

Billedanalyse er et hurtigt voksende forskningsområde med utallige praktiske anvendelser inden for industri, lægevidenskab og underholdning. Behandling af læbe-ganespalte hos nyfødte, kvalitetskontrol af kaffebønner og forbedring af Gollums udseende er nogle af de nyeste resultater.



Matematisk billedanalyse

- Illusion og vision



↑ *Andy Serkis Gollum/Smeagol fra Ringenes Herre III (Kongen vender tilbage). Gollum er her fremstillet med brug af Henrik Wann Jensens teknik til at gengive lyseffekter på hud. I filmen er forbedringen fra den tidligere version af figuren markant. Henrik ses på det indsatte foto.*
 ← *Gollum/Smeagol fra Ringenes Herre II (De To Tårne). Gollumfiguren er fremstillet uden brug af Henrik Wann Jensens metode, der først blev tilgængelig under produktionen af den tredje film i trilogien.*

Af Carsten Broder Hansen

■ De udendørs borde på caféen ved hjørnet af Plaza de Mayos hører til Buenos Aires mest eftertragtede åndehuller, både for turister og for storbyens faste indbyggere. Herfra er der udsigt til flere af de vigtigste offentlige bygninger og ikke mindst til præsidentens palæ, Casa de Gobierno, bedre kendt som "Det Lyserrøde Hus" på grund af bygningens markante farve. Fra mit bord havde jeg således et glimrende udsyn til palæet og den berømte balkon, hvorfra Eva Peron talte til det argentinske folk, og hvorfra Madonna udfyldte samme rolle, da musicalen *Evita* blev filmatiseret. Jeg sad med et glas rødvin, da eftermiddagens sol dukkede frem fra

et hjørne, og sendte sine stråler ned på mit glas. Noget af sollyset passerede gennem vinen og på glassets bagside opstod en række farvenuancer – et fænomen der af grafikere og billedanalytikere betegnes som kaustik.

Matematik går til filmen

Kaustik betyder egentlig "brændkurve" og begrebet anvendes til at angive alt fokuseret lys, der brydes gennem vand eller glas. Ud over effekten fra lys, der passerer farvede væsker i glas, er de karakteristiske lysbølger på bunden af en swimmingpool ligeledes et velkendt eksempel på kaustik. Kaustik har i årevis været et af den mate-

matiske billedanalyses centrale forskningsområder, og på Informatik og Matematisk Modellering (IMM) på DTU er beregninger af kaustikkers opførsel med til at sprænge grænserne for, hvad der er muligt i computergrafikken. De matematiske modeller, der beskriver lysets opførsel, når det rammer forskellige overflader, har blandt andet et enormt anvendelsespotentiale i computerspil og film.

Kaustik i cognac

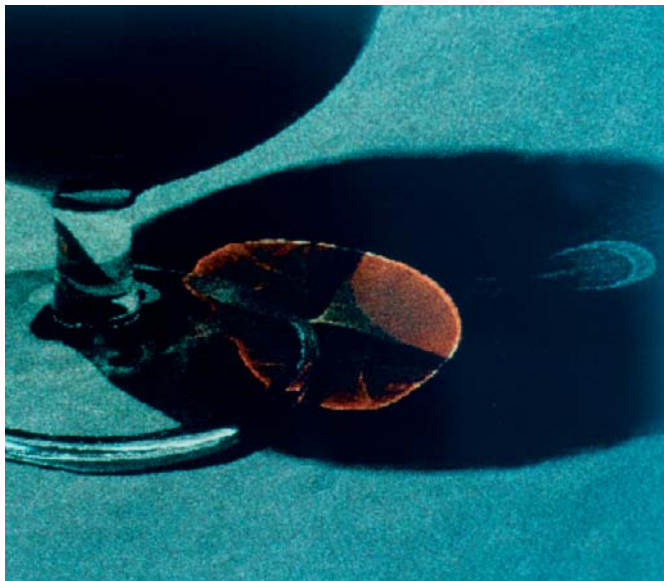
Madonna fik ikke en pris for sin ellers ganske rimelige fremstilling af Eva Peron, men til gengæld modtog den danske forsker Henrik Wann Jensen for nylig en Oscar for sin

metode til at visualisere gennemskinnelige materialer. Henriks teknik er med succes blevet brugt i de fleste af de seneste storfilm fra Hollywood, hvor animerede figurer optræder. Henrik Wann Jensens nye metode er en direkte fortsættelse af den forskning i kaustikker, han som phd-studerende udførte på DTU. Henrik arbejdede dengang med fotonkortteknikken, en metode til at beregne og simulere belysning i komplicerede 3D-opstillinger og derved opnå bedre computergrafik. Med den rigtige beregningsmetode kan man i et computerbillede f.eks. efterligne virkelighedens komplicerede kaustik, der opstår, når



Foto: Carsten Broder Hansen

Foto af fænomenet kaustik demonstreret på et glas med rødvin.



Grafik: Henrik Wann Jensen

En grafisk efterligning af virkelighedens komplicerede kaustik, som når lys rammer et glas med cognac.

Lys, der passerer farvede væsker, danner ofte flotte farvenuancer. Fænomenet betegnes som kaustik. Som ph.d.-studerende på DTU opfandt Henrik Wann Jensen fotonkortteknikken. Det er en beregningsmetode, der gør computeren i stand til at efterligne virkelighedens komplicerede kaustik.



Grafik: Henrik Wann Jensen

Simulering af hud med traditionelle teknikker giver et hårdt, plastisk udseende på computerbilleder.



Grafik: Henrik Wann Jensen

Den nye metode er i stand til at indfange hudens bløde, naturlige udseende og giver langt mere overbevisende computersimuleringer

lys rammer et glas med cognac eller rødvin. Henrik kunne således allerede for år tilbage skabe en naturtro illusion af et cognacglas på en solskinsdag.

På billederne ser man mit rigtige fotografi af rødvinaskaustik fra caféen i Buenos Aires ved siden af Henriks computerskabte illusion af kaustik på en cognacglas. Sidstnævnte kaustik kan kun laves ved hjælp af fotonkortmetoden.

Et "halvgennemsligt" gennembrud

Henrik Wann Jensen har i dag en forskerstilling i USA, men han har bevaret sin tætte forbindelse til IMM. Han var således for nyligt tilbage på DTU for at holde et oplæg om sine seneste forskningsresultater. I de fleste grafikmodeller beregner man normalt kun det lys, der rammer en flade samt refleksionen fra selvsamme flade. Ved fuldstændigt reflekterende flader som stål er dette tilstrækkeligt til at lave perfekte billeder, men lysets opførsel i halvgennemsligt materialer er hidtil blevet ignoreret, muligvis fordi de flerdimensionelle funktioner har været meget vanskelige at beregne. Henriks nye metode omskriver de komplekse funktioner til mere simple ligninger, der kan give samme resul-

tat. Den nye beregningsmetode betyder et afgørende gennembrud for computerens evne til at gengive halvgennemsligt materialer som sne, marmor, mælk, havvand, papir og is på en realistisk måde.

Gollums nye hud

Efter foredraget spurgte jeg Henrik Wann Jensen om teknikken, der førte til hans Oscarpris. Han forklarer: »Den første computerfilm, hvor man skulle simulere rigtige mennesker var science-fictioneventyret *Final Fantasy*. Her blev de computerdannede mennesker kritiseret for at se unaturlige ud, selv om grafikerne brugte rimeligt avancerede teknikker. Når lys rammer rigtige menneskers hud trænger det en smule ned og reflekteres på forskellig vis derfra. Ikke mindst på steder, hvor huden er tynd som ører og næse opstår en karakteristisk effekt, der er uhyre vanskelig at efterligne i en simulering. Min metode kan nu give computerskabt hud en blød, varm og mere naturtro effekt«.

Det er således især den nye metodes evne til at efterligne hud, som har begejstret Hollywood, og som har indbragt Henrik Wann Jensen en teknisk Oscarpris. Filmbranchen nærlæser normalt ikke videnskabe-

3D-billeder på hospitalet

Brug af 3D-billeder forbedrer behandlingen af børn med læbe-ganespalte: Tron Darvann fra Informatik og Matematisk Modellering på DTU har lavet en ph.d.-afhandling, som omhandler billedanalyse af danske børn født med læbe-ganespalte; en lidelse, der rammer ca. 1 barn for hver 500 fødsler. Tron har benyttet standardiserede røntgenbilleder og CT-scanninger, der har været brugt til diagnosticering og omdannet disse til 3D-billeder. Billederne er lagret i en database, der kan bruges af kirurger og tandlæger, både i forbindelse med operationerne og siden også til at vise, hvordan ansigtet og kæberne udvikler sig efter operationen og i forbindelse med væksten (3D-simulering).

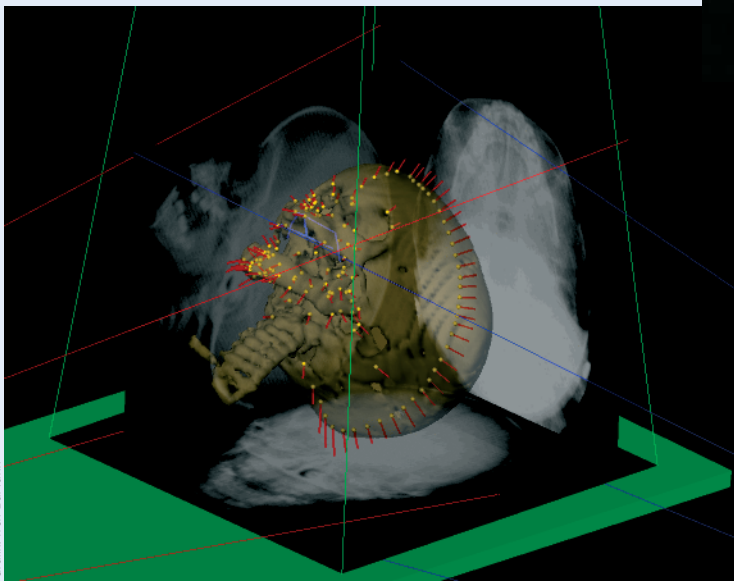
De nye teknikker kan hjælpe med til at besvare nogle af de helt centrale spørgsmål om børn, der fødes med læbe-ganespalte – eksempelvis, hvordan og hvorfor misdannelsen opstår, og hvordan ansigt og kæber vil udvikles efter en operation. Trons arbejde foregik på 3D-Laboratoriet på Panum Institutet i København i et samarbejde mellem både Rigshospitalet, Tandlægeskolen ved Københavns Universitet og DTU.

En af vejlederne var professor, dr. odont. Sven Kreiborg, som udtaler: »Tron Darvanns forskning er et stjerneeksempel på et frugtbart samarbejde mellem læger, tandlæger og ingeniører – en samarbejdsform, der i fremtiden i stigende grad bliver brugt for, og som vil gavne patientbehandlingen.«



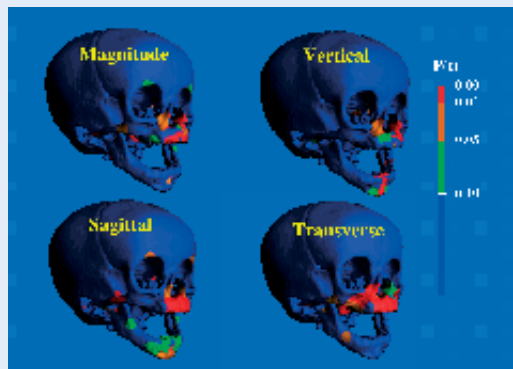
Foto: Carsten Broder Hansen

Tron Darvann med 4 plasticmodeller af børnekranier. Med rød farve er angivet de anormale vækstområder.



Grafik: Tron Darvann

Gennemsnitlig hovedform hos 2 mdr. gamle børn. Billedet er baseret på data fra standardiserede røntgenbilleder i tre forskellige projektioner



Grafik: Tron Darvann

Farve-kodede 3D-modeller med angivelse af de områder, hvor væksten afviger fra det normale.

lig litteratur, så Henrik var i en periode ansat som konsulent hos Pixar-studierne for at hjælpe med at oversætte matematikken til anvendeligt filmsprog. Alfen Dobby fra *Harry Potter II* var det første computervæsen, der fik et mere realistisk udseende med metoden, og i tredje del af Ringenes Herre (*Kongen vender tilbage*) var Gollums hud blevet markant mere naturtro i forhold

til *De to Tårne*, hvor teknikken endnu ikke var kendt.

Henrik Wann mener ikke, at metoden kun er relevant til underholdningsformål. Han slutter således: »Set fra universiteter som DTUs synspunkt er debatten om, hvordan man kan få børn og unge til at interessere sig for matematik og fysik fra en tidlig alder jo særdeles central. I den sammenhæng kan ikke

mindst computergrafik være et meget nyttigt redskab, og også rent filosofisk er det jo interessant, at en matematisk model anvendes til at generere en syntetisk figur på en computerskærm.«

Industri og lægevidenskab

Billedanalysen har også sat markante fingeraftryk på helt andre områder. I flere af IMMs

afdelinger arbejdes således tæt sammen med erhvervslivet for at få testet forskningsresultaterne så snart de foreligger. Bjarne Ersbøll er lektor ved sektion for billedanalyse og computergrafik. Om samarbejdet fortæller han: »I Danmark har vi haft rimelig succes med at få industrien til at udnytte teknologien, især inden for visionssystemer til præcise og



Foto: Carsten Broder Hansen

Kombination af industrielt kamera med digital billedanalyse og statistik anvendes til at sortere en række forskellige industriprodukter. Her er det wienerbrød, som analyseres på sektion for billedanalyse og computergrafik på IMM. Bjarne Ersbøll ses i baggrunden.



Om forfatteren

Carsten Broder Hansen er cand.scient., videnskabsjournalist & fotograf

Adresser:

Informatik og Matematisk Modellerung (IMM),

DTU, bygning 305

Tlf: 4525 3014

samt

IPU/DTV, Inst. for Produktudvikling / Danmarks

Tekniske Videncenter

DTU, bygning 101,

2800 Kgs. Lyngby.

Tlf: 4525 7428

e-mail: cbh@imm.dtu.dk & cbh@dtu.dk

pålidelige målinger af farve og struktur af forskellige produkter. Der er for eksempel taget patent på et måleinstrument, som kobler et avanceret kamera med en lyskilde, der udsender ensartet diffust lys. Det diffuse lys fremhæver produktets ægte farver og afslører en mængde mønstre og farvevarianter, der ikke ses med det blotte øje. Et avanceret kamera sender derpå informationen til computeren, hvor specialiseret software og digital billedanalyse bruges til at bedømme produktet. Sådanne systemer anvendes blandt andet til at kvalitets-sortere minkpelse, hudplejeprodukter og kaffebønner.

Billedanalytikernes erfaring med metoder og udstyr til at genkende mønstre har også fundet vej til det medicinske område. Der er således udviklet systemer til at afkode og sammenstille forskellige hudsygdomme og hudlæsioner, hvilket letter lægernes arbejde med at genkende og diagnosticere sygdomme og skader. Digitale billeder vil også kunne hjælpe forskerne med at genkende og forstå anormale hjerte- og karfunktioner samt fejl i hjernen og nervesystemet. Viden om

tænder og knoglers udvikling og vækst er ligeledes blevet langt mere præcis i de seneste år (se også boks). Bjarne Ersbøll forklarer: »I medicinsk sammenhæng kan det vise sig afgørende, at billedanalysen også inddrager de bølgelængder, øjet ikke kan se. Der er masser af informationer i det nær-infrarøde og ultraviolette spektrum, og ved at arbejde målrettet på at registrere og behandle sådanne informationer matematisk kan man opnå nye resultater.«

Visioner for fremtiden

Billedanalysens inspirationskilde er det menneskelige syn, der er udviklet over millioner af år. Vi er gode til at opfatte ting og mønstre på horisontniveau, oprindeligt formentlig som en tilpasning til et liv på savannen og i lignende omgivelser, eller lidt forenklet til at kunne finde noget at spise uden selv at blive ædt. Forskerne forsøger i dag at få kameraer og computere til at eftergøre det menneskelige syns egenskaber. Selvom vort syn formentlig på nogle punkter er tæt på det optimale har teknikken muligheder, der kan udnyttes bedre ved fortsat forskning i de

områder og bølgelængder, som vores syn ikke kan afkode.

Bjarne Ersbøll slutter: »Billedanalysen er efterhånden blevet god til at eftergøre en del af det, som det menneskelige syn kan. Der er dog fortsat områder, hvor øjet er overlegent, og det er mod disse områder jeg forudser, at billedanalysen vil bevæge sig i fremtiden.

Et eksempel er vores syn og intelligens evne til at samarbejde om at genkende mønstre. Denne evne er fortsat unik. Når mennesker ser på en kop, er vi lynhurtige til at afkode genstanden. Uanset kopens størrelse, form og farve og uanset om hanken vender væk fra os, og i første omgang er usynlig, er vi aldrig i tvivl om, at vi ser på en kop. Det at "forklare" en kop til en computer, og derpå kode maskinen til at genkende koppen, er derimod utroligt kompliceret. Hvis vi kan lave en matematisk model, der indarbejder f.eks. en kops mange variable, er vi i stand til at få computeren til at simulere den menneskelige billedopfattelse, men der er et stykke vej endnu. Hvordan man udvikler en sådan model er en af billedanalysens helt store udfordringer.« ■