



OFF
TOPIC!

Inhoudsopgave

Sorry	3	Using the User	11
Van de Redactie	4	De Wondere Wereld van Jaap	14
Van het Bestuur	5	Adaptive Gameplay	16
Interview met: Jennifer Spenader	6	Het Symbool van AI@RuG	20
Staf Informatica: C, C++ en IT-Security	7	Puzzel	22
Onderwijsdirecteur KI	10	Fotoplay	23

Colofon

De Brainstorm is een uitgave van studievereniging Cover en wordt verspreid onder leden, staf en anderszins geïnteresseerden. De Brainstorm verschijnt ongeveer 4 maal per jaar in een oplage van 375 stuks.

Redactieadres

Studievereniging Cover
t.a.v. De Brainstorm
Postbus 407
9700 AK Groningen

Brainstorm@svcover.nl
www.svcover.nl

Lay-out

Dirk Zittersteyn
Inge Slingerland
Alex Hamelink
Eric Jansen

Adverteerders

Ordina

Redactie

Eric Jansen (voorzitter)
Dirk Zittersteyn
(eindredacteur)
Wilco Wijbrandi
(penningmeester)
Inge Slingerland
Michiel van der Ree
Alex Hamelink
Tineke Slotegraaf

Geachte lezer,

Zoals jullie misschien is opgevallen is Brainstorm 2009:01 wat later dan gepland. Sterker nog, het is niet eens de eerste van dit jaar. Het is namelijk zo: de Brainstorm die als laatst bij je op de mat is gevallen (medio april) zat origineel in de planning voor september 2008. Door budgetaire problemen is destijds de planning aangepast, zodat er in 2008 drie edities van de Brainstorm zouden uitkomen. Helaas bleken de kosten bij toenmalige drukker alsnog niet binnen het budget te passen, waardoor we op zoek moesten naar een ander.

Deze zoektocht heeft ons tot in de eerste twee maanden van 2009 gekost, waarna miscommunicatie tussen meerdere partijen door onervarenheid met deze drukker en een niet-standaard manier van dingen regelen nog een verdere vertraging tot gevolg hebben gehad. We hebben goede hoop dat we dit jaar, door meer ervaring en een aangepast budget, op schema zullen blijven. Vandaar de korte tijd tussen Brainstorm 2008:03 en 2009:01.

We snappen dat dit wellicht niet helemaal afdoende is voor het zo lang moeten missen van ons blaadje, maar bij deze:

Sorry.

De Redactie



Van de Redactie

DOOR INGE SLINGERLAND

Gesprekken van vrouwen zijn nooit rechtlijnig. Binnen een groep vrouwen verspringt het onderwerp per minuut net zo vaak als het aantal keer dat ze op een dag in de spiegel kijken. Een toehoorder kan zomaar, midden in het verhaal van een ander, een “trouwens...” deponeren, waarmee ze de aandacht en het spreekrecht van de groep opeist. Voor de spreekster niet altijd even leuk; ze kan haar verhaal niet afmaken. Maar ook voor andere luisteraars die nog op de spreekster wilden reageren kan het vervelend zijn, het onderwerp is verder gegaan en terugkomen zou zowel zinloos zijn als een teken van achterblijven. Natuurlijk zijn er ook voordelen te bedenken: ook bij vervelende onderwerpen wordt niet lang stilgestaan en de informatiedichtheid is enorm.

In navolging van vrouwen, omdat we met een verscheidenheid aan onderwerpen meer kunnen bespreken of gewoon omdat we dit keer niet te diep op de dingen in willen gaan, is het thema deze keer ‘off-topic’.

Frank Brokken vertelt over zijn carrière, Lambert Schomaker vertelt over het gebruik van CAPTCHA bij handwriting recognition, we hebben een kort interview met Jennifer Spenader over haar hobby talen te leren, de nieuwe onderwijsdirecteur van KI, Sietse van Netten, stelt zich voor en natuurlijk is er weer een uitdagende puzzel. De wondere wereld van Jaap is terug en tot slot kan in navolging van het geslaagde Dynamic Gaming-symposium een stukje over adaptive gameplay niet missen. Zoals je ziet: geen allesoverkoepelend thema, niet drie artikelen die allemaal net een ander aspect bespreken van een bepaald onderwerp, maar gewoon veel losstaande onderwerpen, allemaal het lezen waard.

Ik hoop dat jullie allemaal even de vrouw die diep van binnen zit naar boven kunnen halen. Opdat jullie kunnen genieten van deze veelheid aan onderwerpen, lekker oppervlakkig kunnen blijven, maar bovenal dat jullie ook eens van onderwerp wisselen (seriously guys, Pokémon, nog steeds?).



(Ja, nog steeds -eindredactie)

Van het Bestuur

DOOR DE VOORZITTER, SJORS LUTJEBOER

Het thema van deze editie van ons fantastische blaadje is 'off-topic'.

Als ik deze term zie staan denk ik meteen aan iets wat niet hoort bij het onderwerp waar je over praat. Ik kan nu bijvoorbeeld over de cheetah gaan praten, of over de maan, over een Rubik's cube of over een grasveld, maar dat zou dan niks met het onderwerp te maken hebben. Of toch, want dat is off-topic van het onderwerp wat op zichzelf off-topic is, dus eigenlijk zou het prima kunnen. Maar dat doe ik maar niet. Of toch wel?

Het stukje dat je nu leest is de eerste in een reeks 'van het bestuur' van het bestuur. Het huidige bestuur welteverstaan. Sinds 15 oktober zijn we druk bezig de vereniging draaiende te houden en dat doen we met veel plezier. Nu even iets heel anders, iets off-topic. Want ja, je vraagt er natuurlijk wel om dat iemand iets over de meest uiteenlopende dingen vertelt als je hem of haar als thema off-topic geeft.

Neem nou de cheetah, een fascinerend landdier met een topsnelheid van 110 km/h. Denk je eens in dat een cheetah naast je auto loopt op de snelweg, dat is toch absurd. Echt fascinerend.

Iets anders wat ik fascinerend vind is de maan. Een hemellichaam dat gewoon zichtbaar is vanaf de aarde. En dan te bedenken dat er mensen op de maan zijn geweest. Ook leuk aan de maan is de weerwolftheorie. Dat een mens in een wolf verandert bij een volle maan om twaalf uur 's nachts. Jammer

dat het slechts een legende is. Los van deze legende is de maan wel op zijn mooist als hij vol is. Of moet ik zij zeggen, ik weet het niet. Ik denk dat de maan onzijdig is.

Omdat we toch off-topic bezig zijn kan de Rubik's Cube er ook nog wel even bij. Een mooie puzzel van 3x3x3 blokjes die in alle richtingen draaibaar is. Ik weet niet of iemand van jullie wel eens zo'n puzzel heeft opgelost. Ik kan je vertellen dat het verrekste lastig is om de techniek door te krijgen, maar als je die eenmaal weet is het vrij simpel, maar wel tijdrovend. Het kost mij een minuut of drie om eentje op te lossen, maar er zijn ook mensen die dit binnen tien seconden kunnen en dat vind ik ongelooflijk.

Je voelt hem natuurlijk al aankomen, hij zal het wel over een grasveld gaan hebben, maar nee, de grasvelden verdienen hun rust.

Off-topic, kun je daar ook een werkwoord van maken? Zoiets als off-topicen, of off-topic gaan.

Off-topic gaan, een vluchtweg van mensen om uit een onderwerp te springen waar ze niet over willen praten. Maar bewust een onderwerp mijden omdat je er niet over wil praten om allerhande redenen kan leiden tot nervositeit en stress, iets waar niemand op zit te wachten.

Dus mensen, doe niet te veel off-topic, dat is niet goed voor je hart!

Interview met: Jennifer Spenader

DOOR MICHIEL VAN DER REE EN TINEKE SLOTEGRAAF

Al jaren levert de Brainstorm haar lezers inzicht in de academische verrichtingen van onze docenten. Hun persoonlijke kant komt daarbij echter minder aan bod. Om daar verandering in te brengen, leek het de redactie leuk om docenten te laten vertellen over hun hobby's. Deze keer: Jennifer Spenader en haar voorliefde voor het leren van nieuwe talen.

Jennifer is naast het Engels bekwaam in het Frans, Japans, Duits, Zweeds, Fins en Nederlands. Maar het begon allemaal met het Oekraïens. In de Amerikaanse Midwest waar ze opgroeide, kwam je niet snel in contact met mensen die een andere taal spraken. Haar overgrootmoeder vormde hier een uitzondering op. Van origine van Oekraïense afkomst stelde ze Jennifer voor het eerst bloot aan vreemde talen. Diezelfde overgrootmoeder gaf haar toen ze in de vijfde klas van de basisschool zat een Frans boek. Jennifers fascinatie met het Frans was geboren.

Dit leidde uiteindelijk tot het voornemen een uitwisseling met een Franse scholier te doen. Maar vader Spenader voorzag een economische machtsverschuiving: het zou meer in het voordeel van de carrière van Jennifer zijn om een Aziatisch land te bezoeken. Op deze manier kwam Jennifer op haar 16e in Japan terecht. Hier werd de basis gelegd voor haar Japans. Later, na een paar cursussen en een tijdje werken als docent Engels in Japan, zou ze in staat zijn Japanse detectiveverhalen te lezen.

Hierop volgde nog een korte periode als kindermisje in Oostenrijk, waar natuurlijk het Duits meester gemaakt moest worden. Maar daarmee was haar talenhonger nog niet gestild. Na haar afstuderen heeft Jennifer promotieonderzoek gedaan in Zweden. Hier stelde ze zich niet alleen ten doel het Zweeds te beheersen: in de zomermaanden werden kampen bezocht die er op gericht waren je het Fins onder de knie te laten krijgen ("Een van de leukste dingen die je kan doen").

Haar eerste aanraking met het Nederlands vond plaats toen ze voor onderzoek een tijdje bij een Nijmeegs gezin logeerde. "Nederlands is wel een beetje een spuugtaal. Ik las het dochttertje van het gezin voor het slapengaan voor, en bij elke 'g' spetterde ik een beetje." Gelukkig heeft ze ook lovendere woorden voor onze taal: "Die dubbele klinkers zien er heel schattig uit, 'Sinterklaas' enzo, dat maakt die harde 'g' weer een beetje goed."

Inmiddels heeft er wel een kleine stagnatie plaatsgevonden in Jennifers taalverwerving. Naast de functie als universitair docent blijft er maar weinig tijd over om nieuwe talen te leren. Lesboeken Grieks en Latijn uit de jaren vijftig werden gekocht, maar vonden later een nieuw thuis in de Mamamini. Toch hoopt ze dat Sinterklaas haar dit jaar My French Coach voor de Nintendo DS brengt (voor geïnteresseerden: de Nederlandse variant schijnt erg goed te zijn, de Japanse niet) en is er enige jaloezie dat haar zus het Chinees beheerst, maar zij niet.

C, C++ en IT-Security

DOOR FRANK BROKKEN

In het midden van de jaren tachtig werd binnen de RuG het ICCE opgericht. Een prachtige afkorting voor een onmogelijke naam: Interdisciplinair Centrum voor de ontwikkeling van Computer-coaches en Expert-systemen. Het is maar hoe je je afkorting maakt... Formeel was ik directeur van het ICCE, maar hoe dirigeer je een groep jonge, wilde honden? De meeste medewerkers waren een jaar of 25 en ikzelf was natuurlijk al wel zeer oud met mijn 35 jaar.

Tot de tanden gewapend met PILOT (een auteurs taal), Prolog (een taal uit de wereld van de kunstmatige intelligentie), een meer dan gemiddelde kennis en ervaring met Pascal (*de* programmeertaal binnen de RuG totdat Java de rol van initiële programmeertaal overnam) en voorzien van de laatste snufjes, zoals MS-DOS 3.xx op IBM PS/2-computers gebaseerd op de Intel 80286 en 80386 chip, wierpen wij ons op de ontwikkeling van computergestuurd onderwijs.

Na ongeveer een jaar wat te hebben gebrainstormd over hoe je nou eigenlijk computer ondersteund onderwijs zou moeten opzetten begonnen we ons steeds meer te realiseren dat het gebruik van auteurs talen een weinig vruchtbare weg is. De taal PILOT lijkt in de verte nog het meest op BASIC: veel is mogelijk, maar eigenlijk lukt het je maar moeilijk om datgene wat je eigenlijk wilt goed van de grond te krijgen. Daar kwam bij dat we eigenlijk ook niet goed wisten *wat* we van de grond wilden krijgen. Zoals al opgemerkt: na een jaar

brainstormen waren we eigenlijk nog niks opgeschoten.

Voor het systeembeheer van onze computers hadden we op dat moment Ad Weterings in dienst. Ad was HBO informaticus. Ad had in zijn opleiding kennis gemaakt met de programmeertaal c en Ad kwam met de serieuze suggestie dat we eigenlijk over zouden moeten gaan op c vanwege de grote flexibiliteit van die taal. Merk op dat we op dat moment al hadden ervaren dat een auteurs taal toch wat beperkt is wanneer je iets meer wilt dan het aanbieden van bestaand lesmateriaal via de computer. Zijn suggestie viel dan ook in goede aarde en hoewel wij allen Pascal-adepten waren besloten we tot de transitie naar c.

Dat besluit heeft mijn leven drastisch veranderd.

Hoe realiseer je de overgang van de ene computertaal naar de andere wanneer je het dagelijks eigenlijk al druk genoeg hebt met lopende zaken? Niet. En dus besloten we al onze computers in auto's te laden en ons een week terug te trekken in Friesland waar een van onze medewerksters (Yta Beetsma, nu nog werkzaam bij het UOC) een prachtige boerderij bewoonde waar zo'n tien mensen wel een weekje konden bivakkeren.

Ik heb nog nooit zoveel gevloekt als die week tijdens ons 'c-bootcamp'. Wat een afschuwelijke taal. Wat een onmogelijke constructie met die -wat zijn het?- pointers. Ja, in Pascal heb je ook pointers, maar eigenlijk niemand gebruikt ze en de

flexibiliteit ervan is vergelijkbaar met die van een blok beton. In c daarentegen leek de wereld van pointers aan elkaar te hangen. Daarnaast had je ook nog pointers naar pointers en pointers naar functies. Feest, maar niet voor een stel doorgewinterde Pascal-freaks.

Om een lang verhaal in te korten: een maand later werd onze laatste Pascal vertaler uit onze computers verwijderd en besloten Karel Kubat (die nu een bloeiend IT-bedrijf runt in Zwolle (zie <http://www.e-tunity.com>)) om het Ware Geloof te gaan verspreiden en zo werd rond 1987 de c-cursus geboren. Nou bood het Rekencentrum rond die tijd ook al allerlei computercursussen aan, maar in ons enthousiasme meenden we dat onze cursus toch meerwaarde had. Ons doel was een

cursus aan te bieden die niet het traditionele doel had een computertaal te ‘behandelen’, maar een cursus die zich vooral ook zou moeten richten op het hoe en waarom van de mogelijkheden die de taal bood en die de nodige ‘real-life’ problemen aan de deelnemers zou voorleggen. De daarbij gebruikte home-made dictaten leidden begin 1991 tot het boek ‘Werken met c’, uitgegeven door Sybex.

Kort na de publicatie van ‘Werken met c’ werd c++ toegevoegd aan onze cursus. Op dat moment gebruikten we nog steeds DOS-computers en dus de Microsoft C/C++-vertaler. De (ons inziens) essentiële aspecten van C++ werden al snel samengevat in een klein boekje: C++ Aantekeningen, Aandachtspunten en Annotaties (1992), en versie 2.00 ervan heb ik nog in mijn bezit; het bestaat uit ruim 100 pagina’s Nederlandstalige tekst (A5 formaat). Maar wel gezet met T_EX (L^AT_EX)

De c-cursus bestaat nog steeds, alleen heet hij nu C/C++, omdat inmiddels C++ is toegevoegd aan de stof van de cursus. Het aardige is dat Karel nog steeds actief bij de cursus is betrokken: de laatste twee colleges worden sinds enige jaren weer door hem verzorgd.

Ook het oorspronkelijke enthousiasme en de oorspronkelijke opzet zijn gebleven. De ‘C++ Annotations’ zijn al jaren geleden vertaald in het Engels en de huidige editie (7.2.1) bestaat uit ruim 700 pagina’s (A4 formaat).



Wat niet is gebleven, althans niet in de oorspronkelijke vorm, is het ICCE. Eind jaren negentig besloot de Sociale Faculteit (waarbinnen het ICCE was gehuisvest) om alles wat naar techniek rook te stoppen: Sociaal Wetenschappelijke Informatiekunde, het Verkeerskundig Studiecentrum, de vakgroep Statistiek en Meettheorie en ook het ICCE werden successief om zeep geholpen. Omdat het niet boeiend is om directeur te zijn van een lege huls, ging ik op zoek naar iets anders.

Wim Liebrand was op dat moment directeur Rekencentrum en was van mening dat er eigenlijk iemand tot taak zou moeten hebben om de IT-beveiliging van de RuG te organiseren en in de gaten te houden. Dat werd dus mijn nieuwe functie: sinds 2000 kan ik mij 'Security Manager' noemen. Een prachtige functie die ik nog geen dag met tegenzin heb bekleed. Het boeiende van IT-beveiliging is dat het zo divers is. Zo leerde ik van een oud-C-student (Elwin Koster) hoe de stad Groningen rond 1600-1700 werd beschermd tegen invallen uit Duitsland en dat geeft prachtige parallellen met de tegenwoordige IT-beveiliging zoals het dusdanig organiseren van beveiliging dat er sprake is van variatie en gelaagdheid. Het is daarbij de bedoeling de inbreker, de hacker, te laten struikelen tijdens zijn/haar poging binnen te dringen.

Tot de mooiste stukjes gereedschap reken ik in dit verband (met enige trots) Stealth (<http://stealth.sourceforge.net>, naar een idee van mijn collega's Kees Visser en Hopko Meijering). Stealth is een C++-programma

waarmee 'file integrity checks' op meerdere computers kunnen worden uitgevoerd zonder dat een eventuele hacker ziet dat er sprake is van een file integrity check. Het aardige van Stealth is dat vrijwel elke inbraak er zo snel mee wordt gedetecteerd dat de hacker in de praktijk geen tijd heeft om zijn/haar sporen adequaat te verbergen. file integrity checkers bestaan al geruime tijd. Een bekend alternatief is 'Tripwire'. Maar in tegenstelling tot alternatieven, biedt Stealth de mogelijkheid om op afstand modificaties te detecteren, waardoor het verzekeren van de integriteit van de resultaten van de laatst uitgevoerde scan plotseling geen probleem meer is. Stealth wordt op dit moment op ruime schaal ingezet binnen de RuG als 'last line of defense'.

Zo zie je hoe twee routes kunnen convergeren en samen tot mooie resultaten kunnen leiden. Zo heb ik nog wel meer mooie voorbeelden, maar ik vrees dat mijn ruimte inmiddels op is en laat het daarom hierbij. Maar wie meer wil weten over bijvoorbeeld de C/C++-cursus: www.icce.rug.nl/edu bestaat nog steeds en biedt allerlei informatie over de huidige C/C++-cursus. En wie meer wil weten over IT-beveiliging: Informatica biedt inmiddels de cursus 'Information Security' aan. En raad eens door wie die wordt gegeven?

Onderwijsdirecteur KI

DOOR SIETSE VAN NETTEN

Afgelopen november ben ik aangesteld als adjunct-onderwijsdirecteur KI. Mijn taak hier is om, samen met de vele andere mensen, werkzaam in de opleidingsorganisatie, voor goed onderwijs te zorgen binnen de bacheloropleiding en de twee masterstudies bij KI. In deze functie ben ik de opvolger van Tjeerd Andringa. Vanuit de faculteit heb ik vooral te maken met de Tripos-opleidingsdirecteur van het Onderwijsinstituut Informatica en Cognitie (OIC), met het doel beleidsmatige beslissingen betreffende het onderwijs binnen de KI-studierichtingen door te voeren. Aan de andere kant moet dit in praktijk worden gebracht samen met de docenten en onderwijsmedewerkers binnen KI. Vanwege de gezamenlijke vakken met de studie Informatica en het veelzijdige karakter van de KI-studies zal ik daarvoor ook vaak te maken hebben met collega's van Informatica en andere opleidingen. We werken nauw samen met een aantal commissies en krijgen feedback vanuit het onderwijs. Een belangrijke taak bestaat uit het regelen van nieuwe docenten voor KI-vakken. Zelf zal ik ook een aantal cursussen gaan verzorgen in het KI-curriculum. Hoewel mijn organisatietaken belangrijk zijn moeten de studenten er eigenlijk zo min mogelijk direct van merken, dan doen zich immers weinig problemen voor.

Naast de onderwijstaken ben ik ook met onderzoek bezig. Tot nog toe vooral met de biofysica van het gehoor en mechanodetectie. Voor het gehooronderzoek lag de nadruk op het bestuderen van de mechanotransductie van de primaire mechanosensoren in het binnenoor, de zogenaamde zintuighaarcellen

die geluid omzetten in een elektrisch signaal. We hebben daarbij zoal met zeer gevoelige apparatuur bepaald wat de kleinste uitwijkingen zijn die deze 'biologische microfoontjes' kunnen detecteren. Deze blijken in de orde van grootte van de afmetingen van een waterstofatoom te liggen. Zeer recent hebben we onderzoek gedaan naar het mechanisme waarmee mechanisch gevoelige ionenkanalen in haarcellen op moleculaire schaal worden geopend. Het modeleren hiervan biedt goede mogelijkheden voor KI-studenten die een afstudeerproject zoeken.

Naast de haarcellen hebben we ook de mechanische detectie-eigenschappen van het zijlijnorgaan in vissen onderzocht. De werking van dit onderwaterzintuig wordt wel eens vergeleken met 'voelen op afstand'. Het stelt vissen in staat soortgenoten, maar ook prooi- en roofdier, te detecteren. We hebben uitgezocht hoe in een array van zintuigen (zijlijn) de locatie van een onderwaterobject wordt gecodeerd. Die codering blijkt een algemeen principe te volgen dat ook voor allerlei andere toepassingen voor brondetectie inzetbaar is. Bij Theoretische Biologie worden deze zijlijneigenschappen in modellen gebruikt om visscholing te bestuderen. Ook bij dit onderzoek zijn vele onderwerpen om als KI-student mee aan de slag te gaan.

Geïnteresseerde studenten kunnen altijd een afspraak maken:

s.m.van.netten@rug.nl
Tel. 050-3638769

Using the User

DOOR LAMBERT SCHOMAKER

Onder deze - wellicht onvriendelijk klinkende - titel, komen er de laatste jaren steeds meer internetactiviteiten beschikbaar. De Wikipediarevolutie heeft laten zien dat gebruikers vaak gemotiveerd zijn om bij te dragen aan het algemeen belang. Zij steken kostbare tijd in het onderling delen van informatie en het verduidelijken van kennis.

Voor KI is de capaciteit van het menselijk brein interessant als voorbeeld en als leraar bij het machinale leren. Een vroeg initiatief was het openMind (1999) project van David Stork (je weet wel, van Duda, Hart & Stork, de Pattern Recognition bijbel). Het idee was om gewone gebruikers stukjes spraak en handschrift te laten 'labelen', over internet. In mijn Nijmeegse periode heb ik op dat gebied met Stork de eerste stappen gezet. Tot die tijd huurde je lokale studentassistenten in om ground truth te plakken op regions of interest in handschrift of op foto's. Het principe bleek heel breed toepasbaar. Zo werd het openMind project al snel uitgebreid met het Common Sense project op MIT. Gewone mensen kunnen op die site hun kennis over de wereld kwijt, met prachtige bijdragen zoals "The last thing you do when you have a conversation is stop talking" dat ik onlangs aantrof.

Inmiddels heeft webgebaseerde ontwikkeling van ontologieën door gewone gebruikers al een eigen naam gekregen: 'folksonomy' en is door vele onderzoeksgroepen wereldwijd overgenomen. Op het gebied van astronomie en ruimtefoto's is er NASA's Galaxy Zoo, waarin gewone mensen objecten mogen

selecteren en nummeren. Zo ontdekte een Nederlandse onderwijzeres een vreemd, nog nooit eerder gezien groenig object dat inmiddels de naam Hanny's Voorwerp heeft gekregen.

Binnen mijn eigen gebied, de patroonherkenning, is het heel simpel: gelabelde stukjes sensordata zijn voor dit wetenschapsgebied zeer belangrijk, om niet te zeggen, goud waard. Het onderzoek van de laatste tien jaar heeft geleerd dat de mooie dingen pas gebeuren als je niet tientallen of honderden voorbeelden van een klasse van patronen hebt, maar duizenden of tienduizenden. Vergeleken met de huidige stand van het onderzoek waren de neurale netwerk-experimenten van begin jaren negentig kinderspel. Om aan 'labels' van zinnen, woorden of letters te komen, gebruiken wij in ons eigen onderzoek voornamelijk vrijwilligers. Dan heb je iets meer controle over de kwaliteit van de annotatie, maar het gaat niet erg snel.

Ook hier kun je plezier hebben van de wet van de grote getallen die een rol speelt op internet. De bedenker van CAPTCHA's (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart), Luis von Ahn op Carnegie Mellon, had namelijk een slimme inval. De CAPTCHA bestaat uit een leespuzzel die mensen bij het inloggen wordt voorgelegd, als derde drempel na het intikken van gebruikersnaam en wachtwoord. In de oorspronkelijke opzet wordt een willekeurige reeks cijfers en letters geselecteerd door de computer. Deze worden in een willekeurige lettertype afgedrukt in



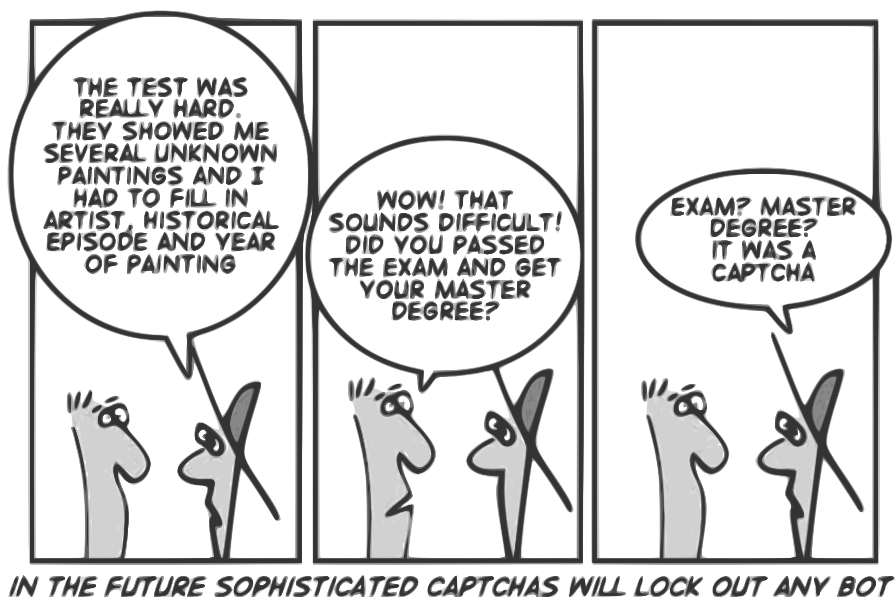
een klein rechthoekig venster, bovendien verdraaid en verwrongen. Vervolgens worden er ook nog arbitraire stippels en kromme lijntjes overheen getekend: "Eat this!". Er zijn inderdaad nog geen lezende machines die dit materiaal aankunnen. Maar wat een tijdverspilling! Miljoenen inloggers zetten hun ogen en brein aan het werk voor een - op zich - zinloze taak.

Daarom kwamen von Ahn en collega's op een nieuw plan: reCAPTCHA. In plaats van arbitraire letterreeksen, selecteerden zij woorden en tekstfragmenten uit het gedigitaliseerde archief van de New York Times die door de twee allerbeste optische karakterherkenningsystemen (OCR) niet konden worden verwerkt. Een deel van deze afbeeldingen (een 'seed collection') werd door vrijwilligers gelabeld, om het systeem op te starten. Het probleem is namelijk dat je (a) bij een CAPTCHA wilt toetsen of de gebruiker de correcte letters intikt. Om een tekstherkenner te trainen wil je (b) juist dat er onbekende tekstfragmenten worden ingetikt. De oplossing is simpel -de meest geniale invallen zijn flinterdun- je biedt gewoon twee woorden aan, willekeurig links en rechts gepresenteerd. Een controlewoord is bekend en voldoet ook aan de eis dat het niet door computers herkend kon worden.

Een doelwoord is niet bekend. Om het voor 'bots' nog extra moeilijk te maken, worden beide woorden overigens nog eens extra vervormd. Wanneer nu een gebruiker het verwachte controlewoord correct intikt, wordt toegang verleend en gaat het systeem ervan uit dat de tekst behorend bij het doelwoord waarschijnlijk ook correct is. Wanneer meerdere gebruikers over het plaatje van het doelwoord dezelfde mening hebben, neemt de zekerheid over een tekstlabel snel toe. Op deze manier kan het percentage herkende woorden opgekrikt worden van ~80% door de machine alleen, tot 99% door de combinatie mens/machine. Dat heeft op twee manieren nut. De ingetikte labels kunnen meteen worden 'gegoogled'. Dat is nuttig voor de gewone gebruikers. Bovendien kunnen de paarsgewijze afbeeldingen en bijbehorende tekstlabels voor patroonherkenningsonderzoek gebruikt worden. Zo zal het systeem uiteindelijk zijn eigen ondergang teweegbrengen. Ook is het mogelijk dat programmeurs zich uitgedaagd voelen en OCR-software gaan schrijven die de state of the art een stuk verder brengt. Ook dat zou geweldig zijn. Tegen de tijd dat computers wel perfect kunnen lezen is er vast weer een nieuwe uitdagend puzzel bedacht.

De effecten zijn indrukwekkend. De hoeveelheid menselijke werkkraft van de miljoenen inloggende internetgebruikers op de sites die een reCAPTCHA toegangscontrole hebben komt overeen met 1500 mensen full-time in dienst. Waarom gebruiken wij van de APS groep in ALICE dit dan nog niet om historische handschriften van het Nationaal Archief in kaart te brengen? Tja, waarom ook niet? We zouden het kunnen proberen. Er zijn wel een paar problemen. Ook mensen hebben vaak wat moeite met het lezen van oude lettertjes in een totaal afwijkende schrijfstijl. Daarnaast kunnen we alleen een 'HWR-CAPTCHA' opzetten voor Nederlandstalige gebruikers en dito internetdiensten. Ook is de universiteit toch nog niet voldoende uitgerust om dit

soort publieke sites te ondersteunen. Een klein internetbedrijfje als Kalooga heeft vijftientwintig servers die naar internet kijken. Ook reCAPTCHA heeft een aantal servers, waarvan de continuïteit van het allergrootste belang is. Het systeem zelf en de 'nameservers' (DNS) moeten allemaal feilloos werken en grote aantallen gebruikers tegelijk aankunnen. Als het niet werkt, haken de internetdiensten die meedoen af. Ik weet niet of ons rekencentrum hier klaar voor is. Maar het is het waard om het op kleine schaal uit te proberen. Ik kan mij een masterproject voorstellen waarin een HWR-CAPTCHA wordt gebouwd. Het technisch-wetenschappelijke doel is dan om te kijken of machine learning ook wat met jouw geogoste labels kan!



De Wondere Wereld van Jaap

DOOR JAAP OOSTERBROEK

Soms vragen mensen mij wel eens: “Jaap, waar heb je het in hemelsnaam over?” Dan moet ik altijd hard lachen, want als er iemand af en toe de draad kwijt is dan ben ik dat wel. Toch vraag ik me wel eens af of ik degene ben die het spoor bijster is. Soms is mijn lijn van conversatie moeilijk te volgen, maar in mijn hoofd gebeuren allemaal dingen die ook veel minder lineair zijn dan al deze vectorvormige metaforen doen vermoeden. Hoewel ik mezelf soms ook een beetje orthogonaal voel, gaat dit mij op papier beter af. Daar heeft men haakjes (die ik vrij handig vind) en voetnoten¹.

Haakjes zijn een hemelse² methode om hoofd- en bijzaken te scheiden. Er zijn natuurlijk veel soorten haakjes: de stoere, ferme blokhaken [voor index-notaties of als je achternaam Wolfram is], de vrolijke, frivole, art nouveau, krulhaakjes {voor, lijsten, van, dingen}. Dan zijn er ook nog de moderne zet-hier-maar-een-type-neer punthaken <uitstekend geschikt voor overladen> en tenslotte mijn persoonlijke favoriet: de klassieke ronde haken (voor al het andere).

Het gebruik van voldoende haakjes is absoluut een teken van intrinsieke grootsheid: niet voor niets was het Erasmus van Rotterdam die dit prachtige leesteken van een naam voorzag. Hij noemde ze lunula, naar hun gelijkenis met het eerste en laatste kwartier van de maan. Hoewel het volledige belang van haakjes voor de humanistiek tot op de dag van vandaag nog onduidelijk is, hebben haakjes ook in de eeuwen daarna menigman geïnspireerd. Zo ontwikkelde

William Faulkner een ware verslaving aan haakjes tijdens het schrijven van zijn literaire meesterwerk over de zuidelijke Verenigde Staten. En Edward Cummings kon het ook niet laten om tenminste eens per strove twee maantjes op de rest van zijn gedicht te laten schijnen. Maar ook dichter bij ons studiegebied laten haakjes hun sporen na: in Alan Turing's ‘Computing machinery and intelligence’ tel ik zelfs 64 haakjes³. Hoe anders had de informatica er uitgezien zonder deze allesverlichtende symbolen?

Maar met al het goeds dat deze leestekens ons brachten komt ook een grote verantwoordelijkheid. Naast dat men haakjes altijd in de juiste volgorde moet hanteren, is er slechts één gouden regel die men nimmer mag tarten. Niet voor niets staat in de bijbel geschreven (Genesis 6:20): “[...] twee van elk zullen tot u komen, om die in het leven te behouden.” Haakjes zijn nou eenmaal niet graag alleen. En elke compiler of lezer zal bij het ontbreken van een sluithaakje opspringen van zijn werkplek en tot de hemel schreeuwen: “Oh wee; Parenthesis mismatch exception!”

Dus zorg goed voor uw haakjes: bemin ze en laat ze niet in eenzaamheid achterblijven.

[1] hip en wetenschappelijk verantwoord

[2] Hoewel er in de bijbel niet exact beschreven staat welke separator God gebruikte om de hemel en aarde te scheiden, zijn haakjes een goede kanshebber. Andere mogelijkheden zijn de komma, de puntkomma en de wide space

[3] haakjes in voetnoten niet meegeteld

Iets te vieren?

Wij denken graag met je mee.

Kijk voor meer informatie op **www.cafekarakter.nl**



- Dé locatie voor je (afstudeer)borrel of (verjaardags)feest
- Regelmatig live optredens
- Ideale ruimte voor activiteiten en/of borrels van je (studie) vereniging tot 90 personen

C A F E
KARAKTER
WWW.CAFEKARAKTER.NL

**KLEINE PELSTERSTRAAT 6
GRONINGEN
T: 050-3187566**

Adaptive Gameplay

DOOR MARK OVERMARS

Computerspellen en simulaties zijn nog lang niet uitontwikkeld, zegt Mark Overmars (niet de voetballer -red). In de toekomst zal bijvoorbeeld gebruik kunnen worden gemaakt van een zogenaamde 'multimodale interface', waarmee de gebruiker meer dan alleen zijn zicht en gehoor zal kunnen gebruiken. Ook tast en reuk zullen een waardevolle bijdrage gaan leveren.

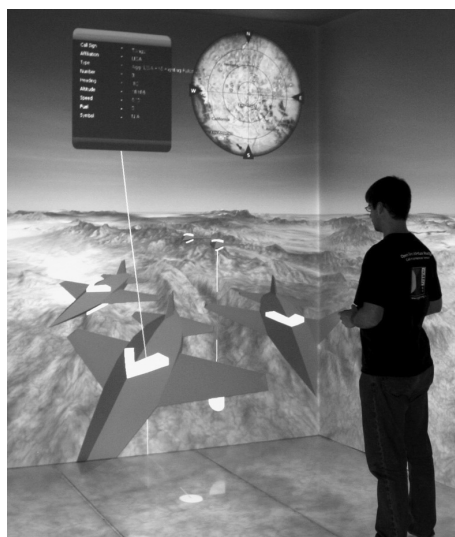
De computergames van tegenwoordig zijn niet te vergelijken met die van twintig jaar geleden. Het verschil tussen Pac-Man en Black & White 2 is onvoorstelbaar groot. We kunnen vrij rondlopen in prachtige, realistische werelden waarin hele volken leven. Toch staan we pas aan het begin van de mogelijkheden. Er kan veel in games, maar er kan nog veel meer niet. En het maken van games is nog te veel handwerk. Om de kosten van toekomstige games te drukken zal een deel van het ontwikkelingsproces geautomatiseerd moeten worden.

Stel je, om een beeld te krijgen van het onderzoek dat nodig is, een gesimuleerde brandweertraining in de toekomst voor. Om te beginnen vereist een dergelijk scenario een realistisch model van de stad en de gebouwen en voorwerpen daarin. Modelleren van driedimensionale werelden is een thema waar al vele jaren onderzoek naar wordt gedaan. De huidige modelleringssoftware is zeer krachtig en maakt het relatief eenvoudig om omvangrijke werelden te ontwerpen. Waar het gaat om bestaande werelden kan gebruik gemaakt worden van foto's voor de texturen en 3D-scanningtechnieken,

zoals laserscanning, voor de geometrie. Er zijn echter nog vele problemen met dergelijke technieken. In foto's bevinden zich vaak voorwerpen die er niet in horen, zoals bijvoorbeeld auto's en voetgangers. Om dergelijke voorwerpen te verwijderen moeten ze als zodanig herkend worden. Gelukkig zijn hiervoor, op het gebied van beeldverwerking, diverse technieken ontwikkeld. Zodra de voorwerpen uit het beeld verwijderd zijn, dienen de gaten ingevuld te worden. Dit is een stuk lastiger en vaak nog gedeeltelijk handwerk. Als verschillende foto's voorhanden zijn kunnen de missende delen mogelijk uit andere foto's worden gehaald. Een andere techniek is het invullen op grond van kennis over de functie van datgene wat ontbreekt, bijvoorbeeld het asfalt onder de auto.

Bij laserscanning zijn er soortgelijke problemen. Laserscanning levert een gigantische wolk van miljoenen puntjes op. Vaak kan een voorwerp niet in één keer gescand worden. Dat betekent dat er meerdere puntwolken zijn die vervolgens op elkaar afgebeeld moeten worden. Een zeer lastig algoritmisch probleem waarvoor nog geen volledig geautomatiseerde oplossingen





bestaan. Daarnaast ontbreekt ook in laserscans data, omdat bepaalde delen niet zichtbaar zijn vanuit de scanner. Ook deze gaten moeten ingevuld worden, bijvoorbeeld door de voorwerpen te matchen met bekende soortgelijke voorwerpen. Ook dit proces is echter nog verre van volmaakt en een onderwerp van studie.

In de toekomst zijn de geometrie en het visuele beeld echter niet meer voldoende. Voor betere graphics is het nodig om ook gegevens te krijgen over de manier waarop een voorwerp licht weerkaatst. Momenteel wordt gewerkt aan scanners die dit soort informatie leveren. En voor nieuwe vormen van interactie is informatie nodig over bijvoorbeeld temperatuur, ruwheid, buigzaamheid en geur. Hoe die informatie automatisch verkregen kan worden is nog volstrekt onduidelijk. Een mogelijke oplossing zou zijn om eerst het materiaal

van de verschillende onderdelen vast te stellen, op grond van geometrie, kleur en functie, en gebruik te maken van databases van eigenschappen van materialen.

De virtuele wereld moet ook veel beter gesimuleerd worden. Bij een brandweertaining moet rook zich op realistische wijze door het gebouw verspreiden. Vuur moet er natuurlijk uitzien en het gebouw moet langzaam verbranden. Explosies moeten realistische drukgolven veroorzaken en de trap moet op natuurlijke wijze instorten. Fysische simulatie in games is een belangrijk onderzoeksthema. Een groot probleem hierbij is dat de berekeningen real-time moeten plaatsvinden. Dit vereist hele nieuwe simulatiemodellen.

Tast en reuk

Toekomstige simulaties en games zullen gebruik maken van een multimodale interface waarbij naast beeld en geluid ook sprake is van tast, temperatuur en geur. Hier worden momenteel experimenten mee gedaan, maar er is nog veel onderzoek nodig. Aan de ene kant zijn er de technische aspecten. Hoe geeft men de gebruiker de illusie van tast, geur en temperatuur zonder een onhandig pak te moeten dragen en zonder dat de omgeving daar last van heeft. Maar er zijn ook een groot aantal uitdagingen op het gebied van informatica, zoals de vraag hoe men geur representeert, hoe men temperatuursveranderingen simuleert en hoe men de omgeving natuurlijk laat reageren op krachten die de gebruiker erop uitoefent. Een groot probleem hierbij is dat



alle berekeningen onmiddellijk uitgevoerd moeten worden. Zeker bij tast mag er geen vertraging zijn. En daarnaast zijn er ook nog informatiekundige vragen, in het bijzonder naar de effectiviteit van dergelijke multimodale interfaces voor bepaalde taken.

De gebruiker moet op natuurlijke wijze kunnen interacteren met de virtuele wereld. In plaats van muizen en joysticks betekent dit bijvoorbeeld het gebruik van gebaren. Gebaren herkennen kan door middel van speciale sensoren die in de kleding opgenomen kunnen worden (zoals in feite nu al bij motion capture-technieken gebeurt) maar het is eenvoudiger voor de gebruiker als deze direct uit videobeelden herkend kunnen worden. Dit vereist zeer snelle beeldverwerkingstechnieken gecombineerd met kennis van de fysische structuur van het lichaam. Hiermee kan men de waargenomen beweging afbeelden op een virtueel mensmodel, hetgeen dan gebruikt kan worden om de intenties van de gebruiker af te leiden. Gebruik van natuurlijke taal wordt een ander belangrijk communicatie- en sturingsmechanisme. Natuurlijke taalverwerking is al jaren

een belangrijk onderzoeksthema. De gamingtoepassingen voegen hier echter nieuwe uitdagingen aan toe. Veel gebruikers spelen bijvoorbeeld in een game of simulatie iemand anders dan zichzelf. Dit betekent dat ook hun stemgeluid aangepast moet worden aan het karakter dat ze spelen. Dit vereist real-time realistische stemvorming.

Nieuwe turingtest

De allergrootste wetenschappelijk uitdaging is misschien wel dat de wereld bevolkt moet worden met mensen die niet van echt te onderscheiden zijn. Echte en gesimuleerde karakters moeten in een gezamenlijke wereld rondlopen en met elkaar kunnen communiceren zonder dat het duidelijk is wie echt is en wie niet. In feite is hier sprake van een nieuw soort turingtest om intelligent gedrag van een computer vast te stellen. Het gaat echter niet alleen om de verbale reactie, maar om het volledige gedrag van de computergestuurde entiteiten, inclusief uitstraling, houding en beweging.

Een voorbeeld van een deelprobleem van gedrag is het padplanningsprobleem. Karakters en voertuigen moeten van de ene plek naar de andere bewegen om bepaalde taken uit te voeren. Elke game bevat dan ook een padplanner. Het is de taak van de padplanner om voor een karakter of voertuig een pad te berekenen naar een gewenste nieuwe locatie. Een dergelijk pad moet botsingsvrij zijn, rekening houden met andere bewegende voorwerpen, het moet kort zijn en er natuurlijk uitzien. Dit is een zeer lastig probleem.

Neem bijvoorbeeld een voertuig. Een voertuig kan niet willekeurig bewegen. Het kan alleen vooruit of achteruit en door te sturen kun je een beperkte bocht maken. De mogelijke bocht hangt weer af van de huidige snelheid en ook de snelheid waarmee je het stuurwiel kunt draaien hangt daarvan af. Vanuit de fysica kunnen de mogelijke bewegingen van een voertuig beschreven worden door middel van een lastige differentiaalvergelijking. Het padplanningalgoritme dient paden te berekenen die botsingen vermijden en voldoen aan deze vergelijking. Dit leidt tot een optimalisatieprobleem waar helaas nog geen exacte oplossing voor bestaat. Bestaande algoritmen zijn dan ook heuristisch van aard en kunnen niet garanderen dat altijd een goede oplossing gevonden wordt. Ook wordt het fysische model vaak aanzienlijk vereenvoudigd. En zelfs deze algoritmen zijn nog te traag om in games toe te passen. In de meeste games zie je voertuigen dan ook erg onnatuurlijke bewegingen maken. Huidig onderzoek richt zich erop om snellere en betere algoritmen te ontwikkelen, vaak door een deel van het werk vooraf uit te voeren en in een datastructuur op te slaan, zodat tijdens de game slechts in de structuur gezocht hoeft te worden.

Een mens is in feite nog complexer. We hebben wat meer bewegingsvrijheid dan een voertuig maar aan de andere kant bewegen we ons op een heel specifieke wijze en veel daarvan is nog niet goed bekend. Om een natuurlijk pad te kunnen berekenen moeten we eerst antwoord hebben op de vraag wat voor paden mensen door een ruimte kiezen.

Binnen de psychologie wordt onderzoek naar dit soort vragen gedaan. Zo wordt bijvoorbeeld gekeken naar het gedrag van groepen mensen in paniek. Dit is belangrijk voor de positionering van vluchtwegen, maar het is ook van groot belang bij gesimuleerde veiligheidstrainingen. Als de requirements duidelijk zijn, is het vervolgens de vraag hoe je een pad voor individuen en groepen personen moet plannen dat hieraan voldoet. Opnieuw is dit een optimalisatieprobleem maar dit keer met vele zachte eisen. Ook hier zijn over het algemeen nog geen goede algoritmen voor bekend en games maken dan ook gebruik van hele simpele heuristieken, zoals flocking, die uiteindelijk weinig natuurlijk zijn. Onderzoek naar realistisch gesimuleerd groepsgedrag staat nog in de kinderschoenen.

Padplanning is slechts een klein onderdeel van het geheel van gedrag. Boven op de padplanning moet een systeem van tactisch en strategisch gedrag gebouwd worden. Dit moet niet alleen realistisch, maar ook leuk gedrag opleveren. En dit gedrag dient zich bij voorkeur aan te passen aan de vaardigheden van de speler en de leerdoelen van het spel of de simulatie. In het verleden werden hier vaak ad-hoc oplossingen voor uitgeprogrammeerd, maar die voldoen niet meer voor de nieuwe generatie spelen. Hier liggen grote uitdagingen voor de kunstmatige intelligentie in het algemeen en de agenttechnologie in het bijzonder.

Verschenen in:
Automatisering Gids 46, 2005

Het Symbool van AI@RuG

DOOR JOËL KUIPER

Cover bestaat nu 15 jaar en dat betekent ook dat de opleiding Kunstmatige Intelligentie in Groningen 15 jaar bestaat. In al deze jaren is er veel gebeurd op het gebied van AI en ook Cover heeft daarin niet stil gezeten. Laten we na 15 jaar eens stil staan bij de verbeterpunten van AI Groningen.

Het is lastig om het begin van het gedachtegoed Kunstmatige Intelligentie vast te stellen. Oude Griekse filosofen en mythen spreken al over een mens-machine, Talos. Een bronzen automaat die werd gebouwd door Hephaistos, de kreupele god van de smeedkunst. De opkomst van het uurwerk bracht een verdere mechanisering van het wereldbeeld (zie “het verborgen raderwerk” van Douwe Draaisma voor een overzicht).

Klassiek wordt de Dartmouthconferentie in 1956 als de geboorte van het vakgebied AI gezien, het doel werd gezet: alle eigenschappen van intelligentie beschrijven zodat een machine het ook kan doen.

Dit enthousiasme lijkt haast verdwenen te zijn door de twee periodes die de ‘winters’ genoemd worden, 1974-1980 en 1987-1993. De eerste werd gekenmerkt door gebrek aan computerkracht en de lastige problemen van het redeneren. De opkomst van snellere en goedkopere hardware zoals die van IBM en Apple zorgde ervoor dat gespecialiseerde ‘AI-machines’ zoals de LISP-machine al snel uit de mode raakten. Het verval van de LISP-machines zorgde voor een economische tegenslag die in combinatie met de inflexibiliteit van de kennissystemen destijds de tweede winter inleidde.

Hoewel de winters van AI het gevolg zijn van een ingewikkelder samenspel dan hier beschreven, blijft het beeld dat AI geplaagd wordt door het niet waar kunnen maken van zijn beloftes. Daarom wordt AI al snel afgedaan als ridicuul en een mad man’s dream door zowel de academische wereld als bedrijven. Een beeld van Frankenstein is op zijn plaats.

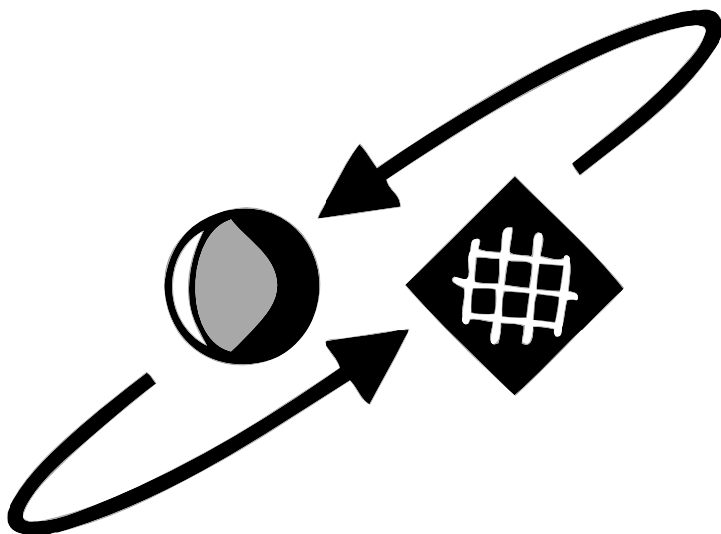
Waar staat AI Groningen in dit alles? In mijn optiek staat AI hier altijd in het teken van een breed multi-disciplinair curriculum. Waar anders vind je psychologie hand in hand met taalkunde en informatica? Toch is dit ook een punt van kritiek, want waar leg je het zwaartepunt? Taal & Spraak zijn in Groningen breed gerepresenteerd, maar de harde kern van de ‘oude-AI’, zoals LISP en discrete structuren, zijn nergens te vinden. Niemand zou door de parentheses-hel heen hoeven gaan, maar de principes van functioneel programmeren zijn waardevol voor AI-onderzoek. De term cybernetica is nergens meer te vinden, maar juist de vereniging van neurowetenschappen met computertechniek is een drijvende kracht achter AI. Waar je het zwaartepunt legt is uiteindelijk een kwestie van smaak. Daarom is het belangrijk om samenwerking aan te gaan met andere onderzoeksgroepen en de vrijheid groot te houden. Laat dit echter niet gemakkelijk zijn. Het is ook duidelijk dat sommige aspecten als erg gemakkelijk beschouwd worden, iets wat helaas slacken in de hand werkt.

Misschien belangrijker nog is dat ik van mede-studenten hoor: “Wat kan ik eigenlijk

als ik klaar ben?”. Een rode draad mist. Een rode draad die juist kracht heeft een warme jas voor de volgende winter te maken. Het zou helpen als er af en toe stilgestaan wordt bij de belangrijke vooruitgang die nu gemaakt wordt. Neem bijvoorbeeld de simulatie van grote groepen neuronen door het Blue Brain Project of het besturen van een robot via de neuronen van een rat. Het is dit soort onderzoek wat mij persoonlijk aantrekt, maar het algemene punt houdt stand: AI Groningen dient meer aandacht te besteden aan recente ontwikkelingen zodat het uitzetten van een rode draad gemakkelijker wordt. Het is jammer dat studenten zich afvragen wat de mogelijkheden van AI zijn. Het begrijpen en namaken van intelligentie in al zijn facetten is een van de, zo niet dé belangrijkste, onderneming van het menselijk intellect.

Om dit enthousiasme, deze visie, te communiceren, zou de studie AI ook zeker gebaat zijn bij een internationaal karakter. Een volledige Engelse bachelor zou ons op de kaart kunnen zetten naast MIT en Stanford, zodat ook hier een breed scala aan mogelijkheden aangeboord zou kunnen worden.

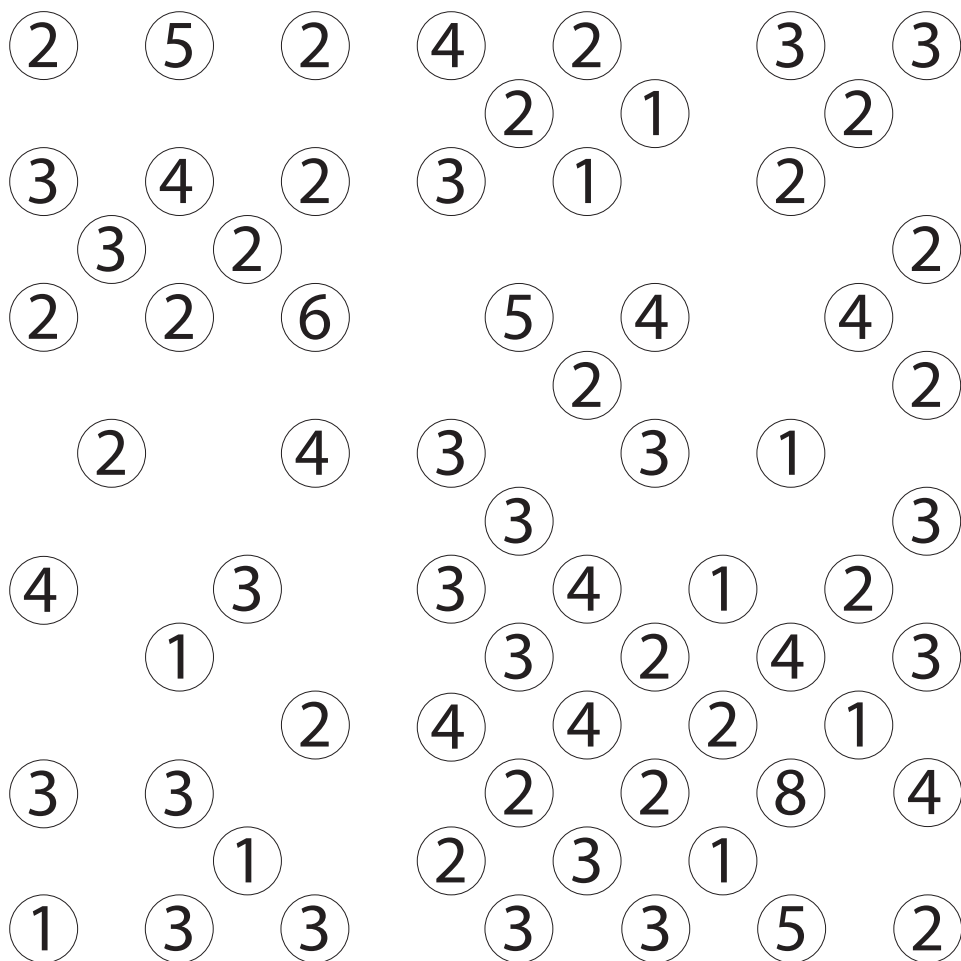
Ik zou graag willen afsluiten met ‘de Opkomst’. Ik zie de toekomst van AI zonnig tegemoet, met een brede glimlach zie ik Biochemistry naast From molecules to networks liggen, gevolgd door Algorithm Design, Neural Networks en Consciousness Explained. Toch zijn er punten waar aandacht aan besteed moet worden en ik hoop hiermee een klein beetje inspiratie gegeven te hebben. Laten we het enthousiasme terugvinden en een stevig beeld van AI uitdragen, zodat we een warme 15 jaar tegemoet kunnen gaan.



Puzzel

DOOR ERIC JANSEN

Het doel van de puzzel is het maken van bruggen tussen de eilandjes. Elk eiland moet in totaal zoveel bruggen hebben als in het eiland is aangegeven. Bruggen mogen alleen horizontaal en verticaal lopen, mogen geen bochten bevatten en elkaar niet doorkruisen. Tussen twee eilanden mogen niet meer dan twee bruggen worden gebouwd.



Fotoplay

DOOR DE FOTOCIE





CONSULTING | ICT | OUTSOURCING

KIES JE EIGEN PAD BIJ ORDINA

Heb jij nog geen of weinig werkervaring, maar wél passie voor ICT,
begin dan je carrière bij Ordina met het Oracle traineeship.



Kijk voor meer informatie op www.ordina.nl/oracle

ORDINA. OPGELOST.