

# Egalisation Radiométrique d'orthoimages thermiques

Lisein Jonathan<sup>1</sup> Rupnik Ewelina<sup>1</sup> Marc Pierrot-deseilligny<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> IGN - Institut national de l'information géographique et forestière

liseinjon@hotmail.com

## Résumé

*Parmi les capteurs embarqués par drone utilisés à des fins de cartographie ou d'inspection, les caméras thermiques offrent un bon complément d'information à l'imagerie dans le visible. Néanmoins, l'imagerie thermique pose un certain nombre de défis pour les dronistes professionnels désireux de générer une mosaïque d'orthoimages de la scène survolée ; basse résolution, grandes déformations géométriques et spectrales, images faiblement texturées. Nous développons des outils de correction radiométrique des images thermiques préalablement rectifiées ainsi qu'une méthode d'estompage le long des lignes de raccord entre deux orthoimages en vue de produire des mosaïques thermiques facilitant une inspection visuelle.*

## Mots Clef

Image thermique - Drone - Correction Radiométrique - Mosaïque d'orthoimages

## Abstract

*Thermal imagery is an interesting complement to RGB imagery for mapping or inspection survey. Nevertheless, thermal images delivered by current light sensors are of low resolution, present high geometric and spectral deformation that hinder their use for automatic mapping by photogrammetry. In this study, radiometric differences between infrared orthoimage pairs are modeled by linear model. Radiometric equalization is then performed in order to eliminate the most of these radiometric differences. In addition, a blending around seamlines (feather blending) is applied to generate a mosaic which is convenient for visual inspection.*

## Keywords

Thermal Image - Unmanned Aerial Vehicle - Mapping survey - Radiometric Equalization - Mosaiking

## Contexte

La thermographie infrarouge trouve de nombreuses applications civiles dans les opérations de cartographie par drone. Les acquisitions aériennes s'effectuent tantôt uniquement en capturant de l'imagerie infra-rouge, tantôt de manière multimodale (combinaison d'un capteur RGB standard et d'un capteur infrarouge thermique). Quand elle est disponible, l'imagerie visible, présentant généralement une bien meilleure qualité géométrique que l'imagerie infra-rouge, permet une reconstruction tridimensionnelle fine de la géométrie de la scène par photogrammétrie [5]. Cette géométrie est dès lors utilisée pour contraindre l'orientation du bloc d'images thermiques et effectuer l'orthorectification vraie de chacune des images infra-rouge. Lorsque l'acquisition à des fins de cartographie est effectué uniquement avec un capteur thermique, le bloc d'images est appréhendé avec les techniques modernes de vision par ordinateur [1], malgré les nombreux défauts inhérents à de tels clichés : hautes déformations géométriques, faible résolution des capteurs embarqués sur drones, images présentant peu de contrastes et étant très homogènes en dehors des zones urbaines. L'assemblage des images infra-rouges en une mosaïque facilite une inspection de l'ensemble de la scène par un opérateur photointerpréteur, mais également pour l'analyse d'images par ordinateur (ex : détection de forme, seuillage, classification, etc.). Malheureusement, les différences radiométriques entre orthoimages adjacentes sont visibles sur la mosaïque, et plus particulièrement au niveau de la ligne de raccord des orthoimages. Ces différences radiométriques gênent l'inspection visuelle de la mosaïque.

## Objectifs

On souhaite effectuer une normalisation radiométrique des orthoimages thermiques préalablement à leur assemblage en une mosaïque. Egalement, un estompage autour des lignes de raccord est réalisé afin d'assurer une transition fluide entre les orthoimages. Nos algorithmes sont implémentés dans la suite photogrammétrique libre Micmac [3].

## Egalisation radiométrique

La normalisation radiométrique d'une image  $i$  vers une images  $j$  est réalisée au moyen d'un modèle linéaire. Cette correction globale (à l'échelle de toute l'image) de la radiométrie est simple mais robuste [2].

$$RadiomImage_i = a + b * RadiomImage_j \quad (1)$$

Les couples d'observations radiométriques utilisés pour la détermination du gain ( $b$ ) et de l'offset ( $a$ ) (équation 1) sont sélectionnés avec attention sur la zone de recouvrement des orthoimages thermiques. Cette zone de recouvrement est subdivisée en un nombre donné de tuiles (50 par défaut) au sein desquelles les observations de l'ensemble des couples radiométriques sont synthétisés en seulement 2 observations de couples radiométriques. Cette synthèse permet le choix d'observations robustes en filtrant au mieux les valeurs aberrantes (bruits du capteur ou enregistrement conjoint des 2 orthoimages pas suffisamment précis). Pour ce faire, l'ajustement de l'équation 1 est effectué avec une approche RANSAC indépendamment sur chacune des tuiles. Les valeurs radiométriques du premier et troisième quartile des observations de l'image  $j$  sont sélectionnées et, pour chacune de ces valeurs, la radiométrie  $i$  est prédite au moyen du modèle linéaire propre à la tuile. Sur la figure 1,  $Obs1_{tuile}$  et  $Obs2_{tuile}$  représentent donc les 2 couples d'observations radiométriques retenus pour une tuile (voir pseudocode 1).

---

### Algorithm 1 Pseudo-code de l'égalisation radiométrique d'un bloc d'orthoimages

---

```

imCpl - paire d'orthoimages                                     ▷ (i, j) and (i, k) sur la figure 1
ObsGlobi,j - Observations utilisées pour ajuster le modèle globale de la paire imCpl (i, j)
ObsGlobImi - Observations utilisées pour calculer un modèle moyen d'égalisation de l'image i
for chaque imCpl do
  for chaque tuile do
    RadiomTuileImagei =  $a + b * RadiomTuileImage_j$ 
                                                                ▷ ajustement RANSAC avec tout les couples d'observations radiométriques de la tuile
                                                                ▷ robustesse face aux données abhérentes

    Obs1tuile = ( $a + b * Quartile_1(RadiomTuileImage_j)$ ,  $Quartile_1(RadiomTuileImage_j)$ )
    Obs2tuile = ( $a + b * Quartile_3(RadiomTuileImage_j)$ ,  $Quartile_3(RadiomTuileImage_j)$ )
    Ajout Obs1tuile à ObsGlobi,j
    Ajout Obs2tuile à ObsGlobi,j
  end for
  RadiomImagei =  $a + b * RadiomImage_j$ 
                                                                ▷ ajustement L1 avec ObsGlobi,j
                                                                ▷ Calcul d'un modèle pour le couple d'image (i, j)

  Obs1ImCpl = ( $a + b * Quartile_1(RadiomImage_j)$ ,  $Quartile_1(RadiomImage_j)$ )
  Obs2ImCpl = ( $a + b * Quartile_3(RadiomImage_j)$ ,  $Quartile_3(RadiomImage_j)$ )
  Ajout Obs1ImCpl à ObsGlobImi
  Ajout Obs2ImCpl à ObsGlobImi
end for
for chaque image do
  RadiomImagei =  $a + b * RadiomImage_{j,k,l,ect}$ 
                                                                ▷ ajustement L2 avec ObsGlobImi
                                                                ▷ Calcul d'un modèle moyen pour l'image i
end for

```

---

Ensuite, un modèle global d'égalisation radiométrique est ajusté par minimisation L1. Les différents modèles de correction radiométrique pour une même images, issus de chacun des couples d'images retenus (sur la figure 1, les couples  $i-j$  et  $i-k$ ), sont combinés en un modèle linéaire unique. La fusion de ces modèles est similaire à celle effectuée pour le passage de l'échelle de la tuile à l'échelle de l'image globale ; chaque modèle est utilisé pour déterminer deux couples d'observations ( $Obs1_{ImCpl}$  et  $Obs2_{ImCpl}$ ) en utilisant le premier et le troisième quartile des valeurs de radiométrie de l'image. Ces observations sont ensuite utilisées pour ajuster un modèle linéaire par moindre L2.

## Estompage autour des lignes de raccord

Bien que l'égalisation radiométrique permette de réduire fortement les différences de radiométrie, les lignes de raccord entre images thermiques sont toutefois trop souvent visibles, particulièrement entre deux lignes de vols différentes ou le décalage temporel entre les prises de vue peut avoir un impact important (échauffement, par le soleil, angle de visée très différent). La figure 2 illustre la mosaïque d'orthoimages d'une digue. Les 2 images de gauche sont acquises lors d'une même ligne de vol, l'image à droite est acquise durant une deuxième ligne de vol. Un estompage autour des lignes de raccord est donc effectué afin de garantir une transition douce. La suite Micmac effectue le mosaiquage des orthoimages aériennes en se basant sur les valeurs d'incidences afin d'attribuer à chacune des orthoimages la partie de l'espace 2D que celle-ci occupe dans la mosaïque ; pour chaque localisation dans l'espace de la mosaïque, la radiométrie de l'orthoimages qui a l'incidence la plus faible est sélectionnée.

Ainsi, les lignes de raccord entre 2 orthoimages sont clairement délimitées. Au sein d'une zone définie autour de ces raccords par une distance d'estompage donnée, une moyenne pondérée de la radiométrie des deux images est réalisé. La pondération utilisée est une pondération gaussienne proportionnelle à la distance à la ligne de raccord [4]. Les distances sont calculées au moyen d'un filtre morphologie Chamfer 32. A l'instar de l'approche utilisée pour la correction radiométrique, cette méthode

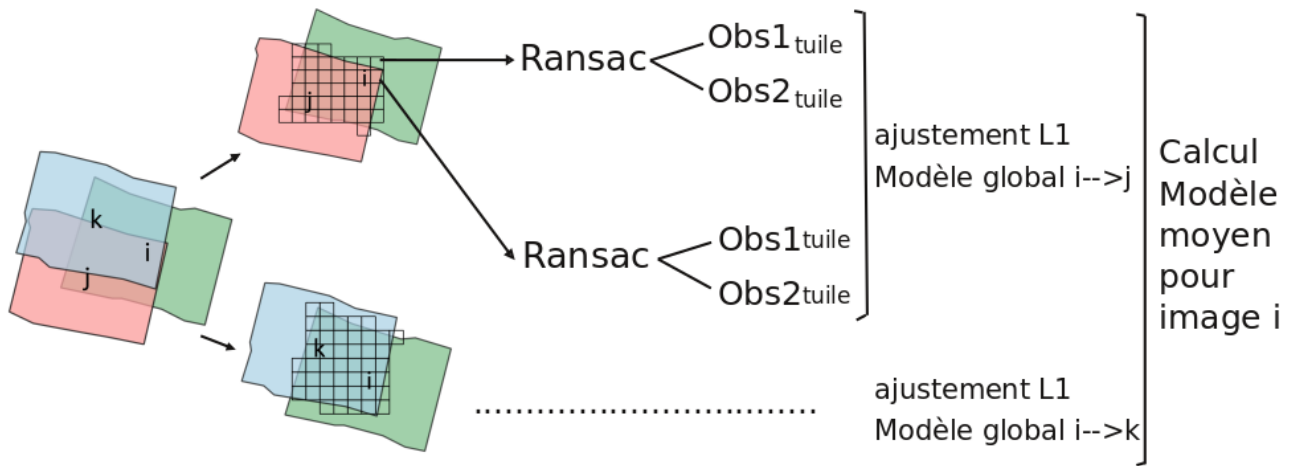


FIGURE 1 – Correction radiométrique de deux couples d’orthoimage par un modèle linéaire. Les observations utilisées pour ajuster chacun des modèles sont sélectionnées avec soin au sein d’un réseau de tuiles.

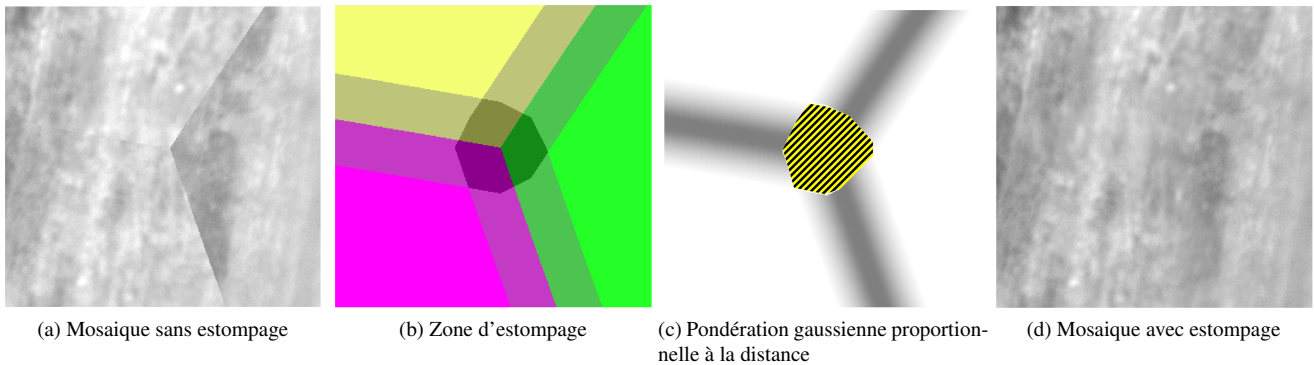


FIGURE 2 – Estompage le long des lignes de raccord pour 3 images thermiques aérienne de digue

d’estompage est réalisée par paire d’orthoimages. Une attention particulière est donnée aux zones d’estompage à l’intersection de 3 images, pour lesquelles l’opération de mélange pondéré des valeurs radiométriques est effectué de manière itérative ; premièrement pour les images numéro 1 et 2, deuxièmement pour l’image fusionnée 1+2 avec l’image numéro 3. La figure 2 illustre le processus d’estompage pour une distance de Chamfer égale à 100. La partie hachurée sur la figure 2c est la surface sur laquelle l’estompage est calculé itérativement pour une première paire d’orthoimages et ensuite avec la troisième image.

## Résultats et perspectives

Les outils d’Egalisation Radiométrique d’Orthoimages (EROs) et d’estompage sont accessibles avec les commandes *mm3d TestLib EROs* et *mm3d TestLib SeamlineFeathering*. Ces outils doivent encore faire l’objet d’optimisation de calcul et de tests sur divers jeux de données.

## Références

- [1] Tsuyoshi Honjo, Nobumitsu Tsunematsu, Hitoshi Yokoyama, Yudai Yamasaki, and Kiyoshi Umeki. Analysis of urban surface temperature change using structure-from-motion thermal mosaicing. *Urban Climate*, 20 :135–147, 2017.
- [2] Jun Pan, Mi Wang, Deren Li, and Junli Li. A network-based radiometric equalization approach for digital aerial orthoimages. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 7(2) :401–405, 2010.
- [3] Ewelina Rupnik, Mehdi Daakir, and Marc Pierrot Deseilligny. MicMac—a free, open-source solution for photogrammetry. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 2(1) :14, 2017.
- [4] Jinyan Tian, Xiaojuan Li, Fuzhou Duan, Junqian Wang, and Yang Ou. An efficient seam elimination method for UAV images based on wallis dodging and gaussian distance weight enhancement. *Sensors*, 16(5) :662, 2016.
- [5] I. Weber, A. Jenal, C. Kneer, and J. Bongartz. PANTIR-A dual camera setup for precise georeferencing and mosaicing of thermal aerial images. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(3) :269, 2015.