

# Literatuurstudie

Optische kenmerken van grond gebruikt bij computer vision

Opdrachtgever: Royal IHC

Opleverdatum: 3 november 2014

*Jelle Spijker*

*Datum 2 november 2014*

*Revisie 20141102*

## Contact gegevens:

Jelle Spijker (495653) – 06-43272644 – [Spijker.Jelle@gmail.com](mailto:Spijker.Jelle@gmail.com)

## Disclaimer HAN:

Door ondertekening van dit voorblad, bevestigen wij dat het – door ons ingeleverd(e) werkstuk/rapport/scriptie (verder te noemen “product”) – zelfstandig en zonder enige externe hulp door ons is vervaardigd en dat wij op de hoogte zijn van de regels omtrent onregelmatigheden/fraude zoals die vermeld staan in het opleidingsstatuut.

In delen van het product, die letterlijk of bijna letterlijk zijn geciteerd uit externe bronnen (zoals internet, boeken, vakbladen enz.) is dit door ons via een verwijzing conform APA-norm (b.v. voetnoot) expliciet kenbaar gemaakt in het geciteerde tekstdeel (cursief gedrukt).



## SAMENVATTING

---

Royal IHC staat sinds de zeventiende eeuw in het hart van de bagger ontwikkelingen, de core business van IHC is het bouwen en leveren van baggerboten. Maar ook worden rederijen met raad en advies bijgestaan. Om rederij te faciliteren is er gevraagd aan dhr. Spijker om een mobiele grond analyzer te ontwikkelen, welke grond analyseert met behulp van een webcam en resulterende data overzichtelijk toont aan een gebruiker. In dit literatuur onderzoek wordt onderzocht welke eigenschappen van grond, bruikbaar zijn in dit project en hoe deze wellicht uitgevoerd kunnen worden.

Er wordt daarom de volgende onderzoeksvraag gesteld: **Welke optische eigenschappen van grond kunnen gebruikt worden om een grondmonster binnen een gestelde wachttijd van 10 seconden met een nauwkeurigheid van 90% te classificeren?**

Dit wordt op methodische wijze onderzocht, door eerst de bepalen welke eigenschappen visueel onderzocht kunnen worden. Hierna wordt er dieper op deze eigenschappen ingegaan om te onderzoek hoe deze gemeten kunnen worden. Deze eigenschappen zijn: kleur, textuur en structuur van grond.

Een gebruiker kan uit de kleur halen hoe vruchtbaar grond is of hoe hoog het ijzer gehalte is. Correlatie tussen kleur en deze eigenschappen worden duidelijk in het CIE  $L^*a^*b^*$  kleurmodel en met een Redness Index. Omdat een webcam opereert in het RGB kleurmodel zal er een conversie plaats moeten vinden tussen deze kleurmodellen. Vanwege gestelde tijd eisen zullen deze conversies slim en efficiënt uitgevoerd moeten worden.

De textuur van grond wordt veelal inzichtelijk gemaakt in een zogeheten Particle Size Distribution (PSD). Dit is een statistische weergave van de verhouding van korrelgroottes. Hierbij dient gelet te worden dat aanraking en overlap van individuele korrels beperkt zal moeten worden. Dit omdat er anders verstoringen optreden in de waargenomen korrelgroottes.

Structuur kan volgens meerdere bronnen kwantificeerbaar gemaakt worden door een omtrek van een korrel te omschrijven als een reeks Fourier Descriptoren. Het eerste paar van deze Fourier Descriptoren omschrijven een basis vorm van deze korrel, terwijl hogere termen een hoekigheid en detaillering omschrijven. Deze termen kunnen hierna gevoed worden aan een Neural Netwerk, welke classificatie van deze korrels omschrijft.

# INHOUDSOPGAVE

---

<b>1</b>	<b>INLEIDING .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>GEBRUIKTE ONDERZOEKSMETHODIEK .....</b>	<b>6</b>
2.1	PARAMETERS VAN DE ZOEKACTIES .....	6
2.2	TREFWOORDEN EN ZOEKTERMEN .....	7
2.3	DATABASES EN ZOEKMACHINES .....	7
<b>3</b>	<b>WAT IS GROND VANUIT EEN COMPUTER VISION PERSPECTIEF? .....</b>	<b>8</b>
3.1	DIGITALE GROND MORPHOMETRIC .....	9
3.2	DE KLEUR VAN GROND .....	11
3.3	TEXTUUR VAN DE GROND .....	14
3.4	STRUCTUUR VAN DE GROND .....	18
<b>4</b>	<b>CONCLUSIE .....</b>	<b>22</b>
4.1	KLEUR VAN GROND ALS BRUIKBARE VISUELE EIGENSCHAP .....	22
4.2	DE TEXTUUR VAN GROND WEERGEVEN ALS PARTICLE SIZE DISTRIBUTIE .....	22
4.3	CLASSIFICATIE VAN GRONDSTRUCTUUR MET NEURAL NETWORKS EN FOURIER DESCRIPTOREN .....	23
<b>5</b>	<b>DISCUSSIE .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUURLIJST .....</b>	<b>25</b>

# 1 Inleiding

---

Royal IHC houdt zich al sinds de zeventiende eeuw bezig met baggeren. Zij leveren baggerschepen, bijbehorende gereedschappen en staan rederijen met advies en hulp bij.

ACHTERGROND

De productieoutput van een baggerschip is afhankelijk van de snelheid waarmee grond, van onder een waterlichaam getransporteerd wordt naar een secundaire locatie. Hierbij moeten keuzes gemaakt worden over de inzet van het soort baggerschip en overige gereedschappen, zoals cutterkoppen, inzet van jetwater, degassing-installaties en instellingen aan baggerpomp(en). Deze keuzes worden gemaakt door grond te Analyzeren.

BELANG

Diepgaande en uitgebreide analyse en categorisatie van deze grond gebeurt in laboratoria welke op land staan. Dit gebeurt veelal voor de aanvang van een project. Selectie van de in te zetten baggerschip gebeurt aan de hand van onder andere deze conclusies. Omdat grond niet overal dezelfde eigenschappen bezit zullen kapitein en de baggerbaas continue voor keuzes gesteld worden betreft de inzet van bepaalde soorten gereedschappen en instellingen hieraan. Het is hierbij van groot belang dat zij goed geïnformeerd worden over de eigenschappen van de grond welke op dat moment gebaggerd wordt.

Deze analyses worden door een bemanning zelf uitgevoerd en berusten op ervaring en kennis van deze crew. Dit gebeurt meestal door grond visueel en op tast te inspecteren. Deze methodes behalen niet dezelfde nauwkeurigheid als land laboratoria. Royal IHC heeft de opdracht gegeven aan dhr. Spijker om een draagbare "Soil Analyzer", hierna SA genoemd, te ontwikkelen, welke grond analyseert doormiddel van computer vision. Deze analyses moeten met een zekerheid van 90% grondmonsters correct classificeren. Deze classificatie moet binnen 10 seconden uitgevoerd worden, om een positieve gebruikerservaring te garanderen.

PROBLEEM

Deze literatuurstudie onderzoekt volgende onderzoeksvraag; **Welke optische eigenschappen van grond kunnen gebruikt worden om een grondmonster binnen een gestelde wachttijd van 10 seconden met een nauwkeurigheid van 90% te classificeren?**

ONDERZOEKSVRAAG

Deze vraag wordt beantwoord door eerst alle eigenschappen van grond te onderzoeken, hierbij ligt de focus op computer vision. Vanuit deze twee aspecten kan een selectie gemaakt worden van relevante eigenschappen en advies gegeven worden voor benodigde instellingen aan apparatuur en software. Gevonden bronnen worden samengevat en gevoegd. Er wordt gelet op hiaten en overeenkomsten tussen deze bronnen. Hier zal een conclusie en een discussie uitvloeien.

WERKWIJZE

#### RANDVOORWAARDE

De focus is optische eigenschappen van grond welke zich onder een waterlichaam bevindt. Eigenschappen van grond welke niet voorkomen bij ondergedompelde grondsoorten worden dan ook buiten beschouwing gelaten. Voor het baggerproces relevante grondsoort categorieën zijn aangegeven in het plan van aanpak. De selectie van eventueel bruikbare eigenschappen staat in dienst van deze classificatie.

#### STRUCTUUROMSCHRIJVING

Deze literatuurstudie heeft de volgende structuur. In hoofdstuk twee wordt de onderzoeksmethodiek omschreven. Hierna wordt in hoofdstuk drie de bruikbare kenmerken van grond onderzocht. Hierna wordt er in een hoofdstuk vier een conclusie gevormd en in hoofdstuk 5 een discussie gehouden.

## 2 Gebruikte onderzoeksmethodiek

---

Het is belangrijk dat gebruikte bronnen een eerlijke relevante populatie zijn van huidig gepubliceerde literatuur. In dit hoofdstuk wordt de gebruikte onderzoeksmethodiek vastgelegd. Hieruit verkregen literatuurlijst is te vinden in hoofdstuk 6 Literatuurlijst.

BELANG VAN  
ONDERZOEKSMETHODIEK

Deze bronnen zijn samengevat en verweven tot één samenhangend literatuurverslag. Eventuele tegenstrijdigheden en hiaten tussen deze bronnen worden gesignaleerd en uitgelicht.

In hoofdstuk 1 Inleiding is onderstaande onderzoeksvraag gesteld:

**Welke optische eigenschappen van grond kunnen gebruikt worden om een grondmonster binnen een gestelde wachttijd van 10 seconden met een nauwkeurigheid van 90% te classificeren?**

Deze vraag wordt beantwoord door eerst een definitie van grond te geven. Zie paragraaf 3.1. Als tweede worden parameters van zoekacties vastgesteld (zie paragraaf 2.1). Hierna worden als derde relevante trefwoorden en zoektermen opgesteld (zie paragraaf 2.2). Als vierde punt worden gebruikte databases vastgelegd. In deze databases wordt gezocht met vastgestelde zoektermen. Welke heuristisch bijgesteld worden om diverse beweringen te toetsen. Van gevonden bronnen worden eerst de abstracts gelezen en, indien relevant, worden deze gebruikt in dit verslag.

WERKWIJZE

### 2.1 Parameters van de zoekacties

- Taal van de publicatie: **Engels, Nederlands;**
- Gebied van het onderwerp: **Pedology, Computer Vision;**
- Bedrijfssector: **Maritiem;**
- Publicatie periode: **1996-heden;**
- Soort literatuur:
  - **Boeken;**
  - **Wetenschappelijke tijdschriften;**
  - **Websites**

## 2.2 Trefwoorden en zoektermen

Hieruit komt een initiële lijst met trefwoorden en zoektermen:

- “Soil”
  - AND “Properties”
    - AND “Colour” OR “Color”
    - AND “Texture”
    - AND “Structure”
  - “Visual” AND “Identifciation”
- “Morphometric”
- “PSD” OR “Particle Shape Distribution”
- “Particle” AND “Size”
- “Particle” AND “Shape”
  - AND “Classification”
  - AND “Neural” AND “Net” OR “Network”
  - AND “Fourier” AND “Descriptor”
  - AND “Resolution”
- “Kleurmodel” AND “Conversion”
  - AND “RGB”
  - AND “CIE”
    - AND “XYZ”
    - AND “La\*b\*” OR “LAB”
  - AND “RI” OR “Redness Index”

## 2.3 Databases en zoekmachines

- Google Scholar
- Microsoft Academic Search
- Springer Link
- Science Direct
- EBSCO
- Wiley



### 3 Wat is grond vanuit een computer vision perspectief?

(Chesworth, 2008) definieert grond als volgt; Grond is meestal een losse poreuze mengeling van materialen. De porositeit ontstaat door de compositie tussen organisch en/of anorganische grond deeltjes. Deze grond vormt een kortstondige laag over het oppervlakte van de aarde. Het ontstaat als reactie op omringende fysieke, chemische en biologische condities welke inwerken op organische residuen, geologische materialen en anthropogeomorphische producten (door menselijke activiteiten geïntroduceerd "onnatuurlijke" producten). Grond is onderhevig aan erosietransport, door wind, water, ijs of organisme. De hoofd ingrediënten zijn:

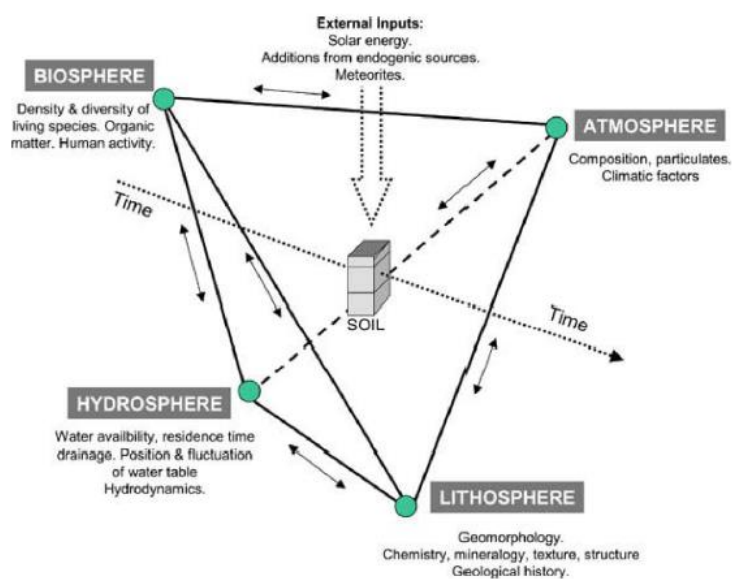
#### DEFINITIE VAN GROND

#### HOOFD INGREDIËNTEN

- A. kristallijn en amorf, vast, anorganische fases, in het bijzonder aluminosilicaat, ijzer hydroxide en carbonaat.
- B. Organisch materiaal, zowel levend als dood, waarvan de biomassa, gevormd door micro-organismen van groot belang zijn.
- C. Een waterige oplossing van anorganische en organische complexe moleculen en ionen, meestal voldoende verdund dat  $H_2O$  een thermodynamische activiteit heeft vlak bij 1.
- D. Een gasvormige fase welke bestaat uit dezelfde componenten als de atmosfeer van de aarde, de onderlinge ratio veranderd door reacties tussen mineraalwater, ademen van de bodem en organisch verval.

Grond wordt gevormd door twee hoofdprocessen, pedogenese bodemvorming als een functie van tijd en slijtage. En de hieronder weergegeven zijn de slijtage invloeden.

#### VORMING VAN GROND



Figuur 1 Slijtage factoren vanuit de hoofd geochemische reservoirs Bron: (Chesworth, 2008)

### 3.1 Digitale grond morphometric

Grond morphometric is een tak van wetenschap welke grond meet en classificeert in verschillende grond profiel attributen. Grond kent ruwweg elf verschillende attributen:

1. Horizon
2. Textuur
3. Kleur
4. Structuur
5. Vochtigheid
6. Redoximorphic, plekken
7. Afschuiwingsweerstand
8. Koolstof gehalte
9. Steen fragmenten
10. Poriën
11. Wortels

Deze attributen kunnen op verschillende manieren geconstateerd worden. (Hartemink & Minasny, 2014) reikt hiervoor de volgende tabel aan:

Attribute	Standard <sup>a</sup>	Digital morphometrics <sup>b</sup>	References
Horizon depth, and boundaries (pedogenically derived)	Visual, color, textural discontinuity, coarse fragments, clay bridges, structural change, organic matter, mineralogy, concretions and accumulations, frost	Electrical resistivity; radio-MT; GPR; profile cone penetrometer; XRF	Chaplot et al. (2001), Doolittle and Collins (1995), Rooney and Lowery (2000), Steffens and Buddenbaum (2013), Tabbagh et al. (2000), Weindorf et al. (2012a)
Texture	Field: hand texturing Laboratory: sieving; pipette; hydrometer	XRF; laser diffraction; vis-NIR	Beuselinck et al. (1998), Bricklemeyer and Brown (2010), Castrignanò et al. (2012), Chappell (1998), Myers et al. (2011), Viscarra Rossel et al. (2009), Waiser et al. (2007)
Matrix color	Visually by Munsell soil color charts	Vis-NIR; GPR, mobile phones	Ben-Dor et al. (2008), Collins and Doolittle (1987), Gómez-Robledo et al. (2013), Viscarra Rossel et al. (2009)
Structure	Visually: grade, shape or type, size	Ultrasonics, X-ray CT, SEM	Garbout et al. (2013), North (1979), Samouëlian et al. (2005), Whelan et al. (1995)

Attribute	Standard <sup>a</sup>	Digital morphometrics <sup>b</sup>	References
Moisture	Feel; rod tests; gravimetric	TDR; GPR, electrical resistivity	Mahmoudzadeh Ardekani (2013), Minet et al. (2011), Samouëlian et al. (2005)
Redoximorphic features; mottles	Visually: quantity, size, contrast, color, state, shape, location	Hyperspectral scanner; XRF; digital cameras	O'Donnell et al. (2010), Steffens and Buddenbaum (2013), Weindorf et al. (2012a)
Rupture resistance, consistence	Rupture resistance: plasticity, toughness, stickiness, penetration resistance and excavation difficulties	X-ray CT and standardized drop-shatter	Munkholm et al. (2012)
Carbonates	10% HCl, degree of effervescence	Vis–NIR	Ben-Dor et al. (2008), Lagacherie et al. (2008), Zhu and Weindorf (2009)
Rock fragments	Visual, sieving, rupture resistance; quantity, size, shape and lithology	Electrical resistivity; radiometers	Post et al. (1999), Rossi et al. (2013), Tetegan et al. (2012)
Pores	Visually: quantity, size, location, and shape	X-ray CT; video digitizing; colored dyes; CAT scanning; image analysis	Dathe et al. (2001), Gantzer and Anderson (2002), McBratney et al. (1992), Peyton et al. (1992), Rab et al. (2014)
Roots	Visually: quantity, size, location	Image processing thin sections; GPR	Butnor et al. (2008), Moran et al. (1993)

Hieruit zijn de volgende attributen potentiële kandidaten voor computer vision classificaties: horizon, textuur, kleur, structuur, redoximorphic, steen fragmenten, poriën en wortels. Omdat de monsters genomen worden in een waterige omgeving en grondmonster verstoord zijn door het baggerproces, blijven de volgende attributen over:

- Kleur
- Textuur
- Structuur

In de volgende paragrafen wordt onderzocht hoe deze attributen het best gebruikt kunnen worden tijdens computer vision.

#### GESELECTEERDE ATTRIBUTEN

### 3.2 De kleur van grond

De kleur van grond is een voor de hand liggende eigenschap. Deze eigenschap is uitermate geschikt om optisch onderscheid te maken tussen verschillende grondsoorten. Kleur is een zogenaamde passieve eigenschap van grond en heeft dus geen invloed op het gedrag. De kleur van grond ontstaat door organische en anorganische invloeden, dit kan in samenspel of separaat gebeuren. Veel voorkomende kleuren, zijn wit, zwart en het bereik van geel tot rood.

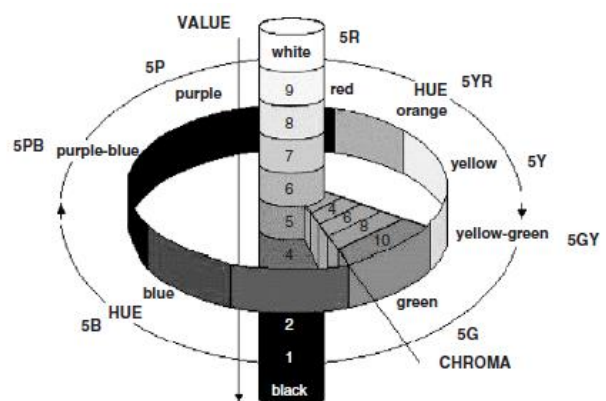
#### OC & Fe

Het feit dat de kleur van grond ontstaat uit het karakter kan gebruikt worden om een indicatie van zijn overige eigenschappen te verkrijgen. (Viscarra Rossel, Fouad, & Walter, 2008) stellen dat organische carbon (OC) en ijzer (Fe) hoeveelheden indirect gemeten kunnen worden door de kleur te classificeren. Zij geven het volgende voorbeeld, de kleur van ijzerhoudende grond mineralen welke oxidatie en reductie reacties ondergaan, kunnen waardevolle informatie aanleveren over hydrologisch condities van deze grond, ook geeft een donkere grond meestal aan dat deze meer organische carbon bevat en daarom vruchtbaar is.

#### MUNSEL HVC

Om kleur aan te duiden wordt er gebruik gemaakt van een kleurmodel. (Viscarra Rossel, Minasny, Roudier, & McBratney, 2006) stellen dat er negen kleurmodellen en één roodheid-index zijn waarmee een kleur van grond omschreven kan worden: Munsell HVC, RGB, decorrelated RGB (DRGB), CIE XYZ, CIE Yxy, CIE La\*b\*, CIE Lu\*v\*, CIELHC, en Helmholtz chromaticity coordinates. Munsell HVC kleurmodel is veel gebruikt, dit wordt beaamt door (Chesworth, 2008; Gómez-Robledo et al., 2013; Viscarra Rossel et al., 2006). In de praktijk wordt grond meestal vergeleken met samples uit het Munsell kleurboek, bestaand uit 175 samples. Maar het komt ook voor dat het met een spectrometer of digitale camera bepaald wordt.

Munsell HVC kenmerkt zich doordat het gebruik maakt van Hue, welke categorisch omschreven is als G (groen), GY (geel-groen), Y (geel), YR (oranje), R (rood), P (paars) PB (paars-blauw), B (blue). Gevolgd door een cijfer (Value) V tussen 0 (zwart) en 10 (wit) en de Chroma, natuurlijke grijswaardes tussen 0 en 20.



Figuur 2 Munsell colour space in een cilindrische vorm  
bron: (Viscarra Rossel et al., 2006)

Volgens (Gómez-Robledo et al., 2013) zijn er verschillende gebreken met het bepalen van een kleur doormiddel Munsell HVC monster boek, allen zijn gerelateerd aan de psychofysica karakters van kleur: verlichting condities, grondmonster karakteristieken en gevoeligheid van een observeerder. Dit wordt beaamd door (Viscarra Rossel et al., 2006). Er wordt verder uitgeweid dat het Munsell intuïtief ontworpen is om onze perceptie van kleur en haar variaties. Het is een bruikbaar systeem voor het categoriseren van grond kleuren, maar het beperkt bruikbaar voor numerieke en statistieke analyses. Dit omdat de Munsell kleurmodel verdeeld is in een series van onderbroken tegels gepresenteerd op iedere pagina van het Munsell kleuren boek.

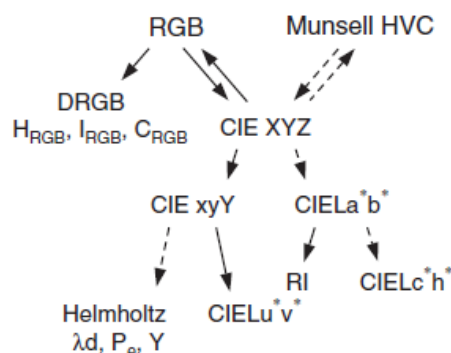
(Melville & Atkinson, 1985) raden aan om CIE  $La^*b^*$  kleur systeem te gebruiken. (Viscarra Rossel et al., 2006) raden CIE  $Lu^*v^*$  en CIELHC aan om de organische carbon content te voorspellen, verdere studie van (Viscarra Rossel et al., 2008) toont aan dat de beste resultaten voor organische carbon content indirect gemeten kan worden met CIE  $Lu^*v^*$ . Een goede tweede is CIE  $La^*b^*$ . Voorspellingen van ijzer kan het best gebruik worden gemaakt van de logaritmische regressie van RI (roodheid index).

CIE  $La^*b^*$  & CIE  $Lu^*v^*$

REDNESS INDEX

Omdat meeste digitale image sensoren in het RGB kleurmodel functioneren, zal er voor classificatie fase een conversie plaatst moeten vinden. Het hier volgende figuur toont mogelijke conversie tussen de kleurmodellen.

RGB



Figuur 3 Conversie tussen de kleurmodellen bron:(Viscarra Rossel et al., 2006)

Om een conversie vanuit het RGB kleurmodel naar CIE  $Lu^*v^*$  en RI te bewerkstellen zijn in totaal vijf stappen nodig. Om een conversie tussen RGB, CIE  $La^*b^*$  en RI uit te voeren zijn drie stappen voldoende. Op een systeem met beperkte resources kan het een strategische keuze zijn om organische carbon te detecteren in het CIE  $La^*b^*$  kleurmodel. Een conversie van RGB naar CIE XYZ wordt uitgevoerd met de berekening getoond op de volgende bladzijde:

RGB → CIE XYZ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119194 & 0.950227 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Hierna kan er een conversie plaatsvinden, van CIE XYZ naar CIE La\*b\*

CIE XYZ → CIE La\*B\*

$$L = \begin{cases} 116 \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16, & \text{if } \left( \frac{Y}{Y_0} \right) > 0.008856 \\ 903.3 \left( \frac{Y}{Y_0} \right), & \text{if } \left( \frac{Y}{Y_0} \right) \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

Hierbij is het witte punt gedefinieerd volgens :

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 95.047 \\ 100 \\ 108.883 \end{bmatrix}$$

CIE La\*B\* → RI

Vanuit deze stap kan een conversie naar een RI uitgevoerd worden, middels:

$$RI = \frac{L \left( (a^*)^2 + (b^*)^2 \right)^{0.5} \cdot 10^{8.2}}{b^* \cdot L^6}$$

### 3.3 Textuur van de grond

Volgens het (Training Institute for dredging, 2008) is een van de eerste criteria voor classificatie de korrelgrote van grond. (Hartemink & Minasny, 2014) Onderschrijft dit als volgt: De textuur van grond is een van de belangrijkste karakteristieke eigenschappen. Het heeft een sterke invloed op het water en voeding opslag, infiltratie, afwatering, beluchting, SOC content, pH buffering en porositeit en vele grond functies en mechanische eigenschappen. Grond textuur wordt gebruikt op ieder niveau van grond taxonomie, van grond order niveau tot aan familie niveau van korrel grootte classificaties. Onderstaande tabel uit (Blott & Pye, 2001) toont het bereik van deze korrel groottes aan, en hun categorie.

Grain size		Descriptive terminology			KORRELGROOTTE
phi	mm/ $\mu$ m	Udden (1914) and Wentworth (1922)	Friedman and Sanders (1978)	GRADISTAT program	
–11	2048 mm	Cobbles	Very large boulders		Boulders
–10	1024		Large boulders	Very large	
–9	512		Medium boulders	Large	
–8	256		Small boulders	Medium	
–7	128		Large cobbles	Small	
–6	64		Small cobbles	Very small	
–5	32	Pebbles	Very coarse pebbles	Very coarse	Gravel
–4	16		Coarse pebbles	Coarse	
–3	8		Medium pebbles	Medium	
–2	4		Fine pebbles	Fine	
–1	2	Granules	Very fine pebbles	Very fine	Sand
0	1	Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse	
1	500 $\mu$ m	Coarse sand	Coarse sand	Coarse	
2	250	Medium sand	Medium sand	Medium	
3	125	Fine sand	Fine sand	Fine	
4	63	Very fine sand	Very fine sand	Very fine	
5	31	Silt	Very coarse silt	Very coarse	Silt
6	16		Coarse silt	Coarse	
7	8		Medium silt	Medium	
8	4		Fine silt	Fine	
9	2	Clay	Very fine silt	Very fine	
			Clay	Clay	

Figuur 4 Korrel groottes en hun hun classificatie, bron: (Blott & Pye, 2001)

De verhouding tussen korrel groottes vertelt veel over het soort grond en haar eigenschappen. Voor de scope van dit project worden korrel groottes boven 2[mm] niet meegenomen in een analyse. Volgens (Andy Ward, Ph.D.,

## CORRELATIE TOT ANDER EIGENSCHAPPEN

2012) verhoudt de korrel groottes van grond en sediment zich tot de volgende eigenschappen:

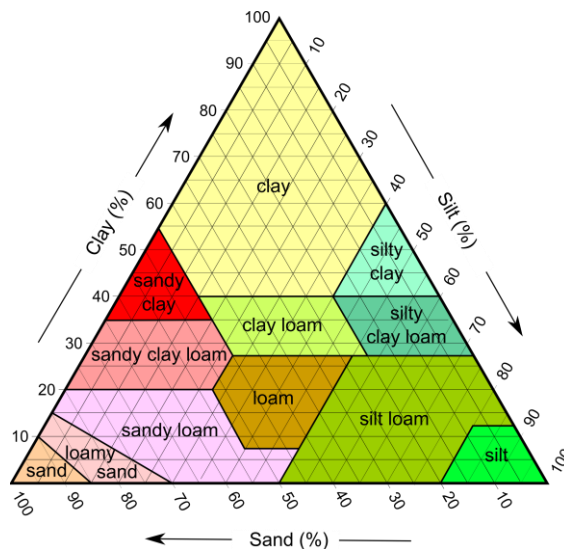
- Hydraulic Properties
  - Bulk density – schud gewicht
  - Porosity
  - Residual water content
  - Water retention
  - Relative Permeability
- Transport Properties
  - Tortuosity
  - Intrinsic Permeability
  - Dispersivity
  - Formation Factor
- Thermal Properties
  - Heat Capacity
  - Thermal conductivity
- Reactive Properties
  - Specific surface area
  - $CEC_{por}$
  - $S_{por}$
  - Reaction Kinetics
- Electrical Properties
  - Dielectric Spectroscopy
  - Surface conductivity
  - Formation Factor
  - Chargeability
- Natural Isotope Abundance
  - $^{40}K$ ,  $^{238}U$ ,  $^{232}Th$
  - Gross  $\gamma$  – ray response

## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

Grond leent zich uitstekend voor statisch onderzoek, bijvoorbeeld PSD (Particle Size Distribution) korrel grootte distributie. (Chesworth, 2008) Omschrijft het belang van PSD als volgt; Korrel grootte distributie van grond en sediment is belangrijk voor veel van hun eigenschappen. Of grond bestaat uit zand, klei, zilt of een mengsel van deze, de grootte distributie heeft invloed op beweging en vasthoudend van water, consistentie en een capaciteit om op te zwellen en krimpen. Dit zijn maar een paar eigenschappen. Belangrijker is het dat korrel grootte distributie nauwelijks beïnvloed wordt door omwoelen, of het moet heel erg drastisch zijn. Meest grond classificatie systemen maken daarom gebruik korrel grootte distributie als een criteria.



In de grafiek hieronder wordt duidelijk welke verhouding zand, zilt en klei een specifieke classificatie krijgt volgens de U.S. Department of Agriculture textural classification chart



Figuur 5 Bron: ("Soil," 2014)

Doormiddel van PSD kunnen grondmonster verder omschreven worden, hierbij zijn: median, mean, standard deviation, skewness, kurtosis, zoals in de meeste statistische modellen veel gebruikt.

STATISTISCHE  
EIGENSCHAPPEN

PSD telt de afzonderlijke korrels en bepaalt het volume van deze korrels met hun oppervlakte. Classificatie vindt plaats binnen het volgende bereik:  $2[\mu m] \leq P_{size} \leq 2[mm]$ . Hierbij worden verhoudingen tussen de categorieën op volumes gekwantificeerd. Eén grote korrel telt dus net zo zwaar als meerdere kleine korrels met het zelfde volume. Het volume van een korrel wordt vanuit een 2D omtrek geëxtrapoleerd, Als de versimpeling gemaakt wordt dat de korrel een bol is dan kan de diameter verkregen worden door:

VOLUME VAN EEN KORREL

$$D = 2\sqrt{\frac{A}{4\pi}}$$

Hierbij is  $A$  de som van alle pixels tussen de contour van de korrel. Omdat de diameter van een bol omschreven is als:

$$D = 2\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$$

Kan uit bovenstaande vergelijkingen kan het volume bepaald worden door de som van het aantal pixels te tellen:

$$V = \frac{A^{3/2}}{6\sqrt{\pi}}$$

In deze vergelijking is  $A$  de enige variabele. Omdat het bij een distributie gaat om de onderlinge verhoudingen wordt deze niet voor individuele korrel berekent, maar alleen voor de categorie groep.

In het lab worden grondmonster mechanisch gezeefd, met behulp van verschillende roosters. Door het toepassen van verschillende zeven, met een steeds kleinere rooster doorlaat worden de monsters gecategoriseerd. Het aantal korrels in iedere categorie wordt geteld en de gehele sample wordt gewogen. Vanuit dit kan het volume van deze categorie bepaalt worden. Dit proces is op locatie niet mogelijk.

#### ZEEFLOOS ONDERZOEK

Op locatie zal een monster zonder het te zeven onderzocht worden. (Igathinathane, Pordesimo, Columbus, Batchelor, & Sokhansanj, 2009) omschrijven dat bij computer vision met een zeefloos PSD, de beste resultaten bereikt zullen worden als er tijdens de image preprocessing [acquisitie red.] duidelijk contrast is tussen korrels en achtergrond. Tevens is het ook van vitaal belang dat de schikking van de korrels ten opzichte van elkaar niet overlappend is. Als er aan deze condities voldaan kan worden zal er geen noodzaak zijn voor gespecialiseerde algoritmes zoals watershed of successieve erosion en dilation. Dit wordt onderschreven door, (Igathinathane, Ulusoy, & Pordesimo, 2012)

#### STATISTISCHE AFWIJKING

In het geval van een field kit bestaat er geen mogelijkheid om individuele korrels gescheiden en enkel laags te schikken. (van Elburg, 2014) vertelt dat individuele korrels elkaar zullen overlappen, zichtbare korrels zullen geteld worden, maar gemeten dimensie van deze korrels zal afwijken. Hierdoor vallen ze in een andere categorie. Dit zal vooral voorkomen bij grotere korrels en deze afwijking kan er voor zorgen dat sommige korrels te groot of te klein gecategoriseerd worden. Doordat deze afwijking beide kanten opgaat zal de verstoring beperkt blijven. Bij kleinere korrels kan het voorkomen dat deze volledig overlapt wordt. Hierdoor zal deze in het geheel niet meegeteld worden. Dit geeft een verstoring van de mean en er zal een kleine shift van de distributie plaats vinden naar de bovenzijde. Het is belangrijk om bewust te blijven van deze verstoringen.

### 3.4 Structuur van de grond

Volgens (Alvarez Grima, 2014) kan de structuur van de grond veel vertellen over de slijtage van gereedschappen, dit wordt verder aangevuld door (Hartemink & Minasny, 2014) welke stellen dat: de structuur is een sleutel karakteristieke van grond en heeft invloed op vele biochemische en fysieke eigenschappen en processen, zowel op erosie en werkbaarheid.

(Cox & Budhu, 2008) geven een uitgebreide achtergrond voor korrel vorm kwantificatie, zij hebben hierbij de volgende observaties gemaakt: Klassieke omgangsvormen van korrelvorm karakteristieke zijn gebaseerd op geometrische dimensies van een korrel, zoals: hoofd as, korte as, omtrek en de kleinste omschreven cirkel. In de tabel hieronder geven zij een korte histories omschrijving van diverse gehanteerde methodes:

GEREEDSCHAP SLIJTAGE

KORRELVORM

History of grain shape characterization methods		
Shape characteristic	Definition	Comment
Sphericity <a href="#">Krumbein (1941)</a>	Ratio of grain volume to that of smallest circumscribing sphere	2-D chart developed to facilitate application <a href="#">Rittenhouse (1943)</a>
		Measurement relates to form
		Measurement in computer programs differ from the original definition
Roundness <a href="#">Wadell (1932)</a>	Ratio of the curvature of grain edges/corners to overall grain	2-D chart developed to facilitate application <a href="#">Krumbein (1941)</a>
		Measurement relates to angularity and texture
		Measurement in computer programs differ from the original definition
Fourier series <a href="#">Ehrlich and Weinberg (1970)</a>	Shape (wave of profile) estimated by expansion of periphery radius as function of angle of grain's center of gravity by Fourier series	Unable to correctly analyze highly irregular or re-entrant particles
Fourier descriptors <a href="#">Beddow and Vetter (1977)</a>	Calculation of shape descriptors from the Fourier series coefficients	Problems with other Fourier series methods are overcome, i.e. re-entrant particles Applies FFT algorithm and utilizes boundary information only
Fractal dimension <a href="#">Kaye (1982)</a>	2-D value ranging from 0–1; describes the ability of a rugged boundary to occupy void space	Highly dependent on segment lengths chosen to measure profile
		Measurement relates more to roughness or texture of grain rather than form

OMSCHRIJVEN VAN  
KORRELVORM

Tabel 1 Bron: (Cox & Budhu, 2008)

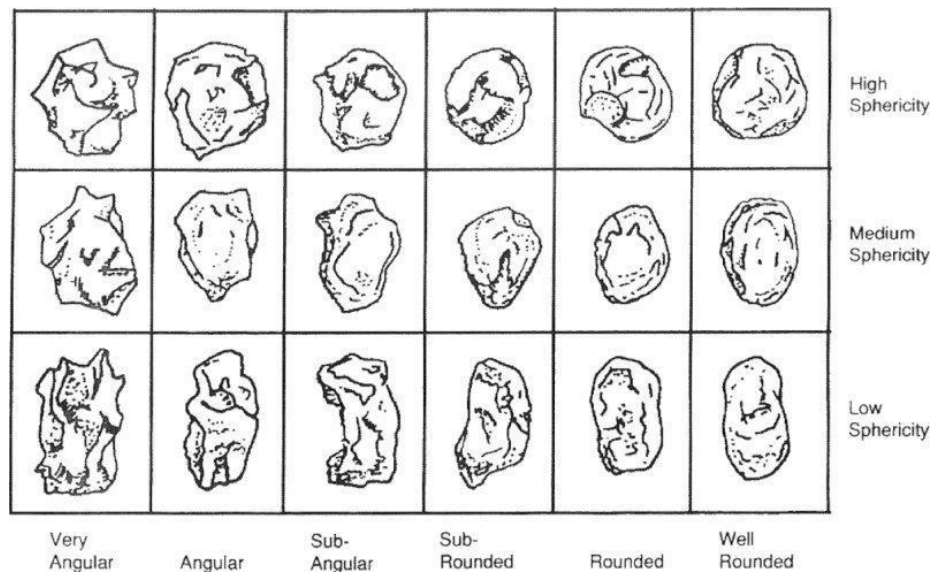
Sinds de komst van computer programma's kan er relatief makkelijk gerekend worden met de sfericiteit (Sphericity) en rondheid. Deze zijn als volgt gedefinieerd:

$$\Psi = \frac{\pi^{1/3} (6V_p)^{2/3}}{A_p} \text{ en } \frac{4A_p}{\pi L_{major}}$$

- $\Psi$  = Sfericiteit
- $V_p$  = Volume van de korrel
- $A_p$  = Oppervlakte korrel
- $L_{major}$  = Hoofd as

## VERGELIJKINGSKAART

In de praktijk en zeker op het veld wordt er veel gebruik gemaakt van vergelijkskaarten.

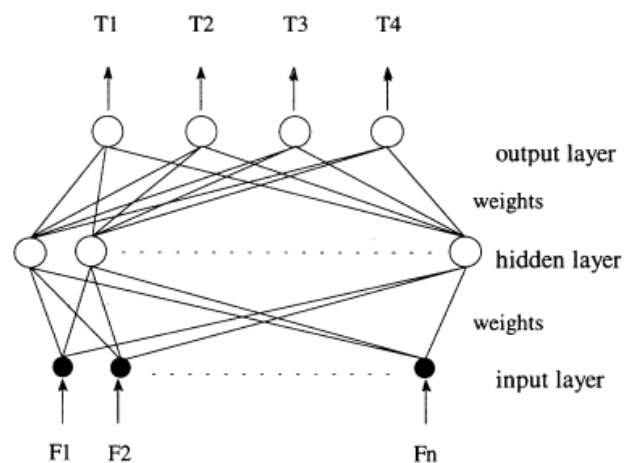


Figuur 6 Kaart om de korrel vormen te vergelijken en classificeren bron: (Miller & Henderson, 2010)

Met de verdere voortgang in computer (vision) technieken kan deze classificatie steeds verder geautomatiseerd worden. (Raj & Cannon, 1999; Xu, Luxmoore, Jones, & Deravi, 1998) constateren na het uitvoeren van proeven dat neural networks uitstekend geschikt zijn voor korrel analysis.

## NEURAL NETWORK

Een veel gebruikt neural network is een MLP (multi-layer perceptron), dit netwerk heeft een input layer, één of meerdere hidden layers en een output layer. Iedere layer wordt gevormd door een reeks neuronen, welke hun input krijgen van andere neuronen (hidden, in- of output neuronen). Iedere neuron somt de inputs op welke bestaan uit de output van een andere neuron vermenigvuldigd met een gewicht. Een treshold functie (b.v. een sigmoïd) bepaalt of de neuron een output heeft. Deze output is de input van de volgende laag



Figuur 7 Neural Network bron: (Xu et al., 1998)

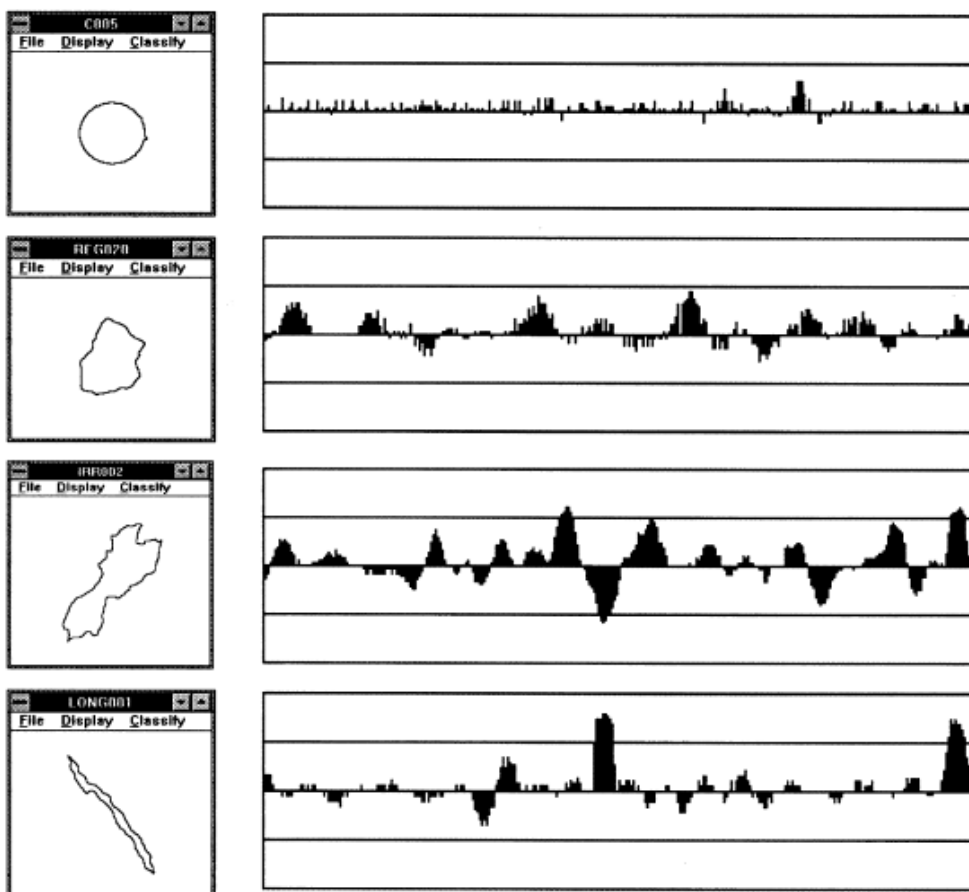
Neural networks verkrijgen hun kennis door het leren van ruwe data, door een leer procedure welke plaats vindt binnen in het systeem en gebruikt maakt van een inductief proces voor beheersing. Veelal kan dit gedaan worden door genetische algoritmes (GA), dit wordt beaamd door (Ambrogi, Lama, Boracchi, & Biganzoli, 2007; Phokharatkul & Kimpan, 2002)

LEER PROCES

(Xu et al., 1998) stellen verder dat een effectieve input voor een neural netwerk, eigenschappen zijn welke verkregen worden door lage order Fourier coëfficiënten van een korrel omtrek kromme. Omtrek kromming variaties leveren belangrijke informatie voor twee dimensionele vormen, en er zullen grootte verschillen geconstateerd kunnen worden tussen deze vormen. Om deze kromme, voor gedigitaliseerde omtrek vormen te berekenen wordt er gebruik gemaakt van een kromme schattingstechniek, welke toegepast wordt op de discrete omtrek pixel.

FOURIER DESCRIPTOREN

Bij een classificatie van vier vormen volstaat het met een paar lage orde termen. Hiermee kunnen de hoofd karakteristieken van een vorm omschreven worden. In het figuur hier onder worden deze vier voorbeeld vormen weergegeven als vier kromme profielen welke verkregen zijn met een Fast Fourier algoritme.



Figuur 8 vier profiel types en hun kromme variaties bron: (Xu et al., 1998)

#### DATA VERLIES

Omdat de continue functie van de zandkorrel vertaalt wordt naar een discrete functie, treed er verlies van data op. Het is belangrijk vast te stellen met welke resolutie de kromme weergegeven moet worden om de verschillende nog steeds te kunnen waarnemen.

#### OMTREK OMZETTEN NAAR FUNCTIE

(Kröner & Doménech Carbó, 2013) stellen dat: Het oppervlakte van een korrel berekend kan worden door het aantal pixel te tellen. Maar als de lengte van het oppervlakte op dezelfde manier bepaald wordt (tellen van pixels), deze serieus onderschat wordt, daarom zal de circulariteit van de korrel overschat worden. Deze afwijking kan verminderd worden door de kromming te extrapoleren door gebruik te maken van een 8-connected algoritmes.

## 4 Conclusie

---

Royal IHC heeft dhr. Spijker gevraagd om een prototype te ontwikkelen waarmee grondeigenschappen, met behulp van haar visuele kenmerken, onderzocht kan worden. Het is gewenst om resultaten van deze analyse snel beschikbaar te maken. Dit brengt een behoefte voor een draagbare en relatief goedkope oplossingen.

ACHTERGROND

In deze literatuurstudie is de volgende onderzoeksvraag onderzocht: **Welke optische eigenschappen van grond kunnen gebruikt worden om een grondmonster binnen een gestelde wachttijd van 10 seconden met een nauwkeurigheid van 90% te classificeren?**

ONDERZOEKSVRAAG

Deze vraag wordt op methodische wijze beantwoord door eerst de condities en randvoorwaarde van het onderzoek uit te zetten. Hierna is het volgende proces gevolgd: Als eerst wordt grond gedefinieerd, vanuit deze definitie wordt er onderzocht welke eigenschappen geschikt zijn voor visuele analyse en classificatie procedures. Hierna zijn de eigenschappen tot in detail onderzocht. Hierbij lag de focus op DIP (Digitale Image Processing) en verwante karakteristieken. Onderstaande eigenschappen zijn geselecteerd als bruikbaar voor dit project en zullen dan ook gebruikt worden.

WERKWIJZE

### 4.1 Kleur van grond als bruikbare visuele eigenschap

In het geval van computer vision is kleur een voor de hand liggende eigenschap. Kleur is een passieve eigenschap en niet interessant op zichzelf. Maar meerdere geraadpleegde bronnen spreken over een duidelijke correlatie van kleur en andere grondeigenschappen, zoals vruchtbaarheid (Organische Carbon) en het ijzergehalte. Deze verbanden zijn het best te constateren in het kleurmodel CIE  $L^*a^*b^*$  en RI. Omdat er in DIP veel gebruikt wordt gemaakt van RGB zal er een conversie tussen de kleurmodellen plaats moeten vinden. Deze conversie zijn met de principes van lineaire algebra relatief eenvoudig uit te voeren.

KLEUR VAN GROND

CIE  $L^*a^*b^*$  EN RI

### 4.2 De textuur van grond weergeven als Particle Size Distributie

Een belangrijke eigenschap van grond is korrelgrootte. Deze heeft een sterke invloed op: water en voedingsopslag, infiltratie, afwatering, beluchting, PH buffering en porositeit en diverse mechanische eigenschappen. De korrelgrootte heeft een bereik  $2[\mu m] \geq P_{size} \geq 2[mm]$ . Dit onderzoek beperkt zich tot  $2[\mu m] \geq P_{size} \geq 2[mm]$ . In een digitale foto kan voor iedere individuele korrel het volume bepaald worden. Dit wordt dan doormiddel van Particle Size Distributie (PSD) statistisch weergegeven. PSD blijkt ook erg ongevoelig te zijn voor omwoelen, wat erg geschikt is vanuit een bagger perspectief.

TEXTUUR VAN GROND

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

#### VALKUIL

PSD heeft een valkuil als het om computer vision gaat. Algoritmes waarmee afzonderlijke korrels geïdentificeerd worden, registreren verkeerde waarden wanneer korrels elkaar overlappen. Dit levert een verstoring de statistische eigenschappen op.

### **4.3 Classificatie van grondstructuur met Neural Networks en Fourier Descriptoren**

#### STRUCTUUR BEPALEN

De structuur van grond, of te wel de vorm haar korrels vertelt veel over de slijtage aan gereedschappen en andere biochemische en fysieke eigenschappen. Bij classificatie van grondkorrels wordt veelal gebruik gemaakt vergelijkingskaarten. Deze kaarten classificeren grondkorrels in drie groepen met betrekking tot bolvormigheid en zes groepen in de hoek-/rondheid van deze korrel.

#### FOURIER DESCRIPTOREN & NEURAL NETWORK

Meerdere bronnen bevestigen dat korrels met behulp van computer vision uitstekend geïdentificeerd kunnen worden. Door eerst de omtrek te omschrijven met enkele hogere order Fourier Descriptoren, welke als input dienen voor een Neural Network. Hierbij moet rekening gehouden worden met de resolutie. Omdat de continue omtrek van de korrel omgezet is naar een discrete functie.



## 5 Discussie

---

In het vorige hoofdstuk zijn drie grondeigenschappen neergezet welke visueel gekwantificeerd en daarom ook geanalyseerd kunnen worden. Deze drie zijn: kleur, textuur en structuur en alle drie hebben zij hun eigen valkuilen en uitdagingen. In de nageslagen literatuur worden deze benoemt maar wordt er niet direct een oplossing voor aangereikt.

VALKUILEN EN UITDAGINGEN

Om uitspraken te kunnen doen, welke betrekking hebben tot de kleur van grond zal er een conversie plaats moeten vinden naar CIE  $L^*a^*b^*$ , CIE  $Lu^*v^*$  en RI vanuit het RGB kleurenmodel. Er is geen directe conversie gevonden naar de drie geselecteerde kleurmodellen, deze verlopen altijd via CIE XYZ. Bij de testopstelling en is het wellicht verstandig om verschillende conversie scenario's te testen.

KLEURMODELLEN

Een van de valkuilen bij textuur analyse ontstaat doordat, individuele korrels elkaar raken en overlappen en door algoritmes verkeerd geïnterpreteerd worden. Hoewel scheiding van rakende korrels mogelijk is met b.v. een watershed algoritme zal eventueel zal niet zichtbare informatie van onderliggende korrels niet meegeteld worden. Hierdoor zal een afwijking ontstaan in de statistische karakteristieke eigenschappen van de steekproef. Het wordt aanbevolen om te onderzoeken in hoeverre deze afwijking acceptabel is of geëlimineerd kan worden.

TEXTUUR EN KORRELOVERLAP

Bij het classificeren van de structuur van grond, wordt de omtrek van een korrel doormiddel van Fourier Descriptoren in een Neural Netwerk gevoed. Doordat een digitale omtrek een discrete functie van de werkelijke omtrek is, treed er gegevensverlies op. Dit verlies zal voornamelijk ontstaan op plekken waar de omtrek hoekig en snel veranderd. Welke gelijk staan aan hoge frequenties. Er zal daarom onderzocht moeten worden welke resolutie aanvaardbare resultaten oplevert bij de hoek-/rondheid van de korrels.

STRUCTUUR EN DATA VERLIES

Hoewel gedegen onderzoek veel duidelijk maakt, zal een groot deel van het functioneren afhangen van de hierboven voorgestelde onderzoeken. Het is daarom van belang dat dit systematisch uitgewerkt wordt op de testopstelling.

## 6 Literatuurlijst

---

- Alvarez Grima, M. (2014, July 16). Orientatie interview MTI.
- Ambrogi, F., Lama, N., Boracchi, P., & Biganzoli, E. (2007). Selection of artificial neural network models for survival analysis with Genetic Algorithms. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52(1), 30–42. doi:10.1016/j.csda.2007.05.001
- Andy Ward, Ph.D. (2012, October 25). *The Importance of Particle Size Distributions to The Characterization of Soils*.
- Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11), 1237–1248.
- Chesworth, W. (Ed.). (2008). *Encyclopedia of Soil Science*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Cox, M. R., & Budhu, M. (2008). A practical approach to grain shape quantification. *Engineering Geology*, 96(1–2), 1–16. doi:10.1016/j.enggeo.2007.05.005
- Gómez-Robledo, L., López-Ruiz, N., Melgosa, M., Palma, A. J., Capitán-Vallvey, L. F., & Sánchez-Marañón, M. (2013). Using the mobile phone as Munsell soil-colour sensor: An experiment under controlled illumination conditions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 200–208. doi:10.1016/j.compag.2013.10.002
- Hartemink, A. E., & Minasny, B. (2014). Towards digital soil morphometrics. *Geoderma*, 230–231, 305–317. doi:10.1016/j.geoderma.2014.03.008
- Igathinathane, C., Pordesimo, L. O., Columbus, E. P., Batchelor, W. D., & Sokhansanj, S. (2009). Sieveless particle size distribution analysis of particulate materials through computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66(2), 147–158. doi:10.1016/j.compag.2009.01.005

- Igathinathane, C., Ulusoy, U., & Pordesimo, L. O. (2012). Comparison of particle size distribution of celestite mineral by machine vision  $\Sigma$ Volume approach and mechanical sieving. *Powder Technology*, 215–216, 137–146. doi:10.1016/j.powtec.2011.09.037
- Kröner, S., & Doménech Carbó, M. T. (2013). Determination of minimum pixel resolution for shape analysis: Proposal of a new data validation method for computerized images. *Powder Technology*, 245, 297–313. doi:10.1016/j.powtec.2013.04.048
- Melville, M. D., & Atkinson, G. (1985). Soil colour: its measurement and its designation in models of uniform kleurmodel. *Journal of Soil Science*, 36(4), 495–512. doi:10.1111/j.1365-2389.1985.tb00353.x
- Miller, N. A., & Henderson, J. J. (2010). Quantifying Sand Particle Shape Complexity using a Dynamic, Digital Imaging Technique. *Agronomy Journal*, 102(5), 1407. doi:10.2134/agronj2010.0097
- Phokharatkul, P., & Kimpan, C. (2002). Handwritten Thai Character Recognition Using Fourier Descriptors and Genetic Neural Networks. *Computational Intelligence*, 18(3), 270–293.
- Raj, P. M., & Cannon, W. R. (1999). 2-D particle shape averaging and comparison using Fourier descriptors. *Powder Technology*, 104(2), 180–189. doi:10.1016/S0032-5910(99)00046-7
- Soil. (2014, September 3). In *Wikipedia, the free encyclopedia*. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Soil&oldid=624015984>
- Training Institute for dredging. (2008). *Ingewijde Training*. Kinderdijk: MTI.
- Van Elburg, J. (2014, September 23). Hoe omgaan met PSD en het bepalen van een minimale sample groote.

- Viscarra Rossel, R. A., Fouad, Y., & Walter, C. (2008). Using a digital camera to measure soil organic carbon and iron contents. *Biosystems Engineering*, 100(2), 149–159. doi:10.1016/j.biosystemseng.2008.02.007
- Viscarra Rossel, R. A., Minasny, B., Roudier, P., & McBratney, A. B. (2006). Kleurmodel models for soil science. *Geoderma*, 133(3–4), 320–337. doi:10.1016/j.geoderma.2005.07.017
- Xu, K., Luxmoore, A. R., Jones, L. M., & Deravi, F. (1998). Integration of neural networks and expert systems for microscopic wear particle analysis. *Knowledge-Based Systems*, 11(3–4), 213–227. doi:10.1016/S0950-7051(98)00052-5