

A 152

Projectvoortgangsrapportage

**Visionsystemen voor
ingangscntrole voor de
aardappelverwerkende industrie**

Drs. F.B.T. Golbach
Dr. M.B.J. Meinders
Ir. A.J.M. Timmermans

VERTROUWELIJK

ato-dlo





ATO-DLO

Projectvoortgangsrapportage

**Visionsystemen voor ingangscntrole voor de
aardappelverwerkende industrie**

Vertrouwelijk

Drs. F.B.T. Golbach
Dr. M.B.J. Meinders
Ir. A.J.M. Timmermans

Eigendom van ATO-DLO. Niets uit dit voorstel mag worden gebruikt,
vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ATO-DLO.

**Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek (ATO-DLO)**
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen
tel. 0317-475000
fax. 0317-475347

2251563

Inhoudsopgave

INLEIDING	3
BEPALING VAN GRAUWVERKLEURING MET COMPUTER BEELD ANALYSE.....	4
2.1. DOELSTELLING.....	4
2.2. APPARATUUR	4
2.3. OPZET EXPERIMENTEN EN VOORLOPIGE RESULTATEN	4
2.3.1. <i>Het bepalen van een locale grauwwaarde uit kleurinformatie.....</i>	<i>4</i>
2.3.2. <i>Het bepalen van een globale grauwwaarde voor een aardappelschijfje.....</i>	<i>5</i>
2.4. CONCLUSIES.....	7
INGANGSCONTROLE VOOR ZIEKTEN EN GEBREKEN	8
3.1. DOELSTELLING.....	8
3.2. APPARATUUR	8
3.3. OPZET EXPERIMENTEN EN VOORLOPIGE RESULTATEN	8
3.4. CONCLUSIES.....	9
UPGRADEN EN ONDERHOUDEN FRITESKLEURINDEXSYSTEEM	10
4.1. DOELSTELLING.....	10
4.2. RESULTATEN	10

Inleiding

dit rapport wordt een overzicht gegeven van een deel van het onderzoek dat ATO-DLO heeft uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma 1996 - 1999, in opdracht van de Vereniging voor de aardappelverwerkende Industrie (VAVI).

De huidige ingangscntrole in de aardappelverwerkende industrie wordt tegenwoordig nog uitgevoerd door productexperts. Een nadeel hiervan is dat deze beoordeling subjectief en tijdsintensief is. Voor de aardappelverwerkende industrie is het belangrijk te beschikken over een objectief en betrouwbaar ingangscntrolesysteem. Om dit mogelijk te maken is het wenselijk deze controle uit te laten voeren door een geautomatiseerd systeem. Het onderzoek dat door ATO-DLO wordt uitgevoerd en deels in dit rapport beschreven wordt, richt zich op de ontwikkeling van een dergelijk systeem. Het uitgangspunt hierbij is dat, gebruik makend van computer-beeld-analyse (CBA) technieken, de beoordeling van de productexperts zo ver mogelijk door het systeem worden benaderd.

In dit rapport worden besproken de vorderingen op het gebied van objectieve grauwbeoordeling, detectie van ziekten en gebreken en het upgraden van het friteskleurindexsysteem.

Bepaling van grauwwerkleuring met Computer Beeld Analyse

1. Doelstelling

De bepaling van de grauwwerkleuring van aardappels gebeurt op dit moment door productexperts. Omdat een objectieve referentie niet aanwezig is, bestaat het risico dat de sensorische beoordeling afhankelijk is van gevoerspelbare factoren, zoals persoonlijke perceptie.

Een doel van het lopende onderzoek is dan ook een CBA-systeem te ontwikkelen dat een objectieve beoordeling van grauwwerkleuring mogelijk maakt. Het is de bedoeling dat de schaal die daarvoor gebruikt gaat worden die van de huidige productexperts zo goed mogelijk benadert. Dit laatste is geen doel op zich; een bepaald model logische of conceptuele voordelen biedt kan het wenselijk zijn om hieraan de hoogste prioriteit te verlenen.

Een onderdeel hiervan is het ook noodzakelijk een standaard methode voor monstername te bepalen. Deze methode hoeft niet noodzakelijkerwijs dezelfde te zijn als de methode die wordt gebruikt voor sensorische bepaling.

2. Apparatuur

Voor een geautomatiseerde beoordeling van grauwwerkleuring wordt gebruik gemaakt van een verlichtingskast met een camera. De belichtingskast maakt gebruik van hoogfrequente TL verlichting, waarvan de lichtsterkte met een regelcircuit constant wordt gehouden. Voordat opnames worden gemaakt van monsters wordt de camera gekalibreerd volgens een standaard procedure. Deze methode garandeert dat alle opnames onder gelijke omstandigheden worden gemaakt.

Alle gemaakte opnames dienen als basismateriaal voor de experimenten zoals beschreven in dit rapport.

3. Opzet experimenten en voorlopige resultaten

Voor de hierna beschreven experimenten wordt uitgegaan van aardappelschijfjes als basismateriaal. De schijfjes zijn afkomstig van het ras Aziza, en de voorbehandeling bestaat uit acht minuten bakken op 140°C onder blancheren.

Voor de beoordeling van een aardappelschijfje geven de productexperts steeds drie waarden: het minimum, het maximum en het gemiddelde. Het minimum en maximum zijn lokale beoordelingen: zij hebben betrekking op een bepaalde regio van het monster. Het 'gemiddelde' is een subjectieve beoordeling van het monster als geheel, en dus 'globaal'. De manier waarop dit 'gemiddelde' tot stand komt is niet evident; het is in ieder geval niet zondermeer gelijk aan het rekenkundig gemiddelde. Eén van de hierna beschreven experimenten richt zich dan ook op de manier waarop dit gemiddelde wordt bepaald.

Een voorlopig uitgangspunt waarop alle tot nu toe uitgevoerde experimenten op zijn gebaseerd is dat de beoordeling plaats vindt op basis van kleur, en niet afhankelijk is van andere eigenschappen van het monster. Het is niet uitgesloten dat dit uitgangspunt in de toekomst nog moet worden bijgesteld.

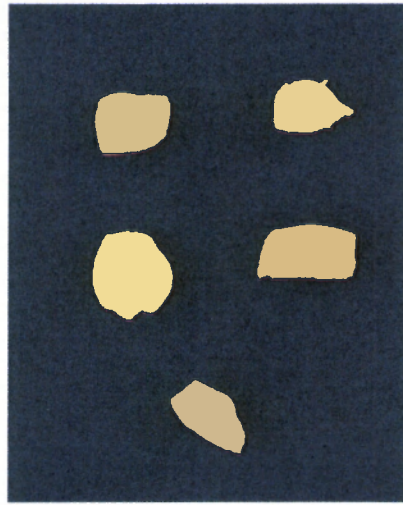
3.1. Het bepalen van een lokale grauwwaarde uit kleurinformatie

Voor de experimenten in deze paragraaf richten zich erop een model te ontwikkelen dat de lokale grauwwaarde van de productexperts zo goed mogelijk benadert. Met name de gegeven beoordeling voor het maximum is hiervoor van belang. Het model dat wordt gebruikt kan aan elk beeldpunt (pixel) een grauwwaarde geven, op grond van de kleur van het betreffende pixel.

Om dit model te ijken, is een zgn. leerset nodig, d.w.z. een verzameling afbeeldingen van monsters waarvan de grauwwaarde bekend is. Deze monsters zijn vóór het maken van de opnames beoordeeld door de productexperts zodat een sensorische beoordeling beschikbaar is.

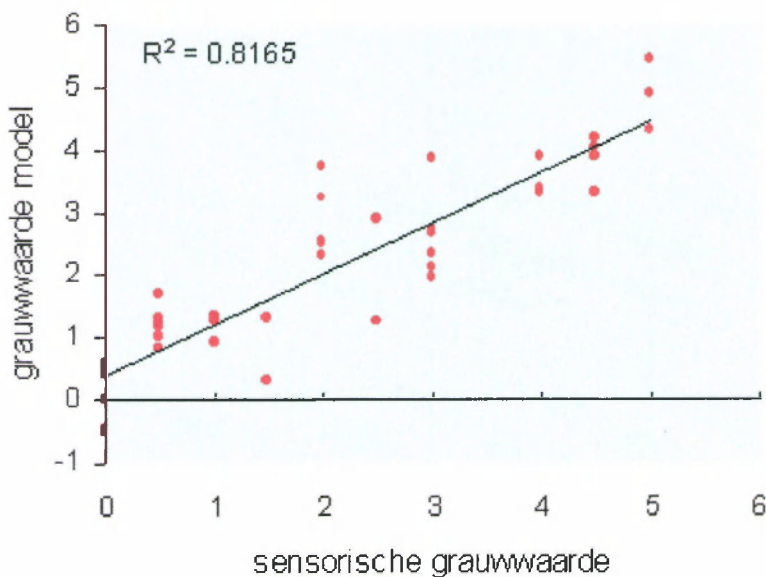
mdat gangbare monsters (staafjes, schijfjes) een erg inhomogene grauwwerking vertonen, is ijking hierop moeilijk. Daarom werd besloten om stukjes monster uit te snijden op een zodanige manier dat het verkregen stukje een zo egaal mogelijke grauwwaarde heeft.

en voorbeeld van een aldus verkregen opname is te zien in figuur 1.



figuur 1, opname van een aantal samples met homogene grauww

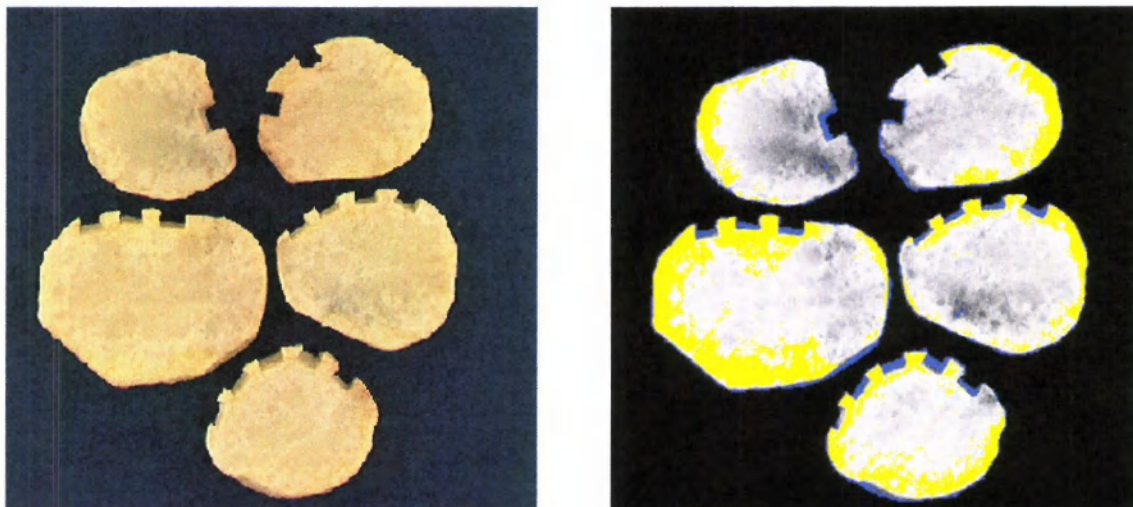
Uit veertig van deze monsters is een model samengesteld dat pixelgewijze grauwoordeling mogelijk maakt. Dit model is gebruikt om een vergelijkbare serie (homogene) monsters te beoordelen. Het resultaat hiervan is te zien in figuur 2.



figuur 2, sensorische beoordeling tegen beoordeling door model

2.3.2. Het bepalen van een globale grauwwaarde voor een aardappelschijfje

Het hiervoor beschreven model wordt gebruikt om een locale grauwoordeling mogelijk te maken. Uiteindelijk is het echter de bedoeling dat een monster (schijfje) één 'gemiddelde' beoordeling krijgt. De data

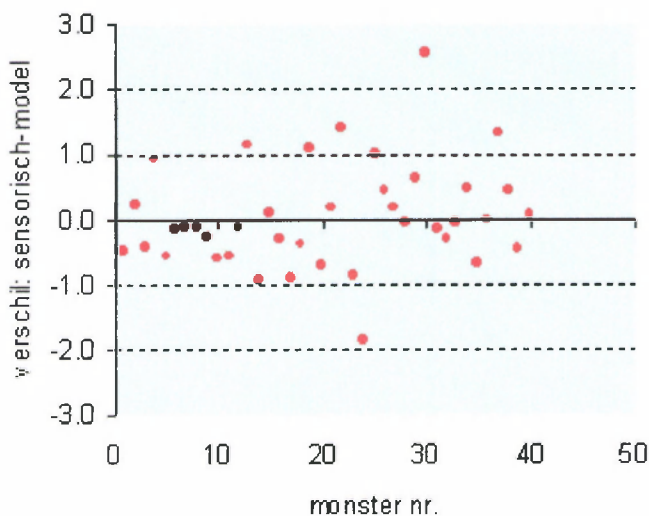


figuur 3, Links: kleurenopname van vijf inhomogene grauwwerkleurde aardappelschijven. Rechts: zelfde aardappelschijven waarbij berekende grauwwaarde in grijsstinten is ingekleurd. Gele en blauwe regio's komen overeen met gebieden die nog niet door het model herkend worden

uit het hiervoor beschreven model kan met statistische methoden worden vergeleken met sensorische beoordelingen. Dit levert een globaal model op dat in staat is een gemiddelde grauwwaarde toe te kennen aan een inhomogeen aardappelmonster.

Om dit te bereiken werd eerst het lokale grauwwmodel toegepast op monsters met een inhomogene grauwwerdeling (figuur 3, links). De monsters bestaan uit schijfjes, gesneden uit het hart van de aardappel, met een dikte van 1 cm. Door gebruik te maken van het model uit de vorige paragraaf krijgt elk beeldpunt in deze monsters een grauwwaarde toegekend. Door deze grauwwaarde te vertalen naar een grijs tint ontstaat figuur 3, rechts.

De aardappelschijfjes in figuur 3 worden afgebeeld in 13 verschillende grijs tinten, oplopend van lichtgrijs



figuur 4, globale beoordeling door model ten opzichte van beoordeling door productexperts.

grauwwaarde 0) tot donkergrijs (grauwwaarde 6), in stapjes van een half. Er is gekozen voor deze schaalverdeling om een zo goed mogelijke vergelijking met de beoordeling van de productexperts, die dezelfde resolutie gebruiken, mogelijk te maken.

Verder zijn er gele en blauwe regio's: dit zijn gebieden die nu nog niet goed door het model worden herkend. Het is te zien is dat de aanwezige grauwwerking in de monsters sterk wordt geaccentueerd. Verder blijken bepaalde verkleuringen in de samples ten onrechte als grijs te worden aangemerkt.

Voor de data afkomstig uit monsters als getoond in figuur 3 te koppelen aan de 'gemiddelde' beoordeling van productexperts kan een globaal grijsmodel worden opgesteld. De nauwkeurigheid hiervan werd getest door een setje inhomogene monsters zowel door dit model als door productexperts te laten beoordelen. Het resultaat hiervan is te zien in figuur 4.

Van de veertig schijven die zijn beoordeeld, liggen er 34 op een afstand van minder dan één schaaldeel afstand van het oordeel van de productexperts, met een totale standaarddeviatie van 0,8. Het is nog niet duidelijk of dit nauwkeurig genoeg is. Dit hangt mede af van de variatie in de beoordeling van de productexperts.

4. Conclusies

Er is een basisopzet gemaakt voor de beoordeling van grijs met CBA. De ontwikkelde grijsmodellen geven even redelijke resultaten, maar er liggen nog een aantal problemen: bruinverkleuring door bakken wordt niet goed herkend; het model is afhankelijk van de basiskleur van het aardappelweefsel, en daarmee van het ras, de bodemsoort waarvan de knol afkomstig is, en van het jaargetijde. Het is op dit moment nog niet duidelijk of dit kan worden opgelost door correcties in de bestaande modellen, of dat een meer fundamentele aanpak noodzakelijk is.

Er is op basis van het gedane onderzoek nog geen uitsluitsel te geven welke methode van monstername optimaal is voor CBA.

Ingangscontrole voor ziekten en gebreken

.1. Doelstelling

In het kader van het VAVI onderzoeksprogramma 1994 - 1996 heeft ATO-DLO een studie verricht naar de ontwikkeling van een computersysteem voor een automatische ingangscontrole van de binnenkomende aardappelen voor de aardappelverwerkende industrie. Hierbij is uitgegaan van CKA-II normering waarbij productexperts de aardappelknollen zowel ongeschild, geschild als doorgesneden beoordelen. Uit het onderzoek is gebleken dat inwendige en uitwendige ziekten zijn te detecteren met een optisch systeem dat verbonden is met een computer.

Voor de aardappelverwerkende industrie zouden inwendige gebreken en blauwaantastingen automatisch gedetecteerd kunnen worden bij beoordeling van ongebakken aardappelschijven of fritesstaafjes door middel van een optisch systeem. Dit kan onderdeel uitmaken van een geautomatiseerd ingangscontrolesysteem.

De doelstelling van het lopende onderzoek is de ontwikkeling van een computer-visionssysteem voor de kwaliteitsbeoordeling van in plakken of staafjes gesneden aardappelknollen. Beoordeeld wordt op inwendige en uitwendige ziekten en gebreken van de plakken en/of staafjes.

.2. Apparatuur

Voor een beschrijving van de gebruikte apparatuur wordt verwezen naar paragraaf 2.2

.3. Opzet experimenten en voorlopige resultaten

Bij het onderzoek naar ziekten en gebreken voor de ingangscontrole is tot nu toe gebruik gemaakt van fritesstaafjes gesneden uit grotendeels geschilde aardappels. Op deze manier blijven (kleur)afwijkingen die dicht onder de schil zitten goed zichtbaar. Het is in principe ook mogelijk om plakjes te gebruiken. In toekomstig onderzoek zal moeten uitwijzen welke methode van monstername het best voldoet.

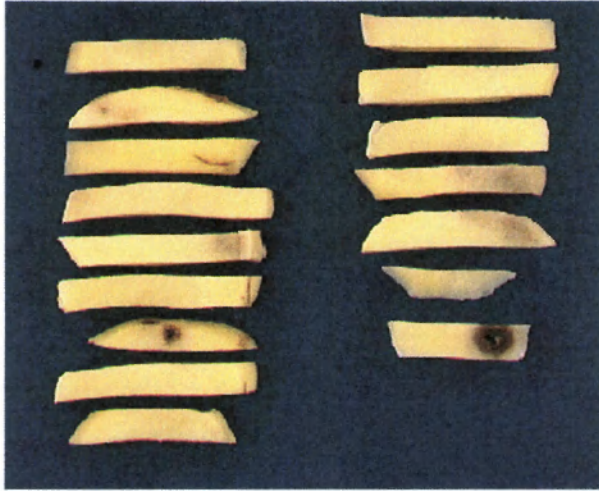
In het onderzoek dat tot dusver is uitgevoerd wordt onderscheid tussen gezond en afwijkend weefsel gemaakt op basis van kleur. Dat betekent dat er een leerfase nodig is waarin het systeem wordt 'geleerd' verschillende afwijkingen te herkennen. In de leerfase worden zoveel mogelijk verschillende weefselafwijkingen gemarkeerd en benoemd, in samenwerking met productexperts. De kleuren die daarbij worden door het systeem verwerkt door middel van een zgn. lineaire discriminanten analyse (LDA). Voor dit systeem houdt dat in dat iedere voorkomende kleur in een fritesstaafje wordt toegekend aan een bepaalde weefselcategorie (klasse). Het aantal verschillende categorieën dat op deze wijze kan worden onderscheiden is in principe willekeurig uitbreidbaar. In de praktijk echter blijkt dat sommige kleuren erg dicht bij elkaar liggen zodat onderscheid moeilijk te maken is. Zo is ernstige rot (zwart) soms niet te onderscheiden van een zwarte plek ontstaan door beschadiging.

In figuur 5 is een opname te zien van een aantal fritesstaafjes waarop verschillende afwijkingen zichtbaar zijn. In figuur 6 toont dezelfde staafjes, maar nu door CBA geïdentificeerd naar type weefsel. In dit voorbeeld is gebruik gemaakt van een indeling in vijf verschillende categorieën welke staan opgesomd in onderstaande tabel.

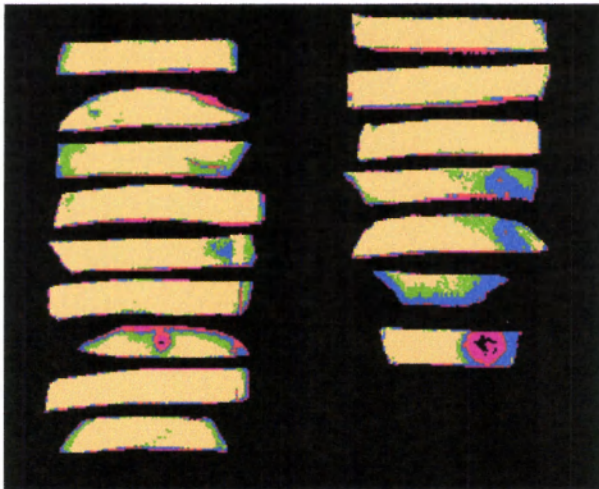
type weefsel / ziekte / afwijking	Kleur
gezond weefsel	Geel
schil	Rood
blauwverkleuring	blauw
groenverkleuring	groen
ernstig beschadigd / rot	roze

tabel 1

zoals te zien is worden blauwverkleuring, rot en beschadiging goed herkend. Ook is te zien dat er regio's zijn die ten onrechte in een bepaalde categorie worden ondergebracht. Dit is uiteraard afhankelijk van de oefase die hieraan vooraf is gegaan. Problemen ontstaan o.a. door de gedeeltelijke lichtdoorlaatbaarheid van de fritesstaafjes (vooral op de dünnere gedeeltes), waardoor de kleur van de achtergrond de classificatie beïnvloedt.



figuur 5, opname van fritesstaafjes met zichtbare afwijkingen



figuur 6, dezelfde staafjes, maar nu geclassificeerd op afwijking. Zie tabel 1.

3.4. Conclusies

Tot dusverre wijzen de resultaten erop dat de gebruikte methode geschikt is om gezond weefsel te onderscheiden van weefsel dat ziektes of afwijkingen vertoont. Hierbij geldt dan de beperking dat het afwijkingen betreft die zich door een duidelijke kleur kenmerken. Een aantasting door bijvoorbeeld natrot kan met deze methode niet worden gedetecteerd.

Het onderscheid tussen de verschillende weefselafwijkingen onderling is moeilijker. Het is in dit stadium nog niet duidelijk of de gebruikte methode goed genoeg is voor het uiteindelijke systeem. Onderzoek naar andere methodes moet nog aantonen of hiermee betere resultaten haalbaar zijn.

