

Bildanalys för vägbeläggningstillämpningar

Hanna Källén

I denna avhandling har några forskningsfrågor gällande bestämning av vägars beständighet undersökts. Bildanalys har använts för att försöka komplettera existerande analysmetoder för att analysera asfalten.

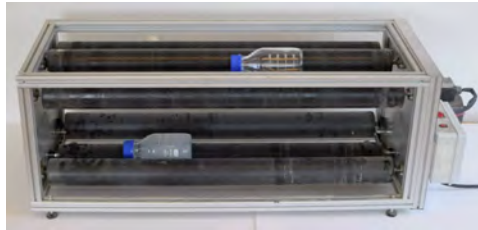
En viktig faktor för hållbarheten för asfaltlagret på vägar är vidhäftningen mellan stenarna i asfalten och bindemedlet som får stenarna att sitta ihop, kallat bitumen. Vidhäftningen undersöks med den så kallade rullflaskmetoden. Ett steg i testet är att manuellt undersöka täckningsgraden efter att bitumenindränkta stenar tvättats med vatten under en bestämd tid. Målet med de två första artiklarna är att ersätta den manuella bedömningen med bildanalysmetoder. I den första artikelns undersöks det enklare problemet när färgen på stenen klart skiljer sig från färgen på bituminet. Genom att använda referensbilder för att få information om färgen på en typisk sten och bitumen och en grafsnittsalgorithm får vi resultat som stämmer bra med den verkliga täckningsgraden. I den andra artikeln tittar vi på mörkare stenar där man inte kan se någon större färgskillnad mellan stenen och bituminet. Istället använder vi att stenar och bitumen reflekterar ljus olika och tar flera bilder med ljus från flera olika håll. Sedan bestäms täckningsgraden genom att detektera reflexer i bilderna.

En annan kvalitetskontroll av asfalt är att uppskatta storleksfördelningen av stenarna i ett asfaltprov och se om den stämmer överens med receptet för asfalten. Detta undersöks i den tredje artikeln där snitt av asfalten är analyserad. Analysen består av att segmentera ut stenarna individuellt så att storleken på alla korn kan uppskattas.

1 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.

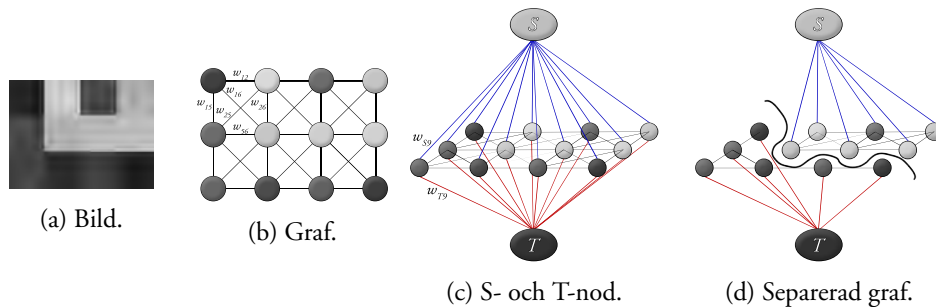
2 Första artikeln

Istället för att uppskatta täckningsgraden manuellt har vi utvecklat en metod för att bestämma täckningsgraden med hjälp av bildanalys. Den första metoden vi utvecklat är lämplig att använda då man har lite ljusare stenar och färgen på stenen skiljer sig markant från färgen på bituminet. Metoden består i några olika steg, först läggs stenarna ut på ett papper för att fotograferas, vi använder också ett ljusstält för att få så jämn belysning som möjligt och för att undvika reflexer i bituminet. Sedan segmenteras bilden så att de indränka stenarna klassificeras som förgrund och pappret som bakgrund, detta görs genom att tröskla bilden med en tröskel som väljs automatiskt. Det sista steget är sedan att segmentera bituminet från stenen för att kunna beräkna täckningsgraden, denna segmentering görs med hjälp av grafsnittsmetoden.

Förgrund eller bakgrund? För att bestämma vad som är förgrund, alltså stenar, och bakgrund, alltså pappret, i bilden använder vi oss av tröskling. Vi beräknar först färgskillnaden mellan alla pixlar i bilden och en helt vit pixel, sedan sätter vi alla pixlar där färgskillnaden är större än en viss förutbestämd tröskel till förgrund och resten till bakgrund. Denna metod är mycket känslig för vilken tröskel man använder och för att automatiskt hitta en bra tröskel utnyttjar vi att stenarna är ganska konvexa till formen,

vilket i stort betyder att det inte finns några vikar utan att de är ganska ovala. Vi väljer sedan en tröskel som gör att vi får så konvexa områden som möjligt.

Sten eller bitumen? Sedan när vi vet vad som är förgrund och bakgrund vill vi för varje sten avgöra vad som är bitumen och vad som är sten. För att kunna klassificera pixlarna rätt behöver vi information om hur en vanlig bitumenpixel samt en vanlig stenpixel ser ut. Detta får vi reda på genom att ta referensbilder på stenar som är helt täckta av bitumen samt på stenar som är råa, helt utan bitumen. För att sedan bestämma vilka pixlar som är bitumen och sten i en bild som föreställer halvtäckta stenar använder vi oss av den så kallade grafsnittsmetoden eftersom vi vill att pixlar nära varandra ska vara mer benägna att bli klassificerade som samma klass. Denna går ut på att vi representerar bilden med en graf. En graf består av noder, som i detta fall är pixlar, som kopplas ihop med sina grannar med bågar av olika vikter. Hur grafsnittsmetoden fungerar illustreras i figur 2. Figur 2a visar ursprungsbilden med tillhörande graf i figur 2b, här beror vikterna mellan pixlarna på hur lika varandra de sammankopplade pixlarna är.



Figur 2: Illustration av en graf.

Alla pixlar kopplas sedan ihop med en förgrundsnod, S , och en bakgrundsnod, T , vilket visas i figur 2c. Dessa bågar har vikter som beror på hur lik den aktuella pixeln är en typisk bitumen- respektive stenpixel. Sedan vill man klippa bågar i grafen på så sätt att det inte finns någon väg mellan S - och T -noden, detta vill man göra på billigaste möjliga sätt, alltså så att den totala kostnaden för att klippa bågar blir så liten som möjligt. Kostnaden för att klippa en båge beror på vikten på bågen. Den separerade grafen visas i figur 2d.

Genom att använda denna metod kan vi dela upp förgrunden i sten och bitumen, resultatet av detta för ett par stenar visas i figur 3, de röda linjerna visar gränsen mellan förgrund och bakgrund och de blå linjerna visar gränsen mellan bitumen och sten.



Figur 3: Resultat av grafsegmenteringen för ett par stenar.

Beräkning av täckningsgrad Täckningsgraden beräknas sedan genom att räkna antalet pixlar som klassificeras som bitumen och dividera med det totala antalet förgrundspixlar. Vi har analyserat ett par olika material, material D och material B, och jämfört resultatet från bildanalysen med resultatet av två oberoende observatörers resultat, detta visas i tabell 1. Resultaten stämmer väl överens för stenar som skiljer sig åt färgmässigt från bituminet men för mörkare stenar är metoden inte speciellt lämplig.

Tabell 1: Täckningsgraden för ett par olika material och vid olika tidpunkter enligt bildanalysmetoden och två oberoende observatörer.

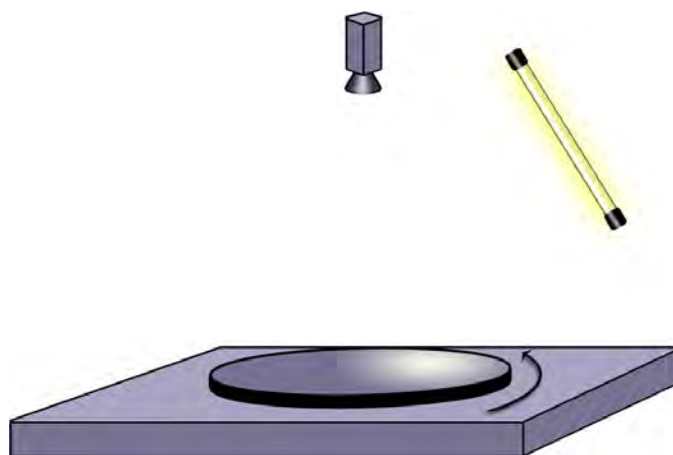
	bildanalys	täckningsgrad	
		observatör 1	observatör 2
material D efter 4 h	92.6 %	95 %	95 %
material D efter 24 h	57.5 %	60 %	60 %
material D efter 48 h	46.4 %	45 %	45 %
material D efter 72 h	38.6 %	40 %	35 %
material B efter 72 h	13.6 %	10 %	10 %

3 Andra artikeln

Det händer att man vill undersöka täckningsgraden på lite mörkare stenar, där stenarna har nästan samma färg som bituminet. I dessa fall går den tidigare metoden inte att använda eftersom en typisk bitumenpixel inte kommer att skilja sig så mycket från en typisk stenpixel. Det finns dock en annan skillnad mellan stenarna och bituminet, man ser att det blänker till i bituminet men inte i stenen när man håller upp stenarna i ljuset. Detta tyder på att vi skulle kunna titta på reflexerna för att avgöra vad som är bitumen och vad som är sten och på så sätt kunna uppskatta täckningsgraden. För att göra detta behöver vi ta många olika bilder på stenarna med ljus från olika håll, om en pixel är mycket ljus i en bild och mycket mörk i en annan betyder det att vi fått en reflex i den bilden och pixeln föreställer troligtvis bitumen.

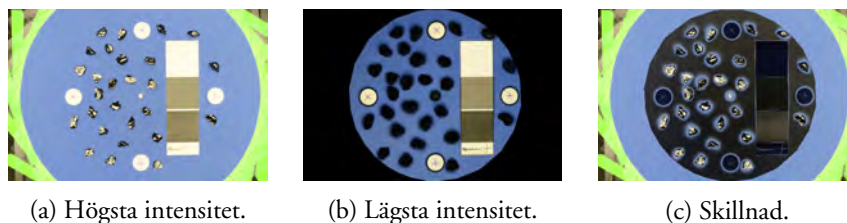
Fotoupställning För att åstadkomma flera bilder med ljus från olika håll skulle man kunna tänka sig att använda väldigt många ljuskällor, men det visar sig vara

ganska svårt att få plats med så många ljuskällor som behövs, istället använder vi oss av en fast ljuskälla och ett snurrbord. Genom att snurra lite på snurrbordet mellan varje bild kommer olika delar av stenarna belysas, vilket ger oss samma effekt som om vi hade haft flera ljuskällor. Figur 4 visar hur uppställningen ser ut, vi har en kamera som sitter precis ovanför mitten av snurrbordet och tittar rakt ner och så har vi en ljuskälla som belyser ena sidan av stenarna.



Figur 4: Uppställningen som används för fotografering, vi har en kamera rakt ovanför ett snurrbord och en ljuskälla.

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 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. De tre olika bilderna visas i figur 5.



Figur 5: Högsta intensitet, lägsta intensitet och skillnaden mellan högsta och lägsta intensitet för varje pixel.

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. 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 två referensserier, en med stenar helt indränkta i bitumen och en med stenar utan något bitumen alls. För dessa serier genererar vi skillnadsbilderna som vi sedan gör om till gråskala. Utifrån dessa bilder kan vi skapa två histogram över intensitetsskillnaderna, ett histogram säger hur många pixlar som hade ett visst intensitetsvärde, ett för de helt täcka stenarna och ett för de råa. Histogrammen kan vi sedan omvandla till sannolikheter, då får vi ut med vilken sannolikhet som en pixel med en viss intensitet är bitumen eller sten. För att uppskatta täckningsgraden för stenar som är delvis täckta av bitumen summerar vi sannolikheterna att pixlarna föreställer bitumen, och dividerar sedan med det totala antalet förgrundspixlar.

Även här har vi testat ett par olika material och jämfört våra resultat med resultaten från observatörer som uppskattat täckningsgraden manuellt, resultatet av detta visas i tabell 2. Våra resultat ligger nära varandra, men det går inte att med säkerhet säga vilket som är rätt svar. Eftersom färgen på stenarna inte spelar någon roll för metoden är denna metod mer lämplig att använda då stenarna är mörka.

Tabell 2: Täckningsgraden för två olika material uppskattade både med hjälp av bildanalys och genom manuell bedömning.

	täckningsgrad	
	bildanalys	manuell bedömning
material A	46.8 %	50 %
material B	29.2 %	35 %

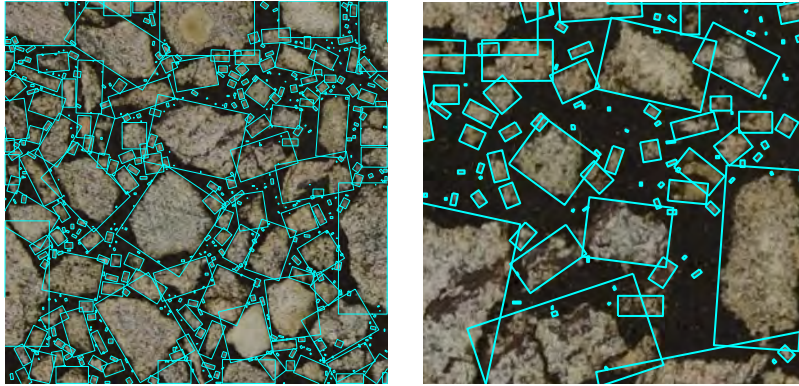
4 Tredje artikeln

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.

Detta görs i några olika steg, först segmenteras ut stenarna från bakgrunden, som i detta fall är bitumen. Efter lite justering av segmenteringen för att säkerställa att inte två stenar blivit sammankopplade till ett större segment, anpassas rektanglar till varje sten. Sedan bestämmer vi storleken på stenen genom att ta bredden på rektangeln, det är detta mått som kommer att avgöra om stenen går igenom en sikt eller inte. När vi vet storleken på varje sten kan vi beräkna storleksfördelningen på stenarna.

Förgrund eller bakgrund? För att segmentera ut stenarna från bakgrunden 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.

Förfining av segmentering Ibland när stenar ligger väldigt nära varandra i provet går det inte att segmentera stenarna så att det blir ett segment per sten utan stenarna som ligger för nära varandra kommer att segmenteras som en och samma segment. För att kunna avgöra storleken på stenarna måste dessa segment delas upp så att ett segment verkligen bara motsvarar en sten. Detta görs genom att då det behövs ta bort pixlar i kanten på segmentet tills det delas upp i två eller fler segment, sedan låter vi de individuella segmenten växa tillbaks igen lika mycket som de först krympte. På detta sätt delas de felaktiga segmenten upp så att varje segment motsvarar en sten. 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 6 visar en bit av ett asfaltprov med de anpassade rektanglarna i cyanblåa linjer, den högra bilden visar en förstoring av en del av den vänstra.



(a) Originalbild.

(b) Förstoring.

Figur 6: Asfaltprov med anpassade rektanglar.

Storleksfördelning 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.