

Redactioneel

Computer ondersteund onderwijs (COO) maakt de tongen los. Dat blijkt weer opnieuw tijdens de jaarvergadering van de VECON, waar we in woord en beeld kennis maken met de nieuwste ideeën en ontwikkelingen op dat terrein.

COO maakt ook de pennen los. Meer dan enig ander onderwerp inspireert het auteurs artikelen te schrijven. Is dat verbazingwekkend? Eigenlijk niet als men bedenkt dat de computer op het terrein van de didactiek, evenals op tal van andere terreinen, een katalysator vormt die mensen ertoe aanzet na te denken over de wijze waarop dagelijkse werkzaamheden geschieden. Daarom houden de veranderingen die de introductie van computers teweegbrengt misschien meer verband met mensen dan met computers.

Aansluitend op het thema van de jaarvergadering bevat deze aflevering diverse bijdragen over COO. Het artikel van drs. M. V. J. Veenman, drs. V. A. Balk en dr. D. J. Bierman beschrijft COO als een noodzakelijk goed: "noodzakelijk", omdat de bezuinigingen op het onderwijs geen andere keuze laten; "goed", omdat deze onderwijsvorm de mogelijkheid opent doelstellingen te realiseren die zich anderszins met aanzienlijk meer moeite laten verwezenlijken. Bij het laatste valt te denken aan de individualisering en de intensivering van kennisoverdracht. Computers missen echter het adaptieve vermogen van mensen, zodat ze vooral inzetbaar zijn bij duidelijk afgebakende leerstof. Verder bespreken de auteurs interessante technische faciliteiten die de afstand tussen vakdocent en COO-ontwikkelaar drastisch doen afnemen. Dat houdt een belofte in voor de toekomst.

De tweede bijdrage over COO betreft een project van de Erasmus Universiteit. Ter gelegenheid van haar vijftiende lustrum stelde de voormalige Nederlandse Handelshoogeschool het computerprogramma "Enkele macro-economische modellen" aan scholen in Zuid-West Nederland beschikbaar ten behoeve van het economie-onderwijs in VWO-6. Drs. P. Laclé beschrijft het programma en bespreekt opmerkingen van docenten en leerlingen. Vervolgens onderwerpt drs. P. C. Maljers het programma vanuit een ruime onderwijservaring aan de toets der kritiek.

Naast diverse beelden van het beeldscherm biedt deze aflevering ook een aantal beelden die we danken aan de heer O. G. Oei. Met de scherpe blik van zijn fotocamera legde hij belangrijke momenten vast tijdens de Economisch-Didactische Dag bij de Nederlandse Spoorwegen te Utrecht. Het verheugt de redactie deze goede herinneringen aan die geslaagde dag te kunnen aanbieden.

Dr. Stat, Computer ondersteund onderwijs in de statistiek

M. V. J. Veenman,
V. A. Balk,
D. J. Bierman*

Inleiding

De universiteiten en andere onderwijsinstellingen zien zich de laatste jaren in toenemende mate geconfronteerd met bezuinigingen op de personeelsformatie, die ingrijpende consequenties hebben voor het aangeboden onderwijs. Men ziet zich voor de taak gesteld met krimpende middelen eenzelfde onderwijsaanbod te realiseren. Met name intensieve onderwijsvormen, zoals het onderwijs in werkgroepsverband en practica, dreigen daardoor het

onderspit te delven. De onderwijsinstellingen dienen zich derhalve te heroriënteren op nieuwe onderwijsvormen die minder arbeidsintensief zijn, maar eenzelfde kwaliteit garanderen. Hoewel er aan de Faculteit Psychologie al langer op kleine schaal werd geëxperimenteerd met Computer Ondersteund Onderwijs (COO), lijkt grootschalige invoering van hoog-kwalitatieve COO nu een onvermijdelijke én wenselijke ontwikkeling.

Onvermijdelijk wegens de noodzaak van het op

peil houden van het studierendement, wenselijk omdat de uitdaging van COO is méér te bieden dan uitsluitend vervanging van bestaand onderwijs.

Belangrijke voordelen van COO betreffen individualisering van het onderwijs en een intensieve studentinteractie met het leerprogramma. Individuele tempobepaling door de student biedt het voordeel dat 'snelle' studenten niet worden opgehouden door 'trage' studenten en dat 'trage' studenten zich niet belemmerd voelen om meer tijd te besteden aan bepaalde onderdelen van de leerstof (de computer is immers eindeloos geduldig). Een intensieve studentinteractie betreft de student actief bij de leerstof en maakt het mogelijk om in een vroegtijdig stadium misvattingen en misconcepties te onderscheppen. Sturing van het leerproces kan dan plaatsvinden door studenten individuele leerroutes in het leerproces te laten volgen. Zo'n intensieve én individuele begeleiding van studenten is niet mogelijk in het reguliere onderwijs, ook niet in bovengenoemde arbeidsintensieve vormen daarvan.

Voorwaarde voor ontwikkeling van een COO-programma is wel dat de kennis in het leerdomein expliciet is. De leerstof dient goed omschreven te zijn en duidelijk moet zijn welke problemen studenten bij de leerstof ondervinden. Daarom laat statistiek zich betrekkelijk goed lenen voor ontwikkeling van COO, maar bijvoorbeeld een literatuurtentamen veel minder. Wijdloopigheid van een onderwerp drijft de ontwikkelingskosten van COO onaanvaardbaar hoog op en maakt de effectiviteit van de onderwijsvorm dubieus.

Een COO-programma dat functioneert als een 'page turner', een gecomputeriseerd boek dat bladzijde na bladzijde over het scherm schuift, heeft geen meerwaarde. COO dient een zinnig alternatief te vormen voor reguliere onderwijsvormen. De mogelijkheid van een intensieve studentinteractie, waarbij de presentatie afhankelijk is van het (on)weten van de student, is juist de specifieke eigenschap van COO, dat het tot een bijzonder onderwijsmiddel maakt.

Het Statistiek-project: Dr. Stat.

Aan de faculteit Psychologie van de Universiteit van Amsterdam is in het voorjaar 1988 een COO-project 'Dr. Stat' gestart, dat het werkgroeponderwijs statistiek voor propedeuse studenten dient te vervangen. Dit aanvullend onderwijs in werkgroepsverband, dat naast de reguliere statistiekcolleges werd aangeboden, bleek in het verleden noodzakelijk om de slaagpercentages niet onaanvaardbaar laag te doen uitvallen (zonder werkgroeponderwijs ongeveer 50%). Het onderwijs in

de werkgroepen was gericht op het leren hanteren van procedures en statistische formules voor het uitvoeren van mathematische bewerkingen. Een werkgroepdocent duidde dit procedureel leren aan met 'aap-leert-truukje'. De doelstelling van het COO-project reikt echter verder: het programma bedoelt de student inzicht in statistiek te laten verwerven (conceptueel leren) en op grond daarvan een correcte toepassing van statistiek te bewerkstelligen. Essentieel voor realisering van deze doelstelling is dat de leerstof conceptueel aansluit bij de student.

Voorbereiding

Twee projectmedewerkers hebben gedurende een jaar de werkgroepen statistiek gevolgd om de problemen die studenten bij de leerstof ondervinden, te inventariseren. Uit werkgroepprotocollen blijkt dat propedeuse studenten psychologie de abstractiegraad van het statistiekonderwijs als een groot probleem ervaren. De formele representatie van de statistiekleerstof blijkt niet aan te sluiten bij de cognitieve structuur van veel studenten. Het doceren van essentiële concepten in de statistiek dient daarom uit te gaan van alledaagse empirische ervaringen van de student. Deze op concrete voorbeelden gebaseerde kennis kan vervolgens worden uitgebreid en verfijnd door studenten stapsgewijs ervaring te laten opdoen met meer abstracte representaties van het concept.

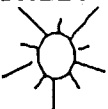
Architectuur

Dr. Stat kent daarom voor elk onderwerp een opbouw van successievelijk een concrete representatie, een grafische representatie en een formele representatie. Bij een concrete representatie wordt het te leren concept aangeboden in de vorm van een concept, alledaags voorbeeld, waarin relevante conceptkenmerken expliciet aanwezig zijn (een voorbeeld van zo'n conceptkenmerk bij 'spreiding' is de afstand tot een centrummaat in de context van spreiding van bomen in een oase in de woestijn, zie figuur 1). Deze concrete, intuïtieve benadering van het concept dient dan als kapstok te fungeren voor meer abstracte representaties, waarin de relevante conceptkenmerken dienen terug te keren. Een grafische representatie bestaat uit staafdiagrammen, normaalcurves en andere picturale beschrijvingen van data (zie figuur 2). Pas wanneer de student zich thuis voelt in dit domein vindt voortgang plaats naar een formele representatie van het concept, waarin de relevante conceptkenmerken in een mathematisch verband worden geplaatst (zie figuur 3). Elk onderwerp wordt tenslotte afgesloten met een serie opgaven, waarin expliciet getoetst wordt of wij de student bepaalde misvattingen en misconcepties persisteren.

File Informatie Zoeken

een stap Terug	%T
een stap Vooruit	%U
Onderwerp Zoeken...	%Z
Punt van Herkomst	%H

SPREIDINGSMATEN
CONCREET




De afstand ten opzichte van het midden is niet voor elke boom hetzelfde. De bomen staan *verspreid* rond het water. In de statistiek noemt men dit daarom *spreiding*.

Return

Figuur 1. Screenshot van spreidingsmaten, concreet.

File Informatie Zoeken

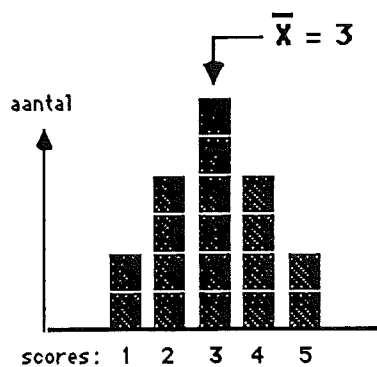
SPREIDINGSMATEN
GRAFISCH

Inderdaad, de waarden aan de staarten van de grafiek zorgen voor een verhoging van de spreiding. Als deze waarden worden weggelaten wordt de spreiding lager, en neemt de breedte van de grafiek dus af. Bovenstaand voorbeeld illustreert dit.

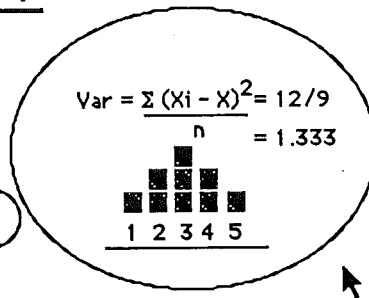
Return

Figuur 2. Screenshot van spreidingsmaten, grafisch.

SPREIDINGSMATEN
FORMEEL
Variantie



$$\text{Var} = \frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n} = 24/18 = 1.333$$



Als \bar{x} nu door het aantal waarnemingen (n) gedeeld wordt, dan blijken de spreidingsmaten voor beide score-verdelingen wel gelijk aan elkaar te zijn.



Figuur 3. Screenshot van spreidingsmaten, formeel.

Onderwijskundige theorie

Deze sequentie van concreet naar formeel is gebaseerd op de veronderstelling dat betere verankering van het geleerde plaatsvindt, indien studenten eerst een correct intuïtief begrip hebben van een concept, alvorens zij abstracte manipulaties (mathematische procedures) leren uit te voeren (Berlin & White, 1988). De concrete fase in deze stapsgewijze formalisering van de leeromgeving leunt zwaar op noties van ervaringsleren of leren door doen (diSessa, 1987). Essentieel is een actieve betrokkenheid van de student bij het leerproces. Relevante conceptkenmerken treden impliciet voor het voetlicht als de student een dataset kan manipuleren en zodoende in de gelegenheid wordt gesteld om intuïtieve hypothesen te toetsen. Men name bij concrete representaties is dit 'experimenteren' van groot belang (men kan daarbij denken aan Montessori's opvattingen over spelenderwijs leren). Bij spreidingsmaten bijvoorbeeld, kan de student naar believen IQ-scores uit een populatie wegnemen en observeren wat het effect daarvan is op de spreiding.

Naast gelegenheid voor gestructureerd ervaringsleren biedt Dr. Stat studenten telkens de keuzemogelijkheid van een concreet parallelvoorbeeld, waarin relevante conceptkenmerken wél expliciet aan bod komen (zoals in figuur 1). Ook dan wordt

de student uitgedaagd om de pas verworven kennis direct toe te passen.

Diagnose en remedie

Een tweede reden voor deze intensieve studentinteractie vloeit voort uit de noodzaak om gedurende het leerproces met grote regelmaat de kennis van de student op correctheid te toetsen. Op deze wijze kunnen eventuele leermoeilijkheden vroegtijdig worden getraceerd, waarna misvattingen of misconcepties door een eenvoudige vorm van coaching (of remedial teaching) worden gecorrigeerd. Weliswaar bouwt Dr. Stat geen studentmodel van de individuele student, zoals intelligente tutoringsystemen waarin een globale diagnose van de student gesteld wordt (Yazdani, 1987; Bierman, 1988), maar het programma is wel behept met kennis van algemene problemen die studenten hebben bij het leren van statistiek. Dr. Stat diagnostiseert en remedieert deze cognitieve 'ziekten' lokaal. De 'geneeskundige' kracht van het programma is desondanks groot, omdat Dr. Stat gebaseerd is op 'mastery-learning' (studenten dienen een onderdeel meester te zijn, alvorens aan een volgend onderwerp te beginnen). Pas wanneer misconcepties hardnekkig blijken te zijn, hetgeen getoetst wordt in de opgaven na elk onderwerp, vindt uitgebreide remedial teaching plaats. Principieel is daarbij de

stellingname dat feedback, ook al is de vraag correct beantwoord, niet beperkt blijft tot "goed" of "fout". Informatie over waarom een antwoord goed of fout was, is een noodzakelijke voorwaarde voor leren.

Hoewel studenten de vrijheid hebben om de lengte van hun leerroute te kiezen (extra voorbeelden, extra opgaven), is de leerroute zélf wel degelijk gestructureerd. Het is onze opvatting dat spreiding niet begrepen kan worden zonder een goede notie van centrummaten, dat correlatie niet begrepen kan worden zonder een goede notie van spreiding, dat regressieanalyse niet begrepen kan worden zonder een goede notie van correlatie etc... Met andere woorden, de kennisverwerving in het domein van de statistiek dient cumulatief te verlopen (mastery learning). De beheersingsstructuur van Dr. Stat is derhalve zo ingericht, dat onderwerpen sequentieel doorlopen dienen te worden door de student. Vanzelfsprekend kunnen eerder bestudeerde onderwerpen op flexibele wijze opnieuw worden geraadpleegd. Het programma laat studenten de vrijheid van een gericht studentinitiatief.

Flexibele opbouw en software onderhoud

Dr. Stat is een breedtoepasbaar COO-programma: met een kleine moeite kan het leerprogramma worden aangepast voor andere opleidingen dan psychologie. Andere sociale wetenschappen en economie zijn voor de hand liggende gebieden, waarvoor dan wel sommige van de gebruikte 'concrete' voorbeelden dienen te worden aangepast. Een economiestudent heeft geen boodschap aan intelligentiequotiënten, maar wel aan inkomensverdelingen of bruto nationale produkten.

Dr. Stat is opgebouwd uit onderwerpmoedules, die in drie globale categorieën kunnen worden ondergebracht. De eerste categorie van beschrijvende statistiek omvat de onderwerpmoedules meten en beschrijven, centrummaten, spreidingsmaten, correlatie en regressie. De twee overige categorieën beslaan kansberekening en toetsleer. Deze modulaire opzet maakt het tamelijk eenvoudig om (delen van) Dr. Stat op verschillende onderwijsniveaus in te zetten, eventueel met een domeinspecifieke aanvulling.

Op dit moment werken 4 medewerkers (2,5 formatieplaats) aan het statistiekproject. Medio september 1989 dient een eerste versie van het programma operationeel te zijn voor zo'n 350 propedeusestudenten Psychologie. Dan kan ook, na reeds eerder uitgevoerde kleinschalige evaluatie-onderzoeken, een grootschalig evaluatieonderzoek worden gestart. Onderzocht zal worden of de onderwijs-

kundige opzet van het programma inderdaad resulteert in een goed begrip van de statistische principes, of alle leerroutes functioneel zijn en of het programma lacunes bevat.

De programmeeromgeving

Voor het ontwikkelen van COO kan naast de traditionele programmeertalen gebruik worden gemaakt van auteurstalen. Auteurstalen zijn hogere programmeertalen, waarin bepaalde schema's voor ontwikkeling van COO zijn voorgebakken. De eerste generatie auteurstalen was nog commandogestuurd (een Nederlands voorbeeld is TAIGA), hetgeen tamelijk hoge eisen stelde aan de programmeerervaring van COO-makers. Recentelijk is er een nieuwe auteurstaal 'Course of Action' van het Amerikaanse bedrijf Authorware op de markt verschenen, die het mogelijk maakt om op eenvoudige wijze een stroomdiagram van een les te genereren (zie figuur 4).

Links op het scherm staan symbolische representaties van standaardopdrachten, zoals een display-, animatie-, vraag- en decisie-structuur. Deze standaardopdrachten kunnen in de gewenste volgorde in het stroomdiagram worden geplaatst, waarmee het feitelijke programmeerwerk voor de controlestructuur wordt verricht. Zodra het stroomdiagram is gevormd, hoeven alleen nog teksten en grafische afbeeldingen te worden ingebracht. Course of Action biedt bovendien de mogelijkheid om tijdens het draaien van het zojuist gemaakte programma, direct veranderingen aan te brengen in tekst of afbeelding. Een voordeel van deze op stroomdiagram gebaseerde auteurstaal is dat de lesstructuur expliciet wordt gemaakt in de structuur van het programma. Omdat een aparte programmeur bij het ontwikkelen van COO met deze auteurstaal overbodig is, kunnen onderwijskundigen hun didactische principes zelf implementeren. Naast een kostenbesparing door reductie van de implementatietijd (ongeveer 60 uur per geproduceerd uur courseware) verwachten wij dat het gebruik van deze auteurstaal een positieve invloed zal hebben op de kwaliteit van de geproduceerde courseware, omdat de afstand tussen vakdocent en implementatie wordt verkleind (Balk, Veenman & Bierman, 1988).

De ontwikkeling van COO met behulp van Course of Action dient plaats te vinden in een Apple Macintosh-omgeving, omdat tekst en grafische afbeelding in hoge mate geïntegreerd is in het pakket. Authorware werkt op dit moment aan een converter voor op Macintosh ontwikkelde programma's naar MS-DOS en een eerste versie is eind januari 1989 verschenen. Vereist is een intern

werkgeheugen van minimaal 540 Kb en een grafische kaart (voorlopig uitsluitend CGA & EGA, maar uitbreiding naar o.a. Hercules volgt). Hoewel Course of Action een kleuroptie heeft, is Dr. Stat momenteel in zwart-wit (monochroom) uitgevoerd.

Conclusie

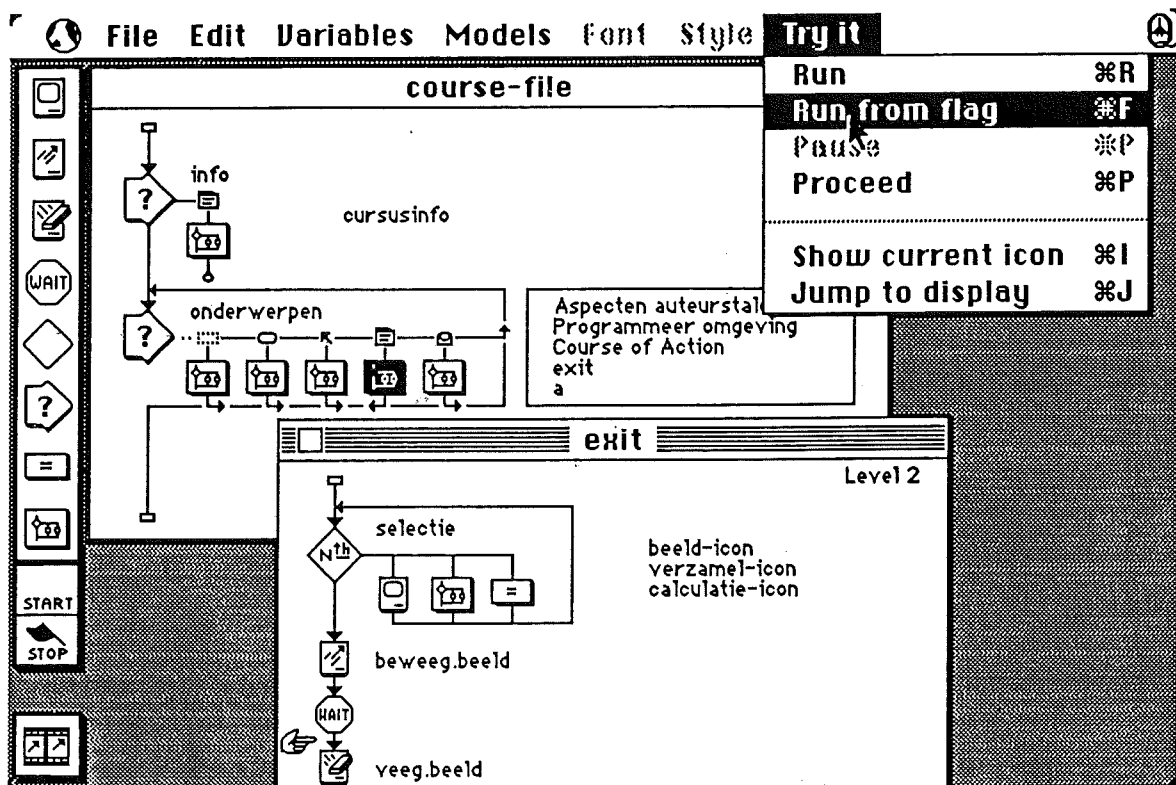
Deze nieuwe generatie auteurstalen maakt het mogelijk COO te ontwikkelen van hoge kwaliteit. Dr. Stat is een 'levend' voorbeeld van de mogelijkheden die dergelijke talen bieden voor het implementeren van complexe onderwijskundige principes.

De ontwikkeling van COO is niet langer een uit de hand gelopen hobby van programmeurs en academici. Evenmin ontleent het zijn bestaansrecht uitsluitend aan kostenbesparing in financieel krappe tijden. COO is de onderwijskundige kinderschoenen ontgroeid.

Literatuur

- Balk, VA & Veenman, MVJ & Bierman, DJ (1988), Statdoctor. Interim report 1 of the courseware development team. Amsterdam, Faculteit Psychologie UvA
- Berlin, DF & White, AL (1988), Learning theory, technology and the learning environment. Proceedings of Computer, Education and Children. Urgench, USSR
- Bierman, DJ (1988), 'Intelligent' tutoring systems: towards better courseware. Proceedings of Computer, Education and Children. Urgench, USSR
- Di Sessa, AA (1987) Artificial worlds and real experience. In: Lawler, RW & Yazdani, M (Eds.) Artificial intelligence and education (volume 1): Learning environments & tutoring systems. Norwood, Ablex Publishing
- Yazdani, M (1987) Intelligent tutoring systems: an overview. In: Lawler, RW & Yazdani, M (Eds.) Artificial intelligence and education (volume 1): Learning environments & tutoring systems. Norwood, Ablex Publishing

*De auteurs zijn werkzaam bij de Faculteit Psychologie van de Universiteit van Amsterdam, Weesperplein 8, 1018 XA Amsterdam.



Figuur 4. Screenshot van de auteursomgeving Course of Action.