

## Populärvetenskaplig Sammanfattning

Mer och mer tid spenderas framför skärmar. Det kan vara mobiltelefoner, TV-apparater eller datorskrmar. Den stora mängd innehåll som görs tillgänglig genom skärmar kan underhålla, lära ut och även fungera som ett effektivt sätt för människor att kommunicera. Trots detta funderar en typisk användare inte mycket på hur innehållet är skapat och hur skärmarna lyckas visa det. Hur går det egentligen till? En viktig del i svaret, som också kommer vara ett övergripande ämne i denna avhandling, är kunskap kring hur den mänskliga synen fungerar. Den kunskapen används för att skapa, dela och presentera otroliga visuella upplevelser.

När en lampa tänds och lyser upp ett rum, vad händer sedan när ljuset når ögat? Forskare har undersökt detta och tagit reda på hur ögat fungerar. De har upptäckt att, tack vare vissa av ögats egenskaper, så kan många, men tyvärr inte alla, färger produceras genom att kombinera rött, grönt och blått ljus. Denna upptäckt har lett till att skärmar ofta konstrueras så att de bara avger ljus med dessa tre färger. I enkla termer kan det ses som att skärmar har tre typer av lampor. En typ lyser rött, en grönt och en blått. Det mänskliga synsystemet kombinerar det röda, gröna och blåa ljuset till färger. Hur mycket ljus varje typ av lampa bör avge för att ge intrycket av en viss färg bestäms av bilden som ska visas. Varje färg i bilden beskrivs av tre tal: ett tal motsvarar hur mycket rött, ett hur mycket grönt och ett hur mycket blått ljus som skärmen ska avge för att producera färgen. För att exempelvis producera en gul färg så skulle talen resultera i att skärmen visar rött och grönt ljus—en kombination som det mänskliga synsystemet tolkar som gult—medan den blåa lampan skulle kunna vara avstängd. Avhandlingens andra kapitel beskriver vad som händer när ljus når det mänskliga ögat medan processen som leder till att skärmar visar färger beskrivs i det tredje kapitlet.

En annan fråga är hur man kan bestämma de tre talen och därmed färgen som ska visas på skärmen. När ett fotografi tas fångar sensorer inuti kameran upp ljuset från det kameran är riktad mot. Ljuset konverteras sedan till de tal som motsvarar färgen det upplevs ha. Slutligen kan fotografiet visas för fotografen på kamerans skärm. Men om fotografen skulle vilja ta ett fotografi av en plats som fotografen själv inte är vid? Detta skulle kunna vara fallet om fotografen vill ha ett fotografi av en plats som inte finns i verkligheten eller om platsen på något vis inte är inom räckhåll för fotografen. Om denna däremot hade en *mycket* detaljerad beskrivning av platsen så skulle ett sådant fotografi kunna skapas genom *fotorealistic rendering*. Rendering är processen där den specifika beskrivningen av platsen, ofta kallad *scenen*, i fråga används för att producera en bild av platsen. Beskrivningen skulle exempelvis kunna



Illustration av en renderingsuppställning som inkluderar en tekanna och en osthyvel. **Vänster:** en överblick av scenen och dess ljuskällor. Bakom tekannan syns den virtuella kameran. Användaren kan flytta runt den i scenen. **Höger:** bild renderad från den virtuella kamerans perspektiv. Notera att båda bilderna är skapade med hjälp av datorgrafik—de är inte fotografier. Bilderna tillhandahölls av Tizian Zeltner. Scenen är skapad av Andrea Weidlich, Toni Bratincevic, Davide Di Giannantonio Potente och Kevin Margo.

innehålla objekts positioner och utsträckning så väl som detaljer om egenskaper hos materialen som objekten består av. Vidare skulle beskrivningen kunna innehålla positioner för lampor, solen eller andra ljuskällor. Bilderna ovan visar ett exempel på hur renderingsuppställningen och en färdig bild kan se ut. Uppställningen är lik den som används när fotografier tas med riktiga kameror. Renderaren—ett datorprogram—använder beskrivningen av scenen för att *simulera* hur scenens ljus och objekt interagerar. När simuleringen är färdig vet renderaren vilket ljus som når kameran, eller ögat, och kan använda informationen för att producera en bild som liknar ett fotografi. Avhandlingens tredje kapitel beskriver denna process i mer detalj.

Det är överraskande hur lika renderade bilder är riktiga fotografier. Bilderna ovan, till exempel, genererades med hjälp av datorgrafik—ingen av dem är fotografier. Även om renderare är kapabla att simulera ljus till viss del så är uppgiften komplicerad. Framförallt tar det lång tid för en renderare att göra de beräkningar som krävs för att uppnå precisa simuleringar av hur ljus interagerar med dess omgivning. För applikationer som kräver att bilder renderas fort, såsom datorspel, kan tiden det tar att göra exakta simuleringar vara för lång. Precis som alla människor som har bråttom så tar renderaren i dessa fall diverse genvägar. Genvägarna leder till att bilden färdigställs fortare, men simuleringarna är inte längre exakta. På grund av detta kan det vara så att bilderna ser förvrängda eller mindre realistiska ut. Att minimera de negativa effekterna av att renderaren tar genvägar är målet med många stora forskningsatsningar. En relaterad forskningsfråga är hur de negativa effekterna kan mätas. Med sådana mått är det nämligen enklare att ta fram lösningar som minimerar de negativa effekterna. En del av denna avhandling utforskar detta och försöker ge användare en visualisering av vilka delar av snabbt renderade bilder som ser förvrängda ut jämfört med versioner som renderats med mer precisa ljussimuleringar.

En annan del i processen som skapar en bild av en scen och visar den på skärmen är lagring och delning av genererade bilder. Hur är det möjligt för exempelvis en mobiltelefon att lagra alla fotografier som tas med den? Varje fotografi skulle kunna innehålla miljontals tal som beskriver dess färger och mobiltelefoner skulle kunna lagra tusentals fotografier—omfattande mängder lagringsutrymme krävs! Lyckligtvis finns det sätt att representera varje bild med ett betydligt lägre antal tal. Denna *kompresion* möjliggör lagring av den stora mängd tal som en samling av bilder innehåller. Precis som att snabbare rendering kan leda till sämre bildkvalitet så kan även kostnaden för kompresion vara en kvalitetsförsämring. Ett exempel på när detta kan ske är i chatprogram. I dessa skickas vackra fotografier mellan användare, men vad som kan ha sett ut som en skarp och högkvalitativ bild hos avsändaren kan för mottagaren se ut att innehålla flertalet block av enstaka färger och vara av allmänt låg kvalitet. Återigen, likt i rendering, har man lagt, och lägger än idag, mycket kraft vid att minimera de negativa visuella konsekvenserna som kompresion kan leda till. Anmärkningsvärt är att det är möjligt att uppnå kompresion utan att orsaka någon kvalitetsförsämring. Under sådana begränsningar kan däremot den komprimerade bilden behöva en större mängd lagringsutrymme än om kvalitetsbevaring inte var ett krav. Kompression är också ett ämne som diskuteras i denna avhandling.

De flesta personer som tittar på samma skärm har liknande visuella upplevelser, men det finns människor som upplever det som visas annorlunda. Mer specifikt finns det personer som ser färre färger än andra. De lider av *defekt färgseende*, vilket är mer känt som färgblindhet. Termen färgblindhet är däremot något vilseledande eftersom de flesta "färgblinda" personer kan se ett stort antal färger, om än inte lika många som en person med normalt färgseende. Effekterna av starkt nedsatt färgseende syns i bilderna nedan. Omkring var tolfte man och var 200:e kvinna har någon form av defekt färgseende. Problemen är ofta genetiska och kan inte behandlas. Vad som däremot kan göras för att förbättra den visuella upplevelsen för personer med defekt färgseende är att ha dem i åtanke när man skapar innehåll som de skulle kunna komma att se. Gröna och röda färger är exempelvis ofta förvirrande för någon med nedsatt färgseende. Detta kan ses i bilderna nedan, där den högra bilden motsvarar det en person med kraftigt defekt färgseende ser när denna tittar på den vänstra bilden. I den högra bilden är det svårt att se vilka färger som motsvarar rött, grönt, orange och gult eftersom alla ser gulbruna ut. Därför skulle det kunna hjälpa personer med nedsatt färgseende om bilderna inte hade innehåll som bara kan uppskattas eller tolkas korrekt om de röda och gröna färgerna i dem kan särskiljas. Detta kan tyvärr inte alltid uppnås. I sådana fall kan det istället vara hjälpsamt att ändra bilden på ett sätt som gör att någon med nedsatt färgseende kan skilja röda och gröna objekt åt. Ett sätt att åstadkomma detta är att göra röda objekt blå. Detta skulle däremot leda



En bild med leksaker i olika färger. Den **vänstra** bilden är originalbilden och den **högra** bilden visar vad en person med kraftigt defekt färgseende skulle kunna se när denna tittar på den vänstra bilden. Notera att det ur personen med defekt färgseendes perspektiv är svårt att avgöra vilka leksaker som är röda, vilka som är gröna och vilka som är gula.

till att röda och blå objekt förvirras istället för röda och gröna, vilket illustrerar en av huvudsårigheterna med denna typ av lösningar—det händer att nya färgförvirringar uppstår när ändringar görs. Algoritmer som förändrar bilder i försök att minska de visuella problem som en person med defekt färgseende skulle kunna lida av kallas *daltoniseringsalgoritmer*. I denna avhandling föreslås en ny sådan. Avhandlingen inkluderar också en introduktion av daltoniseringsfältet och av forskningen kring hur nedsatt färgseende simuleras samt hur ögat hos någon med defekt färgseende skiljer sig åt från ögat hos en person med normalt färgseende.

I avhandlingen framgår det tydligt att kunskap kring det mänskliga synsystemet har haft en stor inverkan på hur bilder skapas, bearbetas, analyseras, lagras och visas. En del som tas särskild hänsyn till är begränsningar i synsystemet. Människans öga och hjärna är inte kapabla att tolka allt ljus som når dem. Detta har flera konsekvenser. Bland annat så syns inte små detaljer såsom de små fyrkanterna som utgör skärmarna på mobiltelefoner. Det är också anledningen till att människor generellt sett inte märker av att deras lampor hela tiden flimrar. De vetenskapliga artiklar som inkluderas i avhandlingen tar hänsyn till denna typ av fenomen, samt visuella problem såsom defekt färgseende, och föreslår sätt att utvärdera och förbättra kvaliteten hos de bilder som renderare producerar.