

Een fundamenteel verschil





Een fundamenteel verschil

CWI strategie 2007–2012



Centrum voor Wiskunde en Informatica



Voorwoord

Het CWI presenteert hier zijn strategie voor de periode tot 2012. Het instituut staat voor nieuwe uitdagingen. Allereerst de bundeling van onze activiteiten in vier onderzoeksvelden waar veel maatschappelijke vragen leven. Met als doel de grenzen van de wetenschap te verleggen en zo de oplossing van problemen die iedereen aangaan binnen bereik te brengen. Een tweede uitdaging is de middelen te vinden die nodig zijn om deze ambities te verwezenlijken.

Als instituut het predicaat ‘excellent’ verwerven is een prestatie, het te behouden is een opgave. Het vereist fascinatie, betrokken verwondering, de drift om inzicht te krijgen, structuren te herkennen en problemen op te lossen. Het vraagt onze volle inzet in de vier gekozen velden een wezenlijke bijdrage te leveren en iedere euro goed te besteden. Alles in de overtuiging dat het CWI een fundamenteel verschil maakt.

Deze strategienota is het resultaat van een intensief proces dat meer dan een jaar in beslag nam. Wat onderscheidt het CWI? Wat is de maatschappelijke waarde van het instituut? Hoe wil het zich ontwikkelen? Stap voor stap ontstond een zelfbeeld waarin het instituut zich herkent en kwam er een toekomstvisie op papier die in de organisatie gedragen wordt. Maar ook beeld en een visie die, naar wij hopen, beslissers en adviseurs in de wetenschap zullen aanspreken. Marijnissen en Rouvoet, beleidsambtenaren bij OCW en EZ, R&D-managers bij bedrijven, collega-onderzoekers. Opdat zij begrijpen wat ons bezielt.

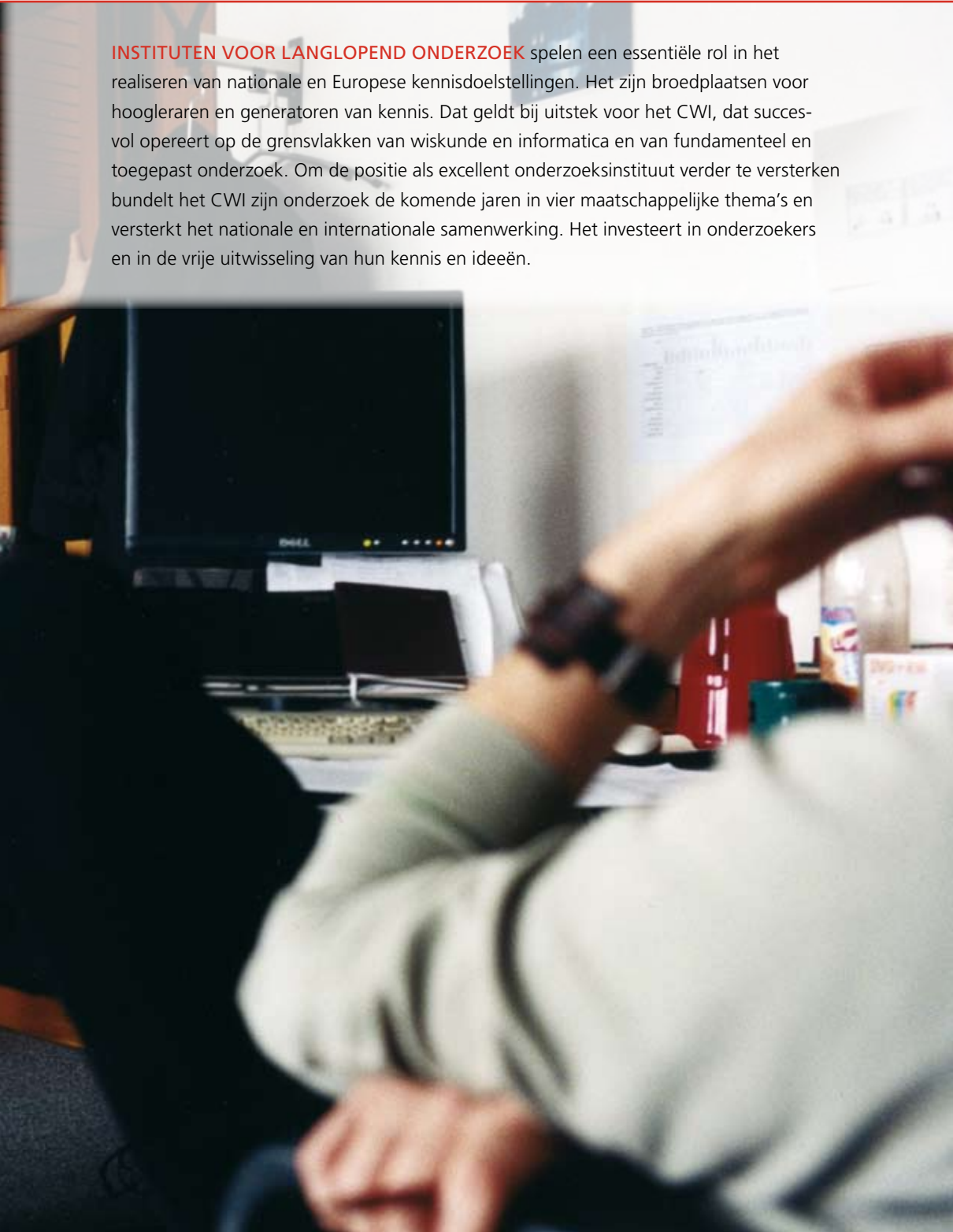
Deze nota is het werk van velen. Het schrijfwerk van onderzoeker Jan Heering en wetenschapsjournalist Mark Mieras. De fotografie van Wim Klerkx, het grafisch ontwerp van Tobias Baanders. Het werk van alle onderzoekers en ondersteuners die samen het CWI zijn. Ik wens u evenveel plezier bij het lezen als wij aan het maken hebben beleefd.

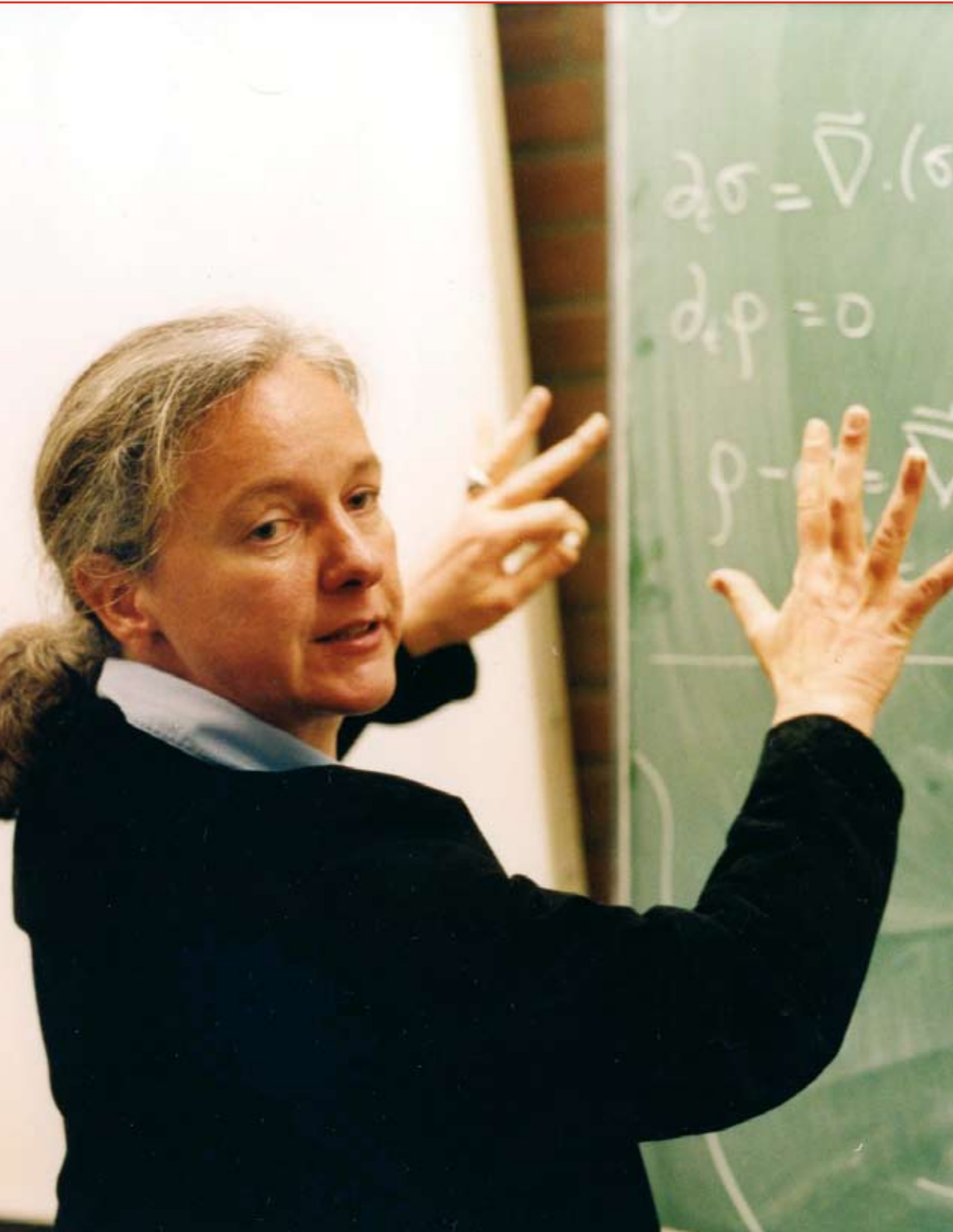
Jan Karel Lenstra
Algemeen directeur

Deel 1



INSTITUTEN VOOR LANGLOPEND ONDERZOEK spelen een essentiële rol in het realiseren van nationale en Europese kennisdoelstellingen. Het zijn broedplaatsen voor hoogleraren en generatoren van kennis. Dat geldt bij uitstek voor het CWI, dat succesvol opereert op de grensvlakken van wiskunde en informatica en van fundamenteel en toegepast onderzoek. Om de positie als excellent onderzoeksinstituut verder te versterken bundelt het CWI zijn onderzoek de komende jaren in vier maatschappelijke thema's en versterkt het nationale en internationale samenwerking. Het investeert in onderzoekers en in de vrije uitwisseling van hun kennis en ideeën.





Deel 1

CWI nu en in 2012

Wat het CWI nu is

Het CWI is het nationale onderzoekscentrum voor wiskunde en informatica in Nederland. Dat zijn we sinds 1946. Een kruispunt van kennis en een kraamkamer voor hoogleraren. Onze kracht ligt in het vermogen om nieuwe ontwikkelingen in wiskunde en informatica te onderkennen, naar Nederland te halen en onze expertise te laten doorstromen naar wetenschap en industrie. Dat laatste doen we via publicaties, open-sourcesoftware, samenwerkingsverbanden en bovenal via CWI-onderzoekers die uitstromen naar bedrijven en universiteiten. Het CWI wordt afgerekend op kwaliteit én doorstroming. We leverden al 170 hoogleraren, waarmee we in Nederland veruit het succesvolste instituut zijn voor hoogleraren-in-opleiding.

Het CWI concentreert zich op wiskunde en informatica die elkaar wederzijds bezielen: op algoritmische wiskunde, gericht op modelleren, analyseren, simuleren en optimaliseren. En op kerninformatica, zoals complexiteit en algoritmen, softwaretechnologie en databasearchitectuur. Het CWI is uniek in deze bundeling van onderzoek op het grensvlak tussen wiskunde en informatica. Een vruchtbaar onderzoeksterrein, waar-

van de opbrengst breed toepasbaar is. Wiskunde en informatica blijken keer op keer verbazingwekkend doeltreffend en overdraagbaar. Zo is onderzoek geïnspireerd door logistieke vragen uitstekend bruikbaar in de bio-informatica. Analysemethoden uit de bio-informatica zijn weer toepasbaar in zoekmachines als Google.

Het CWI is een kruispunt van kennis en een kraamkamer voor hoogleraren.



Die overdraagbaarheid is een essentiële eigenschap. Wiskunde en informatica slaan een brug tussen verschillende wetenschappelijke disciplines en manifesteren zich steeds meer als parapluwetenschappen voor alfa, bèta en gamma. Een aanpak gebaseerd op modelleren en simuleren is onmiskenbaar een derde pijler van wetenschapsbeoefening geworden, naast theorie en experiment. Het belang daarvan is evident: negen van de tien Spinozapremies gaan naar onderzoekers die modelleren en simuleren.

Wiskunde en informatica scheppen de mogelijkheid voor een transversale uitwisseling van modellen en methoden. Ze ontwikkelen zich tot een onmisbare partner in iedere discipline, richtinggevend en tegelijk dienstbaar. Deze universaliteit wordt weerspiegeld in de rol van ICT als de innovatie-as waar het in de sleutelgebieden van de economie om draait.

Het CWI richt zich op fundamenteel onderzoek geïnspireerd door praktische vraagstellingen. Ook deze consequente keuze geeft het CWI een eigen gezicht in het Nederlandse onderzoeksveld. Een eigen positie naast universiteiten (gericht op onderwijs en fundamenteel onderzoek) en TNO en de grote technologische instituten (gericht op toegepast onderzoek en implementatie). Maatschappelijke thema's inspireren ons tot het stellen en bestuderen van fundamentele vragen. Onderzoek dat weer tot grensverleggende oplossingen leidt voor praktische problemen van samenleving, handel en industrie.

Die wisselwerking leverde ons veel wapenfeiten waar we trots op zijn. Bij het CWI werd de vleugel van de Fokker Friendship doorgerekend, het mooiste Nederlandse ontwerp van de twintigste eeuw. Bij het CWI werd Python ontwikkeld, de taal waarin Google is geprogrammeerd en waarin de visuele effecten van de Star Wars-films werden gemaakt. Bij het CWI doen we aan procesinnovatie voorbij de technologische grenzen. Het CWI stond aan de wieg van internet: cwi.nl is de oudste landendomeinnaam ter wereld.

Wiskunde en informatica zijn verbazingwekkend doeltreffend en overdraagbaar.



De spanning tussen fundamenteel en toegepast onderzoek is voor ons een bron van inspiratie, geen punt van zorg. Elke vraag, hoe fundamenteel ook, komt voort uit een praktische vraagstelling. Zo paste het CWI combinatorische algoritmie toe op de treinenloop van de Nederlandse Spoorwegen: op het bestaande spoor-net en met hetzelfde materieel kunnen zo frequentere treindiensten worden uitgevoerd. Het Nederlands Forensisch Instituut gebruikt query- en XML-technieken

Het CWI concentreert zich op wiskunde en informatica die elkaar bezielen.

van het CWI om in beslag genomen harde schijven te kunnen doorlichten. Met nieuwe 3D-visualisatietechnieken van het CWI kun-

nen medici beter tumorcellen herkennen. Grensverlegende wiskunde en informatica met een concreet doel.

Met 50 vaste onderzoekers, 40 postdocs en 65 promovendi is het CWI een compact instituut. Daarmee slagen we er al decennia in een zwaartepunt te vormen in het Nederlandse wiskunde- en informaticaonderzoek. Dat is mede mogelijk doordat de wetenschappelijke activiteit van het instituut de bindende factor is voor een bijzondere gemeenschap, met een cultuur waarbinnen wetenschappelijk talent tot ontwikkeling komt. Medewerkers van het CWI kunnen zich, gedurende een cruciale periode in hun carrière, vrijwel volledig concentreren op hun wetenschappelijke arbeid en hun netwerk, en zich daarmee internationaal profileren.

Van de 170 hoogleraren die het CWI aan universiteiten in binnen- en buitenland leverde, zijn er 120 nog in functie. Onderzoekers die vaak intensieve contacten zijn blijven onderhouden met ons en die hun leerstoel

Negen van de tien Spinozapremies gaan naar onderzoekers die modelleren en simuleren.

soms combineren met een parttime betrekking aan het CWI. Dit netwerk versterkt onze positie als kruispunt van kennis en contacten

en werkt als magneet voor wetenschappelijk talent. Het CWI fungeert nu als een ontmoetingsplaats voor onderzoekers vanuit de hele wereld. Aan het CWI

werken onderzoekers met 25 tot 30 verschillende nationaliteiten.

De ontwikkeling

De sterke fixatie op snelle exploitatie van wetenschappelijke resultaten speelde het wiskunde- en informatica-onderzoek de afgelopen jaren parten. De internetzeepbel droeg aan die fixatie bij. De Europese infrastructuur voor langlopend onderzoek liep ernstige schade op door de nadruk binnen de EU-raamwerkprogramma's op onderzoek dicht bij de markt. Universiteiten moesten hun faculteiten inkrimpen. Ook de industriële R&D vertoont al jaren een verschuiving naar kortlopend marktgericht onderzoek. Onderzoek dat bovendien steeds vaker ver buiten Europa wordt uitgevoerd. De verzwakking van het fundamentele onderzoek naar wiskunde en informatica valt op een moment dat deze disciplines juist een sleutelrol veroveren in de economie: van betaalsystemen en cryptografie tot telecommunicatie en optiehandel, en van openbaar vervoer en internet tot waterhuishouding en meteorologie.

Fundamenteel onderzoek loopt op de toepassingen vooruit. Een land dat zijn onderzoek puur door de vraag laat leiden raakt achterop. Onderzoek gedreven door nieuwsgierigheid is de bron van alle vernieuwing. Terecht haalt het Innovatieplatform in de *Kennisinvesteringsagenda 2006–2016* de stellingname van de Europese Commissie aan dat wiskunde en digitale vaardigheden sleutelcompetenties zijn. Terecht ook pleit het platform voor speerpunten in de wetenschap die tot de wereldtop (blijven) behoren.

In *Investeren in dynamiek* en *Wetenschap gewaardeerd* bepleiten de Commissie Chang en NWO substantiële extra investeringen in kennis. De Commissie Chang wil 500 miljoen euro extra voor fundamenteel onderzoek. NWO constateert in haar strategie 2007–2010 het grote belang van een snelle interactie van zuiver fundamenteel en toegepast onderzoek. En van kruisbestuiving op het grensvlak van verschillende disciplines. Ook de EU-agenda 2004–2009, de zogeheten Lissabon-



cwi.nl is de oudste landendomeinnaam ter wereld.

agenda, signaleert de verwaarlozing van het fundamenteel onderzoek als basis voor economische groei. Ook hier met implicaties voor onderzoeksfinanciering en -strategie.

Het CWI en vergelijkbare instituten voor langlopend onderzoek leveren de vereiste focus en massa. Ze zorgen voor de rust en lucht in het onderzoekslandschap.

Ze vormen een essentiële factor in het bereiken van nationale en Europese kennisdoelstellingen.

Langlopend fundamenteel onderzoek met een open oog voor grensverleggende toepassingen is een katalysator voor verdergaande economische groei en een voorwaarde voor voortgaande innovatie.

We speelden een regisserende rol bij de oprichting van de wiskundeclusters die voortvloeiden uit *Nieuwe dimensies, ruimer bereik*, de nationale strategie voor wiskundeonderzoek. Zelf zijn we partner in twee van de drie opgerichte clusters: Nonlinear Dynamics of Natural Systems (NDNS+) en Discrete, Interactive and Algorithmic Mathematics, Algebra and Number Theory (DIAMANT). Het CWI was ook nauw betrokken bij het opstellen van *Met vaste hand*, de nationale onderzoeksagenda voor ICT 2005–2010. We participeren in zes van de negen thema's: de data-explosie, digitale veiligheid, de genetwerkte wereld, het virtuele laboratorium, intelligente systemen en methoden voor ontwerpen en bouwen.

Waar het CWI in 2012 wil staan

Begin 2005 beoordeelde een internationale evaluatiecommissie het CWI als excellent. "Het CWI is een sterk onderzoeksinstituut met hoog gekwalificeerde onderzoekers die werken op zeer relevante onderzoeks-thema's", aldus de commissie. "De symbiose die het CWI bereikt door wiskundigen en informatici onder één dak te huisvesten, en de zorgvuldige balans van fundamenteel en toegepast onderzoek, geven het een



Onze onderzoeksthema's raken de kern van de samenleving.

sterke, zo niet unieke, positie in het internationale onderzoekslandschap.” CWI-onderzoekers ontvingen de afgelopen jaren Veni-, Vidi- en Vici-vernieuwingsimpulsen. Alexander Schrijver kreeg de Spinozapremie. We hebben het grensverleggend onderzoek in wiskunde en informatica in de afgelopen tien jaar op een hoog peil kunnen handhaven: het CWI behoort samen met een aantal andere Europese instituten, zoals de Max Planck instituten en het Franse INRIA, nu tot de ruggengraat van het Europese onderzoek.

Cohesie en flexibiliteit van het CWI-onderzoek nemen toe doordat we de dwarsverbanden binnen het onderzoek op alle niveaus versterken en de coördinatie van onderzoeksactiviteiten vergroten. De toepasbaarheid van het onderzoek zullen we verder verhogen door de buitenwereld nauwer te betrekken bij het opstellen van onze onderzoeksagenda. We vergroten het uitstralings-effect van het CWI door de uitstroom van medewerkers naar sleutelposities aan universiteiten en industrie verder te stimuleren. Tegelijkertijd zullen wij er alles aan doen om de door ons verworven positie aan het front van het onderzoek te behouden, en waar mogelijk te versterken.

Het behoud van de wetenschappelijke positie van het CWI in de wereld vraagt om keuzes en investeringen, zeker in het licht van de snelle internationale ontwikkeling. Om krachten te bundelen laten we de onderzoeksstrategie van het CWI de komende jaren bepalen door vier maatschappelijke themagebieden van nationaal en mondiaal belang.





Aard- & levenswetenschappen. In het geo- en bio-onderzoek maken klassieke experimenten steeds vaker plaats voor modelleren en simuleren. Cruciaal zijn deze methoden de komende jaren in de celbiologie en bij het onderzoek naar grootschalige ecologische systemen.



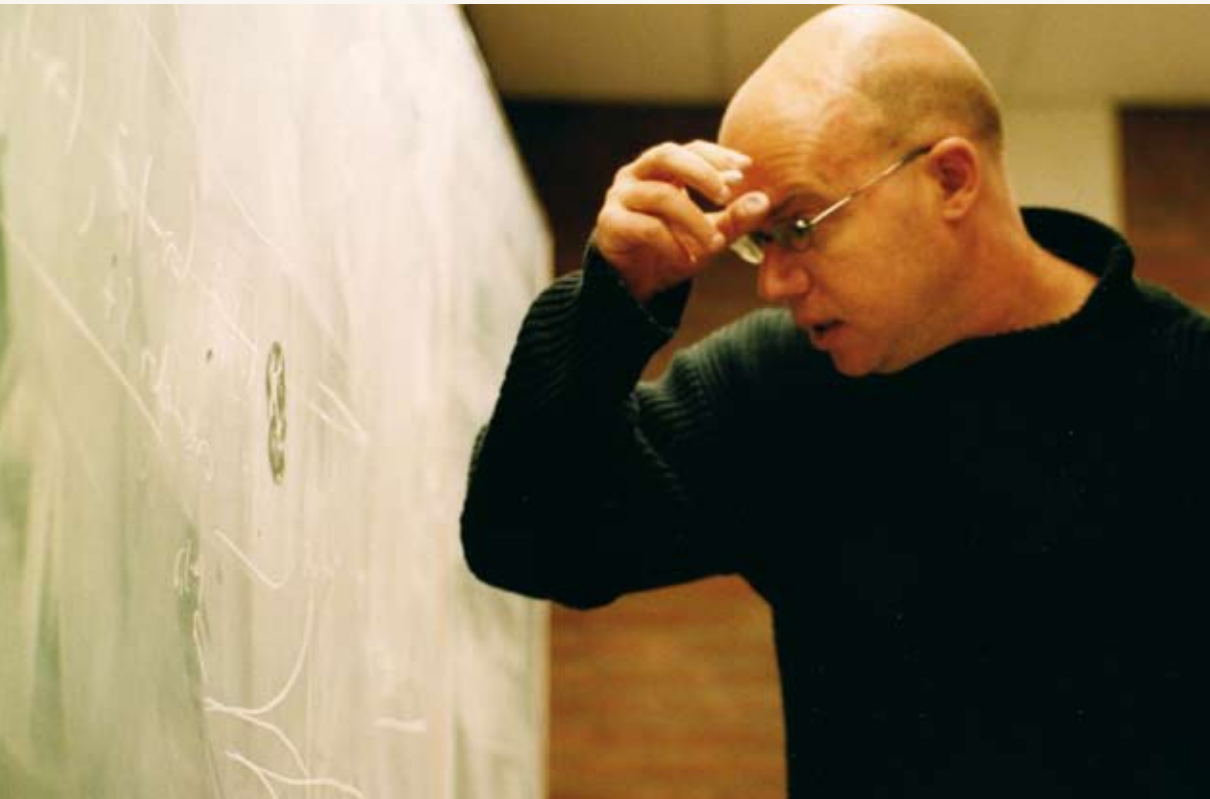
De data-explosie. De explosie van de hoeveelheid data stelt samenleving en wetenschap voor nieuwe vraagstukken. Hoe halen we uit de stortvloed aan gegevens compacte informatie? Er is grote behoefte aan modellen, methoden en technieken om de databerg te ontsluiten, te doorzoeken en te beheren.



Maatschappelijke logistiek. Een efficiënte en flexibele organisatie van logistieke processen zoals verkeer en vervoer, goederenstromen en publieke diensten is essentieel om de samenleving draaiende te houden. Fundamenteel onderzoek levert principes en methoden die breed toepasbaar zijn.



Software als service. Door de opkomst van digitale dienstverlening evolueert software van product tot dienst. Veilige en betrouwbare toepassing van los gekoppelde gedistribueerde applicaties is van toenemend economisch belang en vraagt om onderzoek naar service-oriented computing.



De vier themagebieden raken de kern van de samenleving met fundamenteel onderzoek dat de komende jaren bijdraagt aan ons inzicht in thema's als gezondheid, klimaat, congestie, bereikbaarheid, veiligheid, service en efficiëntie. Ze sluiten aan op de thema's in de NWO-strategie. Het is onderzoek met een sterke onderlinge samenhang dat een stevige basis heeft in de bestaande expertise, dwars door het CWI heen. Concrete toepassingsgebieden helpen het CWI om ideeën en methoden snel volwassen te maken.

Door het bestaande en toekomstige onderzoek in de hoofdthema's te bundelen verhogen we de wetenschappelijke slagkracht van het CWI. De thema's versterken de samenwerking binnen het instituut. Ze zorgen voor cohesie en kruisbestuiving binnen het onderzoek. Binnen elk van de vier hoofdthema's zoeken en intensiveren we samenwerking met externe partijen. In deel 2 komen de vier CWI-thema's nader aan de orde.

Ontwikkeling van de wetenschappelijke activiteit gaat hand in hand met een organisatorische ontwikkeling. Voor de komende jaren volgen we daarbij een aantal hoofdlijnen waarbij het personeel centraal staat. Zowel letterlijk als figuurlijk scheppen we extra ruimte voor medewerkers: met een nieuwe vleugel aan ons gebouw, die in 2009 gereed zal zijn, met meer ruimte voor ontmoeting en discussie en met uitbreiding van de voorzieningen voor sabbaticals en traineeships. We streven naar verdere verhoging van de kwaliteit, mobiliteit en flexibiliteit van de onderzoekers die aan het instituut zijn verbonden. We streven naar meer vrouwelijke onderzoekers. Aandacht is er de komende jaren ook voor de externe zichtbaarheid en toegankelijkheid van het instituut.

Krachtenbundeling

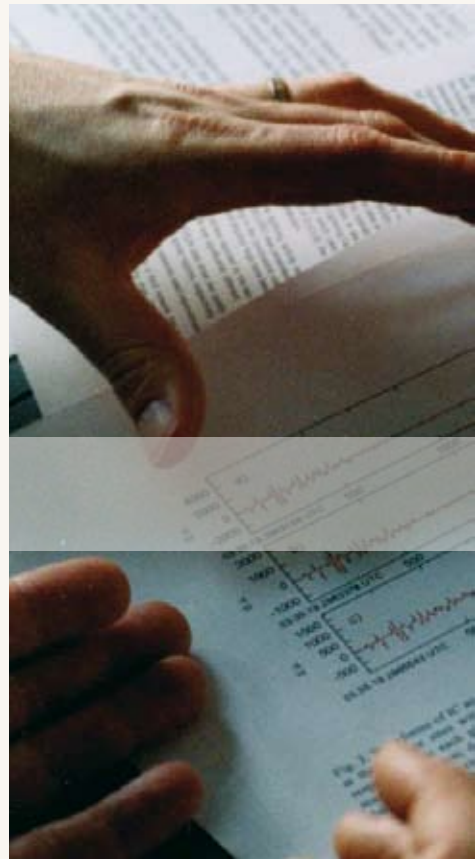
Het CWI is partner van het Telematica Instituut in Enschede, dat in 1998 is opgericht in een poging om een interdisciplinaire ontmoetingsplaats te vormen voor de informatica, telematica en e-commerce. We onderhouden ook nauwe banden met EURANDOM,



het onderzoeksinstituut voor stochastiek in Eindhoven. Het is de bedoeling deze banden de komende tijd nauwer aan te halen. We participeren in e-Quality, een samenwerking met NIRICT en TNO-ICT, en het Nederlands Instituut voor Systeem Biologie (NISB), een samenwerking met UvA, VU en Amolf. We zullen programmasamenwerking blijven opzetten en bevorderen met instituten en bedrijven die zich bezighouden met kortlopend onderzoek. Om innovaties van het CWI marktrijp te maken, bouwen we de komende jaren vaste relaties met technologische instituten: preferred partners die de beste kansen bieden voor een snelle en succesvolle marktintroductie.

Op zoek naar samenwerking richten we ons zeker niet alleen op Nederland. Het CWI is medeoprichter van ERCIM, het European Research Consortium for Informatics and Mathematics, dat samenwerking bevordert binnen de Europese onderzoeksgemeenschap en met de Europese industrie. Binnen ERCIM werken achttien instituten en consortia uit evenveel Europese landen, samen meer dan twaalfduizend onderzoekers. ERCIM heeft het succesvolle Alain Bensoussan-postdoc-fellowshipprogramma, en bevordert het netwerk en de mobiliteit van onderzoekers.

We proberen de komende jaren samen met andere ERCIM-partners de greep te versterken op de Europese ICT-strategiebepaling. Het CWI kijkt uit naar de bundeling van de fondsen voor fundamenteel onderzoek in de European Research Council (ERC). Met de ERC maakt Europa een vuist voor wetenschappelijke kwaliteit in plaats van evenredige verdeling over lidstaten. Het CWI zal zich daarbij succesvol onderscheiden. We verbreden de blik ook buiten Europa. We bekijken de mogelijkheden voor een vruchtbare samenwerking met onderzoekscentra en universiteiten in opkomende landen in Zuidoost-Azië en Zuid-Amerika. Promovendi en postdocs uit die landen zijn welkom bij het CWI. Een intensiever uitwisselingsprogramma staat op de agenda.

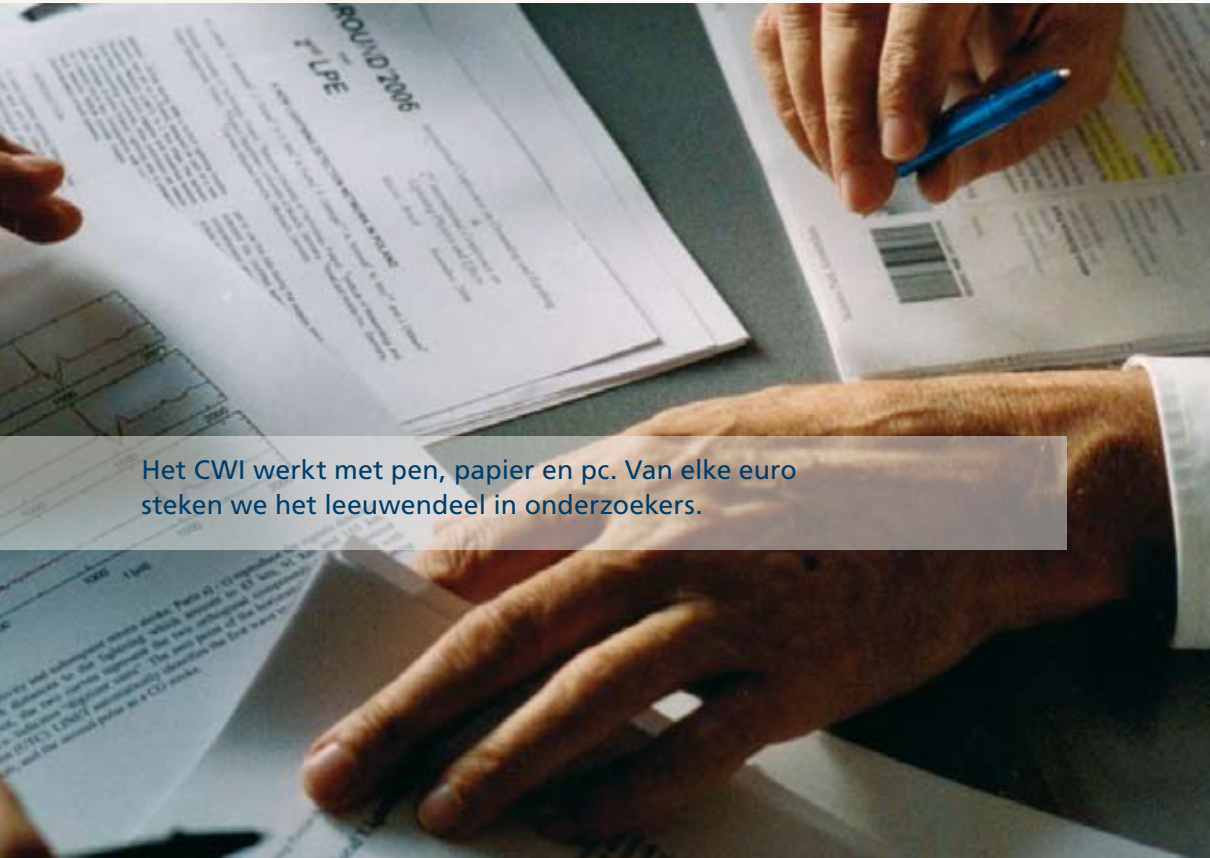


Strategische investering

Het CWI werkt met pen, papier en pc. Van elke euro steken we het leeuwendeel in onderzoekers. Onderzoekers die een zeer kosteneffectieve bijdrage leveren aan wetenschap en economie. Daarom willen we de komende jaren extra investeren in ons onderzoek.

De financiële huishouding van het CWI is op orde. De marktverwachtingen voor de komende jaren zijn stabiel. Er is potentie om het aantal tijdelijke functies, gefinancierd uit projectgeld, te laten stijgen tot 160 postdocs en promovendi. Daarmee zal het CWI zijn ambities volledig realiseren en een optimale grootte bereiken voor interne dynamiek en kruisbestuiving en voor krachtenbundeling met externe partners. Dit zal de slagkracht van het CWI verder verhogen.

Om de noodzakelijke speelruimte te scheppen voor deze groei, heeft het CWI eigen middelen nodig. Het CWI is rijp om te groeien. Dit is het moment voor een sprong.



Het CWI werkt met pen, papier en pc. Van elke euro steken we het leeuwendeel in onderzoekers.

Deel 2



HET CWI BUNDELT DE KOMENDE JAREN ONDERZOEK in vier maatschappelijke themagebieden. Gebieden die onderling samenhangen en een stevige basis vinden in de bestaande expertise, dwars door het CWI heen. Concrete toepassingsgebieden helpen het CWI om ideeën en methoden snel volwassen te maken.





Deel 2

Vier hoofdthema's

De snelle ontwikkeling van het internationale onderzoek vraagt van het CWI krachtenbundeling en heldere onderzoekskeuzes. We laten de onderzoeksstrategie van het CWI de komende jaren bepalen door vier maatschappelijke themagebieden van nationaal en mondiaal belang. Binnen het thema *Aard- & levenswetenschappen* werken we aan de wetenschappelijke basis van kennis over de aarde en duurzaamheid en over de fundamenteën van leven en gezondheid. Binnen het thema *Maatschappelijke logistiek* houden we ons bezig met grensverleggende oplossingen voor de knelpunten in de samenleving: van de treinenloop tot files en van wachtlijsten in de gezondheidszorg tot de inrichting van communicatienetwerken. Binnen de thema's *Data-explosie* en *Software als service* werken we aan de basis van de informatiesamenleving: hoe organiseren we data en software om als samenleving optimaal kennis te kunnen verwerven? En hoe verspreiden, delen en combineren we kennis op een efficiënte manier waarbij de integriteit en vertrouwelijkheid gewaarborgd zijn?



Aard- & levenswetenschappen

Om onze planeet te kunnen beschermen tegen bedreigingen moeten we de dynamiek doorgronden van de atmosfeer, de zeeën en oceanen en de bodem. Dat zijn uiterst complexe systemen die een grote uitdaging vormen voor wiskunde en informatica. Om verder te

komen zijn nieuwe geavanceerde wiskundige modellen en computersimulaties onontbeerlijk. Onder aardwetenschappers heerst enthousiasme over de succesvolle toepassing van onze disciplines in hun vakgebied.

Wiskunde en informatica hebben ook een sleutelrol te vervullen in de levenswetenschappen. Wat is leven? Wat is het schakelschema van de cel? Welke component van welk DNA-molecuul bepaalt of je bruin haar hebt? Van dergelijke vragen komt de beantwoording binnen ons bereik. De ontrafeling van de genetische code en de ontdekking van de volgorde in het genoom zorgen voor een explosieve ontwikkeling van alle biologische en medische disciplines die zich bezighouden met processen op cel- en moleculair niveau. De gezamenlijke activiteit heeft voor een nieuwe en grotendeels onontgonnen benadering van de biologie gezorgd. Deze systeembioïologie is voor het CWI een bron van inspiratie.

Biologische processen spelen zich af op verschillende tijdschalen, met een grote complexiteit en een grote variatie aan dichtheden en mechanismen. De analyse en simulatie van deze processen vergt een breed scala aan wiskundige en informaticagereedschappen: van kwalitatieve analyse, waarbij informatica, algoritmiek, statistiek en kansrekening, discrete wiskunde en optimalisering van belang zijn, tot kwantitatieve en voorspellende modellering met een zwaar beroep op numerieke wiskunde, analyse, systeem- en regeltheorie en algoritmiek. En van information retrieval tot databasetechnologie en data-mining, voor efficiënte en systematische opslag, bewerking en analyse van de enorme stromen aan onderzoeksgegevens. Behoeft is er ten slotte aan geavanceerde visualisatiemiddelen om onderzoekers in staat te stellen in een virtueel laboratorium complexe systemen en processen te bestuderen.

Onze ambitie

De levenswetenschappers zijn nu nog vaak onbekend met de hulpmiddelen uit wiskunde en informatica. Die



voorbeeld

Grofkorrelige dynamica in klimaatsimulaties

Het klimaat op aarde is een uiterst complex systeem met uiteenlopende componenten, zoals atmosferische circulatie en oceaancirculatie, zonnestraling en de reflectie ervan door wolkendekken en ijskappen, om er een paar te noemen. Het gaat veelal om enorme krachten, die in een delicaat evenwicht verkeren. Het systeem is op de lange termijn opmerkelijk stabiel. Desalniettemin is het gedrag van het klimaat op detailniveau chaotisch. Het is gevoelig voor kleine verstoringen (het vlindereffect) en uiterst lastig te voorspellen. Typische klimaatsimulaties beslaan doorgaans een periode van honderd jaar of meer. Ter vergelijking: het weer heeft een voorspelbaarheid van hooguit twee weken. Doordat kleine afwijkingen in de computersimulatie de uitkomst voortdurend verstoren kunnen klimaatsimulaties nooit precies zijn. Het is daarom van cruciaal belang om methoden te ontwikkelen die getrouw het onderliggende, grofkorrelige gedrag van het systeem kunnen reproduceren, methoden die de dynamische evenwichten van het klimaat respecteren, op de korte termijn nauwkeurige voorspellingen leveren en fysiek plausibel gedrag vertonen.

voorbeeld

Op zoek naar de vingerafdruk van ziektes

Inzicht in het menselijk genoom en in de celbiologische processen vergroot de komende jaren in rap tempo ons inzicht in de oorzaken van ziekten. Medici willen die kennis graag inzetten voor goedkope en snelle diagnostische tests waarmee huisartsen en ziekenhuizen eerder, beter en grootschaliger op ziekten, en de aanleg voor ziekten, kunnen screenen. Er is ook behoefte aan tests om te bepalen welk geneesmiddel het beste zal aanslaan. Methoden uit de combinatoriek en algoritmiëk zullen een sleutelrol spelen om de beste combinatie van genetische en celbiologische kentallen te bepalen waaraan een ziekte of de aanleg daarvoor kan worden herkend. Er is grote belangstelling bij farmaceutische bedrijven en fabrikanten van medische apparatuur voor de wiskunde en informatica om deze vingerafdrukken te vinden.

kloof is een grote uitdaging voor het CWI. Interdisciplinaire onderzoeksprojecten helpen om de barrières te slechten, de kennis te bundelen en de samenwerking tot bloei te brengen. We willen daarin een leidende rol spelen.

Er moet een nieuwe generatie onderzoekers worden opgeleid: experts in modelleren en simuleren die bereid zijn te denken vanuit biologische vragen. Onze analytici en numerici hebben al een goede start gemaakt. Hun werk staat inmiddels in de belangstelling in de aard- en levenswetenschappen. In de bio-informatica heeft Nederland een achterstand. We zoeken in het buitenland actief naar algoritmicen en statistici die de kloof kunnen overbruggen.

Waar mogelijk intensiveren en verbreden we de bestaande samenwerking met genetici, celbiologen, medici en onderzoekers van Erasmus MC, het Centraal Bureau voor Schimmelculturen en INRIA-Les Alpes en binnen het NISB en andere dergelijke initiatieven.

Binnen het thema aardwetenschappen werkt het CWI onder andere aan wiskunde gericht op de geofysische vloeistofdynamica en de oceanografie. Dat gebeurt in samenspraak met onderzoekers van klimatologische en meteorologische instituten. Er wordt intensief gebruik gemaakt van recente inzichten uit de theorie van de dynamische systemen en uit de zogeheten geometrische numerieke integratie. Bij deze vorm van numerieke integratie worden concepten toegepast die al succesvol gebruikt zijn in de moleculaire dynamica. Recent



CWI-onderzoek is er ondermeer op gericht te garanderen dat de globale energiestromen in het klimaatsysteem, en tussen de verschillende componenten in het systeem, correct gesimuleerd worden. Correcte simulatie is een noodzakelijke voorwaarde voor betrouwbaar simuleren op de klimatologische tijdschaal.

Impact

De systeembioogie beoogt een geïntegreerde benadering van de bouwstenen van het leven, van moleculen tot cellen en tot organen. Deze integratie heeft als doel uitzicht op nieuwe medicijnen en verbeterde voedselproductie en wordt mede daarom aangemerkt als een van de belangrijkste wetenschappelijke ontwikkelingen van de 21e eeuw.

Naast biologie, chemie en fysica is in de systeembioogie een belangrijke rol weggelegd voor wiskunde en informatica. De ontrafeling van de genetische code en de ontdekking van de volgorde in het genoom zijn reeds voor een belangrijk deel te danken aan de inbreng van deze disciplines.

Het onderzoek binnen het thema *Aard- & levenswetenschappen* is fundamenteel en zal niet alleen van grote waarde zijn voor de aard- en levenswetenschappen zelf



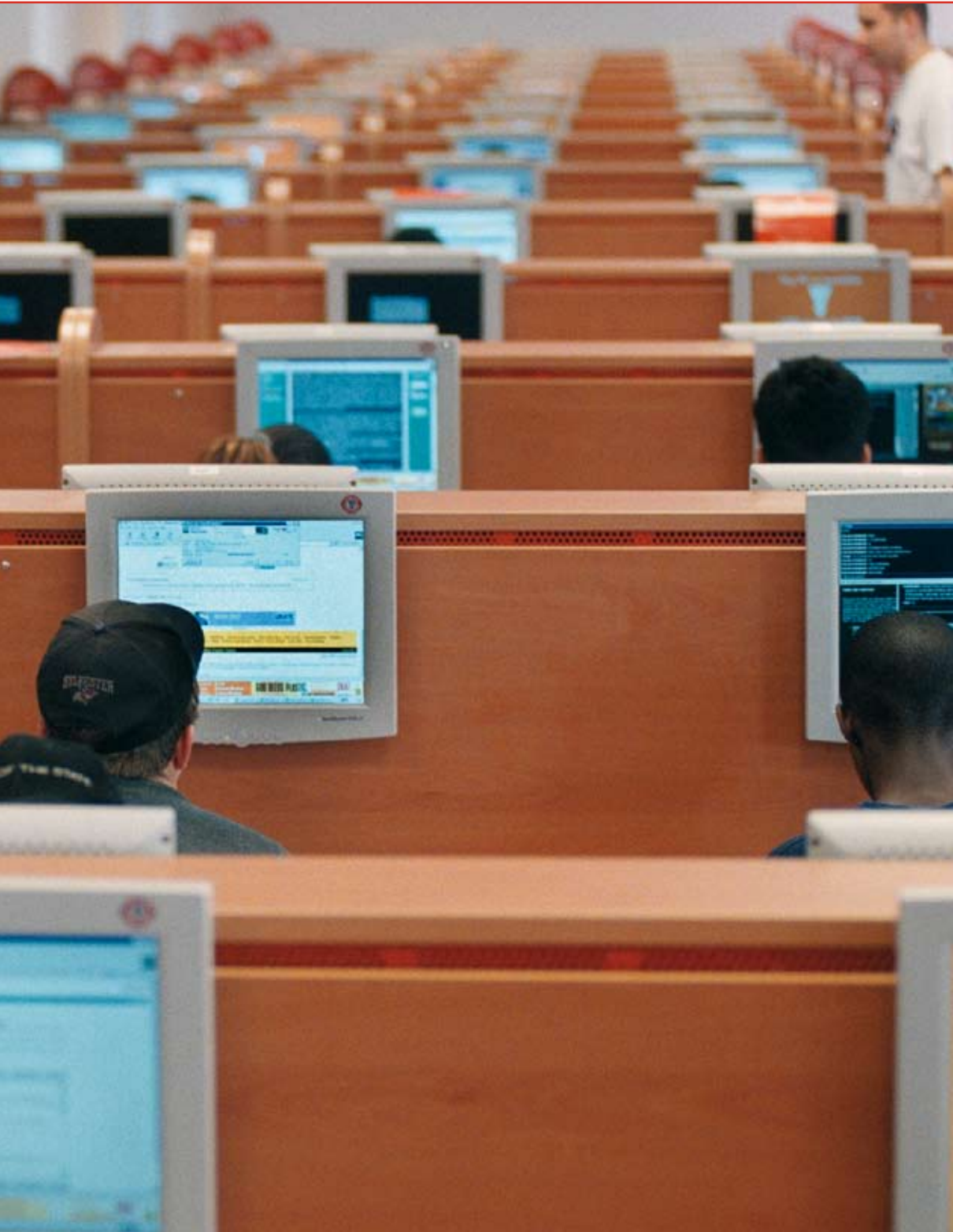
◆ uitdaging


Tumorgroei eerder opsporen

Een belangrijk hulpmiddel voor de systeembioïogie is de *silicon-cell*: een metafoor voor een ambitieus computermodel waarin de belangrijkste processen in een levende cel gesimuleerd kunnen worden. Dergelijke simulaties zullen het inzicht van celbiologen vergroten in hoe cellen functioneren. Zo kan de silicon-cell er aan bijdragen dat we tumorgroei in een eerder stadium kunnen opsporen en effectief behandelen. Ze zullen ook farmaceutische bedrijven kunnen helpen om doelgericht nieuwe geneesmiddelen te ontwikkelen en om celbiologie in te zetten om ze te produceren. Vanwege het grote maatschappelijke belang wil het CWI toekomstige extra middelen investeren in onze bijdrage aan dit onderzoek. Het onderzoek voor silicon-cell vergt de ontwikkeling van geavanceerde wiskundige modellen voor de vele biochemische reactienetwerken van de cel, grondige wiskundige analyse van de dynamica van deze netwerken, en intelligente algoritmen geschikt voor computersimulatie. Het vergt ook het verzamelen van grote hoeveelheden experimentele gegevens om de modellen te kunnen ijken en valideren.

en voor biomedische toepassingen, maar ook daarbuiten. Het zal leiden tot vruchtbaar nieuw onderzoek in de wiskunde en informatica. Zo zijn analysemethoden uit de bio-informatica reeds toegepast in webbrowsers als Google, om automatisch de betekenis van zoektermen vast te stellen.







 voorbeeld

Computers leegschudden voor forensisch onderzoek

In beslag genomen computers bevatten vaak een schat aan gegevens voor politie en justitie. Door gegevens te combineren uit bijvoorbeeld elektronische agenda's, e-mails en logbestanden van browsers en Skype kan veel informatie worden verzameld over de handel en wandel van criminelen. De analyse is echter specialistisch werk en zeer arbeidsintensief. Het CWI ontwikkelde voor het Nederlands Forensisch Instituut het XIRAF-systeem, dat een groot aantal harde schijven kan leegzuigen, decrypten en alle data in een applicatieonafhankelijk formaat in een XML-database onderbrengen. Via CWI's eigen snelle Xquery-interface op MonetDB kan een forensisch medewerker de XML-data snel met specifieke vragen doorzoeken.


 voorbeeld

Toerist brengt via webapplicatie walvissen in kaart

Walvissen zijn dikwijls te herkennen aan vlekken op en beschadigingen aan hun staart. Met beeldherkenning, ontwikkeld door het CWI, kunnen individuele dieren worden herkend op foto's. Biologen kunnen hun routes zo veel beter in kaart


De data-explosie

Volgens voorzichtige schattingen verdubbelt jaarlijks de hoeveelheid opgeslagen gegevens. De data-explosie stelt wetenschap en samenleving voor nieuwe vraagstukken. Steeds vaker gaat het om petabytes aan data. Een petabyte (10^9 megabyte) is de hoeveelheid data van 1,4 miljoen cd-roms. Hoe halen we uit zo'n stortvloed aan gegevens compacte informatie?

Wetenschap, bedrijfsleven, overheid en burgers hebben een snel groeiende behoefte aan modellen, methoden en technieken om de databerg te beheren, te doorzoeken en te ontsluiten. Het enorme succes van Google bij het doorzoeken van teksten op het web en op de eigen desktop laat zien hoe urgent de behoefte is. Ook meer gespecialiseerde systemen voor het beheer en de ontsluiting van bijvoorbeeld video, muziek en foto's worden snel gemeengoed. Het is een belangrijke uitdaging voor informatica en wiskunde om methoden te ontwikkelen waarmee we de ontwikkelingen in de samenleving voorblijven.

Onze ambitie

Het onderzoeksthema sluit nauw aan bij de CWI-expertise in data-management en learning. Dat laatste is statistiek in een nieuwe jas: statistiek begint met een model van de structuur van een dataset, learning gaat uit van de data zelf. Data waarin de structuur nog moet worden ontdekt. Het CWI wil een leidende positie opbouwen bij de ontwikkeling van technologie om de data-explosie het hoofd te bieden. Daartoe zullen we de krachten bundelen van onze onderzoeksgroepen op deze gebieden.

Op verschillende niveaus houden we ons de komende jaren intensief met het thema bezig. Zo stelt onze relationele-databasetechnologie MonetDB ons in staat om ideeën en nieuwe technologieën op een volwaardig praktijkniveau te beproeven. MonetDB wordt in zeer uiteenlopende projecten toegepast, variërend van het beheer van astronomische gegevens en geodata tot multimediatekstbestanden en forensische informatie. Een van de uitdagingen is de ontwikkeling van een methode van data-opslag waarbij gezocht kan worden naar verbanden in grote hoeveelheden snel wisselende informatie, bijvoorbeeld om razendsnel fraude te kunnen opsporen in een financieel transactiesysteem.

Nieuwe technieken maken het mogelijk kennis te vergaren uit zeer omvangrijke datastromen. Dat biedt nieuwe kansen. We breiden onze prominente positie in databasetechnologie uit naar sensorgebaseerde systemen, variërend van body networks tot grote gedistribueerde wetenschappelijke, experimentele opstellingen zoals de LOFAR-radiotelescoop, een netwerk van tienduizenden radioantennes. We zijn actief bij de ontwikkeling van de techniek voor peer-to-peer netwerken waarin onderzoekers hun informatie delen. We werken ook aan het concept SenseNets, waarbij de knooppunten van een camera of sensornetwerk een rol spelen bij het selecteren en verrijken van hun eigen en elkaars data. Zo kan in een netwerk met observatiecamera's het aantal valse meldingen sterk worden teruggebracht, waardoor geautomatiseerde surveillance op grote schaal mogelijk wordt.

Het CWI ontwikkelt semantische technieken om grote databestanden automatisch te structureren, afhankelijk van de vragen die gebruikers stellen. Met semantische technieken kunnen grote, slecht gestructureerde dataverzamelingen worden doorzocht, die samengesteld kunnen zijn uit een groot aantal losse databestanden. Zo kan de fragmentatie worden aangepakt die ontstaat doordat in wetenschap en bedrijfsleven vaak allerlei verschillende databestanden naast elkaar worden gehanteerd. Het CWI coördineert de ontwikkeling van

brenge. Zeker omdat ze het brede publiek daarbij kunnen betrekken. Samen met het Institute of Environmental Sciences CML te Leiden ontwikkelt het CWI een website waar zeevarenden en vakantiegangers hun foto's kunnen uploaden voor automatische identificatie. De techniek zal ingezet worden om ook andere dieren te volgen, zoals dolfijnen en olifanten. De ervaring draagt bij aan breed toepasbare technieken voor het catalogiseren en bewaken van biodiversiteit.

voorbeeld

Cultuurwijzer.nl

Het domein van cultureel erfgoed biedt vruchtbare grond voor onderzoek naar semantisch gestuurde interfaces. Samen met groepen aan VU en UvA werkt het CWI voor het kennisplatform Digitaal Erfgoed Nederland aan een Nederlands cultuurweb. De site moet kunstkenneren en conservatoren toegang bieden tot de gemeenschappelijke data in een groot aantal bestanden met beelden van kunstwerken en met onderliggende gegevens over kunst, etnologie en taal. Via semantische webtechnieken kan uit dit bestand gestructureerde informatie worden gehaald. De techniek verschaft de mogelijkheid om interpretaties verschillend te presenteren aan verschillende groepen gebruikers. Curatoren krijgen andere informatie dan museumbezoekers.

◆ uitdaging

De digitale tijdmachine

Onze wereld, samenleving en cultuur laten zich in steeds ruimere mate digitaal vastleggen. Dit schept de mogelijkheden om onderzoek te starten naar de constructie van een digitale tijdmachine. Een softwarearchitectuur en infrastructuur waarbij media, tijd en plaats samenvloeien in één digitale registratie van onze wereld. Een digitale tijdmachine waarmee onze kleinkinderen moeiteloos getuigen kunnen zijn van de wereld van hun grootouders. Dat wil zeggen met communicatiemiddelen die gemakkelijk hanteerbaar zijn voor mensen van 4 tot 94 jaar. Het belang van deze technologie is veel breder dan tijdreizen. De techniek kan de tweede-generatiewebtechnologie vervangen. Daarom willen we toekomstige extra middelen besteden aan deze uitdaging. Er is onderzoek nodig op een breed terrein: van zoektechnologie, tijdreeksen en trends tot logica, deductie en probabilistisch redeneren. En van databasemanagementsystemen en semantisch web tot web-services en peer-to-peer systemen.

semantische netwerken binnen het World Wide Web Consortium (W3C).

We richten ons ten slotte op methoden om data toegankelijk te presenteren. Data kunnen zo worden georganiseerd en gevisualiseerd dat gebruikers inzicht krijgen in de structuur van een dataset. Daarbij worden 2D- en 3D-interfaces gebruikt. Voor visualisatieonderzoek ontwikkelen we bijvoorbeeld een datascopie waarmee onderzoekers hun databases kunnen doorzoeken met het gemak waarmee een bioloog met een traditionele microscoop een preparaat onderzoekt. We zetten een laboratorium op dat is ingericht voor analytisch onderzoek naar gebruikersinteractie.

Impact

Het thema *Data-explosie* heeft nauwe relaties met het CWI-thema *Aard- & levenswetenschappen*, waar het beheersen van de data-explosie belangrijk is. Technieken zoals semantische technologieën en peer-to-peer netwerken leveren ook sterke dwarsverbindingen met het thema *Software als service*.

De beschreven methoden en technieken worden ontwikkeld binnen vele projecten in samenwerking met een groot aantal wetenschappelijke instituten zoals Astron, Philips Research, VU, UvA, UT en TU München. Projecten zijn gericht op concrete toepassingen die zich concentreren op complexe wetenschappelijke datasets uit astronomie, biologie en geowetenschap en op beeldbestanden uit de kunst- en mediasector. Die concrete toepassingsgebieden helpen ons om ideeën en methoden snel volwassen te maken. De toepasbaarheid is veel breder.







Maatschappelijke logistiek

Onze maatschappij draait op topsnelheid. We rijden naar ons werk, telefoneren en e-mailen met vrienden en collega's, websurfen voor uitgaanstips en ondergaan een medische check-up in het ziekenhuis. En het gaat nog steeds sneller. Treinen worden voller, communicatie steeds uitgebreider, we worden gezonder, ouder en, als we oud zijn, vaker ziek. Dat stelt de maatschappelijke machine voor steeds grotere uitdagingen. Als één van de componenten het laat afweten rijst er een groot en acuut probleem. Wat moeten we als treinen structureel overbelast raken door de passagiersstroom? En wat moeten we als medische wachtlijsten oplopen, waardoor werkverzuim structureel toeneemt?

Haperende bedrijfslogistiek is voor burgers overkomelijk. Ze kunnen van aanbieder wisselen. Maar als de logistieke basisstructuur van de maatschappij in het geding is, hebben ze geen keus. Als niemand meer een goede internettoegang heeft omdat we niet weten hoe we bandbreedte moeten beheren, of als de wachtlijsten in een regionaal ziekenhuis onbeheersbaar worden omdat de beschikbare planningsmethoden niet langer aan de verwachtingen voldoen, dan is de burger niet geholpen met een andere aanbieder. Als hij al bestaat, lijdt die andere aanbieder immers onder dezelfde technologische tekortkomingen.

Maatschappelijke logistiek beperkt zich niet tot de logistiek van een gecentraliseerde overheid, maar omvat de activiteiten van al die individuele organisaties die de maatschappij gaande houden, zoals spoorwegen, taxibedrijven, nutsbedrijven, ziekenhuizen, gezondheidscentra en telecommunicatiebedrijven. Het CWI heeft het onderzoek op dit gebied mede naar Nederland gebracht en een traditie opgebouwd. Onze onderzoeks-



groepen in de optimalisering en communicatienetwerken hebben een naam hoog te houden.

Onze ambitie

Door de inherente complexiteit van de onderliggende problemen zijn vraagstukken uit de maatschappelijke logistiek uiterst lastig. Maar ze komen wel binnen ons bereik, zoals blijkt uit het succesvolle werk van het CWI voor de NS. Het kraken van deze urgente maatschappelijke vraagstukken is bij uitstek een taak voor het CWI: het vereiste onderzoek gaat de schaal van een universitaire groep te boven terwijl het adviesbureau aan de rust en ruimte daarvoor ontbreekt.

Het CWI richt zich daarom de komende jaren op strategisch onderzoek naar fundamentele wetenschappelijke problemen afgeleid uit de maatschappelijke logistiek. We richten ons ook op technologisch onderzoek in samenwerking met partners in de publieke en private sector. Wiskunde en informatica kunnen uitkomst bieden op veel punten binnen de maatschappelijke logistiek. Dit biedt een reeks van wetenschappelijke uitdagingen.

Een planningsprobleem heeft doorgaans veel te veel keuzemogelijkheden om ze één voor één te evalueren. Onderzoek in algoritmie en toepassing van de resultaten in software biedt hulpmiddelen om een goede keuze te maken binnen een acceptabele hoeveel-

▼ voorbeeld

Planning bij de spoorwegen

In de spits zijn de treinen overvol. De oplossing lijkt eenvoudig: maak ze langer. Maar de aanschaf van wagons neemt jaren in beslag en is duur. Daarom willen spoorwegbedrijven beschikbare wagons aan treinen koppelen waar dat het hardst nodig is. Het aantal mogelijke schema's om dat te doen is ontelbaar. Veel te groot om ze stuk voor stuk te evalueren. Daarom zijn er slimme algoritmen nodig die een doeltreffende selectie van keuzemogelijkheden bieden. Een vergelijkbaar planningsprobleem doet zich voor bij het maken van de dienstregeling. CWI-onderzoeker Alexander Schrijver, winnaar van de Spinozapremie, heeft recent een wiskundige benadering voorgesteld voor het ontwerp van dergelijke algoritmen. Deze wordt inmiddels toegepast in de nieuwe dienstregeling van de spoorwegen.



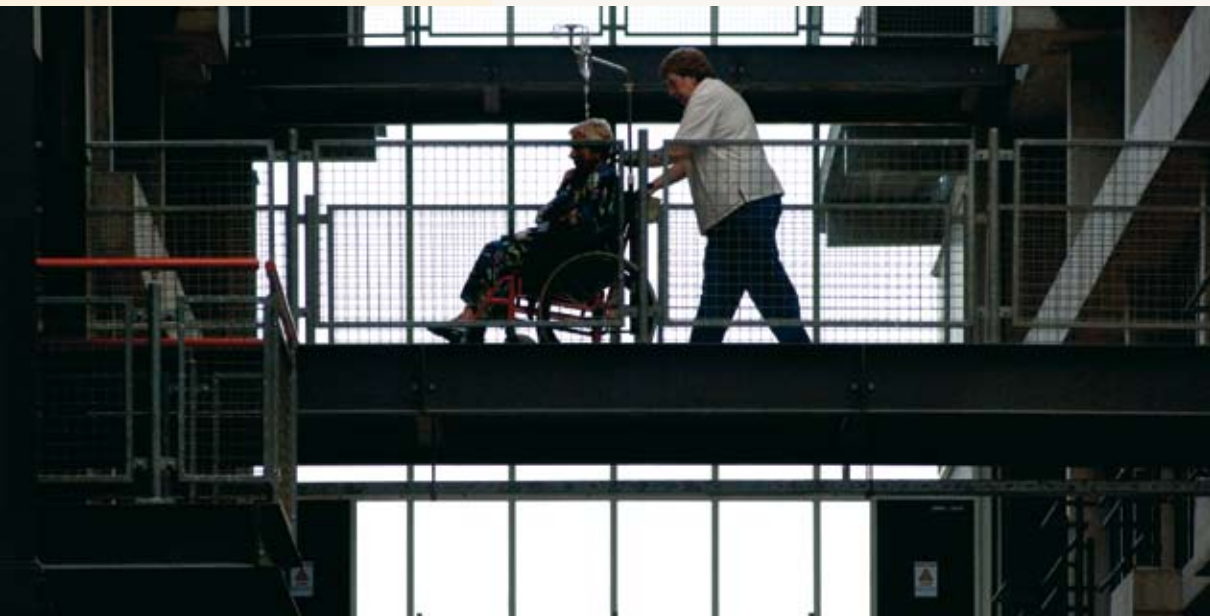
voorbeeld

Filebestrijding op digitale netwerken

Het World Wide Web wordt niet voor niets ook wel World Wide Wait genoemd. Het web lijdt regelmatig aan opstoppingen. Schattingen geven aan dat e-commerce sites voor ticketverkoop of bankzaken 10 tot 25 procent van hun winst mislopen door slechte prestaties van het internet. De technologie kan het succes van het internet niet goed aan. Aan de toenemende vraag kan alleen worden voldaan door efficiënt gebruik te maken van rekenkracht, bandbreedte en geheugen. Bij het ontwerp van de infrastructuur moet rekening gehouden worden met de onzekerheden in de internetbelasting gedurende de dag. Met onderzoek naar de aard van telecommunicatienetwerken en naar kansberekening kan het CWI een bijdrage leveren.

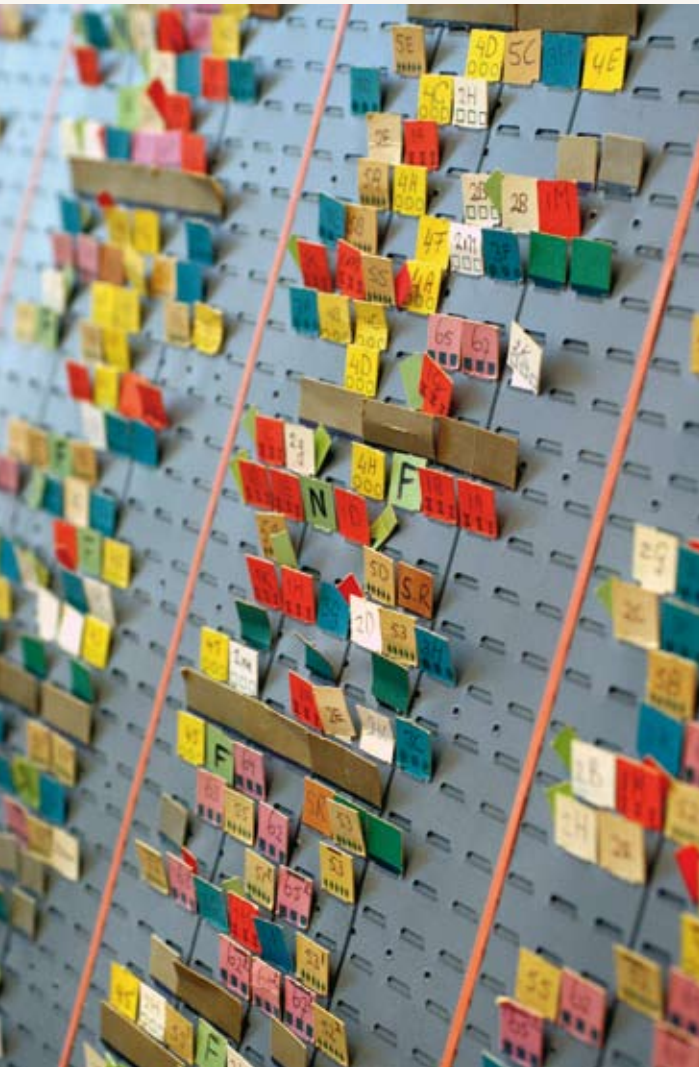
heid rekentijd. Wiskunde en informatica bieden ook oplossingen voor capaciteitsplanning. Veel logistieke systemen kampen met de fundamentele onzekerheid waar en wanneer pieken zullen optreden. Het is van groot belang om ondanks deze onzekerheid adequate infrastructuur en besturingssoftware te kunnen ontwikkelen.

Bij steeds meer logistieke systemen is het door de omvang of aard onmogelijk of ongewenst om gebruik te maken van centrale sturing. Dat geldt bijvoorbeeld voor telecommunicatienetwerken, maar ook voor ziekenhuizen. De onderdelen opereren individueel. Om dergelijke onafhankelijke deelsystemen op elkaar te kunnen afstemmen, hebben we nieuwe fundamentele inzichten nodig in de dynamiek van interacterende componenten die elk hun eigen voorkeuren hebben. Hier ontstaat een nieuw deelgebied van de toegepaste wiskunde: de algoritmische speltheorie. Dit is een samensmelting van de klassieke speltheorie met de theorie van algoritmen. Gedecentraliseerde planningsprocessen kunnen worden geautomatiseerd door elke partij te representeren door een softwaremodule. Deze 'softwareagenten' kunnen onderling onderhandelen. Het vereist theoretisch en experimenteel onderzoek om te zorgen dat deze agenten binnen een redelijke tijd tot overeenstemming komen, en wel zo dat ze voldoen aan het verzoek van de partij die ze representeren.



Impact

Maatschappelijke logistiek is breed. Modellen en methoden kunnen worden ingezet om de wachtlijsten in de gezondheidszorg aan te pakken, om het openbaar vervoer te verbeteren, maar ook om communicatienetwerken te optimaliseren. De methoden die we voor de ene sector ontwikkelen zullen ook toepasbaar zijn in andere sectoren. Zo vereist de decentralisatie in de transportsector, waar bedrijven steeds meer werk aan elkaar uitbesteden, planningshulpmiddelen van dezelfde aard als die voor patiëntenlogistiek.



voorbeeld

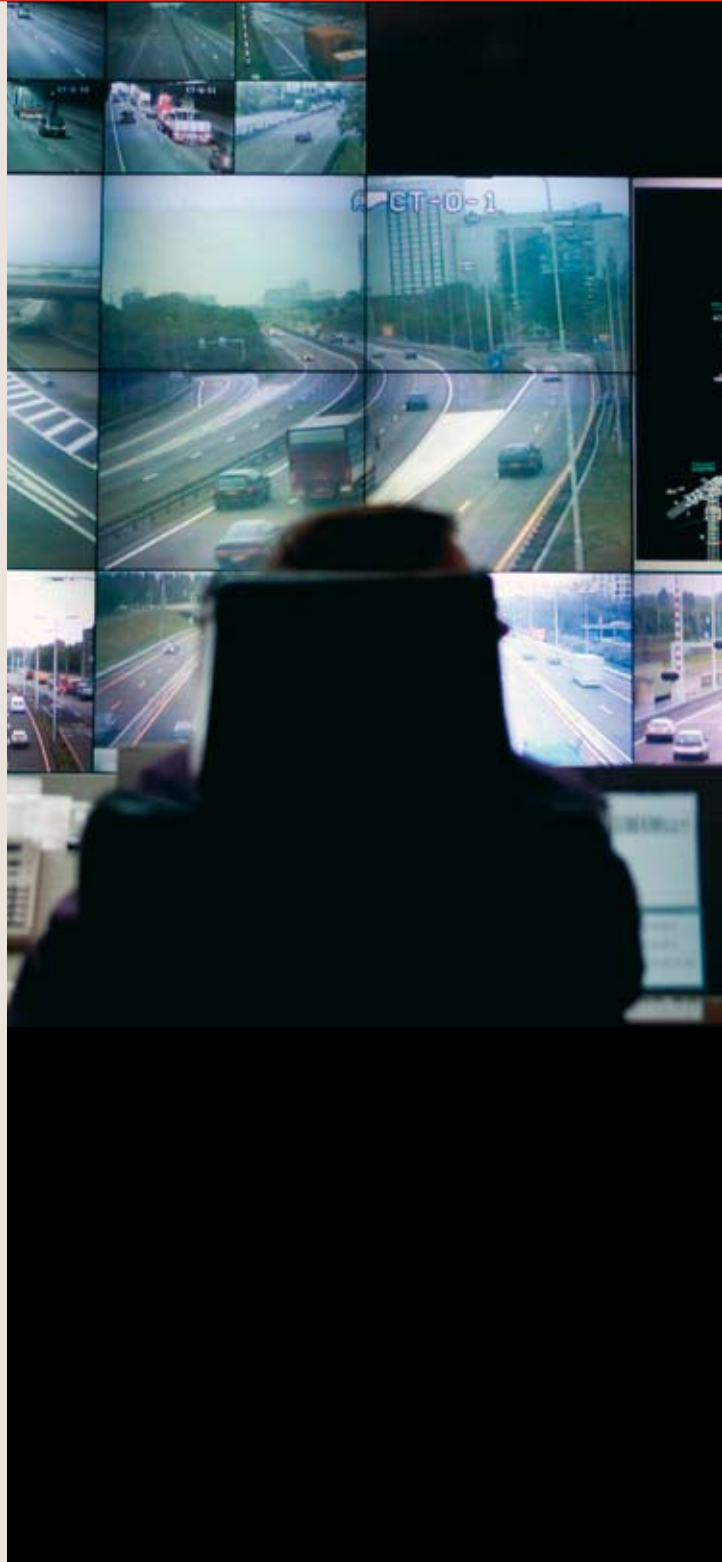
Gedecentraliseerde planning in de gezondheidszorg

Door de gedecentraliseerde organisatie van ziekenhuizen moeten patiënten aparte afspraken maken voor elk onderzoek en elke behandeling. De diverse medische specialisaties zijn zo verschillend dat ze hun eigen planningsmethoden hanteren. De onvermijdelijke autonomie verhindert optimale planning. Patiënten moeten daardoor vaak vele keren de gang naar het ziekenhuis maken en er ontstaan wachtlijsten. Het is een uitdaging om afspraken zo te plannen dat patiënten snel, bij voorkeur op één dag, behandeld worden, terwijl iedere arts toch volgens de regels van zijn eigen specialisme kan werken, tegen voor het ziekenhuis en voor de verzekeringen (en dus ook voor de verzekerden) acceptabele kosten. Dit is een planningsprobleem voor meerdere partijen, waarbij iedere partij zijn eigen doelen heeft. We pakken het aan met geavanceerde gedecentraliseerde planning. Samen met onder andere het AMC werken we aan concrete planningsystemen waarbij softwareagenten met elkaar onderhandelen over het inroosteren van behandelingen. Gedecentraliseerde planning is breed inzetbaar en kan bijvoorbeeld ook worden gebruikt om filevorming op de snelweg tegen te gaan.

uitdaging

De perfecte schoolroostermachine

Schoolroosters kosten hoofdbreken. Er is een beperkte beschikbaarheid van lokalen, uren en docenten en een overmaat aan randvoorwaarden en wensen. We willen geen tussenuren, niet te lange dagen en niet twee dagen achter elkaar Frans. Fusies van scholen maken de planningsproblemen nog ingewikkelder. Hoe prangend ook, het roosterprobleem is wiskundig te complex en te veel omvattend om binnen een individueel onderzoeksproject te worden aangepakt. Een collectieve gecoördineerde onderzoekspanning is nodig om belangrijke stappen te zetten op weg naar de perfecte schoolroostermachine. Het belang daarvan strekt tot ver buiten het onderwijs. De kennis zal direct bijdragen aan betere werkroosters, spoorboekjes en planning in ziekenhuizen. Daarom willen we toekomstige extra middelen besteden aan deze uitdaging. Het ontwerp van goede software voor al deze verwante planningsproblemen vereist fundamenteel onderzoek naar nieuwe planmethoden en fundamenteel inzicht in de dynamiek van onderhandelingen die nodig zijn voor een goede geautomatiseerde afweging van tegenstrijdige belangen.







voorbeeld

Software voor renteproducten automatisch gegenereerd

De concurrentie op de markt voor financiële producten is steeds scherper. Banken proberen elkaar de loef af te steken met steeds weer nieuwe hypotheek- en spaar- en beleggingsproducten die via webapplicaties worden ondersteund. De lange ontwikkeltijd van financiële producten begint daardoor steeds meer te knellen. Het duurt een half jaar om een idee voor een nieuw product uit te werken en softwarematig te ondersteunen. Om dit proces belangrijk te versnellen ontwikkelden we voor renteproducten een domeingebonden taal waarmee een nieuw product in twee A4'tjes kan worden gespecificeerd. Na een druk op de knop wordt de benodigde software automatisch gegenereerd.



Software als service

De snelle groei van digitale dienstverlening zorgt voor een transitie in de ICT. Software is niet langer alleen een product, maar wordt ook aangeboden als een service, als een eenheid van functionaliteit die op elke plaats kan worden aangeropen en gecombineerd. Zo maakt een website waarmee huizenkopers hypotheek kunnen vergelijken, gebruik van de webapplicaties van allerlei hypotheekverstrekkers. Dat is software waartoe de bouwer en beheerder van de vergelijkingsite geen toegang heeft. De hypotheekverstrekkers bieden het gedrag van hun software, draaiend op hun eigen hardware, ze bieden niet de onderliggende code.

Deze ontwikkeling vormt een logische stap in de evolutie van de software engineering: het gedrag wordt losgekoppeld van de software en van de locatie van die software.

De scheiding van het gedrag en de software-realiteit van een applicatie levert fundamentele vragen. Hoe bouw je een betrouwbaar systeem, wanneer elke service op de hardware van zijn eigen provider draait? Hoe zorg je er bijvoorbeeld voor dat een bestelling, die via een reeks softwarediensten wordt afgewikkeld, leidt tot een eenduidige bevestiging dat de transactie al dan niet is geslaagd? Vragen ook over de veiligheid: hoe voorkom je dat gevoelige informatie in verkeerde handen valt?

De opkomst van semantische webtechnologie levert de komende jaren nog een extra uitdaging. Naast het bestaande web van documenten bestemd voor mensen, ontstaat een web van data die door computers uitgewisseld kunnen worden. Data kunnen documentonafhan-

kelijk worden gecombineerd, wat nieuwe mogelijkheden biedt voor webdiensten.

Onze ambitie

Met service-oriented computing (SoC) kunnen groot-schalige los gekoppelde gedistribueerde applicaties worden samengesteld uit services van onafhankelijke aanbieders. Elk van hen laat zijn software op eigen hardware draaien en biedt het gedrag als service aan. Daarbij geeft hij garanties voor kwaliteitsaspecten als vertragingen, responstijden en foutenkansen.

Maar hoe pakken we service-oriented computing op een gecoördineerde manier aan? Wat kun je zeggen over de integrale kwaliteit van samengestelde services? En hoe zorgen we ervoor dat het resultaat robuust is? Dat zijn drie fundamentele uitdagingen waarop het CWI zich richt.

Zowel in theorie als praktijk richt software engineering zich erop gelijktijdig vele softwareaspecten te optimaliseren, waaronder functionaliteit, betrouwbaarheid, veiligheid, kosten en efficiëntie. Dat valt al niet mee bij klassieke software, maar het is bij SoC nog ordes van grootte moeilijker.

De klassieke software-ontwikkeling gaat uit van een volledige controle over alle mogelijke factoren die het gedrag van software kunnen beïnvloeden. Die controle bestaat bij services niet. Services draaien op geografisch verspreide computers, gecontroleerd door onafhankelijke en autonome partijen, en zijn onderling verbonden door allerlei netwerkverbindingen. Zelfs als een service optimaal aan alle gestelde criteria voldoet, kan die in de praktijk falen door netwerkstoringen, defecte hardware, falende externe services of door vertragingen en overbezetting elders. Doordat services met elkaar in een keten verbonden zijn, kan de uitval van een enkele service leiden tot een domino-effect van vele falende services.

De robuustheid van services moet dan ook een inte-

voorbeeld

Softwaretomografie

De hele wereld draait om software, maar we weten meestal slecht hoe die software er van binnen uitziet. Registreert de stemmachine de uit-gebrachte stemmen zoals het moet? Is de softwarebesturing van een auto of vliegtuig betrouwbaar? Om dergelijke vragen te beantwoorden moet de software op veel verschillende niveaus worden geanalyseerd. De softwaretomograaf die we gaan ontwikkelen, maakt een scan van de interne structuur van software, maakt fouten zichtbaar en helpt zo om complexe software te verbeteren. Afhankelijk van de vraag wordt een gerichte analysetechniek toegepast, variërend van gegevensstroom-analyse en relationele calculus voor bewijssystemen of modelcontrole. Om de resultaten van softwaretomografie te presenteren zal informatieve visualisatie worden gebruikt.

voorbeeld

Prijsmechanismen voor softwarediensten

De markt van softwarediensten kan niet zonder prijsmechanisme. Wat is de waarde van financiële informatie of een digitale advertentie? De waardebeoordeling kan tot stand komen in een softwarematig onderhandelingsproces of een veiling waarin softwareagenten loven en bieden. Het CWI onderzoekt samen met TUD en TU/e de marktprincipes en -regels die tot stabiele prijsvorming leiden. Samen met bedrijven als KPN en ING werkt het CWI aan concrete toepassing van deze kennis, zoals in digitale beurssystemen voor financiële informatie en voor de advertentieruimte van zoekmachines. Sterk verwante technologie wordt door het CWI toegepast binnen het hoofdthema *Maatschappelijke logistiek*. Met digitale marktmechanismen laten complexe plannings zich optimaliseren.

graal onderdeel van hun ontwerp en realisatie vormen. Daarbij moeten we er expliciet rekening mee houden dat er oncontroleerbare oorzaken zijn voor falen. Dit vergt nieuwe theoretische en praktische modellen voor de architectuur van services en nieuwe methoden en technieken voor het realiseren daarvan. Robuustheid laat zich niet handmatig in services programmeren, maar moet een integraal onderdeel zijn van het SoC-platform.

We kijken naar klassieke softwarediensten, maar ook naar nieuwe ontwikkelingen, waaronder peer-to-peer architecturen en semantische webtechnologie. De methoden die we ontwikkelen passen we in eerste instantie toe op financiële diensten, embedded systemen en in de creatieve industrie (kunsten, media, entertainment): drie sectoren met groeipotentieel voor Nederland. Concrete toepassingsgebieden helpen ons om ideeën en methoden snel rijp te maken.

Hoe zet je bestaande softwareproducten op een betrouwbare manier om in softwarediensten? Stapsgewijze omzetting biedt grote voordelen. Door met een middlewarelage de componenten los te koppelen kan het oude systeem blijven werken terwijl de componenten individueel worden vervangen. We gaan onderzoek doen naar volledig geautomatiseerde omvorming van softwarecomponenten en naar nieuwe vormen van middleware en werkstromen die leiden tot betere scenario's voor stapsgewijze vernieuwing van software.



Impact

Onderzoek naar digitale diensten is van fundamenteel belang voor de software engineering. We werken daarbij samen met de Nederlandse universiteiten. Binnen e-Quality, een samenwerking met NIRICT en TNO-ICT, doen we onderzoek naar de kwaliteit van ICT-diensten. In ERCIM- en EC-verband werken we samen met Europese academische instituten. Het CWI vormt een transferpunt naar de praktijk, met nauwe contacten met banken en verzekeringen, mediabedrijven, softwarebedrijven en producenten van embedded systemen. Dankzij die positie kunnen we een sleutelrol spelen bij de ontwikkeling van software engineering. Standaarden als XHTML en SMIL (toegepast in MMS) vonden hun oorsprong bij het CWI. Ook de programmeertaal Python, onder andere gebruikt door Google, werd bij het CWI ontwikkeld.

Het thema *Software als service* heeft directe relaties met de overige CWI-thema's. De technologie van digitale dienstverlening speelt een rol in maatschappelijke logistiek en bij het vergaren en verspreiden van kennis en data in de wetenschap. Zo is SoC, in de vorm van GRID-computing, van belang in grootschalige onderzoeksprojecten in de natuurkunde, de levenswetenschappen en de sterrenkunde. Er worden bijvoorbeeld wetenschappelijke workflows gebruikt om de GRID-applicaties in zulke grote projecten aan te sturen.

uitdaging

Services à la carte

Internet zal uitgroeien tot een enorme collectie van samenwerkende services. Dit maakt van internet een enorme marktplaats en een zeer flexibele werkplaats waar bedrijven en particulieren uit het menu van mogelijke services hun eigen services à la carte kunnen samenstellen. De sleutel tot deze ontwikkeling wordt gevormd door methoden en standaarden waarmee gebruikers services kunnen opsporen, hun beschikbaarheid, functionaliteit en kwaliteiten kunnen beoordelen en deze kunnen combineren met andere services, zonder toegang tot de code. Dit ligt nu nog voorbij het bereik van de bestaande SoC-technologie en vraagt om een fundamentele herziening van de huidige servicemodellen, interfaces, programmeertalen en methoden voor softwareconstructie. We willen toekomstige extra middelen besteden om deze uitdaging aan te gaan.





Deel 3



ONDERZOEKERS NEMEN EEN CENTRALE PLAATS IN binnen de CWI-organisatie. Het CWI streeft naar verdere verhoging van hun kwaliteit, mobiliteit en flexibiliteit en blijft investeren in ondersteuning die ruimte biedt om te presteren. Via zorgvuldige carrièreplanning werkt het CWI aan de continuïteit van de onderzoeksstaf, ook na 2012.





Deel 3 Organisatie

De wetenschappelijke kernactiviteit van het CWI is ondenkbaar zonder basisvoorwaarden als koffie, papier, pc's, printers, telefoons, werkruimten, vergaderzalen. Zonder bibliotheek, kantine, arbeidscontract, website, jaarverslag en persberichten. Ontwikkeling van de wetenschappelijke activiteit gaat bij het CWI daarom hand in hand met een organisatorische ontwikkeling. Voor de komende jaren volgen we daarbij een aantal hoofdlijnen waarbij het personeel een centrale plek inneemt. Zowel letterlijk als figuurlijk schep-
pen we extra ruimte voor medewerkers. We streven naar verdere verhoging van de kwaliteit, mobiliteit en flexibiliteit van de onderzoeksstaf. Aandacht is er de komende jaren ook voor de ICT-dienstverlening en voor de externe zichtbaarheid en toegankelijkheid van het instituut.

Extra ruimte voor medewerkers

Om het nijpende ruimteprobleem van het CWI op te lossen heeft NWO een budget beschikbaar gesteld voor een nieuwe vleugel aan het bestaande gebouw. Deze wordt gerealiseerd in de periode 2007–2009. In dezelfde periode krijgt het bestaande gebouw een aantal projectdemonstratiekamers en 'themapleinen', ruimten ingericht voor ontmoeting en discussie. De uitbreiding en de aanpassingen bieden CWI-medewerkers vanaf 2009 de ruimte om geconcentreerd te werken en om elkaar te ontmoeten in wandelgangen en tijdens colloquia.

Ook in figuurlijke zin komt er extra ruimte voor werknemers. Het CWI besteedt de komende jaren speciale aandacht aan een inspirerende en stimulerende managementstijl: management dat de ambitie van individuele onderzoekers op één lijn brengt met



de ambities van de organisatie als geheel. Dat doen we onder andere door onderzoekers te consulteren over beleidskwesties, door samenwerking te bevorderen en door korte- en langetermijndoelen en verwachtingen helder te formuleren.

Kwaliteit, mobiliteit en flexibiliteit

Het CWI is in de loop der jaren gaan beschikken over een vaste onderzoeksstaf waarvan vrijwel iedereen professorabel is. Dit kwaliteitsniveau gaan wij behouden en waar mogelijk verder verhogen. Vaste staf wordt vooral geworven onder de meest getalenteerde postdocs. We volgen daarbij een individueel gericht loopbaanbeleid dat lijkt op het Amerikaanse tenure-tracksysteem. Een vaste aanstelling wordt gekoppeld aan een zorgvuldig omschreven ontwikkelingsplan. Het CWI kent geen vaste formaties. De individuele carrièrepaden die het CWI voor onderzoeksfuncties invoert, bieden onderzoekers veel ruimte om zich te ontwikkelen en biedt het instituut de flexibiliteit om onderzoeksactiviteiten te laten groeien en krimpen. De carrièrepaden gaan een belangrijke rol spelen in het aannamebeleid. We zullen het toptalent aan ons binden en tot wasdom brengen dat na 2012 nodig is voor de continuïteit van het instituut. Een aantal prominente CWI-onderzoekers gaat tegen die tijd met pensioen. Bij de werving hebben we de komende jaren veel oog voor de flexibiliteit en mobiliteit van het wetenschappelijk personeel. Ook de geplande groei van het aandeel tijdelijke onderzoeksfuncties zal aan de flexibiliteit van het CWI bijdragen.

We investeren de komende jaren in sabbaticals, traineeships en de mogelijkheden voor buitenstaanders om op het CWI te gast te zijn. Medewerkers worden aangemoedigd van die mogelijkheden gebruik te maken en om na te denken over hun eigen ontwikkeling. We bieden vaste medewerkers de mogelijkheid om mee te doen aan transfers met universiteiten en bedrijven, waarvoor we overeenkomsten zullen aangaan. Zo zal het CWI de komende jaren een nog aantrekkelijker werkgever worden voor getalenteerde, innovatieve onderzoekers.





In vergelijking met andere Nederlandse instituten en faculteiten werken er aan het CWI relatief veel vrouwen in onderzoeksbanen. We proberen het aantal de komende jaren verder te verhogen, onder meer door jaarlijks een fellow-plek voor vrouwen te reserveren.

Getalenteerde jonge onderzoekers en seniormedewerkers zijn moeilijk te vinden. Vooral onder wiskundigen heerst schaarste. Door de afnemende interesse onder jongeren in wiskunde en theoretische informatica zal deze situatie de komende jaren verscherpen. Daarom gaat het CWI de mogelijkheden voor internationale werving vergroten. Dit gebeurt in samenwerking met nationale laboratoria en ERCIM-partners. Promovendi verlaten na hun promotie doorgaans het CWI. Het instituut ziet het vertrek van onderzoekers naar wetenschappelijke banen elders niet als een verlies, maar als een succes. De uitstroom intensiveert onze relatie met de universiteiten.

Hoogwaardige ICT-dienstverlening

De taken van onze ICT-afdeling zijn sterk aan verandering onderhevig. De aandacht verschoof de laatste jaren van de IT-infrastructuur naar flexibele dienstverlening. Ook de komende jaren ligt daar onze prioriteit.

PC-technologie is tegenwoordig toereikend voor de meeste onderzoeksactiviteiten en ondersteunende taken. Voor toepassingen die meer eisen, zoals multi-mediadatabases, machine learning, modelcontrole en cryptografie, beschikken we over een Linux-cluster met 144 processorkernen. Taken die nog hogere prestaties vereisen, besteden we uit aan het supercomputercentrum van SARA. Waar mogelijk worden opensourcesoftware en open standaarden toegepast, vooral omdat ze flexibel en aanpasbaar zijn.

De computergebruikers binnen het CWI zijn over het algemeen deskundig en veeleisend, met specifieke eisen en wensen. Een deskundige en flexibele ICT-dienstverlening is daarom van groot belang. Iedere eerste-lijns ICT-ondersteuner is verantwoordelijk voor een

specifieke groep gebruikers binnen het CWI. Er bestaat een nauwe interactie. Hardware en software waarmee onderzoekers succesvol experimenteren, worden door de ICT-afdeling ook aan andere onderzoekers beschikbaar gesteld.

Zichtbaarheid en toegankelijkheid

Zichtbaarheid, openheid en toegankelijkheid zijn van wezensbelang voor het CWI. Een vrije uitwisseling van kennis en ideeën met andere instituten is essentieel en ook de verspreiding van resultaten naar bedrijven, publiek en media zien we als een belangrijke taak. De afdeling Communicatie & Informatie, die in 2005 werd opgezet, zal op consistente wijze uitvoering gaan geven aan deze prioriteiten. Dat gebeurt op verschillende niveaus.

Het CWI zal zich de komende jaren beter laten kennen. We gaan in bredere kring duidelijk maken wat we doen en de interesse vergroten voor de uitkomsten van ons onderzoek en voor informatica en wiskunde in het algemeen. Dat vraagt om een robuuste presentatie in een nieuwe stijl. De CWI-website wordt geactualiseerd. We ontwikkelen samen met NWO een inspirerende CWI-huisstijl. We intensiveren de bestaande promotionele activiteiten rond het instituut zoals persberichten, persbijeenkomsten en het jaarlijkse symposium 'CWI in bedrijf'.

We zullen doelgericht de aandacht gaan vestigen op maatschappelijk relevant onderzoek en saillant onderzoeksnieuws. Uitmuntende onderzoekers zullen we individueel presenteren. We zullen hen stimuleren en begeleiden om in de media op te treden en zo persoonlijk bij te dragen aan de popularisering van het vakgebied en de verspreiding van onderzoeksresultaten. Belangstelling voor en kennis over het CWI bij bedrijven, organisaties en het brede publiek zal ons helpen om onderzoeksresultaten breed te verspreiden, extra onderzoeksfinanciering aan te trekken en jong talent voor wiskunde en informatica te winnen.





Bij de ontsluiting van de wetenschappelijke kennis van het CWI voor de buitenwereld speelt de CWI-bibliotheek een sleutelrol. De bibliotheek verschaft toegang tot CWI-rapporten, tijdschriften en boeken. Door uitbreiding van de bestanden met interne wetenschappelijke documenten en presentaties ontstaat de komende jaren een breed toegankelijk elektronisch bestand dat deel gaat uitmaken van het groeiende wereldwijde e-science-archief. Hiermee geeft het CWI uitvoering aan het *Open Access Initiative*, dat actief wordt onderschreven door zowel het CWI als NWO. De bibliotheek versterkt haar dienstverlenende rol bij de uitwisseling van kennis tussen het CWI en de buitenwereld.

De CWI-bibliotheek, die de facto de status heeft van nationale bibliotheek, heeft de afgelopen jaren al een veranderingsproces doorgemaakt. Tijdschriften, proefschriften, technische rapporten en congresbundels, inclusief oude jaargangen, worden in hoog tempo digitaal toegankelijk gemaakt, boeken blijven voorlopig op de plank staan. Naar verwachting zal dit proces in 2010 zijn afgerond. Grote delen van de papieren collectie van het instituut zullen verdwijnen. Ook elektronische boeken worden in toenemende mate aangeboden.

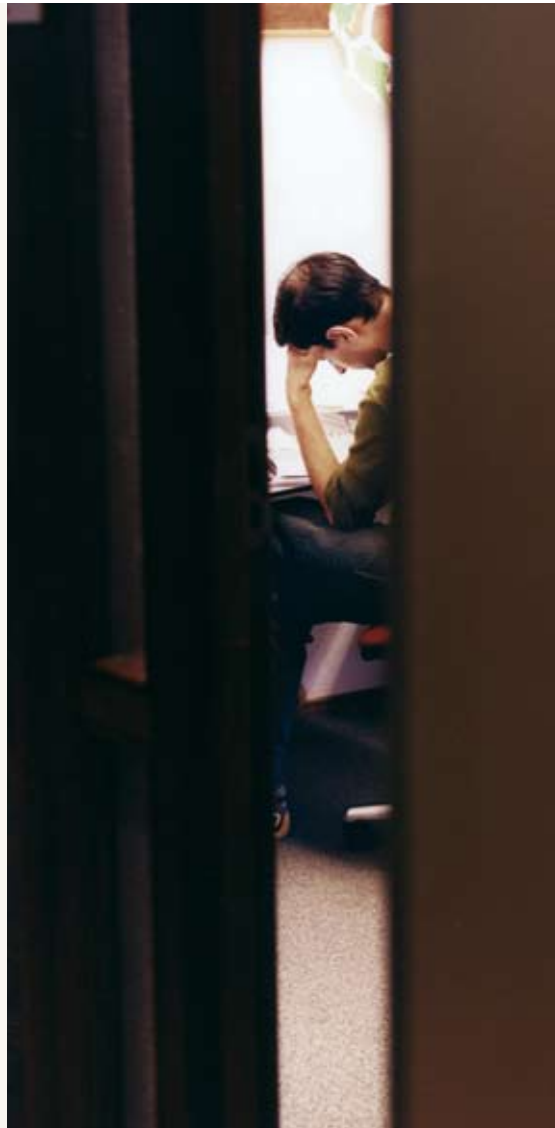
Door met andere bibliotheken nauwere samenwerking aan te knopen, vaak in een coördinerende rol, zal de CWI-bibliotheek de dienstverlening en de beschikbaarheid van informatie verder uitbreiden.

Voor de beschikbaarheid van wetenschappelijke informatie willen we in de toekomst minder afhankelijk zijn van centrale databestanden van uitgevers. Daarom ondersteunen we of zijn we betrokken bij internationale initiatieven voor de conservering van digitale informatiebestanden. Voorbeelden van dergelijke initiatieven zijn het e-depot van de Koninklijke Bibliotheek, Portico (ontwikkeld door JSTOR en de Library of Congress) en de open source peer-to-peer software LOCKSS.

Deel 4



DE FINANCIËLE HUISHOUDING VAN HET CWI is op orde. De vooruitzichten voor de komende jaren zijn stabiel. De lichten staan op groen voor een verdere groei van het onderzoek. Om de ambities van het CWI voor de periode 2007–2012 op een effectieve manier te kunnen verwezenlijken is wel extra speelruimte nodig.





Deel 4

Financiering

Om de ambities van het CWI voor de periode 2007–2012 op een effectieve manier te kunnen verwezenlijken is extra speelruimte vereist. Speelruimte om uit eigen middelen sleutelonderzoek te financieren waarvoor geen andere middelen te vinden zijn. Speelruimte ook om het talent aan ons te binden dat de komende jaren nodig is voor wetenschappelijke sleutelfuncties binnen het instituut. We zoeken daarom een extra basisfinanciering van 2,5 miljoen euro per jaar.

Basis- en projectfinanciering

Naast basisfinanciering van NWO heeft het CWI inkomsten uit projecten. Gemiddeld hebben we zo'n honderd projecten onder handen, van nationale en internationale programma's. CWI maakt daarbij vaak onderdeel uit van consortia of leidt deze. Ook de komende jaren zullen we het grootste deel van onze wetenschappelijke activiteiten verwezenlijken met projectfinanciering. Van de 155 onderzoekers die in 2006 aan het CWI verbonden waren, werden er 105 betaald vanuit projecten. Voor iedere direct aan wetenschap bestede euro die het CWI aan basisfinanciering van NWO krijgt, verwerft het een tweede euro uit de tweede en derde geldstroom.

Met projectfinanciering kunnen we de nieuwe onderzoeksactiviteiten binnen de vier hoofdthema's grotendeels realiseren. Grotendeels, maar niet volledig. Voor de exploratie van de gedefinieerde thema's moeten we senioronderzoekers in tenure-trackfuncties kunnen aanstellen voor het verrichten van strategisch gekozen eigen onderzoek. Onderzoekers die door extern gefinancierde postdocs en promovendi aan te trekken de kern gaan vormen van de nieuwe activiteit.

Speelruimte bij het scheppen van dergelijke functies dient een tweede strategisch belang. Tegen 2012 gaat

een aantal prominente CWI-onderzoekers met pensioen. Een nieuwe lichter excellente onderzoekers zal het vaandel moeten overnemen en richting gaan geven aan ons onderzoek. Het CWI beschikt over een ruim potentieel aan goede onderzoekers die de komende jaren hun naam uitbouwen en hun netwerk laten volgroeien. Voor de continuïteit van het instituut is het van groot belang de komende jaren een aantal high potentials in tenure-trackfuncties aan ons te binden. Zij krijgen de kans zich te ontwikkelen in verschillende tijdelijke functies die volgens het dakpanmodel overlappen. Daaraan verbinden wij de voorwaarde dat de individuele ontwikkeling een vooraf vastgelegd pad volgt.

Gezonde financiële situatie

De financiële situatie van het CWI is stabiel. De algemene reserve van het CWI zal eind 2006 ruim 2 miljoen euro bedragen, bij een jaarlijkse omzet van 16 miljoen euro. We streven ernaar deze reserve in de periode 2007–2012 in stand te houden en uit te breiden tot hooguit 2,5 miljoen euro. Dit is een in het bedrijfsleven gangbare reserve waarmee het instituut tegenvalende resultaten zelfstandig kan opvangen. De reserve is niet beschikbaar voor onze strategische doelstellingen.

Aan dit resultaat hebben we de afgelopen jaren hard gewerkt. Er werd een streng financieel beleid gevoerd, gericht op een evenwicht tussen inkomsten en uitgaven per project. Het CWI financierde geen tijdelijke onderzoeksfuncties uit eigen middelen en reduceerde waar mogelijk het volume van de ondersteunende staf. Beleid dat we de komende jaren voortzetten. De ondersteuning zal in absolute zin niet groeien en zal gegeven de verwachte groei van het instituut relatief afnemen.

Ook de inkomstenverwachting geeft een stabiel beeld te zien. Het CWI neemt deel aan een aantal EU-projecten en aan het aardgasfonds Bsik (nu FES gedoopt). Het CWI is ook betrokken bij innovatieprojecten die gesubsidieerd worden door het ministerie van Economische Zaken via het agentschap SenterNovem.





Projectfinanciering uit deze programma's heeft de laatste jaren niet alleen bijgedragen aan de groei van het instituut, met ongeveer vijftientig tijdelijke aanstellingen, maar bood en biedt ook een degelijke consolidatie van de financiële situatie van het CWI.

Mede dankzij een extra impuls subsidie van NWO van 1 miljoen euro voor deelname in de Bsik-projecten, kon het CWI herstellen van de schrale periode 2000–2003. In die jaren liet de opvolging van enkele van de grote subsidiebronnen lang op zich wachten: het Zesde Kaderprogramma (FP6) van de Europese Commissie en het nieuwe Bsik-programma vanuit de aardgasbaten kwamen pas beschikbaar in respectievelijk 2002 en 2004. Daardoor moest het CWI de algemene reserve aanspreken om op sterkte te blijven gedurende deze periode van uitstel. Deze werd meer dan volledig benut.

Een bonus van ruim 2 miljoen euro die het CWI in 2006 van NWO ontving voor haar excellente evaluatie, wordt gericht besteed aan de versterking van het onderzoek in de computationele biologie, aan de verbetering van de externe communicatie van het CWI en aan het aantrekken van gerenommeerde gastonderzoekers.

We verwachten dat we de komende jaren minstens even succesvol zullen zijn bij het verwerven van projectsubsidies als in de afgelopen jaren. Door onze reputatie en door onze positie op het grensvlak van fundamenteel en toegepast onderzoek zijn we een gewilde partner voor projecten in Europese en nationale onderzoeksprogramma's. Ook onze thematische aanpak zal de komende jaren bijdragen aan de toestroom van projectsubsidie.

Een stabiel vooruitzicht ontstaat ook doordat de opvolging van FP6 goed geregeld is. Het CWI maakt zich op voor het Zevende Kaderprogramma (FP7). In het ontwerp-werkprogramma staan vele researchonderwerpen waaraan het CWI met succes kan deelnemen. Nieuw is het ERC-programma dat financiering toekent: een Europese afspiegeling van NWO's Vernieuwingsimpuls,

waarin het CWI succesvol is. Projecten worden puur beoordeeld op wetenschappelijke kwaliteit.

De Bsik-financiering stopt in 2009. Het CWI streeft naar vervolgproujecten binnen diverse financieringsbronnen, zoals Smart Mix, ICT Regie, NWO- en ERC-programma's.

Strategische investering

De lichten staan op groen voor een verdere groei van ons onderzoek. Er is potentie voor een substantiële groei van het aantal tijdelijke functies, gefinancierd uit projectgeld, met 55 postdocs en promovendi tot 160 in totaal. Met de nieuwe huisvesting zijn we vanaf 2009 adequaat toegerust voor deze groei, die het CWI de kritische massa geeft om onze ambities binnen de vier CWI-onderzoeksthema's te gaan realiseren. Daaronder ook de ambities voor strategische investering: een substantiële bijdrage aan de wiskunde en informatica voor de silicon-cell, de digitale tijdmaschine, de lesroosterautomat, en het koppelen van services via het web.

Om deze groei uit projectgeld te realiseren heeft het CWI echter extra middelen nodig om de noodzakelijke basis te leggen voor effectief en coherent onderzoek. Er is 2 miljoen euro per jaar nodig om speelruimte te scheppen voor uitbreiding van de tijdelijke wetenschappelijke staf met zo'n 30 fte aan tenure-trackers en postdocs. Daarmee wordt de benodigde extra matchingscapaciteit voor projecten gecreëerd, extra capaciteit voor begeleiding en speelruimte voor sleutelonderzoek. Dit accres is een zeer kosteneffectieve investering in de versterking van Nederland als kennismaatschappij. Per saldo worden zo 85 fte voor onderzoekers gecreëerd. Zo ontstaat een voor het CWI optimale schaal-grootte van 245 fte aan onderzoekers. We bereiken een substantiële groei van ons wetenschappelijk potentieel terwijl de bestaande cohesie binnen het CWI-onderzoek blijft bestaan.

Een extra 0,5 miljoen euro per jaar is nodig om te voorzien in de bijkomende kosten voor de organisatie.



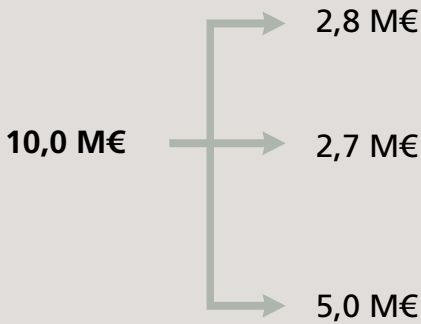


Ondanks onze inspanning om de kosten te reduceren biedt onze begroting hiervoor niet de armslag. De mogelijkheden worden steeds verder beperkt om organisatiekosten – salarissen van vaste wetenschappelijke en ondersteunende staf plus de materiële kosten – te financieren door het inverdienen op externe projecten. Projecten financieren doorgaans alleen nieuw aan te stellen personeel.

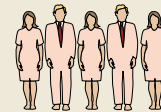
Mede doordat het CWI geen kostbare onderzoeksfaciliteiten in stand hoeft te houden biedt het veel onderzoek voor één euro basisfinanciering. Omdat de kosten voor faciliteiten en ondersteuning vrijwel gelijk zullen blijven, zal dit rendement alleen maar stijgen. De groei van het onderzoek zorgt voor een toenemende meeropbrengst. Extra investeringen in het CWI zelf zijn niet nodig. De bestaande faciliteiten van het instituut worden volledig in stand gehouden uit de bestaande basisfinanciering.

CWI nu

basisfinanciering



projectfinanciering



15,5 M€

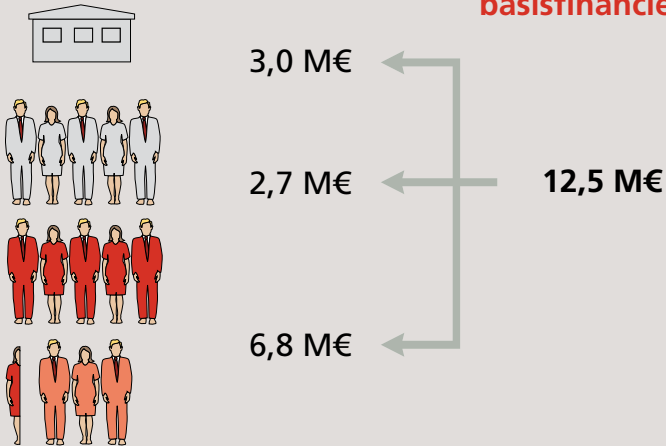
160 fte onderzoek
50 fte ondersteuning

Strategische investering

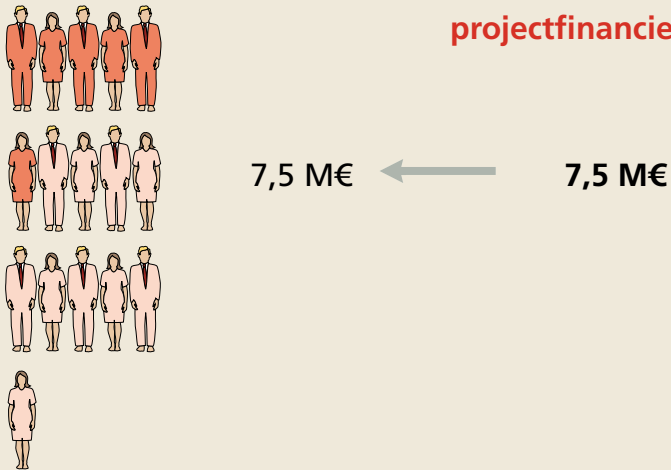
Verhoging van de basisfinanciering met 2,5 miljoen euro levert 30 fte extra tijdelijke onderzoeksfuncties op. Samen met de bestaande vaste staf genereren die extra projectfinanciering voor 55 tijdelijke onderzoekers. De kosten voor faciliteiten en ondersteuning stijgen zeer beperkt, zodat de extra investering een toenemende meeropbrengst heeft. Zo krijgt het CWI een optimale schaalgrootte en de speelruimte om haar ambities te realiseren.

CWI straks

basisfinanciering



projectfinanciering



245 fte onderzoek
50 fte ondersteuning ← 20,0 M€

M€ = 1 miljoen euro



materiële uitgaven



10 fte ondersteuning



10 fte onderzoekers in vaste dienst



10 fte postdocs in tijdelijke dienst



10 fte OIO's in tijdelijke dienst

Afkortingen

AMC	Academisch Medisch Centrum, UvA
Bsik	Besluit subsidies investeringen kennisinfrastructuur
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica
Erasmus MC	Universitair Medisch Centrum Rotterdam
ERC	European Research Council
ERCIM	European Research Consortium for Informatics and Mathematics
EU	Europese Unie
EURANDOM	European Institute for Statistics, Probability, Stochastic Operations Research and their Applications
FES	Fonds Economische Structuurversterking
FOM	Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie
ICT	informatie- en communicatietechnologie
ING	Internationale Nederlanden Groep
INRIA	Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
IT	informatietechnologie
JSTOR	The Scholarly Journal Archive
KPN	Koninklijke PTT Nederland
LOCKSS	lots of copies keep stuff safe
LOFAR	Low Frequency Array
MMS	multimedia messaging service
NIRICT	Netherlands Institute for Research on ICT
NISB	Nederlands Instituut voor Systeem Biologie
NS	Nederlandse Spoorwegen
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
R&D	research and development
SARA	Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam
SMIL	Synchronized Multimedia Integration Language
SoC	service-oriented computing
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TNO-ICT	TNO-Informatie- en Communicatietechnologie
TUD	Technische Universiteit Delft
TU/e	Technische Universiteit Eindhoven
UT	Universiteit Twente
UvA	Universiteit van Amsterdam
VU	Vrije Universiteit
W3C	World Wide Web Consortium
XHTML	Extensible Hyper Text Markup Language
XML	Extensible Markup Language





Literatuur

Investeren in dynamiek. Eindrapport Commissie Dynamisering, maart 2006.

Kennisinvesteringagenda 2006–2016; Nederland, hét land van talenten! Notitie van de Werkgroep Kennisinvesteringagenda van het Innovatieplatform, oktober 2006.

Met vaste hand. Nationale onderzoeksagenda informatie- en communicatietechnologie (NOAG-ict) 2005–2010, Informaticaonderzoek Platform Nederland en NWO Adviescommissie Informatica, juli 2005.

Nieuwe dimensies, ruimer bereik. Een nationale strategie voor wiskundeonderzoek en gerelateerde masteropleidingen, Nationaal Overleg Onderzoekscholen Wiskunde en NWO Adviescommissie Wiskunde, voorjaar 2002.

Wetenschap gewaardeerd! NWO-strategie 2007–2010, Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek, mei 2006.

Colofon

Auteurs Jan Heering, Jan Karel Lenstra, Mark Mieras

Meedenkers Jos Besteman, Dick Broekhuis, Arjen Doelman, Martin Kersten, Godelief Nieuwendijk, en vele anderen binnen en buiten het CWI

Foto's Wim Klerkx, Hollandse Hoogte

Vormgeving Tobias Baanders

Uitgave Stichting Centrum voor Wiskunde en Informatica, maart 2007

Druk Grafisch Bedrijf Ponsen & Looijen bv, Wageningen



Centrum voor Wiskunde en Informatica

Adres	Kruislaan 413, NL-1098 SJ Amsterdam
Postadres	P.O. Box 94079, NL-1090 GB Amsterdam
Telefoon	020-5929333 (+31 20 5929333)
Telefax	020-5924199 (+31 20 5924199)
E-mail	info@cwi.nl