

Besteksvoorwaarden van het Waterschapshuis

Ten behoeve van

Openbare Europese aanbesteding

Beeldmateriaal LR 2022-ev



Colofon

Titel: Openbare Europese aanbesteding Beeldmateriaal LR 2022-ev

Auteur(s): **ROBERT KROON, GERBRAND VESTJENS, JEROEN LEUSINK**

Contactpersoon: Ludo Huisman

Vervangend contactpersoon: Maurits Hulsegge

Het Waterschapshuis, 1 december 2021

Stationsplein 89, 3818 LE Amersfoort

Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort

T: 033 460 31 00, F: 033 460 31 01

www.hetwaterschapshuis.nl, inkoop@hetwaterschapshuis.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Beschikbare materialen	5
3	Vliegplan en paspuntenplan	7
3.1	Specificaties vlieg- en paspuntenplan	7
3.2	Te leveren producten	7
3.3	Kwaliteitscontrole	7
4	Opnamecamera	9
4.1	Specificaties opnamecamera	9
4.2	Te leveren producten	10
5	Fotovlucht	11
5.1	Specificaties fotovlucht.....	11
5.2	Te leveren producten	12
5.3	Kwaliteitscontrole	13
6	Luchtfoto's	14
6.1	Specificaties luchtfoto's	14
6.2	Te leveren producten	15
6.3	Kwaliteitscontrole	15
7	Stereomodelvorming	17
7.1	Specificaties stereomodellen	17
7.2	Te leveren producten	17
7.3	Kwaliteitscontrole	17
8	Orthofotomozaïeken.....	19
8.1	quick-orthofotomozaïeken	19
8.1.1	Specificaties quick-orthofotomozaïeken.....	19
8.1.2	Te leveren producten.....	19
8.1.3	Kwaliteitscontrole.....	20
8.2	orthofotomozaïeken	20
8.2.1	Specificaties orthofotomozaïeken	20
8.2.2	Te leveren producten.....	22
8.2.3	Kwaliteitscontrole.....	23

Bijlage 1:	Naamgeving en structuur van de bestanden	25
Bijlage 1.1:	Inleiding	25
Bijlage 1.2:	Bestanden bij onderdeel "Beschikbare materialen"	27
Bijlage 1.3:	Bestanden bij onderdeel "Vliegplan en paspuntenplan"	28
Bijlage 1.4:	Bestanden bij onderdeel "Opnamecamera"	29
Bijlage 1.5:	Bestanden bij onderdeel "Fotovlucht"	30
Bijlage 1.6:	Bestanden bij onderdeel "Luchtfoto's"	32
Bijlage 1.7:	Bestanden bij onderdeel "Stereomodelvorming"	34
Bijlage 1.8:	Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken"	35
Bijlage 1.8.1:	Bestanden bij onderdeel "Quick-orthofotomozaïeken"	36
Bijlage 1.8.2:	Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken"	37
Bijlage 2:	Definitie van absolute oriënteringshoeken in BM-blokken	39

1 Inleiding

Voor u ligt het bestek voor de inwinning, de verwerking en de levering van lage resolutie luchtfoto's in het kader van de vijfde editie van het programma beeldmateriaal. In het vervolg van dit bestek wordt dit programma het BM5-project genoemd.

De doelstelling van dit project is het aan BM5-gebruikers leveren van kleuren- en kleureninfraroodorthofotomozaïeken alsmede parallaxvrije stereomodellen ten behoeve van bijvoorbeeld het uitvoeren van landschapsinventarisaties.

Het bestek bevat de technische specificaties, die Het Waterschapshuis stelt aan de te leveren luchtfotoproducten. Tevens zijn voorschriften opgenomen, die opgevolgd moeten worden bij de inwinning, de verwerking en de levering van de gevraagde producten.

2 Beschikbare materialen

Bij aanvang van de opdracht stelt de opdrachtgever de volgende bescheiden aan de opdrachtnemer beschikbaar:

- a. Het projectgebied, zijnde het grondgebied van geheel Nederland inclusief de zich aan de landsgrens bevindende gebieden in Duitsland en België en het zeegebied langs de Nederlandse kustlijn.
- b. Een digitaal kaartblad van de kustgebieden in Nederland waarop de kust- en andere gebieden vermeld zijn die bij laag water gevlogen moeten te worden.
- c. Een digitaal kaartblad waarop de ecotopengebieden vermeld staan, waar een afwijkende inwinperiode geldt.
- d. Verificatietabellen, in te vullen door de opdrachtnemer bij elke levering. Het betreft:
 - een verificatietabel bij het leveren van het vlieg- en paspuntenplan;
 - een verificatietabel bij het leveren van de luchtfoto's;
 - een verificatietabel bij het leveren van de stereomodelvormingsparameters;
 - een verificatietabel bij het leveren van de orthofotomozaïeken.
- e. De coördinaten van paspunten, die gebruikt zijn in eerdere BM-projecten. De opdrachtgever geeft geen garantie dat deze paspunten nog bruikbaar zijn. De AHN3/AHN4-laseraltimetriebestanden van geheel Nederland in een regelmatig grid van 0,5 meter en een regelmatig grid van 5 meter. Het dataformaat van deze bestanden is het Geotiff-formaat. Deze data is als open data beschikbaar. Meer informatie over deze bestanden is te vinden op de website www.ahn.nl. Bij het gebruik van deze hoogtemodellen dient men zich o.a. te realiseren dat:
 - wanneer de laserdata niet simultaan zijn ingewonnen met de luchtfoto's, de actualiteit van de hoogtemodellen niet overeenkomt met de actualiteit van de ingewonnen foto's waardoor de hoogtemodellen niet overal de actuele maaiveldhoogte weergeven. Waar dit het geval is, zal het hoogtemodel verbeterd moeten worden zodat de voorgeschreven geometrische positioneringsprecisie wordt gehaald en objecten in het orthofotobeeld niet worden vervormd;
 - er in de hoogtedata altijd een beperkte hoeveelheid filterfouten aanwezig zal zijn waardoor het maaiveldhoogtebestand abusievelijk punten bevat, die niet op maaiveldhoogte gelegen zijn. Dergelijke punten kunnen ertoe leiden dat de voorgeschreven geometrische positioneringsprecisie niet wordt gehaald en dat objecten in het orthofotobeeld vervormd worden weergegeven. Om dit te vermijden dient men dergelijke filterfouten op te sporen en te verwijderen;

- lokaal zeer afwijkende hoogten, zoals bijvoorbeeld opgehoogde tuinen bij huizen, opgehoogde terreinen en nieuw aangelegde taluds, kunnen zorgen voor interpolatiefouten;
- er zogenoemde "no-data" gebieden (uitgefilterde gebieden) aanwezig kunnen zijn die, afhankelijk van de wijze van interpolatie, voor vervormingen kunnen zorgen;
- het inwinnen van aanvullende hoogtegegevens of het bewerken van AHN3/AHN4-data voor eigen rekening van de opdrachtnemer is.

Bijlage 1.2: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde door de opdrachtgever aan de opdrachtnemer te leveren producten. Naast de hierboven vermelde bescheiden stelt de opdrachtgever een aantal softwareprogramma's beschikbaar. Met deze software kan de opdrachtnemer zelf beoordelen of hij voldoet aan een aantal van de in dit bestek vermelde specificaties. Het betreft de volgende software:

- a. Programma "BMOFormatCheck". Dit programma verifieert de inhoud van het beeldmiddenoverzicht.
- b. Programma "StereoCheck". Dit programma controleert de volledigheid van de levering van de luchtfoto's.
- c. Programma "StereoHeaderControle". Dit programma controleert de tiff-headers van de luchtfoto's.

De opdrachtnemer blijft te allen tijde verantwoordelijk voor de juistheid van de leveringen.

In het kader van deze opdracht levert de opdrachtnemer de gevraagde producten uitsluitend langs elektronische weg. Zodra een levering gaat plaatsvinden, vraagt de opdrachtnemer een uploadlink aan bij de opdrachtgever. De opdrachtgever verstrekt vervolgens deze uploadlink, waarna de opdrachtnemer de producten upload naar de cloudomgeving van de opdrachtgever.

3 Vliegplan en paspuntenplan

3.1 Specificaties vlieg- en paspuntenplan

De opdrachtnemer ontwerpt een vlieg- en paspuntenplan, waarbij hij rekening houdt met de volgende eisen:

- a. Het projectgebied wordt verdeeld in minimaal vier te vliegen blokken.
- b. De eerste en de laatste foto van iedere vliegstrook moeten altijd geheel buiten de blokgrens gelegen zijn.
- c. De openingshoek van het op de camera gemonteerde objectief mag niet kleiner zijn dan 45 graden en niet groter dan 60 graden. Het betreft de openingshoek, zoals die gedefinieerd is over de lange zijde van de aan de opdrachtgever te leveren luchtfoto's.
- d. Indien de opdrachtnemer gedurende de uitvoering van het project gebruik gaat maken van paspunten, wordt het aantal en de ligging van de paspunten opgenomen in het vlieg- en paspuntenplan.

3.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Een vlieg- en paspuntenplan. Het document bevat de volgende informatie:
 - De blokindeling.
 - De ligging van de paspunten.
 - De ligging van de vliegstroken en de begrenzingen van de in te winnen luchtfoto's met als ondergrond een topografische kaart van het projectgebied.
 - De registraties van de te gebruiken vliegtuigen.
 - De in te zetten camera.
 - De in te zetten GNSS/IMU-systemen.
 - De vlieghoogte.
 - De geplande vliegtijd.
- b. Bestanden waarmee het vlieg- en paspuntenplan bekeken kan worden in een GIS-systeem.
- c. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel vlieg- en paspuntenplan.

Bijlage 1.3: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

3.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde specificaties. Bij deze controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Bevat het vlieg- en paspuntenplan de gevraagde informatie?
- Geeft het vliegplan het gehele in te winnen gebied weer?
- Geeft het vliegplan voldoende zekerheid dat luchtfoto's ingewonnen worden met de voorgeschreven grondpixelresolutie, ook in situaties waarbij tijdens het inwinnen van de luchtfoto's sprake zou zijn van een uitzonderlijke luchtdruk?
- Kunnen met het vliegplan de juiste langs- en dwarsoverlap percentages worden behaald?

Het vlieg- en paspuntenplan wordt besproken met de opdrachtgever. Na acceptatie door de opdrachtgever mag de opdrachtnemer beginnen met het uitvoeren van de verdere werkzaamheden.

4 Opnamecamera

4.1 Specificaties opnamecamera

De in te zetten camera moet aan de volgende specificaties voldoen:

- a. De camera dient geschikt te zijn voor fotogrammetrische toepassingen. Dit houdt onder meer in dat de camera een bekende, verifieerbare inwendige geometrie bezit, d.w.z. op elk moment tijdens de opnamevlucht dient het cameraobjectiefsysteem een bekend onderling verband te hebben. Dit verband is vastgelegd in een zogeheten camerakalibratierapport. In het kalibratierapport is aangegeven hoe de kalibratie is uitgevoerd. Verder is vermeld wat de nauwkeurigheid van de inwendige oriëntering is over het gehele beeldvlak. Het gehele beeldvlak dient hierbij geïnterpreteerd te worden als het eindbeeld dat de luchtcamera produceert, ook al is de opname fysiek een combinatie van meerdere in het camerasysteem gemaakte deelbeelden.
- b. Gerekend vanaf de laatste dag, waarop in het kader van het project luchtfoto's met de desbetreffende camera gemaakt zijn, mag het camerakalibratierapport maximaal twee jaar oud zijn.
- c. De camera moet luchtfoto's leveren, die voldoen aan een centraal projectieve afbeelding. Met dergelijke elkaar overlappende luchtfoto's moet het voor de opdrachtgever en de gebruikers van het beeldmateriaal mogelijk zijn om parallaxvrije stereomodellen te vormen en hierin nauwkeurige metingen te verrichten zonder dat cameraspecifieke softwareplugins of beeldcorrectiegrids nodig zijn.
- d. De camera mag per cmos- of ccd-element niet zoveel defecte pixels hebben dat het beeld radiometrisch en/of geometrisch verstoord wordt. Defecte pixels mogen in ieder geval niet geclusterd zijn.
- e. De camera moet een forward motion compensatie (FMC) voorziening of een time delay integration (TDI) voorziening bezitten. Aan deze voorwaarde hoeft niet te worden voldaan indien de sluitertijd zodanig kort is dat bewegingsonscherpte ten gevolge van de snelheid van het vliegtuig geen invloed heeft op de scherpste van de luchtfoto. Bovendien mag de beeldgeometrie niet verstoord zijn door eventuele roling shutter effecten.
- f. De registratiebitdiepte van alle individuele kleurkanalen (rood(R), groen (G), blauw (B), infrarood (I) en van een eventueel ingewonnen panchromatisch kanaal (PAN)) bedraagt minimaal 12-bits opdat gegarandeerd kan worden dat de gebruikte camera in staat is om luchtfoto's te leveren die aan de in dit bestek gestelde eisen voldoen.
- g. De eventuele individuele kleurkanalen van de camera dienen onderling zodanig goed gecoregistreerd te zijn dat de maximale positieafwijking tussen de pixels in de aan de opdrachtgever te leveren luchtfoto's nergens meer bedraagt dan een halve pixel.
- h. De in het project te leveren luchtfoto's worden geleverd in "landscape mode". Aangezien de foto's doorgaans in "portrait mode" ingewonnen worden, dient er een afspraak met de opdrachtgever gemaakt te worden hoe een eventuele rotatie plaatsvindt.

4.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Eén of meerdere documenten in pdf-formaat waarin de resultaten van de bij de camera behorende camerakalibratie is vermeld.
- b. Een bevestiging van de met de opdrachtgever gemaakte afspraak ten aanzien van de rotatie van de luchtfoto's van "landscape mode" naar "portrait mode".

Bijlage 1.4: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

5 Fotovlucht

5.1 Specificaties fotovlucht

Bij het voorbereiden en het uitvoeren van de fotovlucht dienen de volgende punten in acht genomen te worden:

- a. De fotovlucht moet uitgevoerd worden conform het eerder in het kader van dit project opgestelde en door de opdrachtgever goedgekeurde vliegplan. Op alle voorgeschreven overlapperpercentages geldt een tolerantie van vijf procentpunt.
- b. De luchtfoto's worden ingewonnen in de periode:
- c. van 1 mei tot en met 31 augustus van het jaar waarop de opdracht betrekking heeft, met uitzondering van de ecotopengebieden. Hiervoor geldt een tijdsvenster van 15 mei tot en met 31 juli. De fotovlucht dient uitgevoerd te worden bij een zonnestand van minimaal 30 graden boven de horizon.
- d. Voor maximaal 30% van het grondgebied van Nederland kan de opdrachtgever besluiten de aanvang van inwinning maximaal twee weken naar achter te schuiven. Dit heeft geen invloed op de datum van eindoplevering.
- e. De fotovlucht moet plaatsvinden onder omstandigheden, die garanderen dat scherpe en goed interpreteerbare luchtfoto's worden verkregen die aan alle in dit bestek genoemde specificaties voldoen.
- f. De fotovlucht dient uitgevoerd te worden met een GNSS-navigatiesysteem voor het bepalen van de coördinaten van het projectiecentrum en met een IMU-traagheidsnavigatiesysteem voor het bepalen van de hoekverdraaiingen rond het projectiecentrum.
- g. Een groep van aaneengesloten naast elkaar liggende stroken dient zoveel als mogelijk op één dag te worden gefotografeerd.
- h. Tijdens het uitvoeren van de vluchten dient de transponder van het vliegtuig aan te staan, zodat -via internet¹ gevolgd kan worden waar het vliegtuig actief is. Ook moet de historie van de uitgevoerde vluchten terug te vinden zijn op internet.¹
- i. Indien er hervluchten nodig zijn, moet het opnieuw gevlogen deel van een strook goed aansluiten op de reeds gevlogen vliegstroken. Dit wordt bereikt door een overlap aan te houden van minimaal drie luchtfoto's aan beide zijden van het hervlogen gebied.
- j. Bij het inwinnen van de luchtfoto's mag pas na het einde van elke vliegstrook het vliegtuig „gestuurd” worden naar het begin van de volgende vliegstrook.
- k. De absolute tolerantie van een luchtfoto en de relatieve hoektoleranties tussen twee opeenvolgende foto's in een vliegstrook mogen voor wat betreft de omega- en de phi-hoek niet groter zijn dan vier graden. Voor de kappa-hoek geldt een relatieve tolerantie van maximaal vijf graden.
- l. Het schaalverschil tussen opeenvolgende luchtfoto's mag maximaal 3% bedragen.

¹ bijvoorbeeld via <https://www.flightradar24.com>

- m. Per fotovlucht worden de begin- en eindtijd van het inwinnen van de luchtfoto's en de tijdstippen van eventuele onderbrekingen geregistreerd.
- n. Gedurende de fotovlucht mag het te fotograferen blok niet geheel of gedeeltelijk getroffen zijn door een overstroming of geheel of gedeeltelijk bedekt zijn met neerslag, die objecten op het terrein onzichtbaar maakt in de luchtfoto's.
- o. Gedurende het maken van de luchtfoto's van de gebieden, waarin zich uiterwaarden bevinden, moeten deze uiterwaarden niet onder water staan.
- p. De luchtfoto's van de volgende getijdewateren moeten binnen een periode van twee uur vóór laagwater en twee uur ná laagwater² gemaakt worden:
 - De Westerschelde.
 - De Oosterschelde.
 - De Zeeuwse voordelta.
 - De Waddenzee
 - De overige kustlijn van Nederland.
- q. Er mag evenwel geen sprake zijn van wateropzet op zee.

5.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Per uitgevoerde fotovlucht een vluchtrapport. Het rapport bevat in ieder geval de volgende informatie:
 - De vliegdatum.
 - De begin- en eindtijd van het inwinnen van de luchtfoto's en het tijdstip of de tijdstippen van eventuele onderbrekingen.
 - De gemiddelde vlieghoogte ten opzichte van maaiveldhoogte.
 - Het totale aantal gemaakte luchtfoto's.
 - Het aantal gemaakte luchtfoto's per vliegstrook.
 - Het gebruikte camerasysteem met het daarbij behorende objectief, inclusief de serienummers.
 - Het gebruikte GPS- en IMU-systeem inclusief het bijbehorende serienummer.
 - Het ingezette vliegtuig inclusief het registratienummer.
 - Opmerkingen over de weersgesteldheid ten tijde van het inwinnen van de luchtfoto's.
 - Overige van belang zijnde opmerkingen.
- b. Per uitgevoerde fotovlucht een grafiek waaruit de kwaliteit van de uitgevoerde trajectberekening blijkt inclusief een afschatting van de behaalde kwaliteit van de vluchtoriënteringen per luchtfoto in de vorm van de (XYZ)-coördinaten en de vliegtuighoeken roll, pitch en yaw. De opdrachtnemer laat tevens zien hoe hij deze berekening heeft uitgevoerd en welke instellingen zijn gebruikt.
- c. Een bestand met de beeldmiddens van de gemaakte luchtfoto's.

² Zie <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata-en-waterberichtgeving/waterdata/getij/index.aspx>

- d. Een bestand met een schematische weergave van het gebied, dat is afgebeeld op de luchtfoto's. Dit bestand wordt ook wel het footprintoverzicht genoemd.

Bijlage 1.5: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

5.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde specificaties.

Bij de controle wordt gecontroleerd of de producten voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle in paragraaf 5.2 vermelde producten daadwerkelijk geleverd?
- Zijn de opnamevluchten uitgevoerd in de daarvoor bestemde periode?
- Zijn de desbetreffende opnamevluchten van de getijdegebieden uitgevoerd in de daarvoor bestemde periode?
- Zijn naast elkaar gelegen stroken zoveel mogelijk op eenzelfde dag gevlogen?
- Voldoen de terreinomstandigheden ten tijde van het inwinnen van de foto's aan de gestelde eisen?
- Voldoen de hoekverdraaiingen van en tussen opeenvolgende foto's aan de daaraan gestelde eisen?
- Is het camerakalibratierapport maximaal twee jaar oud?

6 Luchtfoto's

De ingewonnen luchtfoto's moeten voldoen aan de in dit hoofdstuk vermelde specificaties.

Een toelaatbare afwijking staat telkens expliciet vermeld. Aan de overige voorwaarden dient voor 100% voldaan te worden. Verder geldt dat afwijkingen nooit geclusterd mogen voorkomen.

6.1 Specificaties luchtfoto's

De ingewonnen luchtfoto's dienen aan de volgende specificaties te voldoen:

- a. De geometrische resolutie van elke individuele pixel is op maaiveldhoogte 25 centimeter of beter. Deze resolutie mag nooit verkregen worden door het resampelen van met een lagere resolutie ingewonnen luchtfoto's naar de voorgeschreven resolutie.
- b. De luchtfoto's moeten een natuurgetrouwe kleurweergave bezitten.
- c. Alle luchtfoto's moeten vrij zijn van wolken en wolkenSchaduwen. Er is een afwijking van 2% toegestaan voor het aspect wolkenSchaduwen.
- d. De luchtfoto's mogen bij een vergroting van 200% op een beeldscherm geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- e. De luchtfoto's dienen zodanig scherp te zijn dat bij in het beeld aanwezige scherpe terreindetails de overgang van een maximale naar een minimale kleurwaarde in het beeld, of omgekeerd, aldaar maximaal twee pixels mag beslaan. Dat wil zeggen dat de overgang maximaal twee pixels bevat die een pixelwaarde hebben tussen de maximale kleurwaarde en de minimale kleurwaarde.
- f. De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van een luchtfoto aanwezige contrasten dienen goed zichtbaar te zijn. Dit betekent dat in deze delen van de foto's minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
 - Sloten,
 - Houtwallen.

Er is een afwijking van 2% toegestaan in de zichtbaarheid van deze objecten zijn.

- g. De radiometrische resolutie moet zowel in de donkere delen van het beeld als in de lichte delen van het beeld per 8-bits kleurkanaal beter zijn dan een standaardafwijking van drie grijswaardenniveaus voor het rode en het groene kanaal en vijf grijswaardenniveaus voor het blauwe en het infrarode kanaal. Een afwijking van 2% is toegestaan.
- h. Per 8-bits kleurkanaal dient minimaal 70% van alle grijswaarden in het histogram aanwezig te zijn. Tevens geldt dat 5% aan de linker- en rechterzijde van het histogram niet meer dan 2,5% van het totale oppervlak van het histogram mag bevatten zonder dat er sprake is van pieken bij bepaalde pixelwaarden. De in dit punt vermelde voorwaarden gelden alleen voor luchtfoto's, waarbij de histogrambreedte niet beperkt wordt door de beeldinhoud.
- i. De luchtfoto's dienen een homogene kleurbalans te bezitten zodat de in een latere fase van het proces te maken montage van orthofotomozaïeken leidt tot een totaalmozaïek met een voor visualisatiedoeleinden homogene kleurbalans.

- j. Er mogen geen zogenoemde „thumbnails” (verkleinde afbeeldingen) in de te leveren beelden aanwezig zijn.
- k. Alle luchtfoto's moeten een unieke naam hebben.
- l. Een deel van de luchtfoto's wordt in twee varianten aangeleverd, namelijk:
 - a. Alle luchtfoto's worden geleverd als ongeclassificeerde variant;
 - b. Daarnaast worden uitsluitend die luchtfoto's die geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) bevatten zodanig geleverd dat deze geclassificeerde gebieden voldoen aan de geldende regels van het betreffende land. Opdrachtnemer is verantwoordelijk voor de noodzakelijke aanpassingen. Deze bestanden hebben een afwijkende naamgeving.

6.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Een rapport waarin gedetailleerd is beschreven hoe het opname- en verwerkingsproces heeft plaatsgevonden.
- b. Alle gemaakte kleurenluchtfoto's en kleureninfraroodluchtfoto's.
- c. Voor uitsluitend die luchtfoto's die geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) bevatten, de gemaakte kleurenluchtfoto's en kleureninfraroodluchtfoto's waarbij deze geclassificeerde gebieden voldoen aan de geldende regels van het betreffende land.
- d. Metadatainformatie voor elke luchtfoto. Deze metadata moet voldoen aan het courante Nederlandse metadataprofiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de luchtfoto's worden geleverd.
- e. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel luchtfoto's.

Bijlage 1.6: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

6.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde producten zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde technische eisen en leveringseisen. Er is sprake van twee typen controles, te weten:

- Een ingangscontrole.
- Een kwaliteitscontrole.

Bij de ingangscontrole wordt gecontroleerd of de levering volledig is en of de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen. Er zal onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle vereiste bestanden geleverd?
- Zijn de bestanden in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de verwachte inhoud?
- Hebben alle geleverde producten de juiste benaming?

- Geven de geleverde luchtfoto's een volledige stereoscopische bedekking van het projectgebied?
- Bezitten alle luchtfoto's een unieke naam, die voldoet aan het voorgeschreven formaat?
- Komen de benamingen van de luchtfotobestanden, zoals gebruikt in alle daarnaar verwijzende bestanden, overeen met de daadwerkelijke benamingen van deze luchtfotobestanden?
- Kunnen alle controles met de geleverde bescheiden uitgevoerd worden?

Bij de kwalitatieve controle wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Is de kleurdiepte van de geleverde luchtfoto's voldoende?
- Zijn, per luchtfoto, de juiste kleurbanden op de juiste wijze ingevuld?
- Zijn alle luchtfoto's vrij van wolken?
- Voldoen alle luchtfoto's aan het scherptecriterium?
- Voldoet de pixelgrootte op terreinhoogte?
- Zijn er compressieartefacten waarneembaar?
- Voldoet het ruisniveau aan de gestelde eisen?
- Zijn de kleuren voor wat betreft de RGB-luchtfoto's natuurgetrouw?
- Zijn in de donkere en lichte delen van een luchtfoto nog voldoende contrasten zichtbaar zodat ook daar objecten éénduidig zichtbaar zijn?
- Zijn alle kleurkanalen juist gecoregistreerd in de luchtfoto.
- Zijn alle luchtopnamen waarvoor dit vereist is geclassificeerd

7 Stereomodelvorming

De opdrachtgever wil luchtfoto's ontvangen waarmee het mogelijk is om overal in de niet door water bedekte delen van het projectgebied fotogrammetrische karteringen uit te voeren in stereomodellen.

7.1 Specificaties stereomodellen

Voor het kunnen vormen van stereomodellen zijn zogenoemde absolute oriënteringsparameters nodig. Deze parameters beschrijven de stand en positie van elke luchtfoto in het (RD, NAP)-stelsel. Zij moeten voldoen aan kwaliteitseisen waarmee is gegarandeerd dat:

- de stereomodellen in het (RD, NAP)-stelsel gepositioneerd zijn met een planimetrische precisie van 60 centimeter of beter en een hoogteprecisie van 90 centimeter of beter.
- dat eventuele geometrische afwijkingen met eenzelfde richting ten opzichte van het RD-stelsel niet geclusterd mogen voorkomen en nooit groter mogen zijn dan 60 centimeter.
- de stereomodellen parallaxvrij zijn, hetgeen wil zeggen dat binnen het gehele stereomodel lichtstralen, afkomstig van corresponderende punten, elkaar in het overeenkomstige driedimensionale objectpunt moeten snijden waarbij de nauwkeurigheid van deze snijding beter is dan twee pixels.

7.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Een bestand met de namen en coördinaten van de eventueel bij een blokvereffening gebruikte paspunten.
- b. Een bestand met de absolute oriënteringselementen voor alle luchtfoto's.
- c. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel "stereomodelvormingsparameters".

Bijlage 1.7: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

7.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde bescheiden zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde technische eisen en leveringseisen. Er is sprake van twee typen controles, te weten:

- Een ingangscontrole.
- Een kwaliteitscontrole.

Bij de ingangscontrole wordt gecontroleerd of de levering volledig is en of de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen. Er zal onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle vereiste bestanden geleverd?
- Zijn de bestanden in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de juiste inhoud?
- Komen de benamingen van de luchtfotobestanden, zoals gebruikt in alle geleverde bestanden, overeen met de daadwerkelijke benamingen van deze luchtfoto's?

- Kunnen alle controles met de geleverde producten uitgevoerd worden?

Bij de kwalitatieve controle wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Voldoen de geleverde rotatiehoeken aan de voorgeschreven eisen ten aanzien van hoekdefinitie en rotatievolgorde?
- Zijn de stereomodellen parallaxvrij?
- Voldoet de absolute positioneringsprecisie van elk stereomodel aan de daaraan gestelde eisen?

8 Orthofotomozaïeken

Orthofotomozaïeken zijn geometrisch en radiometrisch gecorrigeerde digitale luchtfoto's, waarbij elk beeldelement is uitgedrukt in het coördinatenstelsel van de Rijksdriehoeksmeting.

Er dienen twee typen orthofotomozaïeken geleverd te worden, te weten:

1. "Quick-orthofotomozaïeken". Dit zijn orthofotomozaïeken, die aan alle in paragraaf 8.1 van dit hoofdstuk vermelde specificaties voldoen.
2. "Orthofotomozaïeken". Dit zijn orthofotomozaïeken, die aan alle in paragraaf 8.2 van dit hoofdstuk vermelde specificaties voldoen.

8.1 quick-orthofotomozaïeken

8.1.1 Specificaties quick-orthofotomozaïeken

Quick-orthofotomozaïeken zijn orthofotomozaïeken, die niet aan de hoogste kwaliteitseisen hoeven te voldoen maar daardoor wél snel geleverd kunnen worden

De quick-orthofotomozaïeken dienen te voldoen aan de volgende eisen:

- a. De grondpixelresolutie van de quick-orthofotomozaïeken bedraagt 25 centimeter.
- b. De quick-orthofotomozaïeken bezitten een tegelgrootte van 4.000 meter in noordzuid- en in oostwest richting. Het punt met X-coördinaat +2.000 meter en Y-coördinaat +358.000 meter is het linkerbovenpunt van één van de orthofotomozaïeken. De overige orthofotomozaïeken zijn ten opzichte van dit punt steeds vier kilometer in oostwest- en/of noordzuid-richting verplaatst.
- c. De quick-orthofotomozaïeken mogen geen thumbnails in het dataformaat bezitten en moeten direct leesbaar zijn in alle gangbare CAD-/GIS-omgevingen.
- d. De quick-orthofotomozaïeken in Geotiff-formaat mogen op een beeldscherm bij een vergroting van 100% geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- e. De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van elk quick-orthofotomozaïek aanwezige contrasten dienen goed zichtbaar te zijn. Dit betekent dat in deze delen van het quick-orthofotomozaïek minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
 - Sloten.
 - Houtwallen.
- f. De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel dient voor alle pixels op maaiveldhoogte beter te zijn dan 2,5 meter.
- g. Ongeacht het gebruik van welk hoogtemodel dan ook dient de opdrachtnemer aan de bij punt f vermelde precisie-eis te voldoen.
- h. De quick-orthofotomozaïeken dienen voor geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) te voldoen aan de geldende regels van het betreffende land. Opdrachtnemer is verantwoordelijk voor de noodzakelijke aanpassingen.

8.1.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Voor het gehele projectgebied met uitzondering van tegels die geclassificeerde gebieden bevatten alle 24-bits RGB quick-orthofotomozaïeken.
- b. Uitsluitend voor tegels die geclassificeerde gebieden bevatten alle 24-bits RGB quick-orthofotomozaïeken waarbij geclassificeerde gebieden voldoen aan de geldende regels van het betreffende land.
- c. Voor het gehele projectgebied met uitzondering van tegels die geclassificeerde gebieden bevatten alle 24-bits CIR quick-orthofotomozaïeken.
- d. Uitsluitend voor tegels die geclassificeerde gebieden bevatten alle 24-bits CIR quick-orthofotomozaïeken waarbij geclassificeerde gebieden voldoen aan de geldende regels van het betreffende land.

Bijlage 1.8.1: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

8.1.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde quick-orthofotomozaïeken worden gecontroleerd op:

- de volledige bedekking van het gebied;
- de leesbaarheid;
- de geometrische positioneringsprecisie-eis van 2,5 meter of beter;
- Zijn alle luchtopnamen waarvoor dit vereist is geclassificeerd.

8.2 orthofotomozaïeken

8.2.1 Specificaties orthofotomozaïeken

De te leveren orthofotomozaïeken dienen te voldoen aan de volgende eisen:

- a. Nergens in een orthofotomozaïek mag de omvalling meer bedragen dan 45 centimeter per meter hoogte van een object.
- b. De grondpixelresolutie van de orthofotomozaïeken moet 25 centimeter bedragen.
- c. De orthofotomozaïeken bezitten een tegelgrootte van 4.000 meter in noordzuid- en in oostwest-richting. Het punt met X-coördinaat +2.000 meter en Y-coördinaat +358.000 meter is het linkerbovenpunt van één van de orthofotomozaïeken. De overige orthofotomozaïeken dienen ten opzichte van dit punt steeds vier kilometer in oostwest- en/of noordzuid-richting verplaatst te zijn.
- d. De orthofotomozaïeken mogen geen thumbnails bevatten en moeten direct leesbaar zijn in alle gangbare CAD-/GIS-omgevingen.
- e. De orthofotomozaïeken mogen op een beeldscherm bij een vergroting van 200% geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- f. Per 8-bits kleurkanaal dient minimaal 70% van alle grijswaarden in het histogram aanwezig te zijn. Tevens geldt dat 5% aan de linker- en rechterzijde van het histogram niet meer dan 2,5% van het totale oppervlak van het histogram mag bevatten zonder dat er sprake is van pieken bij bepaalde pixelwaarden. De in dit punt vermelde

voorwaarden gelden alleen voor luchtfoto's, waarbij de histogrambreedte niet beperkt wordt door de beeldinhoud.

- g. De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van elk orthofotomozaïek aanwezige contrasten dienen goed zichtbaar te zijn. Dit betekent dat in deze delen van het orthofotomozaïek minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
- Sloten.
 - Houtwallen.
- h. De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel voor alle pixels op maaiveldhoogte dient gelijk aan of beter te zijn dan 60 centimeter. Deze positioneringseis dient opgevat te worden als de afwijking waarbinnen 68% van alle pixels zich moeten bevinden. Voorts geldt dat 95% van de pixels een positioneringsprecisie van 120 centimeter of beter moet bezitten en 99% van alle pixels een precisie van 180 centimeter of beter. Geometrische afwijkingen met eenzelfde richting ten opzichte van het RD-stelsel mogen niet geclusterd voorkomen. Voor het behalen van de in dit punt genoemde geometrische precisie-eisen kan de opdrachtnemer een eigen hoogtemodel gebruiken of het Open Data AHN3/AHN4-model.
- i. Ongeacht het gebruik van welk hoogtemodel dan ook dient de opdrachtnemer aan de bij punt h vermelde precisie-eisen te voldoen. De opdrachtnemer dient zich te realiseren dat de beschikbaar gestelde hoogtemodellen niet in alle gevallen direct bruikbaar zullen zijn bij het orthofotomozaïekvervaardigingsproces (zie ook 2.e).
- j. Zich niet op maaiveldhoogteniveau bevindende kunstwerken, zoals bijvoorbeeld bruggen en viaducten, mogen niet als vervormde (kromme) objecten in een orthofotomozaïek zichtbaar zijn. De opdrachtgever accepteert dat bij dergelijke kunstwerken de geometrische pixelpositioneringsprecisie niet voldoet aan de desbetreffende technische specificaties. In plaats van het inwinnen van aanvullende hoogten bij de kunstwerken zou men ook kunnen denken aan het "knippen" van dergelijke objecten uit de desbetreffende ingewonnen luchtfoto en het verantwoord "plakken" van het deelbeeld in het orthofotomozaïek. Onder "verantwoord" wordt hier verstaan dat in het orthofotomozaïek visueel niet zichtbaar is dat een kunstwerk in het beeld is "geplakt".

De opdrachtnemer blijft uiteraard wél verantwoordelijk voor een correct gebruik van het hoogtemodel in zijn orthofotomozaïekvervaardigingsproces. Dit betekent onder meer dat de opdrachtnemer verantwoordelijk is voor een correcte hoogte-interpolatie (zie ook punt i hiervoor). Er is een afwijking van 2% van het aantal kunstwerken toegestaan.

- k. Daar waar er ten behoeve van het verwijderen van de overlap tussen naburige luchtfoto's binnen een blok en tussen de blokken in een perceel zogenaamde knippolygoonen worden gedefinieerd, dienen deze te voldoen aan de volgende eisen:
- Een knippolygoon moet zich altijd in een overlapgebied bevinden;
 - Een knippolygoon mag nooit door bebouwing gaan, tenzij er in de desbetreffende overlap geen alternatief gevonden kan worden;
 - Een knippolygoon mag nooit door kunstwerken gaan;
 - Een knippolygoon wordt altijd op maaiveldniveau gelegd;

- De ligging van een knippolygoon moet zodanig gekozen worden dat de terreineigenschappen aan weerszijden van de polygoon ervoor zorgen dat de exacte knijlijn zoveel als mogelijk onzichtbaar is.
- l. Er mag feathering toegepast worden met maximaal drie pixels aan beide kanten van de knippolygoon.
- m. Het te vervaardigen totaalmozaïek moet geschikt zijn voor presentatie- en visualisatiedoeleinden zonder dat sprake is van hinderlijke kleurovergangen.
- n. Grote binnenlandse wateroppervlakken mogen slechts in beperkte mate reflectieverschillen van bijvoorbeeld zonlicht vertonen. Zonodig dient het wateroppervlak in een passende kleurstelling geretoucheerd te worden zodat de kleuren voldoende homogeen en redelijk egaal zijn.
- o. Aan de randen van het projectgebied dienen de delen van de orthofotomozaïeken, waarvoor geen beeldmateriaal beschikbaar is, opgevuld te worden met een witte achtergrondkleur.
- p. Een deel van de orthofotomozaïeken wordt in twee varianten aangeleverd, namelijk:
 - a. Alle orthofotomozaïeken worden geleverd als ongeclassificeerde variant;
 - b. Daarnaast worden uitsluitend die orthofotomozaïeken die geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) bevatten zodanig geleverd dat deze geclassificeerde gebieden voldoen aan de geldende regels van het betreffende land. Opdrachtnemer is verantwoordelijk voor de noodzakelijke aanpassingen.

8.2.2 Te leveren producten

De opdrachtnemer levert de volgende producten aan de opdrachtgever:

- a. Voor het gehele projectgebied alle 24-bits ongecomprimeerde RGB-kleurenorthofotomozaïeken.
- b. Voor uitsluitend die orthofotomozaïeken die geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) bevatten alle 24-bits ongecomprimeerde RGB-kleurenorthofotomozaïeken waarbij voor die geclassificeerde gebieden voldaan wordt aan de geldende regels van het betreffende land.
- c. Voor het gehele projectgebied alle 24-bits ongecomprimeerde CIR-kleureninfraroodorthofotomozaïeken.
- d. Voor uitsluitend die orthofotomozaïeken die geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) bevatten alle 24-bits ongecomprimeerde CIR-kleurenorthofotomozaïeken waarbij voor die geclassificeerde gebieden voldaan wordt aan de geldende regels van het betreffende land.
- e. Voor ieder afzonderlijk ecotopengebied een apart CIR-kleurenorthofotomozaïek in ECW formaat die het volledige ecotopengebied bevat. Voordat deze producten geleverd worden wordt een aantal kleurensamples ter beoordeling aan de opdrachtgever voorgelegd. Opdrachtgever geeft aan welke variant de voorkeur heeft.
- f. Eén of meerdere bestanden met de door de opdrachtnemer bij de orthofotomozaïekvervaardiging gebruikte knippolygoon.

- g. Metadatainformatie voor elk orthofotomozaïek. Deze metadata moet voldoen aan het courante Nederlandse metadataprofiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de orthofotomozaïeken worden geleverd.
- h. De ingevulde verificatietabel voor het onderdeel orthofotomozaïekvervaardiging.

Bijlage 1.8.2: van dit bestek geeft nadere informatie over het bestandsformaat en de inhoud van de in deze paragraaf vermelde te leveren producten.

8.2.3 Kwaliteitscontrole

De geleverde bescheiden zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in dit hoofdstuk gestelde technische eisen en leveringseisen. Er is sprake van twee typen controles, te weten:

- Een ingangscontrole.
- Een kwaliteitscontrole.

Bij de ingangscontrole wordt gecontroleerd of de levering volledig is en of de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen. Er zal onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle vereiste bestanden geleverd?
- Zijn de bestanden in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de juiste inhoud?
- Hebben alle geleverde bescheiden de juiste benaming?
- Geven alle orthofotomozaïeken tezamen een volledige bedekking van het projectgebied?
- Kunnen alle controles met de geleverde producten uitgevoerd worden?
- Zijn alle luchtopnamen waarvoor dit vereist is geclassificeerd?

Bij de kwalitatieve controle wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Is de kleurdiepte van de geleverde orthofotomozaïeken voldoende?
- Zijn, per orthofotomozaïek, de juiste kleurbanden op de juiste wijze ingevuld?
- Voldoen de orthofotomozaïeken aan het scherptecriterium?
- Voldoet de pixelgrootte op terreinhoogte?
- Voldoet het ruisniveau aan de gestelde eisen?
- Voldoen de histogrammen aan de gestelde eisen?
- Zijn de kleuren natuurgetrouw?
- Zijn in de donkere en lichte delen van de orthofotomozaïeken nog voldoende contrasten zichtbaar zodat ook daar objecten éénduidig zichtbaar zijn?
- Voldoen de orthofotomozaïeken aan de gestelde eisen ten aanzien van het niet kunnen zien van compressieartefacten?
- Zijn de orthofotomozaïeken in zichzelf en in combinatie met naburige orthofotomozaïeken vrij van kleurovergangen?

- Zijn de kniplijnen tussen de individuele foto's binnen de mozaïeken correct gekozen?
- Zijn de dakranden en noklijnen van gebouwen afgebeeld als rechte lijnen in de orthofotomozaïeken?
- Zijn bruggen en viaducten visueel correct afgebeeld in de orthofotomozaïeken?

Bijlage 1: Naamgeving en structuur van de bestanden

Bijlage 1.1: Inleiding

Deze bijlage geeft informatie over de inhoud, de structuur en het formaat van de in het kader van het project aan de opdrachtgever te leveren bestanden.

De naamgeving van de te leveren bestanden is geüniformeerd waarbij telkens een bepaalde lettercombinatie vervangen wordt door hetgeen is vermeld in Figuur 1:.

Lettercombinatie	In te vullen door de opdrachtnemer
YYYY	Het jaartal waarop de uitvoering van het project betrekking heeft
MM	De maand waarin de luchtfoto's zijn gemaakt (01-12)
DD	De dag waarop de luchtfoto's zijn gemaakt zijn (01-31)
ppppppppp	Een uniek volgnummer dat maar éénmaal mag voorkomen, waarbij de eerste positie gebruikt wordt voor het perceelsnummer, de tweede en derde positie voor het bloknummer, de vierde en vijfde positie voor het strooknummer en de zesde t/m de negende positie voor het fotonummer.
BB	Het bloknummer waarop een bestand betrekking heeft
cccccccccccccc	Het serienummer van een camera zoals vermeld in het camerakalibratierapport
zzzzzz	Een paspuntnaam
NN	Een uniek nummer bij het uitvoeren van meerdere fotovluchten op één dag.
xxxxxx	De x-coördinaat van de linkerbovenhoek van een orthofotomozaïek
yyyyyy	De y-coördinaat van de linkerbovenhoek van een orthofotomozaïek

Figuur 1: Naamgeving in te leveren bestanden

Een deel van de te leveren bestanden betreft bestanden in het shape-formaat. Wanneer hier sprake van is, dienen de in het bestand aanwezige positiegegevens altijd uitgedrukt te zijn in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel met de instelling "Amersfoort RD New" en EPSG-code 28992.

Een deel van de te leveren bestanden betreft tekstbestanden met de bestandsextensie .txt. Dergelijke bestanden mogen uitsluitend ASCII-tekenen bevatten. Verder gelden de volgende specificaties:

- Elk record (regel) in het bestand wordt afgesloten met een "carriage-return, line feed" (CRLF).
- Velden in een record worden van elkaar gescheiden door minimaal één spatie.

Tenzij anders vermeld, worden positiegegevens in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel altijd uitgedrukt in meters met drie decimalen.

Alle oriënteringshoeken zijn vermeld in graden met vier decimalen.

Bijlage 1.2: Bestanden bij onderdeel "Beschikbare materialen"

De volgende bestanden worden door de opdrachtgever bij aanvang van het project geleverd aan de opdrachtnemer:

Bestand "YYYY_projectgebied_lrl.shp"

Een shape-bestand met het projectgebied.

Bestand "YYYY_kustgebieden_lrl.shp"

Een shape-bestand met de kustgebieden, die bij laag water gevlogen moeten te worden.

Bestand "YYYY_BM_Paspunten.shp"

Een shape-bestand met paspunten, die gebruikt zijn in eerdere BM-projecten. Er wordt geen garantie gegeven of deze punten nog bruikbaar zijn.

Bestand "YYYY_verificatietabel_vliegplan_paspuntenplan_BB_lrl.xls"

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van het vlieg- en paspuntenplan aan de opdrachtgever.

Bestand "YYYY_verificatietabel_luchtopnamen_BB_lrl.xls"

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van de luchtfoto's aan de opdrachtgever.

Bestand "YYYY_verificatietabel_stereomodelvormingsparameters_BB_lrl.xls"

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het aan de opdrachtgever leveren van de absolute oriënteringselementen voor elke foto in een blok.

Bestand "YYYY_verificatietabel_ortho_BB_lrl.xls"

Een xls-bestand met in te vullen informatie bij het leveren van de orthofotomozaïeken aan de opdrachtgever.

De AHN3/AHN4-laseraltimetriebestanden van geheel Nederland in een regelmatig grid van 0,5 meter en een regelmatig grid van 5 meter zijn als open data te downloaden. Meer informatie over deze bestanden is te vinden op de website www.ahn.nl. Het dataformaat van deze bestanden is het „GeoTiff Formaat“.

Bijlage 1.3: Bestanden bij onderdeel "Vliegplan en paspuntenplan"

De volgende bestanden worden geleverd:

Bestand "YYYY_vliegplan_paspuntenplan_BB_lrl.pdf"

Een pdf-bestand met de volgende inhoud:

- Een ondergrond van een topografische kaart, waarop de volgende informatie is afgebeeld:
 - de ligging van de te markeren en in te meten paspunten.
 - de grenzen van het projectgebied.
 - de blokindeling binnen het projectgebied.
 - de geplande footprints van de in te winnen luchtfoto's.
- Een opgave van het in te zetten vliegtuig inclusief het registratienummer c.q. van de in te zetten vliegtuigen inclusief de registratienummers.
- Een opgave van de in te zetten camera of camera's inclusief de brandpuntsafstand(en) van het objectief.
- Een opgave van het in te zetten GNSS- en IMU-systeem c.q. in te zetten GNSS- en IMU-systemen.
- De gekozen vlieghoogte per camera.
- De geplande vliegtijd per blok.

Bestand "YYYY_vliegplan_blokindeling_lrl.shp"

Een shape-bestand met de geplande blokindeling binnen een perceel.

Bestand "YYYY_vliegplan_vlieglijnen_BB_lrl.shp"

Een shape-bestand met de geplande vlieglijnen per blok.

Bestand "YYYY_vliegplan_fotobegrenzingen_BB_lrl.shp"

Een shape-bestand met de geplande footprints van de in te winnen luchtfoto's per blok.

Bestand "YYYY_vliegplan_paspuntenplan_BB_lrl.shp"

Een shape-bestand met de ligging van de eventueel te gebruiken paspunten per blok.

Bestand "YYYY_verificatietabel_vliegplan_en_paspuntenplan_BB_lrl.pdf"

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

Bijlage 1.4: Bestanden bij onderdeel "Opnamecamera"

De volgende bestanden worden geleverd:

Bestand "YYYY_cameracalibratie_cccccccccccccc_lrl.pdf"

Het camerakalibratierapport van de opnamecamera in pdf-formaat.

Bestand "YYYY_vanlandscape_naarportrait_lrl.pdf"

Een document in pdf-formaat met de gemaakte afspraak ten aanzien van de rotatie van de luchtfoto's van "landscape mode" naar "portrait mode".

Bijlage 1.5: Bestanden bij onderdeel "Fotovlucht"

De volgende bestanden worden geleverd:

Bestand "YYYY_vluchtrapport_YYYYMMDD_NN_Irl.pdf"

Per uitgevoerde fotovlucht een pdf-bestand met minimaal de in paragraaf 5.2, punt a gevraagde inhoud. Handgeschreven en daarna gescande documenten worden niet geaccepteerd.

Bestand "YYYY_beeldmiddenoverzicht_BB_Irl.shp"

Een shape-bestand met de in het RD-stelsel uitgedrukte geografische positie van iedere gemaakte luchtfoto. Per luchtfoto moet de in onderstaande tabel vermelde attribuut informatie opgenomen zijn:

Attribuut	Toelichting	Formaat
Naam van de foto	Zonder extensie	Text (254)
Fotonaam	Uniek nummer inclusief perceel-, blok- en lijnnummer	Double (10)
Opnamedatum	UTC-datum van de opname	Date
Opnametijdstip	UTC-tijd van de opname	Text (8)
Cameranummer	Serienummer van de camera	Text (254)
Diafragma	Bijvoorbeeld 5.6, 6, 11, 16	Float (9.1)
Sluiterijd	Sluiterijd in 1/n seconden bijv.: 125, 250, 350	Double(9)
Opdrachtnemer	Naam van de opdrachtnemer	Text (254)
Grondpixelresolutie (GSD)	Op maaiveldhoogte in centimeters	Float (9.1)
Coördinaten projectiecentra en vluchtoriënteringshoeken	Uitgedrukt in respectievelijk het (RD, NAP)-coördinatenstelsel in meters en in graden (roll, pitch, yaw)	Float (13.3) en Float9.4)
Geclassificeerd	'True' als het beeld geclassificeerde informatie bevat, anders 'False'	logical

Tabel 1: *Attribuut informatie in het shape-bestand met het beeldmiddenoverzicht*

Bestand "YYYY_trajectberekening_YYYYMMDD_NN_Irl.pdf"

Een pdf-bestand met de resultaten van de trajectberekening inclusief de gevraagde grafiek(en).

Bestand "YYYY_footprints_BB_lrl.shp"

Een shape-bestand met de footprint van iedere luchtfoto.

Bijlage 1.6: Bestanden bij onderdeel "Luchtfoto's"

De volgende bestanden worden geleverd:

Bestand "YYYY_kwaliteitsrapportage_luchtopnamen_YYYYMMDD_lrl.pdf"

Een pdf-bestand waarin de opdrachtnemer gedetailleerd beschrijft hoe het verwerkingsproces heeft plaatsgevonden.

Bestand "YYYY_ppppppp_RGB_lrl.tif"

Een tiff-bestand dat één ongecomprimeerde 24-bits kleurenluchtfoto bevat. Het bestand moet minimaal de volgende tags in de Tiff-header bevatten met de in Tabel 2: opgegeven waarden:

a. Tag	b. Waarde
BitsPerSample	(8,8,8)
Compression	None
PhotometricInterpretation	TrueColor
PlanarConfiguration	RGBRGBRGBRGB..... (single image plane)
Tile width	256
Tile height	256
Opmerking: Er mag nimmer een zogenoemde „orientation" tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen in de header voorkomen zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt.	

Tabel 2: *Inhoud Tiff-header in RGB-luchtfoto*

Bestand "YYYY_ppppppp_RGB_class_lrl.tif"

Een tiff-bestand dat één ongecomprimeerde 24-bits kleurenluchtfoto bevat waarbij geclassificeerde gebieden zijn behandeld volgens de geldende regelgeving van het betreffende land. Het bestand moet minimaal de in Tabel 2: opgegeven tags in de Tiff-header bevatten met de daar vermelde waarden.

Bestand "YYYY_ppppppp_CIR_lrl.tif"

Een tiff-bestand dat één ongecomprimeerde 24-bits kleureninfraroodluchtfoto bevat. Het bestand moet minimaal de volgende tags in de Tiff-header bevatten met de in Tabel 3: opgegeven waarden:

c. Tag	d. Waarde
BitsPerSample	(8,8,8)
Compression	None
PhotometricInterpretation	TrueColor
PlanarConfiguration	IRGIRGIRG..... (single image plane)
Tile width	256
Tile height	256
Opmerking: Er mag nimmer een zogenoemde „orientation” tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen in de header voorkomen zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt.	

Tabel 3: *Inhoud Tiff-header in CIR-luchtfoto*

Bestand "YYYY_ppppppp_CIR_class_lrl.tif"

Een tiff-bestand dat één ongecomprimeerde 24-bits kleureninfraroodluchtfoto bevat waarbij geclassificeerde gebieden zijn behandeld volgens de geldende regelgeving van het betreffende land. Het bestand moet minimaal de in Tabel 3: opgegeven tags in de Tiff-header bevatten met de daar vermelde waarden.

Bestand "YYYY_ppppppp_lrl.tif.xml."

Een xml-bestand per luchtfoto met metadata-informatie, die voldoet aan het courante Nederlands metadata-profiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de orthofotomozaïeken worden geleverd. Voor meer informatie, zie <https://www.geonovum.nl/geo-standaarden/metadata/nederlands-metadataprofiel-op-iso-19115-geografie>.

Bestand "YYYY_verificatietabel_luchtopnamen_BB_lrl.pdf"

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

Bijlage 1.7: Bestanden bij onderdeel "Stereomodelvorming"

De volgende bestanden worden geleverd:

Bestand "YYYY_paspunten_BB_lrl.txt"

Een tekstbestand (indien relevant) waarbij elke regel de volgende informatie bevat:

- [paspuntnaam] [X] [Y] [Z]

Bestand "YYYY_projectiecentra_BB_lrl.txt"

Een tekstbestand waarbij elk regel de volgende informatie bevat:

- [fotonaam] [X_{pc}] [Y_{pc}] [Z_{pc}] [omega] [phi] [kappa]

De oriënteringshoeken omega, phi en kappa moeten voldoen aan de in Bijlage 2: van dit bestek vermelde standaard.

Bestand "YYYY_verificatietabel_stereomodelvormingsparameters_BB_lrl.pdf"

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

Bijlage 1.8: Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken"

De te leveren Geotiff-orthofotomozaïeken moeten een header bezitten met de in Tabel 4: vermelde structuur.

Geotiff-headerstructuur		
Geotiff_information		
Version: 1		
Key_Revision: 1.0		
Tagged_Information		
ModelTiepointTag (2,3)		
0	0	0
x_RD	y_RD	0
ModelPixelScaleTag (1,3):		
dx_RD	dy_RD	0
End_Of_Tags		
Keyed_Information		
GTModelTypeGeoKey (Short,1): ModelTypeProjected		
GTRasterTypeGeoKey (Short,1): RasterPixelsArea		
ProjectedCSTypeGeoKey (Short,1): PCS_RD_Netherlands_New		
ProjLinearUnitsGeoKey (Short,1): Linear_Meter		
End_Of_Keys		
End_Of_Geotiff		
Tiff-headerstructuur		

BitsPerSample	(8,8,8)
Compression	None
PhotometricInterpretation	TrueColor
PlanarConfiguration	RGBRGBRGBRGB..... (single image plane) in het geval van een kleurenorthofotomozaïek) of IGRIGRIGRIGRIGR...(single image plane) in het geval van een kleureninfraroodorthofotomozaïek)
Tile width	256
Tile height	256
Opmerking: Er mag nimmer een zogenoemde „orientation” tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen in de header voorkomen zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt.	

Tabel 4: *Inhoud Geotiff-header en tiff-header in een orthofotomozaïek*

In Tabel 4: moet voor x_RD en y_RD respectievelijk de x-coördinaat en de y-coördinaat in het RD-stelsel in de eenheid meters ingevuld zijn waarbij de positioneringsinformatie in de Geotiff-referentieheader is gerelateerd aan de linkerbovenhoek van het orthofotomozaïek. In technische zin betekent dit dat deze positioneringsinformatie is uitgedrukt ten opzichte van "RasterPixelIsArea" en niet ten opzichte van "RasterPixelIsPoint". In dezelfde tabel wordt voor dx_RD en dy_RD de toegepaste pixelgrootte in de eenheid meters ingevuld (bijvoorbeeld 0.10 voor 10.0 centimeter orthofotomozaïeken). Het gebruikte coördinatenstelsel is EPSG = 28992 (EPSG_RD_Netherlands_New). De gebruikte eenheden zijn meters (Projection Linear Units: 9001/meter (1.000000 m)).

Bijlage 1.8.1: Bestanden bij onderdeel "Quick-orthofotomozaïeken"

De volgende bestanden worden geleverd:

"Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_Quick_Irl.tif"

Een bestand dat één quick-kleurenorthofotomozaïek bevat. Het bestand is een JPEG-gecomprimeerd GeoTiff-bestand volgens het kleurschema YCbCr op kwaliteitsniveau 95.

"Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_Quick_class_Irl.tif"

Een bestand dat één quick-kleurenorthofotomozaïek bevat. Het bestand is een JPEG-gecomprimeerd GeoTiff-bestand volgens het kleurschema YCbCr op kwaliteitsniveau 95. Voor geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) wordt voldaan aan de geldende regels van het betreffende land.

"Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_Quick_Irl.tif"

Een bestand dat één quick-kleureninfraroodorthofotomozaïek bevat. Het bestand is een JPEG-gecomprimeerd GeoTiff-bestand volgens het kleurschema YCbCr op kwaliteitsniveau 95.

"Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_Quick_class_Irl.tif"

Een bestand dat één quick-kleureninfraroodorthofotomozaïek bevat. Het bestand is een JPEG-gecomprimeerd GeoTiff-bestand volgens het kleurschema YCbCr op kwaliteitsniveau 95. Voor geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) wordt voldaan aan de geldende regels van het betreffende land.

Bijlage 1.8.2: Bestanden bij onderdeel "Orthofotomozaïeken"

De volgende bestanden worden geleverd:

Bestand "YYYY_kwaliteitsrapportage_ortho_BB_Irl.pdf"

Een pdf-bestand waarin de opdrachtnemer gedetailleerd beschrijft hoe het verwerkingsproces heeft plaatsgevonden en hoe is gegarandeerd dat de geleverde producten voldoen aan alle in dit bestek voorgeschreven eisen.

Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_Irl.tif"

Een Geotiff-bestand dat één ongecomprimeerd kleurenorthofotomozaïek bevat.

Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_class_Irl.tif"

Een Geotiff-bestand dat één ongecomprimeerd kleurenorthofotomozaïek bevat. Voor geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) wordt voldaan aan de geldende regels van het betreffende land.

Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_Irl.tif"

Een Geotiff-bestand dat één ongecomprimeerd kleureninfraroodorthofotomozaïek bevat.

Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_CIR_class_Irl.tif"

Een Geotiff-bestand dat één ongecomprimeerd kleureninfraroodorthofotomozaïek bevat. Voor geclassificeerde gebieden (bijvoorbeeld militaire gebieden) wordt voldaan aan de geldende regels van het betreffende land.

Bestand "YYYY_ecotopengebiedsnaam_CIR_Irl.ecw"

Per ecotopengebied één ECW-bestand dat het gebiedsdekkende kleureninfraroodorthofotomozaïek van het betreffende ecotopengebied bevat. De

compressiefactor wordt zodanig ingesteld dat bij een 100% view van het beeld op een beeldscherm compressie-artefacten visueel niet zichtbaar zijn.

Bestand "YYYY_xxxxxx_yyyyyy_lrl.tif.xml."

Een xml-bestand per orthofotomozaïek met metadata-informatie, die voldoet aan het courante Nederlands metadata-profiel ISO 19115 dat van toepassing is op 1 januari van het jaar waarin de orthofotomozaïeken worden geleverd. Voor meer informatie, zie <https://www.geonovum.nl/geo-standaarden/metadata/nederlands-metadataaprofiel-op-iso-19115-geografie>.

Bestand "YYYY_knippolygonen_BB_lrl.shp"

Een shape-bestand met de door de opdrachtnemer bij de orthofotomozaïekvervaardiging gebruikte knippolygonen. Eventuele toegepaste handmatige aanpassingen aan automatisch gegenereerde knippolygonen moeten ook in het bestand aanwezig zijn.

Bestand "YYYY_verificatietabel_ortho_BB_lrl.pdf"

Een door de opdrachtnemer ingevuld pdf-bestand met een overzicht van hetgeen is geleverd.

Bijlage 2: Definitie van absolute oriënteringshoeken in BM-blokken

In het BM5-project worden luchtfoto's gemaakt van het gehele grondgebied van Nederland³. De luchtfoto's worden getrianguleerd en blokvereffend zodat aan elke luchtfoto absolute oriënteringsparameters toegekend worden. Ten behoeve van een landsdekkende standaardisatie van deze absolute oriënteringsparameters moeten deze parameters aan specifieke eisen voldoen. Deze bijlage geeft een toelichting op deze eisen.

³ Met uitzondering van de gebiedsdelen in het Caribisch gebied.



Definitie van absolute oriënteringshoeken in BM-blokken

Datum : 18 mei 2020
Status : Definitief
Aantal pagina's : 7

Copyright © 2020 Kadaster

Niets uit dit document mag zonder uitdrukkelijke toestemming van de copyright-houder worden gekopieerd of op andere wijze worden verspreid.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Definitie van de rotatiehoeken	4
2.1.	Drie rotatiehoeken	4
2.2.	Het vakgebied kent geen standaard in de hoekdefinitie	4
2.3.	Standaard bij de beeldmateriaalprojecten	5

1. Inleiding

Voor het creëren van stereomodellen ten behoeve van het karteren van topografische objecten moet men over de volgende gegevens beschikken:

- In de vliegrichting elkaar overlappende luchtfoto's met een overlap van minimaal 60%.
- Zes absolute oriënteringsparameters voor elke luchtfoto.

De zes absolute oriënteringsparameters kunnen onderverdeeld worden in drie positieparameters en drie standparameters.

De positieparameters beschrijven de oriëntering van de luchtfoto in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel in de vorm van een X-coördinaat, een Y-coördinaat en een Z-coördinaat.

De standparameters beschrijven de stand van de luchtfoto in het (RD, NAP)-coördinatenstelsel in de vorm van drie rotatiehoeken, die luisteren naar de namen omega (ω), phi (ϕ) en kappa (κ).

Dit document legt uit hoe de drie rotatiehoeken gedefinieerd zijn bij het onder verantwoordelijkheid van Het Waterschapshuis en het Kadaster uitgevoerde Beeldmateriaal-5 project.

2. Definitie van de rotatiehoeken

2.1. Drie rotatiehoeken

De stand van een luchtfoto is gegeven in de vorm van drie parameters, te weten:

- Een omega-hoek (ω).
Deze hoek beschrijft de draaiing om de x-coördinaten-as van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel, waarbij de x-as in de vliegrichting is georiënteerd.
- Een phi-hoek (ϕ).
Deze hoek beschrijft de draaiing om de y-coördinaten-as van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel, waarbij de y-as loodrecht op de x-as staat en benaderd evenwijdig is georiënteerd aan het aardoppervlak.
- Een kappa-hoek (κ).
Deze hoek beschrijft de draaiing om de optische hoofdas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel.

2.2. Het vakgebied kent geen standaard in de hoek-definitie

Het fotogrammetrische vakgebied kent geen standaard ten aanzien van de definitie van de rotatiehoeken. Verschillen zijn er op het gebied van:

- de eenheid waarin een draaiing is weergegeven. Betreft het een hoek in het 90-graden stelsel (graden, degrees) of een hoek in het 100-graden stelsel (gons)?
- de richting van de positieve draaiingshoek. Is een rechtsdraaiende hoek positief of juist een linksdraaiende hoek?
- het coördinatenstelsel, waarnaar gedraaid wordt. Wordt de rotatie beschreven van het fotocoördinatenstelsel naar het (RD, NAP)-coördinatenstelsel of omgekeerd?
- de volgorde van roteren langs de drie individuele rotatie-assen. Wordt er eerst om de omega-as gedraaid, vervolgens om de phi-as en daarna om de kappa-as of is er sprake van een andere rotatievolgorde?

Het gebrek aan standaardisatie heeft ertoe geleid dat de leveranciers van fotogrammetrische softwaresystemen en de in het werkveld actieve fotogrammetrische bedrijven allemaal hun eigen standaard definiëren. Het gevolg is dat het lastig is om te achterhalen hoe geleverde (ω, ϕ, κ)-draaiingshoeken ingezet moeten worden bij het creëren van absoluut georiënteerde parallaxvrije stereomodellen. Wanneer de draaiinghoeken verkeerd worden ingezet, is het mogelijk dat er toch parallaxvrije stereomodellen ontstaan. Maar deze modellen zijn dan in meer of mindere mate fout gepositioneerd in het (RD, NAP)-stelsel met als gevolg dat de plaatsbepaling van gekarteerde topografische objecten verkeerd is.

2.3. Standaard bij de beeldmateriaalprojecten

Bij de start van de BM-projecten in 2012 hebben het Kadaster en Het Waterschapshuis een standaard opgesteld, die vastlegt waarop de door aannemers aan te leveren (ω, φ, κ)-draaiingshoeken zijn gebaseerd.

Tabel 1 toont de definitie van het terreinstelsel.

Onderlinge loodrechtheid van de coördinaatassen	Rechtshandig assenstelsel
Richting van de x-coördinaatas	Positief naar het oosten
Richting van de y-coördinaatas	Positief naar het noorden
Richting van de z-coördinaatas	Positief bij oplopende NAP-hoogten
Eenheid	Meters

Tabel 1: Definitie van het terreincoördinatenstelsel

Tabel 2 toont de definitie van het fotocoördinatenstelsel.

Onderlinge loodrechtheid van de coördinaatassen	Rechtshandig assenstelsel
Richting van de x-coördinaatas	Gericht langs de korte zijde van het luchtfoto-beeld waarbij de richting van de positieve as benaderd gelijk is aan de vliegrichting
Richting van de y-coördinaatas	Gericht langs de lange zijde van het luchtfoto-beeld waarbij de richting van de positieve as benaderd gelijk is aan de linkervleugel (bakboordzijde) van het vliegtuig
Richting van de z-coördinaatas	Positief bij oplopende NAP-hoogten
Eenheid	Millimeters

Tabel 2: Definitie van het fotocoördinatenstelsel

Tabel 3 toont de definitie van de rotaties tussen de beide coördinatenstelsels.

Rotatiebeschrijving	Rotatie van het fotocoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel
Rotatierichting	Vanaf een coördinaatas kijkend naar de oorsprong van het coördinatenstelsel positief bij een draaiing, gelijk aan de draaiing van de wijzers van de klok
Rotatievolgorde	zie vergelijking 1 op de volgende pagina
Eenheid van rotatie	360-graden stelsel

Tabel 3: Definitie van de rotaties

Vergelijking 1 geeft de rotatievolgorde om de assen van het fotocoördinatenstelsel.

$$\begin{pmatrix} X_i - X_0 \\ Y_i - Y_0 \\ Z_i - Z_0 \end{pmatrix} = \lambda_i R(\omega) R(\phi) R(\kappa) \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ -c \end{pmatrix} \quad [1]$$

waarin:

(X_i, Y_i, Z_i) : Positie van punt i in het terrein.

(X_0, Y_0, Z_0) : Coördinaten van het projectiecentrum van een foto.

λ_i : Schaalfactor.

(x_i, y_i) : Fotocoördinaten van het op de foto afgebeelde terreinpunt i .

C : Brandpuntsafstand van het objectief.

De elementen van de rotatiematrix over de x-fotocoördinatenas zijn gedefinieerd in vergelijking 2.

$$R(\omega) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\omega) & -\sin(\omega) \\ 0 & \sin(\omega) & \cos(\omega) \end{pmatrix} \quad [2]$$

De elementen van de rotatiematrix over de y-fotocoördinatenas zijn gedefinieerd in vergelijking 3.

$$R(\phi) = \begin{pmatrix} \cos(\phi) & 0 & \sin(\phi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\phi) & 0 & \cos(\phi) \end{pmatrix} \quad [3]$$

De elementen van de rotatiematrix over de optische hoofdas zijn gedefinieerd in vergelijking 4.

$$R(\kappa) = \begin{pmatrix} \cos(\kappa) & -\sin(\kappa) & 0 \\ \sin(\kappa) & \cos(\kappa) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad [4]$$

Vergelijking 1, uitgeschreven als rotatiematrix met behulp van de in de vergelijkingen 2 tot en met 4 gegeven elementen van de rotatiematrix, geeft de rotatiematrix, die de relatie beschrijft van het fotocoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel. De resulterende rotatiematrix wordt gegeven in vergelijking 5.

$$R(\omega) R(\phi) R(\kappa) = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad [5]$$

De individuele matrixelementen in vergelijking 5 hebben de volgende gedaante:

$$r_{11} = \cos(\phi)\cos(\kappa) \quad [6]$$

$$r_{12} = -\cos(\phi)\sin(\kappa) \quad [7]$$

$$r_{13} = \sin(\phi) \quad [8]$$

$$r_{21} = \cos(\omega)\sin(\kappa) + \sin(\omega)\sin(\phi)\cos(\kappa) \quad [9]$$

$$r_{22} = \cos(\omega)\cos(\kappa) - \sin(\omega)\sin(\phi)\sin(\kappa) \quad [10]$$

$$r_{23} = -\sin(\omega)\cos(\phi) \quad [11]$$

$$r_{31} = \sin(\omega)\sin(\kappa) - \cos(\omega)\sin(\phi)\cos(\kappa) \quad [12]$$

$$r_{32} = \sin(\omega)\cos(\kappa) + \cos(\omega)\sin(\phi)\sin(\kappa) \quad [13]$$

$$r_{33} = \cos(\omega)\cos(\phi) \quad [14]$$

De in deze paragraaf beschreven standaard maakt het mogelijk om binnen fotogrammetrische stereokarteringssystemen het creëren van stereomodellen te laten plaatsvinden volgens één gestandaardiseerd werkproces.