

Tillämpningar av bildanalys

Hanna Källén

I denna avhandling bildanalys används för att försöka lösa olika problem. En stor del av avhandlingen handlar om hur vi kan använda bildanalys för att förbättra analysmetoder som används för att analysera asfalt. Vi har också försökt använda bildanalys för att detektera cancer i prostatabiopsier och för att bestämma fordons position i en vägkorsning.

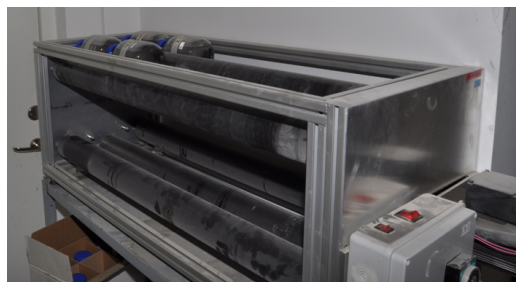
1 Bildanalys för kvalitetskontroll av asfalt

En viktig faktor för hållbarheten för asfaltagret på vägar är vidhäftningen mellan stenarna i asfalten och bindemedlet som får stenarna att sitta ihop, kallat bitumen. Vidhäftningen undersöks med den så kallade rullflaskmetoden. Ett steg i testet är att manuellt undersöka täckningsgraden efter att bitumenindränkta stenar tvättats med vatten under en bestämd tid. I avsnitt 1.1 beskrivs en metod för att automatiskt bestämma vidhäftningen mellan sten och bitumen även då stenarna och bituminet har ungefär samma färg.

En annan kvalitetskontroll av asfalt är att uppskatta storleksfördelningen av stenarna i ett asfaltprov och se om den stämmer överens med receptet för asfalten. En metod för att göra detta med hjälp av bildanalys beskrivs i avsnitt 1.2. Analysen består av att segmentera ut stenarna individuellt så att storleken på alla korn kan uppskattas.

1.1 Förbättring av rullflaskmetoden

Den vanligaste beläggningen på vägar, åtminstone lite större vägar, är asfalt som består av stenar av olika storlekar och ett bindemedel som kallas bitumen. För att undvika dyra reparationer av asfaltvägarna vill man att asfalten ska sitta ihop så bra så möjligt, alltså att vidhäftningen mellan stenarna och bituminet ska vara god. Olika sammansättningar av bituminet och eventuellt vidhäftningsmedel kan behövas för olika sorters sten och det enda sättet att ta reda på om en kombination är bra är att testa den. Detta görs med den så kallade rullflaskmetoden. Först täcks stenar in helt i bitumen för att sedan ligga och vila ett tag. Efter cirka ett dygn stoppas de indränkta stenarna i en flaska fylld med vatten som sedan läggs på ett rullbord, se figur 1. Där får sedan flaskorna ligga och snurra ett tag, detta ska simulera naturlig nötning och gör att en del av bituminet lossnar från stenarna.



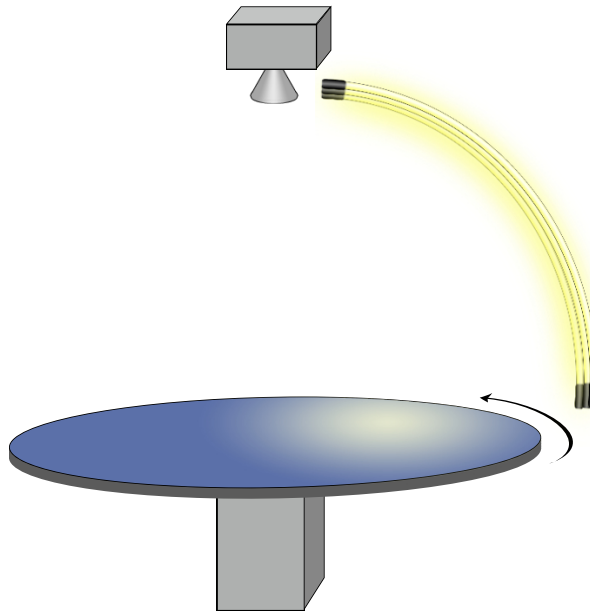
Figur 1: Ett rullbord, här får flaskorna med stenarna i rulla tills det är dags att undersöka täckningsgraden.

Efter några timmar tar man upp stenarna och undersöker hur stor del av stenen som fortfarande är täckt av bitumen. Idag görs detta manuellt genom att två oberoende observatörer uppskattar täckningsgraden genom att jämföra stenarna med tillgängliga riktlinjer. Problemet med den här metoden är att den inte är objektiv utan två observatörer kan få väldigt skilda resultat eftersom det är ganska svårt att uppskatta täckningsgraden med ögat.

I avhandlingen har två olika metoder för att uppskatta täckningsgraden utvecklats. Den ena förlitar sig på att det är en tydlig färgskillnad mellan stenen och bitumenet. Den andra metoden använder att sten och bitumen reflekterar ljus på olika sätt. Genom att belysa de indränkta stenarna från olika håll kan vi se när det uppkommer reflexer. Dessa reflexer uppkommer bara i de delar som är täckta av bitumen och på så vis kan vi uppskatta täckningsgraden. I avhandlingen har i huvudsak den senare metoden används men resultaten har jämförts med resultaten från den första metoden.

Experimentuppställning För att kunna detektera reflexer behöver vi flera bilder med ljus från olika håll. Man skulle kunna tänka sig att använda väldigt många ljuskällor, men det visar sig vara ganska svårt att få plats med så många ljuskällor som behövs. Istället används en fast ljuskälla och ett snurrbord. Genom att snurra lite på snurrbordet mellan varje bild kommer olika delar av stenarna belysas, vilket ger samma effekt som om flera ljuskällor hade används. Figur 2 visar hur uppställningen ser ut, vi har en kamera som sitter precis ovanför mitten av snurrbordet och tittar rakt ner och en ljuskälla som belyser ena sidan av stenarna.

Förprocessering Eftersom vi har roterat bordet lite mellan alla bilder kommer bilderna att vara roterade jämfört med varandra. För att kunna analysera bilderna och avgöra var det bildats reflexer måste först alla bilderna transformerats så att de ser ut att vara fotograferade från samma håll. Detta görs genom att välja ut fyra punkter som är lätta att känna igen i alla bilder och rotera bilderna så att dessa fyra punkter hamnar på samma ställe i alla bilder. Med hjälp av de roterade bilderna kan vi beräkna en medelbild av alla bilder och denna bild använder vi sedan för att segmentera ut stenarna från bakgrunden. Vi tar också fram en bild

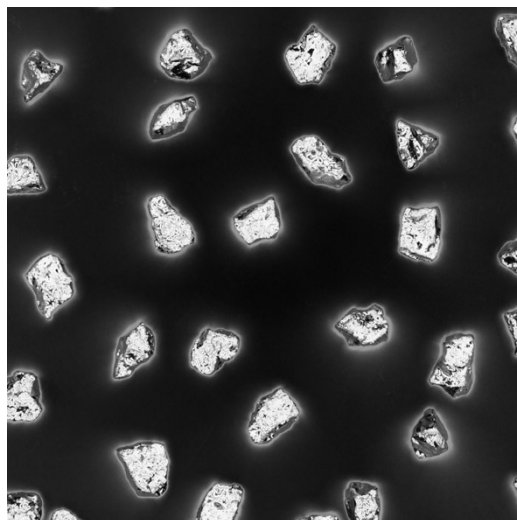


Figur 2: Uppställningen som används för fotografering, vi har en kamera rakt ovanför ett snurrbord och en ljuskälla.

som visar det högsta intensitetsvärdet en pixel hade genom bildserien och en bild som visar det lägsta värdet som pixlarna hade. Dessa två bilder används för att ta fram en bild som visar skillnaden mellan högsta och lägsta intensiteten för en pixel. Denna bild visas i figur 3.

Uppskattning av täckningsgrad För att beräkna täckningsgraden använder vi oss av bilden som visar skillnaden mellan högsta och lägsta intensitet, stor intensitetsskillnad indikerar att vi fått en reflex. Vi säger att det bildats en reflex om skillnaden överstiger ett visst tröskelvärde. I det ideala fallet hade det bildats reflexer i alla pixlar som föreställer bitumen, detta är dock inte fysikaliskt möjligt, om ytan på stenen lutar för mycket kan vi omöjligt få en reflex. För att kompensera för detta tittar vi på en referensserie med stenar helt indränkta i bitumen och uppskattar mängden reflexer för dessa stenar. Detta värde används sedan för att normera andra bilder.

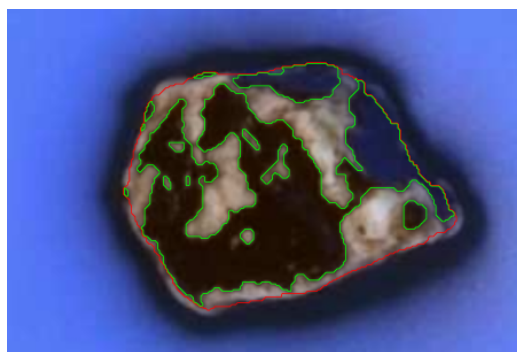
Eftersom den här metoden inte använder färgen på stenarna alls utan bara kollar på hur mycket reflexer som bildats fungerar den lika bra oavsett färg på stenen. Dessvärre är det väldigt svårt att validera resultatet eftersom vi inte har något tillförlitligt facit. Därför har vi även analyserat bilderna med en annan metod som använder sig av färgen på stenarna. Fördelen med denna metod är att vi kan segmentera ut bituminet från stenarna och sedan inspektera resultatet.



Figur 3: Skillnaden mellan högsta och lägsta intensitet för varje pixel.

Referensmetod I den här metoden använder vi två referensbilder, en bild som föreställer stenar som är helt indränkta i bitumen och en bild som föreställer stenar helt utan bitumen. Dessa bilder används för att lära systemet hur en typisk sten- eller bitumenpixel ser ut.

Sten eller bitumen? För att segmentera ut bituminet från stenarna använder vi oss av grafsnittsmetoden. I grafsnittsmetoden har pixlar som ligger nära varandra större chans att bli tilldelade samma klass, alltså antingen sten eller bitumen. Metoden använder också skillnaden mellan den aktuella pixeln och en typiskt sten- eller bitumenpixel för att göra segmenteringen. Resultatet av segmenteringen för en bild visas i figur 4, de röda linjerna visar gränsen mellan förgrund och bakgrund och de gröna linjerna visar gränsen mellan bitumen och sten.



Figur 4: Resultat av grafsegmenteringen för en sten.

Täckningsgraden beräknas sedan genom att räkna antalet pixlar som klassificeras som bitumen och dividera med det totala antalet förgrundspixlar. Vi kan se att segmenteringen överensstämmer bra med vad som borde vara bitumen, därför anses den här metoden vara en bra referensmetod för att utvärdera den färgoberoende metoden och vi använder resultatet som facit. Detta är såklart bara möjligt om stenar som skiljer sig markant från bitumen och därför har vi utfört experiment på just sådana stenar.

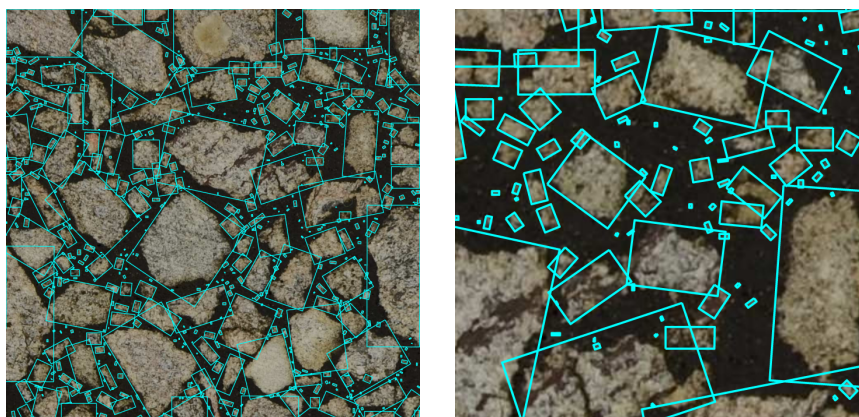
Jämförelse visar att den första generella metoden konsekvent underskattar täckningsgraden jämfört med referensmetoden. Vid närmre inspektion visar det sig dock att kvoten mellan resultaten är ganska konstant oberoende av vilket experiment som görs. Slutsatsen blir att den generella metoden fungerar bra för att jämföra olika sammansättningar av bitumen. Om ett exakt värde på täckningsgraden behövs kan man kalibrera metoden genom att använda sig av en referensserie som föreställer ljusa stenar och referensmetoden.

1.2 Kornfördelningsuppskattning

Asfalt tillverkas vanligtvis efter ett recept som säger vilken storleksfördelning stenarna ska ha, alltså hur stor viktandel som ska vara stenar större än en viss diameter. Ibland vill man kontrollera att den tillverkade asfalten följer receptet. Idag kontrolleras detta genom att man först löser upp en bit asfalt med metylenklorid, som är mycket giftigt, för att sedan sikta stenarna man får kvar genom en serie siktar. Sedan väger man stenarna som fastnat på respektive sikt och får på så sätt fram storleksfördelningen. Eftersom metylenklorid är väldigt giftigt och har negativ miljöpåverkan har man beslutat att minska användningen av det så mycket så möjligt. Vi har försökt uppskatta storleksfördelningen genom att titta på snitt av asfaltprovet och analysera dessa med hjälp av bildanalys.

Förgrund eller bakgrund? Det första steget är att segmentera ut stenarna från bakgrunden. För att göra detta använder vi oss av en metod som kallas fast marching. Metoden går ut på att vi har en kurva som börjar i bakgrunden och sedan låter vi den expandera med en bestämd hastighet. Efter en viss tid avbryter vi expansionen och sätter de pixlar som nåtts av kurvan till bakgrund och de övriga till förgrund. Hastigheten som kurvan får expandera med beror på var i bilden vi befinner oss. Vi vill att kurvan ska gå snabbt i mörka pixlar och långsammare vid ljusare pixlar och kanter. Ibland när stenarna ligger väldigt nära varandra kommer de att tillhöra samma segment som då får en märklig form. Detta vill vi inte och dessa segment delas upp i två eller fler olika segment som bara innehåller en sten var.

Storleksfördelning Efter detta anpassas en rektangel till varje sten genom att först uppskatta orienteringen av segmentet och sedan anpassa en rektangel runt segmentet med denna orientering. Figur 5 visar en bit av ett asfaltprov med de anpassade rektangelarna i cyanblåa linjer, den högra bilden visar en förstoring av en del av den vänstra.



(a) Originalbild.

(b) Förstoring.

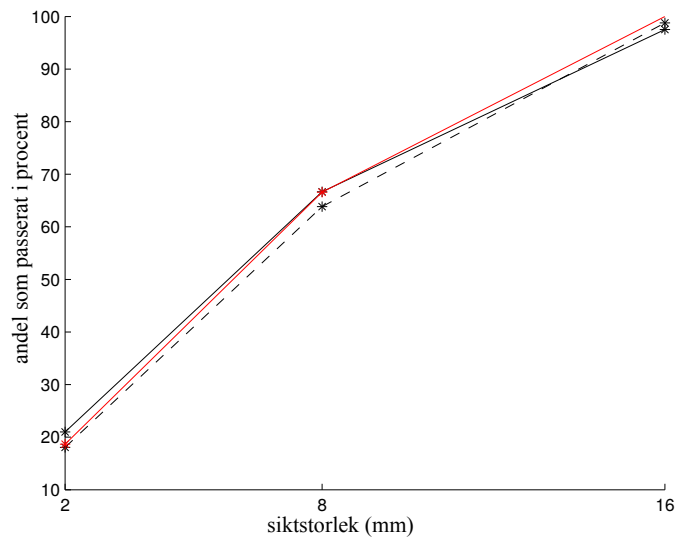
Figur 5: Asfaltprov med anpassade rektanglar.

Vi kan sedan beräkna storleken på alla stenar genom att plocka ut bredden på rektanglarna. Anledningen till att vi definierar storleken på stenarna som bredden på den rektangel som passar segmentet bäst är att det är den bredden som avgör om stenen passerar en spaltsikt eller inte. Sedan beräknar vi storleksfördelningen genom att för varje siktstorlek beräkna arean av de stenar som skulle passera sikten och dividera på den totala arean av alla stenar i provet. På så sätt får vi ut en kornfördelningskurva som kan jämföras med receptet för asfalten.

På grund av begränsningar i kameran kan vi inte se de minsta partiklarna, och för att kornfördelningen ska bli rätt får vi kompensera för detta. Efter att ha tagit bort stenar mindre än 0,5 mm och normaliserat får vi kurvan som visas i figur 6. Den svarta heldragna linjen visar receptet, den streckade linjen visar resultatet då den vanliga analysmetoden används och den röda linjen visar resultatet från bildanalysen.

2 Cancerdetektion

En annan fråga som tas upp i avhandlingen är om bildanalys kan hjälpa patologer att på ett effektivt sätt ställa diagnos på histopatologiska bilder. En mycket vanlig cancerform är prostatacancer, och en stor mängd prostatabiopsier behöver analyseras av en minskande mängd patologer. Det patologerna tittar på är växtmönstret på körtlarna i vävnadsprovet. Beroende på hur växtmönstret ser ut graderas provet på den så kallade Gleasonskalan. Man försöker också uppskatta hur stor del av provet som består av de olika Gleasongraderna. I den här avhandlingen har vi tittat på ett delproblem och försökt avgöra automatiskt vilken Gleasongrad ett litet urklipp av bilden har. Detta har vi gjort genom att plocka ut väldigt generella egenskaper i bilderna, som till exempel kanter i bilden. Dessa egenskaper samlas sedan ihop i en lista och genom att jämföra dessa listor med varandra kan vi avgöra vilken grad av cancer vi har. Vi



Figur 6: Kornfördelningen för stenarna i asfaltsprovet. Den röda kurvan resultatet av bildanalysen, den heldragna svarta linjen receptet och den streckade svarta linjen resultatet när den vanliga analysmetoden används.

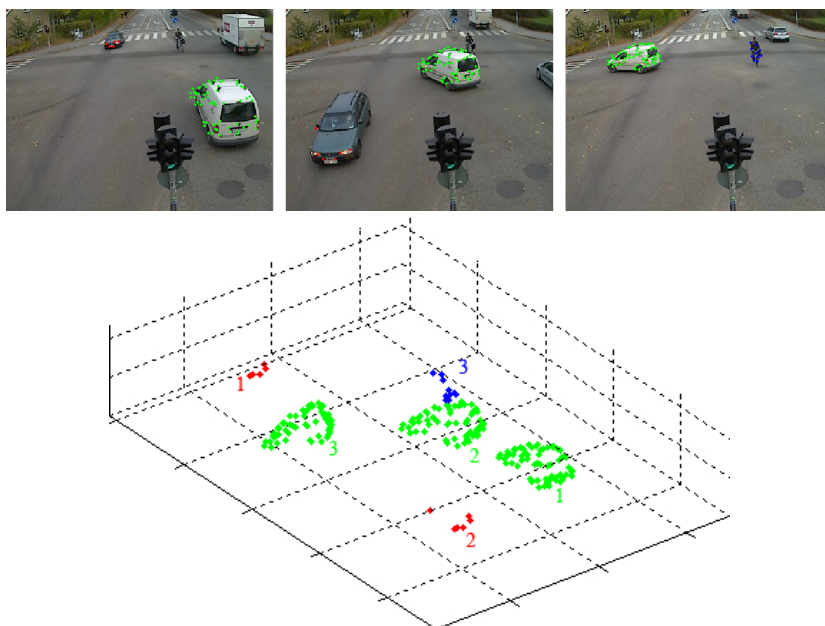
har testat vår metod på ett dataset som innehåller 213 bilder av lite olika storlek. Bilderna är uppdelade i de fyra klasserna benign, Gleason 3, Gleason 4 och Gleason 5 med ungefär lika många bilder av varje klass. Dessa bilder har vi sedan klassificerat och resultatet visas som en förväxlingsmatris i tabell 1. Förväxlingsmatrisen säger hur många bilder som blivit rätt- och felklassificerade och vad de blivit klassificerade som i de fall det blivit fel. Totalt blev 89,2 % av bilderna korrekt klassificerade.

Tabell 1: Förväxlingsmatris för de 213 bilderna, det övergripande felet är 10.8 %.

		uppskattad klass			
		benign	Gleason 3	Gleason 4	Gleason 5
verklig klass	benign	52	0	0	0
	Gleason 3	4	40	3	5
	Gleason 4	2	6	42	2
	Gleason 5	0	0	1	56

3 Trafikövervakning

Den sista delen av avhandlingen handlar om att följa bilar i en korsning. Genom att filma bilarna i korsningen med en statisk kamera får vi många tvådimensionella bilder av bilarna. Dessa bilder kan vi sedan använda för att göra tredimensionella rekonstruktioner av fordonen. Detta görs genom att vi plockar ut intressanta punkter i en bild, det kan vara hörn i bilden eller liknande, dessa punkter följs sedan till nästa bild. Genom att analysera hur punkterna flyttat sig mellan bilderna kan vi bestämma var i rummet punkterna befinner sig. Detta är sedan tänkt att användas för att beräkna var i korsningen fordonet befinner sig vid varje tidpunkt och om bilar kommer farligt nära varandra. Överst i figur 7 visas bilder från korsningen vid tre olika tillfällen med punkterna som används för rekonstruktionerna utritade. Punkterna har olika färg beroende på vilket fordon de tillhör. Den nedre delen av figuren visar och 3D-rekonstruktionerna av de olika fordonen och deras position i rummet.



Figur 7: Korsningen vid tre olika tidpunkter och fordonens 3D-rekonstruktioner.