

Concurrerende Agenten

Rick van Krevelen, AI Masterstudent aan de VU
Thomas Rodenburg, AI Masterstudent aan de VU

Datamining

Tijdens het begin van de vorige eeuw, toen statistiek een populair vakgebied was geworden, stond gegevensdelving of *datamining* minder goed bekend, namelijk als het zoeken naar twijfelachtige informatie in betekenisloze gegevens. Later echter kreeg datamining als een deelproces van het betrekkelijk nieuwe vakgebied “kennisontdekking in databanken” (*knowledge discovery in databases*) een betere reputatie. In dit deelproces worden grote hoeveelheden gegevens op effectieve wijze geanalyseerd in een poging patronen te onttrekken. Deze patronen kunnen vervolgens worden gebruikt om in onbekende situaties uitkomsten van de bestudeerde variabele te voorspellen of om nieuwe kennis aan het licht te brengen. Tegenwoordig wordt de term datamining vrij gebruikt voor elke combinatie van statistiek, databases en machinale leertechnieken, en worden de technieken van de gegevensdelving toegepast in uiteenlopende gebieden als medische diagnose, fraudedetectie, krediettoewijzing, het anticiperen van netwerkbelasting (bijvoorbeeld bij telefonie of elektriciteit), filters voor ongewenste mail (d.i. *spam*), gerichte marketing op basis van winkelwageninhoud, etc.

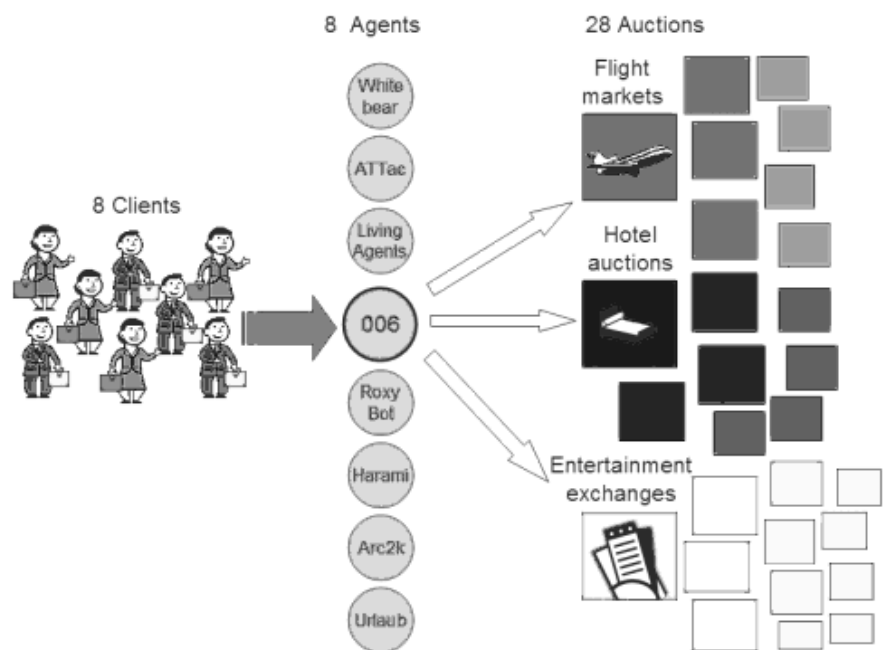
Het vinden van de ideale datamining techniek wordt om een aantal redenen bemoeilijkt. De belangrijkste van deze redenen is de grote verscheidenheid van toepassingen. Om de bestaande technieken te vergelijken en te verbeteren worden ze meestal getest op bekende gegevensverzamelingen of *datasets*, waarvan er een aantal beschikbaar zijn op publiek toegankelijke deposito's. Wanneer men een aantal technieken gebruikt uit bijvoorbeeld de *Weka toolkit*, een publiek toegankelijke verzameling machinale leertechnieken, blijkt het voor elke dataset opnieuw weer een uitdaging om de techniek te vinden die de beste voorspellingen doet, of de meeste nieuwe kennis ontdekt. Een ander probleem is het feit dat in de praktijk gegevensverzamelingen soms simpelweg te groot zijn om binnen afzienbare tijd te worden ge-

Handel en commercie vormen een belangrijke speelplaats voor informatietechnologie en met name voor intelligente software. Dankzij de meest uiteenlopende datamining technieken kunnen vraag en aanbod steeds beter worden voorspeld en beïnvloed, en kunnen steeds meer beslissingen automatisch worden genomen. Naast het efficiënt uitbuiten van de beschikbare informatie moet ook de juiste strategie op het juiste moment worden gekozen. Een jaarlijks terugkerend fenomeen, genaamd Trading Agent Competition, brengt al deze elementen samen. Bedrijven en universiteiten van over de hele wereld doen mee om te zien welke strategieën en technieken op dit gebied de beste zijn.

analyseerd, of dat de omstandigheden te snel veranderen waardoor eerder gewonnen kennis weinig waarde meer heeft.

Trading Agent Competition

Er is dus behoefte aan een testplatform waar verschillende technieken het onder dynamische omstandigheden tegen elkaar opnemen. Het *Swedish Institute for Computer Science* (SICS) heeft hiertoe een jaarlijks terugkerende, wereldwijde competitie opgezet waarin deelnemers een slimme agent kunnen laten concurreren en de prestaties in een omgeving met wisselende concurrenten kunnen bestuderen. Deze *Trading Agent Competition* (TAC) omvat twee disci-



De reisagent competitie.

plines: *Travel* en *SCM*¹.

In eerste instantie richtte TAC zich op het probleem van reisagentschappen die combinaties van een vliegticket, hotelovernachting en wat vermaak aanbieden. Hierbij kunnen de agenten zich vliegtickets, overnachtingen en de kaartjes voor vermaak eigen maken op gesimuleerde markten, veilingen, en uitwisselingen. De agent handelt op basis van de wensen van

¹ *Supply-Chain Management*

acht verschillende klanten, die allemaal hun eigen voorkeuren hebben, met als doel de tevredenheid van alle klanten te maximaliseren.

Op suggestie van en in samenwerking met een onderzoeksgroep van de gerenommeerde Carnegie Mellon University in de VS is er een TAC-variant geschapen die zich richt op het beheer van de leveringsketen of *Supply-Chain Management* (SCM). SCM behelst het afstemmen van het aanbod van de leveranciers op de vraag van de afnemers in de keten van de winning van ruwe grondstof tot de verkoop van het eindproduct. Vooral wanneer dergelijke ketens complex zijn is zorgvuldig beheer van belang om een zogenaamd *bullwhip*-effect te voorkomen: leveranciers vragen teveel bij hun leveranciers, en deze vragen op hun beurt wederom te veel bij hun leveranciers, waardoor deze immense investeringen moeten doen en de kostprijs door de hele keten wordt opgejaagd. Een voordeel van SCM is verder dat het zogenaamde *Just-in-Time* levering van grondstoffen, componenten en halffabricaten toelaat en de kosten voor opslag en dergelijke vermindert waardoor de potentiële winst toeneemt.

De TAC/SCM variant simuleert een dynamische omgeving met een leveringsketen waarin agenten zowel strijden om het binnenhalen van opdrachten van klanten, als om de componenten die nodig zijn voor de productie van deze opdrachten. Net als in de praktijk fluctueren vraag en aanbod, en is de productiecapaciteit van de agenten beperkt. En evenals in de reisagentvariant moeten de agenten beslissingen nemen en kan er gekozen worden voor een grote variëteit aan bied- en onderhandelingsstrategieën. De TAC/SCM competitie wordt sinds 2003 georganiseerd en het platform wordt ook voor educatieve doeleinden gebruikt op o.a. de Vrije Universiteit, Universiteit Utrecht, en vele universiteiten in de VS, Engeland, en Australië.

TAC/SCM

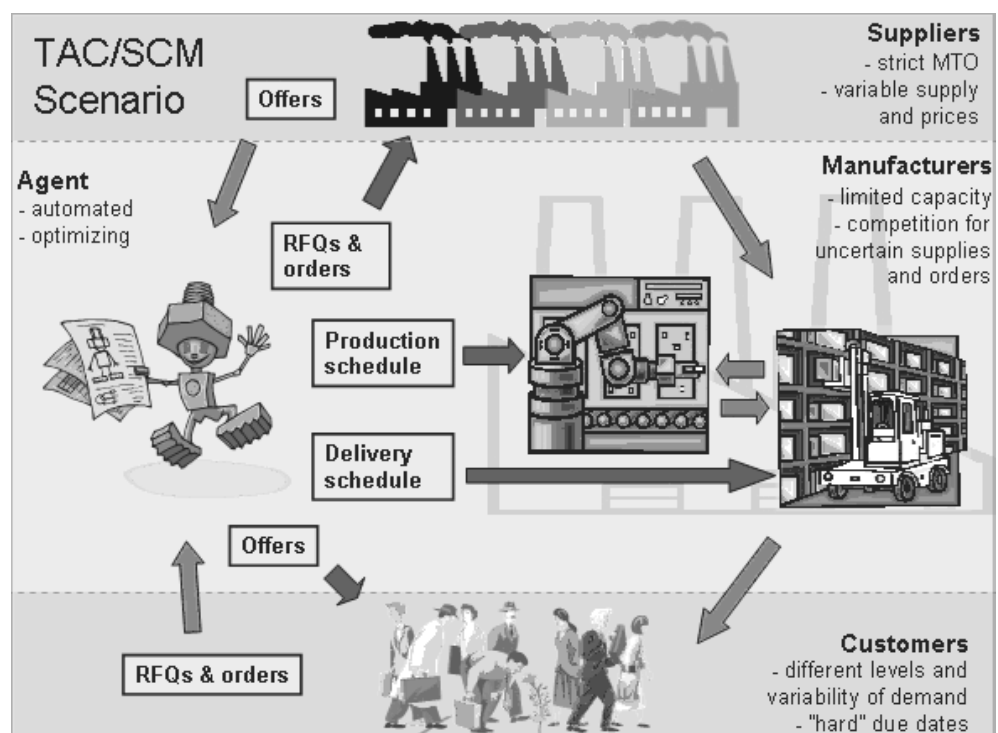
Op de Vrije Universiteit wordt, zoals gezegd, elk jaar een aantal groepjes van 2 studenten uitgedaagd om binnen 4 weken een slimme TAC/SCM agent te programmeren, waarbij sinds twee jaar de winnaars de gelegenheid krijgen om de VU te vertegenwoordigen tijdens de internationale competitie. Dit jaar zijn de winnaars tevens uitgenodigd om de strategie van hun winnende agent voor *De Connectie* uit de doeken te doen. Daarom volgt nu een korte beschrijving van de spelregels van

TAC/SCM 2005.

In een TAC/SCM strijd proberen maximaal 6 agenten om binnen 220 werkdagen van 15 seconden zoveel mogelijk winst te behalen. Wanneer er minder dan 6 deelnemers zijn worden de lege plaatsen opgevuld door standaard of *dummy* agenten. Het gaat in deze leveringsketen om de verkoop van computers die de agenten assembleren uit 10 verschillende componenten: 2 typen moederborden met elk 2 typen processors, 2 typen werkgeheugen, en 2 typen harde schijven. Er kunnen dus 16 verschillende computermodellen worden geassembleerd die elk een standaardprijs hebben. Op de processors na heeft elk component 2 verschillende leveranciers.

Dagelijks sturen klanten *requests for quotes* (verzoeken) naar de agenten om een aantal computers van een zeker type met een uiterste leverdatum en een maximale kostprijs. De agenten kunnen dan die dag een bod doen op dit verzoek, en de volgende dag ontvangt de goedkoopste bieder een bestelling of order van deze klanten. Voor elke dag dat de bestelling te laat is geleverd ontvangt de agent een vooraf aangegeven boete, en na 5 dagen komt de bestelling te vervallen.

Om de computers te assembleren hebben de agenten een fabriek tot hun beschikking met een maximum capaciteit van 2000 cyclussen. Sommige computers verbruiken 4 cyclussen om te assembleren, andere 5, 6, of 7. De agenten sturen dagelijks een productieschema door waarin ze aangeven hoeveel van elk type geassembleerd moet worden, mits de voorraad componenten dit toelaat. De volgende dag zijn deze computers bij de voorraad geteld en via een leveringsschema kunnen de



De Supply-Chain Management competitie

agenten aangeven welke computers bij welke klanten moeten worden geleverd.

Om in het bezit te komen van de onderdelen kunnen de agenten op hun beurt requests for quotes doen bij de leveranciers voor een bepaald aantal componenten? en een gewenste levertijd. Leveranciers kunnen dan een bod doen op dit verzoek indien zij aan de wensen kunnen voldoen. Omdat ook de leveranciers een beperkte capaciteit hebben kan het zo zijn dat ze met twee aanbiedingen komen: (1) voor het gehele aantal, maar op een latere datum; of (2) met de juiste datum maar niet het gewenste aantal. Ook kunnen leveranciers bijhouden hoe vaak de aangevraagde producten daadwerkelijk worden afgenomen en kunnen ze een korting geven als de koper een trouwe klant betreft. Op het moment dat een agent op een aanbod ingaat betaalt hij 10% van de kosten vooruit², en de resterende 90% bij levering.

Tenslotte worden er dagelijks rapporten verstrekt aan de agenten met de hoogst en laagst geboden bedragen op computers van de vorige dag, het banksaldo, en er is periodiek een rapport met de maximum capaciteit van de leveranciers en de gemiddelde vraag per computermodel in die periode. Het op voorraad houden van componenten en computers brengt kosten met zich mee. Agenten mogen ongelimiteerd rood staan, maar de rente voor rood staan is hoger dan die voor positieve saldo's.

Winnende strategie

In tegenstelling tot andere studentgroepen die handelden op basis van een *just-in-time* principe, opereerde onze agent op basis van *preassemblage*. Dit wil zeggen dat computersystemen geassembleerd worden, nog voordat er een bestelling hiervoor is ontvangen van de klant. Het grote voordeel was daardoor dat onze agent binnen één dag computersystemen uit voorraad kon leveren, en niet hoefde te wachten tot leveranciers de componenten hadden aangeleverd (tegen een hoge prijs) en de modellen geassembleerd waren. De strategie van onze agent valt onder te verdelen in vier substrategieën: verkoop van computersystemen aan klanten, assemblage van computersystemen, inkoop van componenten, en een eindstrategie. Aangezien in de scores van agenten de voorraad niet wordt meegerekend, maar enkel het banksaldo is er een eindstrategie geïmplementeerd om extra winst te genereren.

Verkoop

De klant kan op zijn verzoek uit de aanbiedingen de meest aantrekkelijke accepteren, dus concurrentie met andere agenten in de biedstrategie is een belangrijk punt. Om de winst te maximaliseren reageerde onze agent alleen op de meest winstgevende aanvragen van klanten, gebaseerd op de gemiddelde kostprijs en het aantal benodigde assemblagecyclussen. De agent rang-

schikt eerst alle aanvragen van klanten op winstgevendheid, en reageert vervolgens op de meeste winstgevende aanvraag en gaat verder zo lang de voorraad strekt en de geboden prijs hoger is dan de kostprijs plus een minimum marge. Aangezien vrijwel alle (slimme) concurrenten op dezelfde winstgevende verzoeken reageren, gaf onze agent korting op de maximale kostprijs die de klant wil betalen, om zo toch bestellingen binnen te halen. Het kortingspercentage wordt aangepast op basis van het aantal bestellingen dat eerder is binnengehaald met het toenmalige kortingspercentage. Dit autoadaptieve kortingsmechanisme zorgt voor een constante hoeveelheid orders, ook wanneer de concurrentie hevig is of de markt vraag laag.

Assemblage

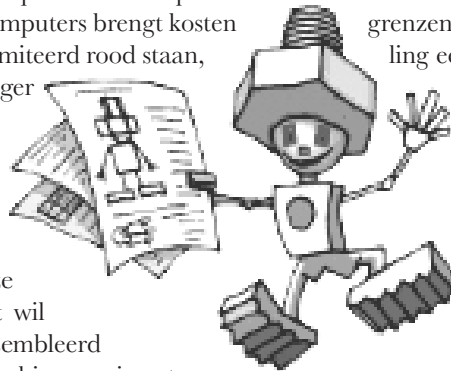
De assemblagecyclussen worden verdeeld over alle computermodellen in de verhoudingen van de huidige vraag naar elk product. Hoewel de totale vraag niet in verhouding is met de bestellingen die binnenkomen, en de voorraad dus 'scheef' wordt aangevuld, zorgt deze strategie er wel voor dat er altijd van ieder model tenminste één paar op voorraad is en de agent niet achter de feiten aan gaat lopen. Er zijn onder- en bovengrenzen in de voorraadniveaus die bij de assemblageverdeling een rol spelen en de verhoudingen beïnvloeden: modellen onder de ondergrens krijgen de nadruk, en modellen met een voorraad boven de bovengrens worden die dag niet geassembleerd. Het voordeel van deze strategie is dat altijd 100% van de cyclussen worden gebruikt (mits de voorraad en de bovengrenzen dit toelaten) en er dus grote voorraden kunnen worden aangelegd om te reageren op grote bestellingen.

Inkoop

Aangezien de agent constant computersystemen assembleert, is een constante aanvoer van componenten noodzakelijk om het assemblageproces te waarborgen. Om deze reden stuurt de agent dagelijks naar de leverancier waarvan hij denkt dat het de goedkoopste is een verzoek voor de benodigde hoeveelheid componenten, en elk bod hierop zal hij honoreren. Dit is een simpele maar doeltreffende strategie die ervoor zorgt dat de leveranciers de agent altijd als een goede klant behandelen in het bepalen van de kostprijzen. De andere leverancier ontvangt enkel een verzoek om de huidige kostprijs door te geven, zodat de volgende dag weer de goedkoopste leverancier gekozen kan worden. De bestelde hoeveelheid hangt af van het verschil tussen het (vooraf vastgestelde) minimale voorraadniveau en het huidige plus reeds bestelde voorraadniveau. De gewenste levertijd was 6 dagen. Laat genoeg om de kosten te drukken, maar vroeg genoeg om de assemblage niet onnodig op te houden.

Eindstrategie

Aangezien de strijd 220 dagen duurt, kan extra efficiëntie



behaald worden door de reeds ingekochte componenten, die anders overblijven, vroeg genoeg te assembleren tot computersystemen zodat ze nog kunnen worden verkocht, maar laat genoeg zodat de assemblage niet onnodig stilligt. De agent stopte 18 dagen voor het eind met componenten bestellen, zodat deze tot 12 dagen voor het einde geleverd konden worden; de leverdatum van een bestelling was immers 6 dagen. Tot 3 dagen voor het eind werd de voorraad van componenten leeggeassembleerd. Gedurende de laatste 8 dagen van het spel werd het kortingspercentage dagelijks verhoogt, zodat op de laatste dag de aangeboden prijzen zelfs onder de kostprijs kwamen te zitten. Deze aanpak waarborgt een vrijwel lege voorraad van componenten en computersystemen.

Internationale Competitie

In de internationale competitie doen verschillende onderzoeksteams mee, afkomstig zowel uit het bedrijfsleven als uit universiteiten. De internationale competitie zal dit jaar begin april starten met voorrondes, die bij een succesvol verloop recht geven op één van de 24 finaleplaatsen. Voordat de finale begin mei gespeeld wordt, vinden er zogenaamde *seeding rounds* plaats om de uiteindelijke poule-indeling te bepalen. Dit om te voorkomen dat teveel sterke tegenstanders in één poule worden ingedeeld.

In de periode voor, en tijdens de internationale TAC zal het TAC SMC onderzoek voortgezet worden. Het huidige ontwerp en de huidige implementatie van de agent is in een periode van vier weken gerealiseerd en laat op verschillende gebieden ruimte open voor verbeteringen. Aangezien de concurrentie in de internationale competitie groter zal zijn dan binnen de VU-competitie, zal het gedrag van de agent robuuster gemaakt moeten worden. Dit wil zeggen, de agent zal onder invloed van hevige concurrentie toch goed moeten blijven functioneren. Om dit te bereiken zijn er verschillende aspecten voor verbetering

vatbaar: de agent slaat allerlei typen informatie op, variërend van de prijsinformatie van componenten, vraag en aanbod, tot de minimum en maximum geboden prijzen. Deze informatie wordt echter slechts sporadisch gebruikt. Door geboden prijzen van concurrenten te observeren moet het mogelijk zijn om de prijsbepaling te optimaliseren voor de verschillende nissen in de markt (bijvoorbeeld korte levertijd, grotere aantallen of duurdere modellen) Tevens laat het voorspellingsmechanisme in de huidige versie te wensen over. De agent kijkt nu enkel naar de in het verleden door klanten gevraagde computersystemen, op basis waarvan een productieschema wordt opgesteld voor de volgende dag. Om beter te kunnen anticiperen op de markt vraag zou een voorspelling over meerdere dagen nuttig zijn. Immers, extra winst kan worden behaald door veel van een type computersysteem te prefabriceren die in de nabije toekomst veelgevraagd zal worden. Toekomstvoorspellingen worden reeds gedaan, door topteam binnen de TAC competitie, door gebruik te maken van onder andere *Markov-besluittheorie*, *prijsclustering*, etc. Hoewel onze winkansen in de internationale competitie behoorlijk beperkt zijn, hopen we met wat slimme datamining technieken onze concurrentie toch nog wat pijnlijke momenten te bezorgen. Geïnteresseerde lezers kunnen onze voortgang volgen (en een steentje bijdragen?) op de Bontecou website. Ø

Referenties

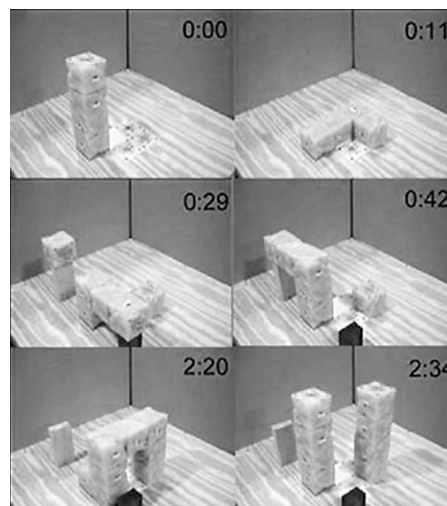
- *Bontecou voortgang* – <http://www.cs.vu.nl/~krevelen/wiki/>
- *Machine Learning Datasets* – <http://www.ics.uci.edu/~mlearn/MLSummary.html>
- *Website Trading Agent Competition (TAC)* – <http://www.sics.se/tac/>
- *WEKA toolkit* – <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

vervolg van pagina 19

extra lange armen gekregen om de grond aan te kunnen raken, omdat hij niet kan bukken. De P3 kan lopen, evenwicht houden, traplopen, draaien en voorover gebogen lopen. In de toekomst verwacht men de P3 huishoudelijke taken te kunnen laten verrichten.

Aibo (1999)

De *Artificial Intelligence roBOT* is speciaal bedoeld voor consumenten. Aibo kan lopen, spelen en zitten als een

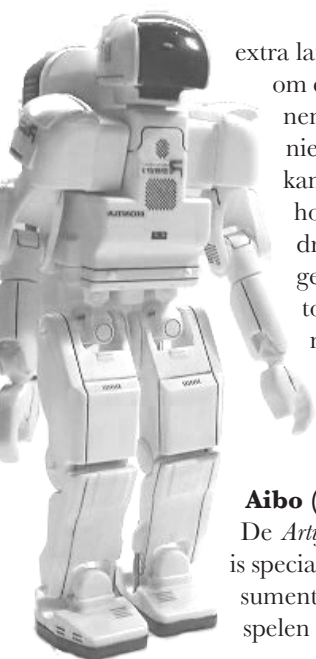


De Self-replicating robot in actie

hond. Aibo heeft zelfs emoties, instinct, kan leren en worden opgevoed. Aibo betekent in het Japans gezelschap. Volgens Sony is de Aibo dan ook een vriend voor het leven.

Self-replicating robot (2005)

Onderzoekers aan de *Cornell University* in Amerika claimen de eerste zichzelf replicerende robot te hebben ontwikkeld. Deze robot bestaat uit een toren van kubussen, verbonden door magneten. Door te buigen, en zijn bovenste kubus los te laten, creëert hij een basis voor zijn replica. Als hij dan op een andere plek een volgende kubus pakt, kan hij deze richting de basis van zijn replica dragen, die op zijn beurt assisteert in het voltooiën van de replica door mee te bewegen. Ø



De Honda P3 Humanoid