



Aan Toetsingscommissie Europees Aanbesteden
 Van Dr [10, 2, e], Afdelingshoofd Biologische Sporen
 Visie vooraf Mevrouw [10, 2, e] wetenschap
 Biologisch Sporen Onderzoek [10, 2, e]
 Concipiënt B&U/IB/Inkoop, [10, 2, e]
 Doorkiesnummer [10, 2, e]
 Datum 22 januari 2008
 Bijlage 3
 Onderwerp R&D voor de inzet van Bayesiaanse netwerk technologie bij DNA-identificatie en DNA-verwantschaponderzoek

Uitgesloten opdracht

De opdracht voor de uitvoer van het R&D-project genaamd 'Napoleon' is een van het BAO uitgesloten opdracht, het NFI verwijst naar een 'specifieke uitsluiting' (artikel 15 BAO) conform sub f.

Adviesaanvraag

Het NFI vraagt het TcEA in te stemmen met bovenstaande uitsluitinggrond waardoor een samenwerkingsverband met SNN kan worden aangegaan voor de uitvoering van de opdracht. Nader toelichting op de verwijzing treft men vanaf volgende pagina's.

Invullen door Secretariaat Toetsingscommissie

Datum ontvangst

Dossier volledig?

Nummer TcEA

Voorgestelde datum van behandeling

Behandeld op TcEA van

Advies

Contra expertise JA/LA/derde

Toelichting op adviesaanvraag

Opdracht project Napoleon

Het doel van het project is om methodes te onderzoeken en te ontwikkelen om Bayesiaanse netwerk technologie te gebruiken om effectief, flexibel, transparant en efficiënt het DNA-identificatieonderzoek van ongeïdentificeerde personen uit te voeren waarbij de DNA-profielen van álle familieleden met de bijbehorende stamboom worden betrokken bij het zoeken naar mogelijke verwanten.

Daarnaast het ontwikkelen van een generieke software module van de ontwikkelde methodes, te weten een modelleer en rekenkern gebaseerd op de Bayesiaanse netwerk methodes, een grafische user interface om de kern aan te sturen en de interfaces t.b.v. de koppeling met externe systemen.

Deze module zal worden aangesloten op de systemen van het NFI, o.a. LIMS/PROMIS en de DNA-databank Vermiste Personen. Na koppeling met de DNA-databank die de DNA-profielen van vermiste personen, van familieleden van vermiste personen en van niet-geïdentificeerde slachtoffers kan de 'screening' en de 'matching' worden uitgevoerd die nodig is bij het DNA-identificatieonderzoek. Bij 'screening' en 'matching' worden de DNA-profielen van alle familieleden met de bijbehorende stamboom betrokken.

Bij het NFI zal de aansluiting van de module op de DNA-databank Vermiste Personen via de contractpartijen van ICT-dienstverlening worden uitgevoerd.

Deze module zal ook worden aangesloten op de systemen van de ICMP. Aansluiten op systemen van andere laboratoria is ook mogelijk.

Opdracht en uitvoerenden

Stichting Neurale Netwerken (SNN) onderzoekt en ontwikkelt methodes om Bayesiaanse netwerk technologie bij DNA-identificatieonderzoek en DNA-verwantschapsonderzoek toe te passen en ontwikkelt hiervoor een generieke software module, bestaande uit een rekenkern, een grafische user interface om de kern aan te sturen en de interfaces t.b.v. de koppeling met externe systemen.

Het NFI zal de door SNN ontwikkelde module aansluiten op hun laboratoriumsystemen.

De uitvoer van het project zal circa 20 maanden in beslag nemen.

Bayesiaanse netwerken (zie ook bijlage 1)

Bayesiaanse statistiek:

Forensische laboratoria gebruiken vaak de zogenoemde Bayesiaanse statistiek die bedacht is door Thomas Bayes. Zijn methoden zijn voor het eerst gepubliceerd in 1763. Bij de methode van Bayes worden van te voren meerdere hypothesen geformuleerd. Over de gekozen verzameling hypothesen worden beginwaarschijnlijkheden aangenomen. Vervolgens worden experimenten uitgevoerd en uit de resultaten van de experimenten worden conclusies getrokken over de hypothesen.

Dankzij de opmars van de Personal Computer en de ontwikkeling van allerhande simulatietechnieken kan de Bayesiaanse statistiek ook toegepast worden bij arbeidsintensieve berekeningen.

Bayesiaanse netwerken:

Statistische modellen worden gerepresenteerd in termen van netwerken, waarin modelvariabelen met pijltjes worden verbonden. Met deze Bayesiaanse netwerken is de causale structuur van een statistisch model direct zichtbaar doordat de verbanden voorzien worden van een interpretatie in termen van oorzaak en gevolg. In de Bayesiaanse netwerken worden de causale hypothesen van waarschijnlijkheden voorzien worden die makkelijk en overzichtelijk kunnen worden bijgesteld. Deze netwerken zijn consistent, transparant, flexibel en efficiënt en daardoor bij uitstek bruikbaar voor toepassing in het forensisch onderzoek.

Bayesiaanse netwerken hebben al een groot aantal toepassingen gevonden. Gerelateerd aan de forensische toepassing zijn de toepassingen in de humane - en diergenetica. Voorbeelden toepassingen op andere terreinen die mede door SNN zijn gerealiseerd, zijn:

- SKF: "bearing detective"/"bearing inspector" voor diagnostiek van kogellagerschade
- Geodelft: "GeoBrain" voor diagnostiek van heiwerkschade en damwandschade
- SHELL: Petrofysische beslissingsondersteuning
- Promedas: Medische diagnostiek

Financiële omvang en lastenverdeling (excl. BTW)

De financiële omvang van het project bedraagt circa

De lasten voor het project worden als volgt verdeeld:

1. NFI

- Kosten personele inzet en huisvestiging

10, 1, c 10, 2, b

- Exploitatiekosten inhuren derde (via Raamovereenkomst)
- Opdracht aan SNN

10.1.c
10.2.b

2. Interactive Collaborative Information Systems (ICIS)
Subsidieaanvraag ingediend, 15 februari '08 uitslag of aanvraag wordt gehonoreerd.

10.1.c
10.2.b

3. Stichting Neurale Netwerken (SNN)

10.1.c

Deelnemende partijen

Nederlands Forensisch Instituut (NFI)

ROL: Medefinancier van het project en gebruiker van de module die ontwikkeld wordt door SNN.

Het NFI is verantwoordelijk voor het reguliere DNA-identificatieonderzoek aan vermiste personen en niet-geïdentificeerde personen in Nederland en ook voor het DNA-identificatieonderzoek dat na een calamiteit in Nederland waarbij veel slachtoffers geïdentificeerd moeten worden, nodig is. De module die door het SNN ontwikkeld wordt, zal door het NFI aangesloten worden aan de Nederlandse DNA-databank Vermiste Personen.

VERANTWOORDELIJKE: **10.2.e** hoofd van de afdeling Biologisch Sporen Onderzoek

Interactive Collaborative Information Systems (ICIS, zie ook bijlage 2)

ROL: Subsidieverstrekker en gebruiker van de module die ontwikkeld wordt door SNN.

ICIS is één van de negen, door het BSIK-programma (Besluit Subsidie Investing Kennisinfrastructuur) geselecteerde, ICT-projecten. BSIK is een door de Nederlandse overheid gesubsidieerde onderzoeksproject. Voor nadere informatie verwijzen wij de www.senternovem.nl. Subsidies komen van verschillende ministeries en fondsgelden vanuit het bedrijfsleven.

Participerende onderzoeksgroepen binnen ICIS:

- Thales Netherlands B.V.
- Thales Research & Technology Netherlands (TRT-NL)
- TNO
- Delft University of Technology
- Radboud University
- University of Amsterdam

- University of Maastricht
- University of Twente
- Vrije Universiteit Amsterdam
- University of Tilburg
- University of Utrecht
- Stichting Neurale Netwerken
- 4TEC
- LogicaCMG
- Almende B.V.
- Technolution B.V.

Stichting Neurale Netwerken (SNN, zie ook bijlage 3)

ROL: Medefinancier, uitvoerende en eigenaar van de door hun ontwikkelde software.

VERANTWOORDELIJKE 10, 2, e directeur SNN

RECHTSPERSONLIJKE POSITIE VAN SNN: "Stichting"

SNN Nijmegen is een researchgroep gespecialiseerd in fundamenteel en toegepast onderzoek op het gebied van 'machine learning and computational neuroscience'. Specifieke onderwerpen zijn Bayesiaanse netwerken, 'approximate inference methodes, time-series modeling, bioinformatica, expert systemen, stochastische controle en collaborative decision making'. SNN beschikt over een gecombineerde expertise in de volgende gebieden (1) Bayesiaanse netwerken, (2) Bayesiaanse netwerken toepast in het genetica domein, (3) software ontwikkeling. Door deze unieke combinatie van expertisen is het NFI een samenwerkingsverband met SNN aangegaan. Voor een uitgebreide toelichting van SNN en SNN Nijmegen, zie bijlage 3.

International Commission on Missing Persons (ICMP)

ROL: Levert informatie voor het project en is gebruiker van het product voortvloeiend uit het project 'Napoleon'.

ICMP is in 1996 opgericht op initiatief van de Amerikaanse president Clinton. De primaire rol van ICMP is om de samenwerking tussen verschillende overheden zeker te stellen ten aanzien van het lokaliseren en identificeren, van bij oorlog of schending van de mensenrechten, vermiste personen. ICMP met zijn hoofdkantoor in Bosnië, is verantwoordelijk voor slachtofferidentificatie tijdens oorlog in Bosnië, de Tsunami ramp, de orkaan Katrina en andere rampen.

Omdat het ICMP heeft al jarenlang ervaring met het identificatieonderzoek, kunnen zij aan het project Napoleon advies geven en helpen met de validatie

van het project.

Intellectueel eigendom

Het intellectueel eigendom van de module die door SNN ontwikkeld wordt ligt bij SNN. De partijen NFI, ICMP krijgen een niet-exclusieve, niet-overdraagbare licentie voor het gebruik van deze module. Deze licenties zijn geldig voor onbeperkte tijd. ICIS krijgt een niet-exclusieve, niet-overdraagbare licentie. Deze licentie geeft recht aan de deelnemende partijen van ICIS om de module voor onderzoek en demonstratiedoeleinden in het kader van het ICIS project te gebruiken. Deze licentie is geldig gedurende de looptijd van het ICIS project.

Het intellectueel eigendom van de overige delen van Napoleon ligt bij NFI.

-/-

BIJLAGE 1: Bayesiaanse netwerken

Wat zijn Bayesiaanse netwerken?

Bayesiaanse netwerken (technisch gezien bedoelen we hier de iets algemenere klasse van probabilistische grafische modellen) zijn modulair gedefinieerde kansmodellen. Deze modules zijn te beschrijven in de vorm van een netwerk. Het berekenen van kansen in Bayesiaanse netwerk modellen wordt gedaan door het toepassen van de standaard axioma's van de kansrekening. Er zijn generieke algoritmes -zoals het junction tree algoritme- die gebruik maken van de modulariteit van Bayesiaanse netwerken. Met deze algoritmes is het efficiënt doorrekenen van Bayesiaanse netwerken mogelijk.

Voordelen van Bayesiaanse netwerken zijn:

- *Consistentie.* Kansmodellen zijn consistent. Indien het model volledig gedefinieerd is, volgen alle conclusies uit het toepassen van de standaard axioma's van kansrekening. Deze axioma's zijn consistent. Bayesiaanse netwerken zijn kansmodellen, dus consistentie geldt ook voor Bayesiaanse netwerken.
- *Transparantie.* Kansmodellen zijn transparant, omdat alle informatie en ook alle aannames in het model zijn bevat en niet in een of ander algoritme. Bij kansmodellen is het algoritme namelijk alleen het toepassen van de standaard axioma's van kansrekening.

Bij een Bayesiaans netwerk is bovendien het globale model te begrijpen door naar de lokale modules en hun samenhang te kijken. De samenhang van het model kan grafisch weergegeven worden als een netwerk. Deze heeft een natuurlijke interpretatie, hetgeen inzicht in een Bayesiaanse netwerk zeer vergemakkelijkt.

- *Flexibiliteit.* Het model is aan te passen door een module te wijzigen of een module toe te voegen. Indien de rekenkern voldoende generiek is opgezet hoeft aan de rekenkern niets veranderd te worden.
- *Efficiëntie.* Er zijn generieke algoritmes -zoals het junction tree algoritme- die gebruik maken van de modulariteit van Bayesiaanse netwerken om kansen in deze modellen te berekenen. Indien de modules niet te ingewikkeld samenhangen is met deze algoritmes het efficiënt doorrekenen van grote Bayesiaanse netwerken mogelijk.

Waarom Bayesiaanse netwerken toepassen bij DNA-identificatie en DNA-verwantschaponderzoek?

Beschrijvingen van genetische overerving in een familiestamboom met een kansmodel komen bijna automatisch op een Bayesiaans netwerk uit. Het ligt daarom voor de hand om voor DNA identificatie en verwantschapsonderzoek Bayesiaanse netwerken en bijbehorende algoritmes te gebruiken.

De eerder genoemde voordelen van Bayesiaanse netwerken vertalen zich bij deze specifieke toepassing als volgt:

- *Consistentie.* Analyses op basis van een kansmodel en kansrekening zijn methodisch objectief en wetenschappelijk aanvaard. Omdat kansrekening consistent is kunnen verschillende hypothesen met elkaar vergeleken worden.
- *Transparantie.* Alle aannames zitten in het model. Inzicht in de aannames wordt vergemakkelijkt door de modulaire structuur van het model. Dit maakt de analyse inzichtelijk voor de forensische onderzoeker. Het maakt het bovendien eenvoudiger om de analyse eventueel te reviewen.
- *Flexibiliteit.* Modellen kunnen eenvoudig aangepast worden, bijvoorbeeld met specifieke parametersettings zoals de kans op allel mistypering en kans op mutatie. Ook kunnen modellen worden uitgebreid met andere bronnen van onzekerheid, zoals de onzekerheid of bepaalde objecten (zoals tandenborstels) aan de vermiste persoon toebehoorden (en bijvoorbeeld niet aan de broer) en de onzekerheid of de veronderstelde vader van de vermiste persoon inderdaad de biologische vader is. Het is ook te verwachten dat overervingseigenschappen van nieuwe markers aanpassing de module vereist. Deze zijn ook eenvoudig te realiseren in een aanpak met Bayesiaanse netwerken.

We benadrukken weer dat de scheiding tussen model en algoritmes een essentieel voordeel is van het gebruik van Bayesiaanse netwerken die het uitvoeren van de bovengenoemde aanpassingen en uitbreidingen van de beoogde software module veel efficiënter maakt.

- *Efficiëntie.* Het gebruik van algoritmes voor het efficiënt doorrekenen van kansmodellen voor DNA analyse met stambomen van verwanten van missende personen is voor het NFI van belang om efficiënt grote bestanden van DNA profielen te screenen en matchen tegen grote bestanden van DNA profielen van familieleden van vermiste personen. Deze situatie kan ontstaan in geval van een ramp met veel slachtoffers.

BIJLAGE 2: ICIS

ICIS - Interactive Collaborative Information Systems

ICIS is één van de negen, door het BSIK-programma (Besluit Subsidie Investing Kennisinfrastructuur) geselecteerde, ICT-projecten (project nr: BSIK03024).

- BSIK is een door de Nederlandse overheid gesubsidieerde onderzoeksproject. Voor nadere informatie verwijzen wij de www.senternovem.nl. Subsidies komen van verschillende ministeries en fondsgelden vanuit het bedrijfsleven

Het doel van ICIS is om betere technieken te ontwikkelen om complexe informatiesystemen intelligenter te maken en betere beslissingsondersteuning te laten bieden. Beoogd toepassingsgebied zijn systemen voor crisissituaties.

Het ICIS Consortium

Het ICIS Consortium is een onderzoeksconsortium dat bestaat uit leidende IT-gedreven industrie, academische onderzoeksinstituten, technologische instituten en high-tech midden en klein bedrijf.

De participerende onderzoeksgroepen binnen ICIS zijn

- Thales Netherlands B.V.
- Thales Research & Technology Netherlands (TRT-NL)
- TNO
- Delft University of Technology
- Radboud University
- University of Amsterdam
- University of Maastricht
- University of Twente
- Vrije Universiteit Amsterdam
- University of Tilburg
- University of Utrecht
- SNN
- 4TEC
- LogicaCMG
- Almende B.V.
- Technolution B.V.

Het ICIS project wordt gehost door het DECIS Lab in Delft. DECIS is het open onderzoek partnerschap van Thales Nederland, de Technische Universiteit Delft, de Universiteit van Amsterdam en de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO)

BIJLAGE 3: SNN Adaptive Intelligence

INHOUDSOPGAVE	1
1 SNN: NATIONAAL SAMENWERKINGSVERBAND	1
1.1 DE DEELNEMENDE GROEPEN	2
1.2 BEVORDEREN VAN ONDERZOEK	2
1.3 BEVORDEREN VAN KENNIS OVERDRACHT	2
2 SNN NIJMEGEN	3
2.1 ONDERZOEK	3
2.1.1 LOPENDE ONDERZOEKSPROJECTEN	3
2.1.2 NIEUWE PROJECTEN	4
2.2 INTERNATIONALE SAMENWERKING	4
2.2.1 WORKSHOPS	4
2.2.2 SAMENWERKINGEN	5
2.3 TOEPASSINGEN	6
2.3.1 SPIN OFF BEDRIJVEN	6
REFERENTIES	7

1 SNN: Nationaal samenwerkingsverband

SNN adaptive intelligence (kortweg SNN) is een nationaal samenwerkingsverband in de vorm van een stichting met een aantal (nu 6) participerende onderzoeksgroepen die onderzoek doen naar theorie en toepassingen van adaptieve en computationele intelligentie. SNN heeft als doelstellingen, zoals geformuleerd in haar statuten:

1. Het verhogen van het kennisniveau op het gebied van adaptieve en computationele intelligentie in Nederland.
2. Het bevorderen van de overdracht van kennis op dit gebied tussen de universitaire wereld, het bedrijfsleven en de overheid.

In 2002 is door de SNN het Platform Adaptieve Intelligentie opgericht met als doel de samenwerking, afstemming van onderzoek, uitwisseling van kennis op het onderzoeksgebied "Adaptieve Intelligentie" te versterken. Het Platform Adaptieve Intelligentie wordt gesubsidieerd door STW. De vergoeding bedraagt 15.000 euro per jaar.

1.1 De deelnemende groepen

Aan SNN nemen onderzoeksgroepen van de volgende kennisinstellingen deel. Iedere groep heeft zijn eigen specialisatie binnen de adaptieve en computationele intelligentie:

- CWI Amsterdam: Logistiek en E-commerce
- UvA Amsterdam: Autonome systemen, Robotica
- TU Delft: Patroon herkenning
- Universiteit Leiden: Industriële optimalisatie
- Universiteit Maastricht: Kennismodelering
- Radboud Universiteit Nijmegen: Grafische modellen, Bayesiaanse netwerken en machine leren. Deze groep is coördinator van SNN.

1.2 Bevorderen van onderzoek

Naast het onderzoek binnen de SNN groepen, bevordert SNN het Nederlandse kennisniveau door samen met STW (Stichting Technische Wetenschappen) een landelijk programma te organiseren ter stimulering van het indienen van toegepaste gerichte onderzoeksprojectvoorstellen op het gebied van adaptieve en computationele intelligentie. Dit heeft tot nu toe geleid tot 24 door STW gefinancierde onderzoeksprojecten (AIO en Postdoc projecten).

1.3 Bevorderen van kennis overdracht

SNN organiseert eens in de twee jaar de 'Lerende oplossingen bijeenkomst'. Dit is de ontmoetingsplaats bij uitstek voor wetenschap en bedrijfsleven op dit onderzoeksgebied. Elk van deze bijeenkomsten trok ongeveer 150 bezoekers waarvan de helft uit het bedrijfsleven. De bijeenkomsten hebben geleid tot meerdere concrete samenwerkingsprojecten met bedrijven en instellingen. SNN verzorgt regelmatig geavanceerde cursussen op het gebied van adaptieve en computationele intelligentie. Deze cursussen zijn bezocht door gemiddeld 40 deelnemers, waarvan ongeveer een kwart uit het bedrijfsleven.

2 SNN Nijmegen

De opdracht van NFI zal uitgevoerd worden door SNN Nijmegen. Deze groep wordt geleid door prof. [10, 2, e], hoogleraar aan de Radboud Universiteit en tevens directeur is van SNN. De groep in Nijmegen bestaat uit zeven onderzoekers en programmeurs en een administratief medewerker. Tevens zijn er nu twee buitenlandse gast-onderzoekers.

2.1 Onderzoek

2.1.1 Lopende onderzoeksprojecten

Momenteel worden de volgende onderzoeksprojecten uitgevoerd, gefinancierd door STW, ICIS en de RU.

- **Benaderingsmethodes:** STW, ICIS, RU. Kunstmatige intelligentie dient met onzekerheden te kunnen rekenen. Daarom worden tegenwoordig lerende systemen en kennissystemen in termen van kansmodellen, zoals Bayesiaanse netwerken gedefinieerd. Het doorrekenen van dergelijke modellen is computationeel moeilijk: zowel de hoeveelheid benodigd geheugen als de rekentijd schalen typisch exponentieel met het aantal variabelen in het model. SNN Nijmegen heeft een reputatie op wereldniveau waar het gaat om het ontwikkelen van krachtige benaderingsmethodes die efficiënt zijn in geheugengebruik en rekentijd. Deze benaderingsmethodes zijn doorgaans afkomstig uit de statistische fysica. Recente publicaties zijn [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].
- **Control met ruis:** ICIS, RU. Control speelt een belangrijke rol in vele engineering problemen, bijvoorbeeld het besturen van een vliegtuig, maar ook in de AI (het plannen van een armbeweging van een robot), of zelfs voor financiële toepassingen (het optimaliseren van een aandelen portfolio). Als er geen ruis in het probleem is bestaan er efficiënte methodes om de optimale strategie uit te rekenen. Met ruis erbij, is het probleem intractable en kan alleen in een zeer beperkt geval worden opgelost (lineaire modellen en Gaussische ruis). Recentelijk hebben we een klasse van niet-lineair controlproblemen ontdekt waarvoor control ook in de aanwezigheid van ruis efficiënt kan worden opgelost [10, 11]. Een directe toepassing hiervan zijn algorithmes voor multi-agents die gezamenlijk een taak moeten uitvoeren. Deze algoritmes combineren control met ruis en Bayesiaanse netwerk inferentie [12, 13].
- **Genetica:** STW. Een klassiek probleem in de genetica is om ziektes van individuen (mensen, dieren of planten) te verklaren in termen van het genetisch materiaal. Linkage analyse probeert aan de hand van genetische metingen van individuen in een stamboom 1) de overerving in de stamboom te reconstrueren en 2) op basis van het overervingspatroon de genen aan te wijzen die het beste de ziekte verklaren. De genetische data geven maar zeer beperkte informatie over de precieze overerving in de stamboom: er zijn in feite exponentieel veel overervingspatronen die consistent zijn met de genetische data. De bovengenoemde benaderingsmethodes kunnen goed worden ingezet om dit probleem efficiënt te benaderen [14, 15, 16, 17].
- **Neuro-informatica:** RU. Het klassieke model voor informatieverwerking in het zenuwstelsel is het neurale netwerk: een netwerk van neuronen verbonden door

synapsen. De synapsen geven neurale (electrische) activiteit van naburige neuronen door. Verandering van de synaptische verbindingsterkte vormt de neurale basis voor het leren. Recentelijk is ontdekt dat synaptische verbindingen niet alleen veranderen op de tijdschaal van leren (uren, dagen) maar ook op zeer korte tijdschaal als functie van de activiteit van de aangrenzende neuronen. Deze zgn dynamische synapsen hebben vergaande consequenties voor de werking van neurale netwerken en voor hun functionele gedrag. Met name in netwerken die een (associatief) geheugen realiseren en die meerdere patronen (beelden, geluiden etc.) opslaan als attractors in een dynamisch systeem, leidt dit tot een gedrag waar het netwerk autonoom 'switcht' tussen geheugens [18, 19, 20, 21, 22, 23]

2.1.2 Nieuwe projecten

Door de RU is midden 2007 een promovendus gehonoreerd die controle theorie zal toepassen op het modelleren van biologisch en robot gedrag.

SNN Nijmegen participeert in het BrainGain consortium, dat in 2007 als smartmix project is gehonoreerd. Nijmegen krijgt hier twee promovendi uit gefinancierd (in 2007 en 2009). Het onderzoek richt zich op Brain-Computer interfacing, dwz gebruik maken van EEG signalen om computers aan te sturen.

In samenwerking met TNO Den Haag, Philips Apptech en Thales is midden 2007 een STW project aangevraagd op het gebied van coördinatie en planning van robots.

2.2 Internationale samenwerking

SNN Nijmegen is internationaal actief met het organiseren van workshops. Verder zijn er diverse internationale samenwerkingsverbanden tussen SNN en andere groepen.

2.2.1 Workshops

- **Workshop 2005** Lavin, Zwitserland. Titel: "Optimization and inference in machine learning and physics". Organiserend committee: Bert Kappen, Manfred Opper, Riccardo Zecchina. Proceedings verschenen als tijdschriftartikelen in Journal of Statistical Mechanics: Theory and Applications [25].
- **Workshop 2006** Granada, Spanje. Titel: "Computational and Mathematical Modeling of Cooperative Behavior in Neural Systems". Proceedings worden door het Americal Institute of Physics uitgegeven.
- **Winter workshop 2008** Lavin, Zwitserland. Titel: "Non-linear dynamics and statistical mechanics in complex systems".

2.2.2 Samenwerkingen

- **Granada:** Er bestaat een actieve samenwerking met de Universiteit van Granada (Torres, Cortes, Marro) op het gebied van neurale netwerken met dynamische synapsen.
- **Pascal:** SNN participeert in het Europese netwerk Pascal (Pattern analysis, statistical modeling and computational learning). Dit netwerk verenigt de belangrijkste Europese onderzoeksgroepen op dit gebied. Er wordt dit najaar overlegd over het indienen van een nieuw internationaal onderzoeksproject.
- **Berkeley, Tasmania** Er bestaat samenwerking met 10, 2, e (UC Berkeley) en 10, 2, e (University Tasmania, Australia) op het gebied van genetische linkage analyse. **ETH Zürich** Er bestaat samenwerking met 10, 2, e van ETH Zürich op het gebied van niet-lineaire dynamische systemen. Er zijn plannen voor uitwisseling van een AIO.
- **Rockefeller University:** Er bestaat samenwerking met de genetica group van 10, 2, e van Rockefeller University op het gebied van genetische linkage analyse. 10, 2, e
- **Microsoft Research Cambridge:** 10, 2, e van SNN Nijmegen treedt in augustus 2006 in dienst bij MS Cambridge. Er bestaan subsidieprogramma's voor samenwerking.
- **UPF Barcelona** 10, 2, e is een promovendus van de Universidad Pompeu Fabra die in 2006 3 maanden bij ons heeft gewerkt en vanaf december 2007 postdoc zal worden in Nijmegen. Zijn project gaat over een nieuwe efficiënte benaderingsmethode.
- **Berlijn:** Met 10, 2, e uit Berlijn zijn plannen om samen te werken op het gebied van optimal control.
- **Rome:** Met 10, 2, e uit Rome is een samenwerking op het gebied van benaderingsmethoden [26].
- **Bari Daniela:** 10, 2, e van de universiteit van Bari heeft in het voorjaar van 2005 vier maanden in Nijmegen gewerkt aan een model voor dynamische synapsen [23].
- **Madrid:** 10, 2, e van de Universidad Autonoma van Madrid heeft in de periode van september tot december 2006 in Nijmegen gewerkt op het gebied van Bayesiaanse methodes.
- **UC:** Irvine Prof. 10, 2, e van UC Irvine brengt een jaar sabbatical door in Nijmegen.

2.3 Toepassingen

Op dit moment wordt er binnen SNN Nijmegen aan de volgende toepassingen gewerkt:

- **Olie exploratie:** In samenwerking met Shell EP is er binnen het kader van een ICIS valorisatie project een Bayesiaans expert systeem gebouwd. Het expert systeem dient op basis van een 20-tal metingen (sonic, weerstand, radioactiviteit) een inschatting te maken van de samenstelling van de ondergrond (verschillende gesteentesoorten, porositeit, olie/gas/water).
- **Fokprogrammas:** Onze Bayesiaanse software op het gebied van genetische linkage analyse wordt momenteel gebruikt door de afdeling dierengenetica van de universiteit Wageningen (in samenwerking met Nutreco) voor het versnellen van linkage berekeningen tbv het optimaliseren van fokprogrammas van dieren.
- **BayesBuilder:** BayesBuilder is een software pakket door SNN ontwikkeld. Met BayesBuilder kunnen Bayesiaanse netwerken worden gebouwd en doorgerekend. Deze software wordt gebruikt door SKF (bearing-detective/bearing inspector) en GeoDelft (geobrain). Daarnaast wordt BayesBuilder voor onderwijsdoeleinden gebruikt. In het kader van het ICIS project wordt de software momenteel vernieuwd om ze beter in web-toepassingen in te kunnen zetten.

2.3.1 Spin off bedrijven

Daarnaast is SNN (mede)eigenaar van twee spin-off bedrijven, die tot doel hebben de expertise van SNN commercieel toe te passen, te weten Smart Research BV (100%) en Promedas BV (45%). Beide bedrijven zijn geïnitieerd in Nijmegen.

Binnen *SMART* wordt aan de volgende toepassingen gewerkt:

- **JED:** Een systeem om de distributie van de kranten voor de losse verkoop te optimaliseren. Dit systeem wordt gebruikt door de Telegraaf.
- **BayesBuilder:** SMART investeert in BayesBuilder om de software beter in commerciële toepassingen te kunnen gebruiken.
- **Netpack:** Een toolkit om efficiënt neurale netwerken te modeleren. Netpack wordt momenteel voor een aantal bedrijven op hun data toegepast.

Promedas commercialiseert het Promedas (PRObabilistic MEDical Diagnostic Advisory System) systeem dat door SNN en UMC Utrecht ontwikkeld is. Het systeem is gebaseerd op een Bayesiaans netwerk model waarin 10000 variabelen zijn gemodelleerd. Het systeem wordt momenteel in het UMC Utrecht geëvalueerd, zowel bij interne geneeskunde als in het laboratorium. Promedas is momenteel via het web beschikbaar op www.promedas.nl.

Referenties

- [1] H.J. Kappen. *Intelligente Machines*. Radboud Universiteit, Nijmegen, 2005.
- [2] B. Wemmenhove and H.J. Kappen. Survey propagation at finite temperature: application to a surlas code as a toy model. *Journal of Physics A: Math. Gen.*, 39:1265–1283, 2006.
- [3] Joris M. Mooij and Hilbert J. Kappen. Validity estimates for loopy belief propagation on binary real-world networks. In Lawrence K. Saul, Yair Weiss, and Léon Bottou, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems 17*, pages 945–952. MIT Press, Cambridge, MA, 2005.
- [4] Joris M. Mooij and Hilbert J. Kappen. Sufficient conditions for convergence of loopy belief propagation. In Fahiem Bacchus and Tommi Jaakkola, editors, *Uncertainty in Artificial Intelligence. Proceedings of the 21st conference*, pages 396–403. AUAI Press, Corvallis, Oregon, 2005.
- [5] J. Mooij and H.J. Kappen. On the properties of the bethe approximation and loopy belief propagation on binary networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, page P11012, 2005.
- [6] J. Mooij and H.J. Kappen. Sufficient conditions for convergence of loopy belief propagation. *IEEE Information Theory*, 53:4422–4437, 2007.
- [7] J. Mooij, B. Wemmenhove, H.J. Kappen, and T. Rizzo. Loop corrected belief propagation. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS)*, 2007.
- [8] J. Mooij and H.J. Kappen. Loop corrections for approximate inference on factor graphs. *Journal of Machine Learning Research*, 8:1113–1143, 2007.
- [9] V. Gomez, J. Mooij, and H.J. Kappen. Truncating the loop series expansion for bp. *Journal of Machine Learning Research*, 8:1987–2016, 2007.
- [10] H.J. Kappen. Path integrals and symmetry breaking for optimal control theory. *Journal of statistical mechanics: theory and Experiment*, page P11011, 2005.
- [11] H.J. Kappen. A linear theory for control of non-linear stochastic systems. *Physical Review Letters*, 95:200201, 2005.
- [12] W. Wiegnerinck, B. van den Broek, and H.J. Kappen. Stochastic optimal control in continuous space-time multi-agent systems. In *Proceedings UAI*, pages 528–535. Association for Uncertainty in Artificial Intelligence, 2006.
- [13] W. Wiegnerinck, B. van den Broek, and H.J. Kappen. Optimal on-line scheduling in stochastic multi-agent systems in continuous space and time. In *Proceedings AAMAS*, 2007.
- [14] C.A. Albers, M.A.R. Leisink, and H.J. Kappen. The cluster variation method for efficient linkage analysis on extended pedigrees. *BMC Bioinformatics*, 7(Suppl1)S1, 2006. NIPS workshop on New Problems and Methods in Computational Biology.
- [15] C.A. Albers and H.J. Kappen. Modeling linkage disequilibrium in exact linkage computations: a comparison of first-order markov approaches and the clustered markers approach. In *BMC Proceedings of the genetic Analysis Workshop 15: Gene Expression Analysis and Approaches to Detecting Multiple Functional Loci*, volume 1 (Suppl 1), page S159, 2007.
- [16] C.A. Albers, T.M. Heskes, and H.J. Kappen. Haplotype inference in general pedigrees using the cluster variation method. *Genetics*, 177:1101–1116, 2007.

- [17] C.A. Albers, J. Stankovich, R. Thomson, M. Bahlo, and H.J. Kappen. Aladin: Accurate linkage analysis of distantly-related individuals. *American Journal of Human Genetics*, 2008. Accepted.
- [18] J.J. Torres, J.M. Cortes, J. Marro, and H.J. Kappen. Competition between synaptic depression and facilitation in attractor neural networks. *Neural Computation*, 2007. In press.
- [19] J.M. Cortes, J.J. Torres, J. Marro, P.L. Garrido, and H.J. Kappen. Effects of fast presynaptic noise in attractor neural networks. *Neural Computation*, pages 614–633, 2006.
- [20] J.J. Torres, J.M. Cortes, B. Wemmenhove, J. Marro, and H.J. Kappen. Neural automata: the effect of microdynamics on unstable solutions. In *Proceedings CNS*, 2006. Accepted for presentation at conference.
- [21] J.J. Torres, J. Marro, J.M. Cortes, and H.J. Kappen. Attractor neural networks with activity-dependent synapses: The role of synaptic facilitation. In *Proceedings CNS*, 2006. Accepted for publication in Special Issue of Neurocomputing.
- [22] J.M. Cortes, P.L. Garrido, H.J. Kappen, J. Marro, C. Morillas, D. Navidad, and J.J. Torres. Algorithms for identification and categorization. In *AIP Conference Proceedings*, volume 779, pages 178–184. American Institute of Physics, 2005.
- [23] D. Marinazzo, H.J. Kappen, and C.C.A.M. Gielen. Input-driven oscillations in networks with excitatory and inhibitory neurons with dynamic synapses. *Neural Computation*, 2007. In press.
- [24] B. Wemmenhove, H.J. Mooij, W. Wiegerinck, M. Leisink, H.J. Kappen, and J.P. Neijt. Inference in the promedas medical expert system. In *Proceedings of the 11th Conference on Artificial Intelligence in Medicine (AIME)*, 2007.
- [25] H.J. Kappen, M. Opper, and R. Zecchina. *Optimization and inference in machine learning and physics*. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. Institute of Physics, 2005. Special Issue.
- [26] J. Mooij, B. Wemmenhove, T. Rizzo, and H.J. Kappen. Lcbp: Loop-corrected belief propagation. In *Proceedings UAI*. Association for Uncertainty in Artificial Intelligence, 2006. Rejected.

