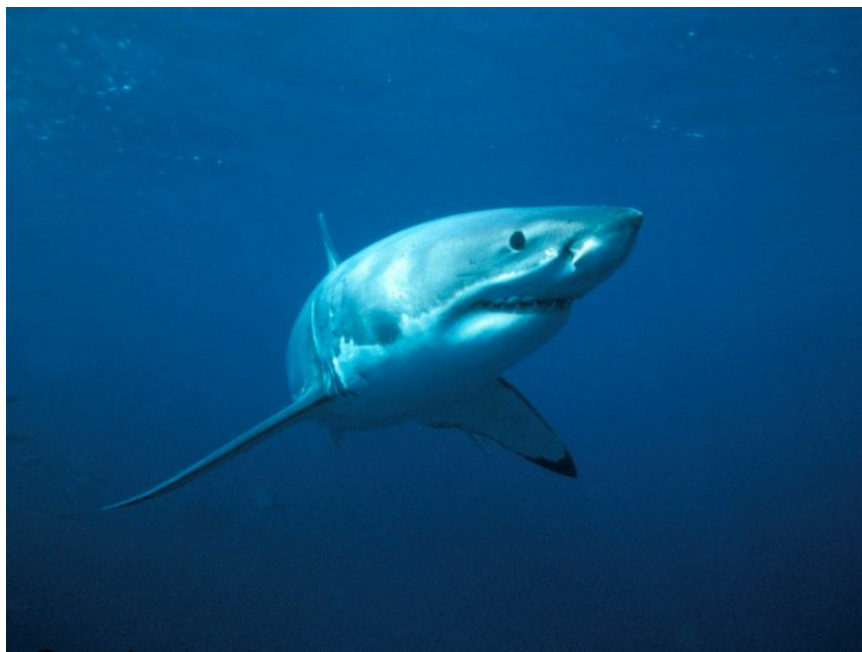
Figuur 1: Drie varkens zwemmen in het water rondom Big Major Cay.

Hoe deze varkens op het eiland terecht zijn gekomen is niet bekend. Het vermoeden is dat zeelieden de varkens achterlieten om later op te halen en te eten. De zeelieden kwamen nooit terug. De varkens genoten, ongehinderd, door roofdieren van de azuurblauwe zee.

## 2 Knabbel verschijnt ten tonele

In deze eindopdracht simuleer je een eilandengroep met een populatie van honderd tamme varkens. Deze varkens konden jaren genieten van een ongestoord leven. . . totdat op een dag Knabbel de eilandengroep ontdekt.

Knabbel is een volwassen witte haai. Zij weegt 2 ton, is 6 meter lang en heeft honger! Ze valt met haar neus in de boter want de wateren zijn vol sappige varkentjes.



Figuur 2: Een witte haai. Overgenomen uit *Witte haai* door Stichting het Wereld Natuur Fonds, z.d. Geraadpleegd op 3 december 2018 van <https://www.wnf.nl/dieren/dierenbieb-vissen/witte-haai-1.htm>.

### 3 De varkentjes willen niet naar de haaien

In de honderden jaren dat deze varkens ongestoord leefden, hebben zij een aanzienlijk intellect ontwikkeld. Een van de varkens heeft het vermogen ontwikkeld om een boot te besturen. Hij bevaart de zee rondom het eiland in zijn boot de “Porcus Vincit” (Latijn voor “Het varken overwint”).

Als de varkentjes niet naar de haaien willen, is het zaak dat zij zo snel mogelijk aan boord van de Porcus Vincit klimmen.



Figuur 3: De Porcus Vincit en haar schipper.

### 4 De eilandengroep

Het eiland bevindt zich in een gebied van 1024x768 pixels. Dit gebied is onderverdeeld in vakken van 32 bij 32 pixels. De graaf wordt beschreven in het bestand `graaf.txt`. Dit bestand bevat een tekstuele representatie van de vlakken. De karakters geven het soort vlak aan. Daarnaast krijg je een afbeelding van het eiland dat je in je applicatie kunt gebruiken. Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende soorten vlakken.

Tabel 1 laat tevens zien dat alleen het water en de afmeerplekken aan de pier begaanbaar zijn voor de haai, boot en varkens. Als de haai of de boot in rotsachtig gebied komen, bewegen ze zich vier keer zo langzaam als in het water.

Tabel 1: Soorten vlakken op het eiland en hun representaties

Soort	Karakter	Begaanbaar	Gewicht
Water	W	Ja	1
Land	L	Nee	n.v.t.
Water met rotsen	R	Ja	4
Afmeerplek	1, 2, 3	Ja	1
Knabbels rustplek	K	Ja	1
Standbeeld	S	Nee	n.v.t.

## 5 Het gedrag van Knabbel

Knabbel begint op zijn rustplek linksonder op de graaf. Aanvankelijk dwaalt zij wat rond door de wateren. In deze toestand beweegt ze van knoop naar willekeurige aangrenzende knoop. Als een varkentje binnen een straal van 100 pixels ruikt, zal ze naar de knoop gaan die *op dat moment* het dichtst bij het varkentje is. Wanneer ze geen varkentje meer ruikt, gaat ze weer dwalen.

Als een varkentje Knabbel aanraakt terwijl ze op jacht is of aan het dwalen dan wordt deze verorbert en verdwijnt deze van het speelveld.

Als Knabbel binnen een straal van 50 pixels van de Porcus Vincit komt, wordt ze bang. Ze dwaalt dan 10 stappen over de graaf. In deze toestand eet ze geen varkentjes.

Na elke 100 stappen over de graaf wordt Knabbel moe. Ze moet dan rusten. Ze gaat dan terug naar haar rustplek bij het standbeeld. Dit doet zij ongeacht waar ze op dat moment mee bezig was. Ze volgt de snelste route naar haar rustplek. In deze toestand zal Knabbel geen varkentjes opeten.

## 6 Het gedrag van de varkentjes

De varkentjes kunnen zich vrij bewegen door het water. Ze mogen daarnaast op het centrale zandeiland komen. De varkens mogen niet op de graseilanden of de pieren komen. Daarnaast mogen de varkens niet van de rand van het scherm afbewegen.

Het doel van de varkentjes is om zo lang mogelijk te overleven. Een varkentje komt te overlijden wanneer het opgegeten wordt door Knabbel. Een varkentje dat de Porcus Vincit aanraakt, zal aan boord klimmen en kan niet meer opgegeten worden door Knabbel.

Een varken is 16 bij 15 pixels groot. Alle varkentjes beschikken over een aantal eigenschappen die hun groepsgedrag bepalen en de mate waarin ze

zich aangetrokken voelen tot Knabbel en de Porcus Vincit. Een overzicht is te vinden in Tabel 2. Alle eigenschappen worden verderop in meer detail besproken.

Tabel 2: De eigenschappen van elk varken. Elke eigenschap wordt gerepresenteerd door een kommagetal. Het bereik van de eigenschappen staat in de laatste kolom.

Eigenschap	Betekenis	Bereik
Aangetrokkenheid tot Knabbel	De mate waarin een varken wordt aangetrokken tot of afgestoten door Knabbel	-1.0 t/m 1.0
Aangetrokkenheid tot Porcus Vincit	De mate waarin een varken wordt aangetrokken tot of afgestoten door de boot.	-1.0 t/m 1.0
Cohesion	De mate waarin een varken bij de groep wilt bijven.	0 t/m 1.0
Separation	De mate waarin een varken uit de buurt van andere varkens wilt zijn	0 t/m 1.0
Alignment	De mate waarin een varken dezelfde kant op wilt als zijn burens.	0 t/m 1.0

Door middel van een genetisch algoritme evolueert de varkenspopulatie zodanig dat de overlevingskansen van de individuen groter wordt.

De initiële varkenspopulatie bestaat uit 100 varkens. Deze varkens bevinden zich op willekeurige plekken in het water. In deze initiële populatie heeft elk varken willekeurige waarden voor elk van de vijf eigenschappen. Deze eigenschappen worden beschreven door kommagetallen, `floats` of `doubles` in C++. Op het moment dat Knabbel haar rustplek bereikt, ontstaat een nieuwe generatie varkens. De eigenschappen van deze varkens worden via een genetisch algoritme bepaald.

## 7 Het gedrag van de Porcus Vincit

De Porcus Vincit dobbert rond over het water. Zij beweegt zich van knoop naar willekeurige knoop. Als een varkentje de Porcus Vincit aanraakt, klimt deze aan boord en is de rest van de ronde veilig.

Het zoute water is funest voor de lak van de Porcus Vincit. Deze beschadigt bij elke stap die de Porcus Vincit zet. Hoe beschadigd de lak is wordt bijgehouden met een getal van 0 tot en met 100. Bij elke zet wordt dit getal

met één verhoogd. Wanneer de lakschade honderd is, moet de Porcus Vincit afmeren voor onderhoud.

De Porcus Vincit kan op drie plekken afmeren: graaneiland (linksboven), graseiland (rechtsboven) en boomeiland (rechtsonder). Als ze een afmeerplek heeft geselecteerd, kiest ze de snelste weg hier naartoe. Eenmaal aangekomen wordt zij gerepareerd. De hoeveelheid punten waarmee de schade hersteld wordt verschilt per plek en wordt willekeurig bepaald. Tabel 3 bepaalt in welke mate elke de Porcus Vincit wordt hersteld. *Terwijl de Porcus Vincit onderweg is naar een afmeerplek neemt de lakschade niet meer toe.*

De Porcus Vincit zal aan de hand van kansen bepalen op welke plek zij zal afmeren. Aanvankelijk zal zij elke plek met gelijke kans bezoeken. Zij zal echter leren van de mate waarin zij hersteld wordt en de kansen aanpassen.

Tabel 3: Herstel per afmeerplek

Plek	Symbool	Minimum herstel	Maximum herstel
Graaneiland	1	30	50
Graseiland	2	20	100
Boomeiland	3	50	50

## 8 Het verloop van de simulatie

Knabbel en de Porcus Vincit bewegen zich over de graaf. Zij doen dit maximaal eens per periode. De lengte van deze periode mag je zelf kiezen. Zo zou je ervoor kunnen kiezen om deze een halve seconde te laten duren. Hoe korter je de periode maakt, hoe sneller je simulatie zal gaan.

Als de Porcus Vincit of Knabbel zich tussen de rotsen bevindt, mogen zij zich slechts één keer per vier perioden verplaatsen.

De varkens zijn force driven entities die groepsgedrag vertonen en kunnen zich vrij over het water en het centrale eiland bewegen. Ze mogen niet van het scherm afgaan en mogen de eilanden in de hoeken niet betreden (dit moet je zelf voorkomen in je code).

Als Knabbel haar rustplek heeft bereikt wordt er een nieuwe varkenspopulatie van honderd varkens gegenereerd. Deze varkens beginnen op willekeurige plekken in het water.

## 9 De opdracht

**Schrijf in C++** een Windows-, Linux-, of macOS-applicatie waarin de Knabbel, de varkens en de Porcus Vincit interageren volgens de hierboven beschreven regels. De opdracht bestaat uit een aantal delen. Deze onderdelen staan verderop beschreven. Bij elk deel zul je een aantal keuzes moeten maken. Je zult deze moeten verantwoorden op je assessment.

De applicatie werkt met rondes. De eerste ronde begint bij het opstarten. Bij aanvang van deze ronde

- wordt Knabbel op haar rustplek geplaatst,
- wordt de Porcus Vincit op een van de afmeerplekken geplaatst,
- en worden er 100 varkens met willekeurige eigenschappen op willekeurige plekken in het water geplaatst.

Een ronde is afgelopen wanneer Knabbel haar rustplek bereikt (zie Paragraaf 8). Daarna wordt er een nieuwe populatie varkens gegenereerd met behulp van een genetisch algoritme.

Je levert uiteindelijk één zipbestand in met daarin

1. de code van je applicatie
2. en een document waarin je je gemaakte keuzes verantwoord.

**Ieder vermoeden van plagiaat wordt aan de examencommissie voorgelegd. Je programma mag louter bestaan uit zelfgeschreven en de op Blackboard aangeleverde code.**

### 9.1 Document

Het document bestaat uit een viertal paragrafen. Deze paragrafen gaan over de verschillende lesonderdelen. Het document maakt inzichtelijk welke beslissingen zijn genomen bij de ontwikkeling van de applicatie. Houdt het document beknopt.

#### 9.1.1 A\*

Deze paragraaf beschrijft hoe het A\*-algoritme is geïmplementeerd. Hieronder vallen



1. de gekozen afstandsfunctie (de functie waarmee je meet hoe lang de daadwerkelijk afgelegde afstand is)
2. de gekozen heuristiek,
3. de manier waarop rekening wordt gehouden met de zwaarte van de edges,
4. en de strategie waarmee Knabbel en de Porcus Vincit hun doelen daadwerkelijk bereiken.

### **9.1.2 Finite state machine**

Je beschrijft de finite state machine in je programma

1. Volledig toestanddiagrammen voor Knabbel en de Porcus Vincit:
  - (a) de toestanden;
  - (b) transities;
  - (c) en de transitiekansen voor de afmeerplekken
2. Een beschrijving van welk gedrag hoort bij een toestand, of het betreden of verlaten ervan.
3. Aanpassingsstrategieën voor transitiekansen. Beschrijf hoe Porcus Vincit leert naar welke afmeerplek te gaan voor de beste reparatie.

### **9.1.3 Force-driven entities**

Deze paragraaf beschrijft hoe de varkens zijn geïmplementeerd. In deze paragraaf staat een

1. verantwoording van de krachten die op varkens werken
2. verantwoording strategie waarmee krachten worden gecombineerd

### **9.1.4 Genetisch algoritme**

Deze paragraaf beschrijft de wijze waarop het gekozen genetisch algoritme

1. een initiële populatie genereert;
2. de fitness van de chromosomen bepaalt;

3. ouders selecteert;
4. nakomelingen genereert;
5. en de nieuwe populatie samenstelt.

### 9.1.5 Q-learning

Deze paragraaf beschrijft hoe Q-Learning een rol kan spelen in deze simulatie. Welk gedrag is ook te leren aan de hand van dit algoritme?

1. verantwoording van de gekozen taak die geleerd wordt
2. verantwoording van de gekozen rewards

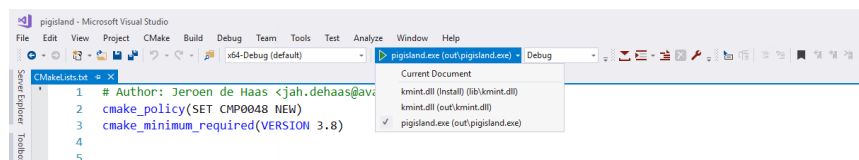
## 9.2 Startproject

Op blackboard is een startproject te vinden. Dit project bevat startcode die Knabbel en de Porcus Vincit op de graaf plaatst en daarnaast 100 varkens aanmaakt.

Het project wordt aangeleverd als CMake-project. Om dit onder Visual Studio te compileren heb je minstens Visual Studio 2017 versie 15.8.1 nodig. Je kunt het project openen in het menu “File -> Open -> CMake” te kiezen en vervolgens de CMakeListst.txt in de hoofdmap te openen.

Wacht tot Visual Studio de CMakeCache heeft gecreëerd en kies vervolgens in het menu “CMake -> Build All”. Dit zorgt ervoor dat alle afbeeldingen juist gekopieerd worden.

Kies vervolgens `pigisland.exe` als “Startup Item” door op het kleine pijltje naar beneden naast de groene afspreekknop te klikken. Zie Figuur 4 voor de lokatie van deze knop.



Figuur 4: Een startup item kiezen in Visual Studio 2017

### 9.3 Deadline

**Let op:** Zowel het document als de applicatie moeten voor de deadline door *beide* leden van het duo zijn ingeleverd. Zie Blackboard voor de exacte deadline.

### 9.4 Beoordeling applicatie

De volgende voorwaarden zijn van kracht:

- De applicatie is in C++ geschreven.
- Beide studenten hebben het werk (applicatie, code én document) op tijd ingeleverd op Blackboard.
- De ingeleverde applicatie bestaat uit louter eigen code (en het framework)
- De code kan goed toegelicht worden tijdens het assessment door *beide* studenten.
- **NB:** *Indien er niet voldaan wordt aan bovenstaande voorwaarden, wordt het werk met een 1 beoordeeld.*

Voor een **7**:

- Porcus Vincit en Knabbel maken gebruik van het A\* algoritme, dat op de juiste wijze geïmplementeerd is. Maak zichtbaar in de simulatie wat de visited nodes zijn (welke zijn bezocht om het kortste pad te vinden) en het kortste pad zelf.
- Het gedrag van Knabbel is geïmplementeerd als finite state machine, het gedrag van Porcus Vincit is geïmplementeerd als probabilistic finite state machine en de transitiekansen worden aangepast aan de hand van ervaring. Al de gedragingen en transities zijn geïmplementeerd volgens de opdracht. Maak zichtbaar door middel van een overlay kleur welke staat een entiteit heeft. Implementeer een global state om geduplicateerde code te vermijden.
- De varkens zijn geïmplementeerd als force-driven entities, waarbij ze *alleen* door krachten voortbewogen worden.

Voor **2** punten extra:

- De varkenspopulatie wordt elke ronde samengesteld door een genetisch algoritme met alle stappen uit de evolutiecycle.

Voor **2** punten extra:

- Integreer Q-learning in de applicatie, waardoor één van de entiteiten (bijvoorbeeld Knabbel) een policy leert aan de hand van dit algoritme en de gekozen taak (bijvoorbeeld het vinden van de beste rustplaats) leert.

**NB:** Tijdens het assessment wordt ingezoomd op werking van de algoritmes in de simulatie en de implementatie is volgens de lesstof. Zorg ervoor dat de gedragingen zo opgezet worden dat ze makkelijk uitbreidbaar en herbruikbaar zijn. Als er een onderdeel niet (goed) geïmplementeerd is, niet (goed) onderbouwd kan worden of niet (goed) gedocumenteerd is, levert dit maluspunten op. Hier valt bijvoorbeeld onder het niet uit kunnen leggen van de heuristiek die gebruikt wordt en waarom, maar ook het niet generiek opzetten van de finite state machine en states. Het maximale cijfer is gecapped op een 10.