




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 



DÉVELOPPEMENT D'UN PROGRAMME DE FORMATION
POUR L'AMÉLIORATION DE L'UTILISATION DES OUTILS
TIC DANS LA MISE EN ŒUVRE DE L'AGRICULTURE DE
PRÉCISION
2018-1-ES01-KA202-050709

Données sources d'images satellites - tuteurs

Auteurs: UPC

Date: Mai 2020

Ce projet a été financé avec le soutien de la Commission européenne. Cette publication n'engage que son auteur et la Commission ne peut être tenue responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations qu'elle contient.

Sommaire

1	Satellites communs et disponibles	4
1.1	Programmes Publics	4
1.2	Programmes Privés	6
2	Caractérisation de la performance des satellites	7
3	Sources de données publiques	9
4	Extraction des images de la source.....	10

1. Introduction

<https://precisionagriculture.re/satellite-imagery-as-a-data-source-for-prescription-and-precision-farming-in-australia/>

Les capteurs satellitaires conçus pour la surveillance des ressources terrestres constituent une source importante de données à utiliser pour la prescription et l'agriculture de précision. Les avantages relatifs de l'imagerie satellitaire par rapport à la photographie aérienne, à la vidéo aéroportée, à la détection thermique et à d'autres formes de détection de l'énergie à ondes longues sont présentés en soulignant les problèmes techniques et d'intégrité des données de ces formes alternatives d'acquisition de données.

L'imagerie satellitaire est disponible à différentes fréquences de révision, auprès de différents fournisseurs, sous différentes conditions d'utilisation de ces données, à différentes résolutions spectrales et spatiales, à différents prix qui reflètent les différents formats, précisions et fiabilités des produits. La sélection de l'imagerie appropriée à une date d'acquisition d'image qui convient à la tâche et au stade de développement de la culture considérée sont des décisions particulièrement importantes qui affectent l'utilité et la précision des analyses résultantes.

Un tableau résume les caractéristiques orbitales et d'imagerie des principales formes de données de télédétection actuellement disponibles (et bientôt disponibles) sur une base commerciale. Il est suivi d'un guide d'introduction aux questions critiques qui doivent être prises en compte dans la sélection de l'imagerie appropriée.

L'imagerie satellitaire Landsat ETM et SPOT a été principalement utilisée jusqu'à présent en raison de sa disponibilité, étant donné qu'elle est acquise de manière répétitive sur le même endroit de la terre dans le cadre de cycles d'acquisition fixes. Le Centre australien de télédétection archive les données de ces deux capteurs pour la plupart des zones de production agricole en Australie. Le satellite Landsat couvre une superficie d'environ 32 400 km², tandis qu'un seul capteur du satellite SPOT couvre une superficie d'environ 3600 km². Le coût des données satellitaires par unité de surface est faible - pour Landsat, le coût est de 0,009 \$/ha et pour SPOT de 0,024 \$/ha. La réponse spectrale et le faible coût de Landsat font qu'il est généralement préféré pour les applications agricoles en général et pour l'agriculture de prescription et de précision en particulier. Cependant, la capacité de visualisation hors-nadir, la résolution plus élevée et la continuité garantie du programme peuvent signifier que SPOT deviendra la source de données préférée, malgré son coût plus élevé et le nombre réduit de bandes spectrales par rapport à Landsat ETM.

La valeur des données, en particulier pour la prescription et l'agriculture de précision, réside dans le fait que la résolution spatiale à laquelle elles sont acquises (25m pixels pour Landsat et 20m pixels pour SPOT) est utile pour détecter la variation spatiale de la réponse spectrale des cultures dans les

champs et à l'échelle de l'entreprise qui sont courants dans l'agriculture australienne.

L'imagerie par satellite est un moyen rentable de faciliter l'estimation du rendement avant la récolte et la cartographie de la variabilité du rendement sans avoir à recourir à des machines coûteuses et à des équipements de surveillance du rendement par GPS. L'imagerie en début de saison permet d'identifier les problèmes émergents et de mettre en place des stratégies d'intervention et de gestion des cultures appropriées pour minimiser la variance des rendements au sein du champ. Le point de vue synoptique combiné à une pixellisation détaillée rend l'imagerie satellitaire supérieure aux techniques existantes de reconnaissance sur le terrain, en particulier lorsque des instruments au sol situés à des endroits stratégiques et des observations ciblées sur le terrain par des agronomes consultants sur des sites plus représentatifs sont utilisés pour calibrer les résultats de l'analyse d'images pour une plus grande exactitude et précision.

La réponse spectrale détectée dans la zone occupée par un seul pixel représente l'intégration de tous les facteurs tels que la phénologie des cultures, l'état hydrique du sol et l'état des nutriments qui déterminent la vigueur des plantes, la biomasse et, en fin de compte, le potentiel de rendement. Au lieu de tenter de mesurer des paramètres discrets individuels, l'imagerie satellitaire lit la réponse de la plante comme un seul instrument intégré. Au lieu de chercher à construire des modèles physiques d'interactions complexes entre l'atmosphère, la plante et le sol sur un ordinateur en se basant sur l'extrapolation d'observations expérimentales provenant de quelques sites locaux, une approche empirique basée sur l'imagerie satellitaire permet aux utilisateurs agricoles de partir d'une compréhension de la variabilité spatiale et d'utiliser un diagnostic de la configuration spatiale, de la forme ou de la morphologie de l'image pour expliquer la cause de ces variations qui sont susceptibles d'entraîner une réduction du potentiel de rendement. Le traitement et l'interprétation numériques des données satellitaires traduisent les changements de la réponse spectrale en produits qui identifient les zones de variabilité dans un champ individuel. Les produits qui en résultent peuvent prendre la forme de cartes de croissance des cultures, de vigueur des plantes ou de variabilité du potentiel de rendement et d'estimations du rendement qui en résulte, et peuvent être présentés sous forme numérique, d'images, de cartes, de tableaux ou de graphiques.

Les variations localisées des conditions atmosphériques, l'architecture non ramifiée des plantes, la faible biomasse, le faible couvert végétal ou l'absence de fermeture du couvert ($LAI < 3$) signifient que les aérosols, le type et l'état du sol exercent une influence plus forte sur la réponse spectrale, ce qui complique l'analyse et l'interprétation des images. Cependant, une approche empirique utilisant l'imagerie satellitaire permet de détecter les impacts de la gestion et de les discriminer des facteurs environnementaux ou physiques en utilisant des files d'attente visuelles de diagnostic.

La réponse spectrale spécifique au pixel mesurée à partir de l'imagerie satellitaire peut être utilisée pour développer des modèles empiriques qui peuvent être utilisés à leur tour pour estimer des paramètres tels que la vigueur et la biomasse en début de saison, le rendement offert bien avant la récolte, voire le niveau de protéines d'une culture céréalière afin de faciliter la ségrégation des produits à la récolte pour obtenir des prix supérieurs. Les cartes de rendement estimées aident les producteurs à considérer la variabilité en termes de rendement économique et à identifier les régions des champs qui nécessitent une certaine forme d'action corrective ou à planifier la vente à terme de la récolte. Ces cartes peuvent être intégrées dans des systèmes de technologie à débit variable (VRT), à condition que les données soient acquises au bon moment, traitées et livrées rapidement pour être utilisées dans ces systèmes. Des aspects tels que la couverture nuageuse au moment de l'acquisition des données et le calendrier d'acquisition fixe limitent l'utilisation de ces produits comme source principale de données pour les applications VRT.

L'avènement de IKONOS et d'autres images à ultra-haute résolution ouvre la porte à l'utilisation de l'imagerie satellitaire pour la prescription et l'agriculture de précision pour les cultures horticoles de plus grande valeur comme les raisins et les vergers.

1 Satellites communs et disponibles

1.1 Programmes Publics

Landsat → <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/>

Le programme Landsat offre l'enregistrement global continu le plus long de la surface de la Terre ; il continue à fournir des images visuellement étonnantes et scientifiquement précieuses de notre planète. Cette courte vidéo met en évidence les nombreux avantages de Landsat pour la société.

En 1975, le Dr James Fletcher, administrateur de la NASA, a prédit que si un développement de l'ère spatiale devait sauver le monde, ce serait Landsat et les satellites qui lui ont succédé. Depuis le début des années 1970, Landsat a archivé des images de la Terre de façon continue et régulière ; ces archives de données inégalées permettent aux scientifiques d'évaluer les changements dans le paysage de la Terre. Pendant plus de 40 ans, le programme Landsat a recueilli des informations spectrales de la surface de la Terre, créant ainsi des archives historiques inégalées en termes de qualité, de détails, de couverture et de longueur.

"C'était le grand-père de tous, car il a lancé la tendance des observations répétitives et calibrées de la Terre à une résolution spatiale permettant de détecter l'interaction

de l'homme avec l'environnement", déclare Darrel Williams, scientifique du projet Landsat 7, à propos de Landsat.

Les capteurs Landsat ont une résolution spatiale modérée. Vous ne pouvez pas voir les maisons individuelles sur une image Landsat, mais vous pouvez voir de grands objets artificiels tels que des autoroutes. Il s'agit d'une résolution spatiale importante, car elle est suffisamment grossière pour permettre une couverture mondiale, mais suffisamment détaillée pour caractériser les processus à l'échelle humaine tels que la croissance urbaine

Sentinel 2 → <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>

La mission Copernicus Sentinel-2 comprend une constellation de deux satellites en orbite polaire placés sur la même orbite héliosynchrone, phasés à 180° l'un par rapport à l'autre. Elle vise à surveiller la variabilité des conditions de la surface terrestre. Sa grande largeur de fauchée (290 km) et son temps de revisite élevé (10 jours à l'équateur avec un satellite, et 5 jours avec 2 satellites dans des conditions sans nuages, ce qui donne 2 à 3 jours aux latitudes moyennes) permettront de surveiller les changements à la surface de la Terre. Les limites de couverture sont comprises entre les latitudes 56° sud et 84° nord.

MODIS → <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>

Avec sa fauchée de visualisation de 2 330 km de large, MODIS voit chaque point de notre monde tous les 1 à 2 jours dans 36 bandes spectrales discrètes. Par conséquent, MODIS suit un plus large éventail de signes vitaux de la terre que tout autre capteur Terra. Par exemple, le capteur mesure le pourcentage de la surface de la planète qui est couverte par des nuages presque tous les jours. Cette large couverture spatiale permet à MODIS, ainsi qu'à MISR et CERES, d'aider les scientifiques à déterminer l'impact des nuages et des aérosols sur le bilan énergétique de la Terre.

En plus d'enregistrer la fréquence et la distribution de la couverture nuageuse, MODIS mesure les propriétés des nuages telles que la distribution et la taille des gouttelettes d'eau liquide et de glace. MODIS mesure également les propriétés des aérosols, de minuscules particules liquides ou solides dans l'atmosphère. Les aérosols pénètrent dans l'atmosphère à partir de sources artificielles, comme la pollution et la combustion de la biomasse, et de sources naturelles, comme les tempêtes de poussière, les éruptions volcaniques et les feux de forêt. MODIS aide les scientifiques à déterminer la quantité de vapeur d'eau dans une colonne de l'atmosphère et la distribution verticale de la température et de la vapeur d'eau - des mesures cruciales pour comprendre le système climatique de la Terre.

MODIS est idéal pour surveiller les changements à grande échelle dans la biosphère, qui permettent de mieux comprendre le fonctionnement du cycle mondial du carbone. MODIS mesure l'activité photosynthétique des plantes terrestres et marines (phytoplancton) afin d'obtenir de meilleures estimations de la quantité de gaz à effet de serre absorbée et utilisée dans la productivité des plantes. Associées aux mesures de température de surface du capteur, les mesures de la biosphère

effectuées par MODIS aident les scientifiques à suivre les sources et les puits de dioxyde de carbone en réponse aux changements climatiques.

Meteosat

→ <https://www.esa.int/kids/en/learn/Technology/Spacecraft/Meteosat>

L'Europe possède ses propres satellites météorologiques, appelés Meteosat. Le premier Meteosat a été lancé par l'ESA en orbite géostationnaire, à 36 000 km au-dessus du golfe de Guinée, le 23 novembre 1977.

Depuis lors, huit autres Meteosat ont été lancés. Le dernier d'entre eux (Meteosat-9) est devenu pleinement opérationnel le 29 janvier 2004. Deux autres sont prévus dans les prochaines années, suivis par une troisième génération de satellites.

Les Meteosats les plus récents (appelés "deuxième génération") présentent de nombreuses améliorations par rapport aux modèles précédents. L'un des avantages est qu'ils peuvent renvoyer des images plus nettes plus fréquemment.

Meteosat-9 dispose d'un instrument qui peut étudier les nuages, la terre, l'océan, la neige et la glace de jour comme de nuit. Un autre instrument est dédié à l'étude du climat. Les données recueillies aident les météorologues à reconnaître et à prévoir les conditions météorologiques dangereuses. Il s'agit notamment des brouillards denses, des orages et de la formation soudaine de tempêtes intenses accompagnées de vents violents et de pluie battante. Les prévisions à long terme sont également améliorées.

1.2 Programmes Privés

Worldview 1 (DigitalGlobe company) →

LIEN

WorldView-1, lancé en septembre 2007, est le premier de nos satellites de nouvelle génération - les satellites les plus agiles jamais lancés commercialement. Ce système d'imagerie panchromatique de grande capacité offre une imagerie d'une résolution d'un demi-mètre. Opérant à une altitude de 496 km, WorldView-1 a un temps de revisite moyen de 1,7 jour et est capable de collecter plus d'un million de kilomètres carrés par jour d'images d'un demi-mètre. Le satellite est également équipé de capacités de précision de géolocalisation de pointe et fait preuve d'une agilité étonnante grâce à un ciblage rapide et à une collecte stéréo efficace sur la trajectoire. WorldView-1 se trouve dans un nœud descendant de 1:30pm

Geoeye 1 (société DigitalGlobe) →

LIEN

Le satellite GeoEye-1 est équipé de certaines des technologies les plus avancées jamais utilisées dans un système de télédétection commercial. Le satellite collecte des images à une résolution panchromatique (noir et blanc) de 0,46 mètre et multispectrale de 1,84 mètre. Le satellite peut recueillir jusqu'à 500 000 kilomètres carrés d'images multispectrales par jour. Cette capacité est idéale pour les projets de cartographie à grande échelle. GeoEye-1 peut revisiter n'importe quel point de la Terre une fois tous les trois jours ou plus tôt.

2 Caractérisation de la performance des satellites

Théorie :

Une équation qui est utile pour décrire le mouvement des satellites est la forme de Newton de la troisième loi de Kepler. Comme la logique qui sous-tend le développement de l'équation a été présentée ailleurs, seule l'équation sera présentée ici. La période d'un satellite (T) et la distance moyenne du corps central (R) sont liées par l'équation suivante :

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 * \pi^2}{G * M_{\text{central}}}$$

où T = la période du satellite, R = le rayon moyen de l'orbite du satellite (distance du centre de la planète centrale), et G = 6,67 x 10⁻¹¹ N m²/kg².

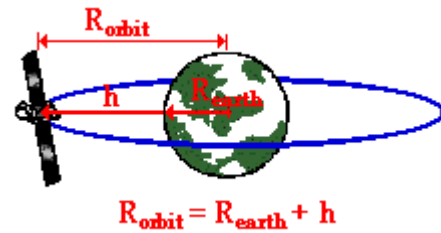
Un concept important est évident dans ces trois équations : la période, la vitesse et l'accélération d'un satellite en orbite ne dépendent pas de la masse du satellite.

$$v = \sqrt{\frac{G * M_{\text{central}}}{R}} \quad a = \frac{G * M_{\text{central}}}{R^2} \quad \frac{T^2}{R^3} = \frac{4 * \pi^2}{G * M_{\text{central}}}$$

Aucune de ces trois équations ne contient la variable M_{satellite}. La période, la vitesse et l'accélération d'un satellite dépendent uniquement du rayon de l'orbite et de la masse du corps central autour duquel le satellite gravite. Dans le cas du mouvement des projectiles sur la terre, la masse du projectile n'a aucun effet sur l'accélération vers la terre et la vitesse à chaque instant. Lorsque la résistance de l'air est négligeable et que toutes les forces, à l'exception de la gravité, sont inexistantes, la masse de l'objet en mouvement devient un non-facteur. C'est le cas des satellites en orbite.

Exercice 1 :

Un satellite souhaite se mettre en orbite autour de la terre à une hauteur de 100 km (environ 60 miles) au-dessus de la surface de la terre. Déterminez la vitesse, l'accélération et la période orbitale du satellite. (Donnée : $M_{earth} = 5.98 \times 10^{24}$ kg, $R_{earth} = 6.37 \times 10^6$ m, $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m²/kg²)



Solution :

Notez que le rayon de l'orbite d'un satellite peut être trouvé à partir de la connaissance du rayon de la terre et de la hauteur du satellite au-dessus de la terre. Le rayon de l'orbite d'un satellite est égal à la somme du rayon de la terre et de la hauteur au-dessus de la terre. Ces deux quantités peuvent être additionnées pour obtenir le rayon orbital. Dans ce problème, les 100 km doivent d'abord être convertis en 100 000 m avant d'être ajoutés au rayon de la terre. Les équations nécessaires pour déterminer l'inconnue sont celles qui sont énumérées ci-dessus. Nous allons commencer par déterminer la vitesse orbitale du satellite à l'aide de l'équation suivante :

$$v = \text{SQRT} [(G * M_{\text{Central}}) / R]$$

La substitution et la solution sont les suivantes :

$$v = \text{SQRT} [(6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) * (5,98 \times 10^{24} \text{ kg}) / (6,47 \times 10^6 \text{ m})]$$

$$v = 7,85 \times 10^3 \text{ m/s}$$

L'accélération peut être trouvée à partir de l'une ou l'autre des équations suivantes :

$$(1) a = (G * M_{\text{central}}) / R^2$$

$$(2) a = v^2 / R$$

Equation (1) a été dérivée ci-dessus. Equation (2) est une équation générale pour les mouvements circulaires. N'importe laquelle de ces équations peut être utilisée pour calculer l'accélération; l'utilisation de l'équation (1) est démontrée ici :

$$a = (G * M_{\text{central}}) / R^2$$

$$a = (6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) * (5.98 \times 10^{24} \text{ kg}) / (6.47 \times 10^6 \text{ m})^2$$

$$a = 9.53 \text{ m/s}^2$$

On peut observer que cette accélération est légèrement inférieure à la valeur 9.8 m/s^2 attendue à la surface du globe. Il est connu que l'augmentation de la distance par rapport au centre de la Terre diminue la valeur de g .

Finalement, la période peut être calculée en utilisant l'équation suivante:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 * \pi^2}{G * M_{\text{central}}}$$

L'équation peut être réarrangée sous la forme suivante :

$$T = \text{SQRT} [(4 * \pi^2 * R^3) / (G * M_{\text{central}})]$$

La substitution et la solution suivent:

$$T = \text{SQRT} [(4 * (3.1415)^2 * (6.47 \times 10^6 \text{ m})^3) / (6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) * (5.98 \times 10^{24} \text{ kg})]$$

$$T = 5177 \text{ s} = 1.44 \text{ hrs}$$

Extra information:

https://thesai.org/Downloads/Volume5No6/Paper_2-The_Coverage_Analysis_for_Low_Earth_Orbiting_Satellites_at_Low_Elevation.pdf

3 Sources de données publiques

VIEWERS → <https://eos.com/blog/7-top-free-satellite-imagery-sources-in-2019/>

Landsat → <https://landlook.usgs.gov/viewer.html>

Sentinel2 → <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

MODIS → <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response>

Meteosat → <https://www.eumetsat.int/website/home/Images/RealTimeImages/index.html>

GENERAL, WorldView → <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

4 Extraction des images de la source

Exercice 2: Téléchargez une image de culture du satellite Sentinel:

<https://www.sentinel-hub.com/>

Solution : (Étapes)

1. Cliquez sur "Explore HUB".
2. Cliquez sur "EO Browser".
3. Cliquez sur "Start exploring".
4. Trouvez votre zone cible à l'aide de la souris, sélectionnez "Sentinel-2" et "L1C" et cliquez sur "Rechercher" dans le sous-menu de gauche.
5. Trouvez et sélectionnez un jour avec un faible pourcentage de nuages et cliquez sur "Visualiser".
6. Sélectionnez l'option NDVI
7. Sur le côté droit, cliquez sur "Télécharger l'image".
8. Activez les trois options disponibles et enfin cliquez sur "Télécharger".



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

