

Tinjauan dan Aplikasi Dron dalam Pertanian

N.C.Y. Norasma¹, M. A. Fadzilah², S.S.A. Gani¹, M. S. Suhaizi¹ and M.R. Ismail²

¹Department of Agriculture Technology
Faculty of Agriculture, Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia.

²Institute of Tropical Agriculture and Food Security (ITAFoS)
Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia.

niknorasma@upm.edu.my

ABSTRAK

Pertanian yang mampan memainkan peranan utama untuk mengekalkan pengeluaran makanan dan mengekalkan alam sekitar dari bahan kimia yang berlebihan dengan penggunaan teknologi untuk pengurusan yang baik. Program Transformasi Ekonomi (ETP) memberi penekanan kepada penggunaan teknologi untuk meningkatkan pengeluaran tanaman secara optimum. Aplikasi dron dalam tanaman semakin meningkat di seluruh dunia. Objektif kertas kerja ini adalah untuk memperkenalkan aplikasi dan operasi yang boleh dilaksanakan untuk aktiviti pertanian menggunakan dron. Kelebihan penggunaan dron dalam pertanian meningkatkan keberkesanan masa untuk menghabiskan operasi, keberkesanan ladang, mengurangkan pergantungan ke atas tenaga kerja dan mendapatkan liputan imej yang berkualiti tinggi dan kos efektif. Dron telah direka untuk terbang pada ketinggian rendah, dan mudah dikendalikan untuk kawasan yang dikehendaki. Kertas kerja ini akan memberi pendedahan aplikasi dron dalam pertanian dan dapat memberi panduan kepada orang awam untuk menggunakan dron pada masa hadapan.

KATA KUNCI

Dron, Pertanian, Keberkesanan dalam pertanian, Penjimatan kos operasi.

**Paper presented at the 2018 MSAE Conference,
Serdang, Selangor D. E., Malaysia.
7 & 8 February 2018**

The society is not responsible for statements or opinions written in papers or related discussions at its meeting. Papers have not been subjected to the review process by MSAE editorial committees; therefore, are not to be considered as refereed.



PENGENALAN

Pertanian presis adalah sering dikaitkan dengan pengurusan yang cekap dan efektif dalam operasi tanaman bagi meningkatkan hasil pertanian dan meminimalkan kos pengeluaran. Matlamat utama pertanian presis ialah untuk meningkatkan keberkesanan kerja dalam operasi pertanian dan mengurangkan kos serta menjaga alam sekitar daripada penggunaan bahan kimia yang berlebihan. Dalam kata yang lain, ia adalah kawalan bagi meminimumkan perosak, banjir yang tidak diinginkan serta jangkitan penyakit terhadap tanaman. Elemen utama dalam konsep pertanian presis adalah pengumpulan data, pemetaan lapangan, membuat keputusan serta mengaplikasikan pengurusan yang betul dalam pertanian (Chunhua Zhang & John M. Kovacs, 2012). Pengenalan terhadap imej berteknikal tinggi telah melonjakkan lagi prestasi dalam mempraktikkan pertanian dalam kalangan masyarakat dengan menggunakan teknologi dan informasi dilengkapi dengan sistem yang dapat mengawal pelbagai keadaan dalam masa yang singkat (Shibusawa, 2002). Kebanyakan para petani kehilangan kos yang tinggi berikutan daripada cuaca dan pengairan yang kurang sesuai terhadap tanaman (Chakane, Chaskar, Patil, Shelar, & Godse, 2017). Beberapa masalah utama yang dihadapi oleh para petani ialah kurang pengetahuan terhadap jenis tanah, kurangnya pengetahuan tentang kesesuaian baja bagi sesebuah kawasan, sistem pengairan dan saluran yang berkesan. Oleh itu, dengan penggunaan teknologi dron dapat membantu para petani untuk memantau keadaan tanaman yang diterbangkan di udara untuk mengesan masalah yang dihadapi di kawasan yang sukar untuk di akses dengan lebih mudah dan pantas.

Padi (*oryza sativa L*) merupakan makanan ruji kebanyakan penduduk dunia. Jenis beras dan cara penanaman beras di negara-negara Asia Tenggara adalah dinamik terhadap alam sekitar di mana ia dipengaruhi oleh topografi, cerun, jenis tanah, keadaan bentuk muka bumi, cuaca dan sistem pengairan di kawasan penanaman padi (Manjunath, et al., 2015). Penyelidikan berkaitan penanaman padi adalah bertujuan untuk mengekalkan kedaulatan makanan terutamanya di kawasan monsoon Asia. Terdapat banyak penyelidikan berkaitan padi yang telah dijalankan seperti pembiakan baka, kawalan perosak dan penyakit padi, kawalan baja, pertanian presis dan banyak lagi demi memastikan bekalan beras yang cukup untuk masyarakat sejagat. Demi mencapai tujuan tersebut, pemerhatian yang cepat dan ber solusi tinggi adalah perkara yang sangat penting bagi memantau pertumbuhan tanaman padi tersebut. Di negara-negara Asia Tenggara, pemantauan hasil padi menggunakan teknik "*remote sensing*" telah dijalankan secara meluas. Salah satu teknik efisien bagi memperolehi maklumat tanaman secara temporal dan spatial pada waktu yang berterusan dan berulang adalah menggunakan teknologi "*remote sensing*" (Wang, et al., 2015). Pada masa kini, aplikasi "*remote sensing*" telah luas digunakan dalam bidang pertanian, dan banyak kajian telah mengasimilasikan data "*remote sensing*" ini bagi tujuan mengelaskan jenis padi, jangkaan hasil padi, phenologi dan sebagainya. Pada waktu yang sama, salah satu alat yang popular menggunakan teknologi "*remote sensing*" adalah unmanned aerial vehicle atau lebih dikenali sebagai teknologi dron. Teknologi ini telah digunakan di seluruh dunia dalam pelbagai bidang.

PENDERIAAN KAWALAN JAUH DAN PERTANIAN PERSIS

Teknologi "*remote sensing*" atau penderiaan kawalan jauh telah diaplikasikan secara meluas di kebanyakan bidang berkaitan alam sekitar seperti ekologi, topografi lautan, klimatologi, geologi dan pertanian. Pada waktu awal dahulu, pendekatan "*remote sensing*" adalah dengan cara meletakkan sensors kawalan di menara yang terletak di kawasan penanaman (imej therma, multi dan hyper-spectral kamera, fluorometers, dsb) dimana ia adalah kawasan yang tetap dan ini menyebabkan kekangan utama bagi pengumpulan data (Gago, et al., 2015). Kaedah teknologi tradisional yang telah dilakukan sebagai contoh yang menggunakan peralatan di lapangan (*onboard traction-engine*) tetapi, jenis alatan ini mempunyai kekangan tersendiri kerana ianya sukar untuk digerakkan dari satu kawasan ke kawasan yang lain, mempunyai kebolehan pemetaan yang terhad, dan kebiasaannya hanya boleh dilakukan pada musim menuai sahaja (Lelong, et al., 2008). Pada masa kini, kawalan "*remote sensing*" adalah menggunakan teknologi elektromagnetik bagi menentukan objek sasaran yang lebih tepat dari jarak yang jauh dan mempunyai kelebihan yang ekstensif, tidak-invasif, tidak mempunyai jarak waktu yang terhad serta fleksibel digunakan walau di mana sahaja. Untuk mendapatkan akses percuma dan berterusan, satelit seperti MODIS dan Landsat adalah pangkalan data yang biasa digunakan bagi pemetaan lapangan padi pada beberapa tahun kebelakangan ini (Wang, et al., 2015). Walaubagaimanapun, terdapat kurang keberkesanan dan kebolehdapatan menggunakan Landsat berpunca dari penutupan awan dan masalah



yang lain di kawasan tersebut seperti tanah yang biasanya ditutupi dengan tumbuhan sepanjang tahun (Wang, et al., 2015).

SISTEM KAWALAN TANPA PENERBANGAN (UAS)




Sistem kawalan tanpa penerbangan (UAS) atau juga dikenali sebagai dron, alat yang berpotensi untuk menggantikan "remote sensing" yang berasaskan satelit yang telah dikenal pasti dapat menjana imej dengan resolusi tinggi (<1m) dan pada frekuensi yang betul, ia dapat memberi tindak balas informasi yang berkesan dan telah menarik minat kajian oleh komuniti saintifik (Manal Elaraba, et al., 2015). Dron yang bersaiz kecil ini merupakan "remote sensing" beraltitud rendah, mempunyai kos yang jauh lebih rendah untuk mengekstrak imej. Dron mempunyai resolusi spatial dan pemprosesan imejnya lebih mudah dan tiada masalah penutupan awan (Chunhua Zhang & John M. Kovacs, 2012). Jadual 1 dan 2 menunjukkan perbandingan antara multirotor dan fixed wing dan kepelbagaian kamera yang digunakan dalam teknologi dron.

Jadual 1: Perbandingan antara Multirotor dan Fixed Wing (Sankaran, et al., 2015)

Jenis	Berat (kg)	Waktu penerbangan (min)	Kelebihan	Kekurangan	Contoh
Multirotor	0.8 – 8.0	8 – 120	Dilengkapi dengan navigasi <i>waypoint</i> . Boleh memegang sensor thermal, multispectral, hyperspectral	Berat kamera mungkin boleh menjejaskan penggunaan bateri dan waktu penerbangan	DJI Inspire, Mikrocopter ARK OktoXL 6S12, Yamaha RMAX
Fixed wing	1.0 – 10	30 – 240	Masa penerbangan yang lebih baik Boleh dipasang dengan sensor yang pelbagai Kapasiti penerbangan yang terhad	Kelajuan yang rendah diperlukan bagi pencantuman imej.	Landcaster Precision Hawk, senseFly eBee

Jadual 2: Kepelbagaian jenis sensor yang digunakan dalam ciri phenotype tumbuhan

Dron dan Kamera	Aplikasi	Contoh gambar	Rujukan
3DR Iris+(a) dan DJI Phantom 2 (b), gimbal dan kamera GoPro	Bidang pertanian (pemantauan) navigasi autonomi		(Cano, Horton, Liljegren, & Bulanon, 2017)
Turnigy 9XR Octocopter UAV, Digital kamera (RGB)	Penyakit <i>Basal Stem Rot</i> (BSR) di pokok kelapa sawit.		(Khairunniza-Bejo, et al., 2018)

Sensefly eBee UAV, 16-megapixel digital kamera	Pemetaan kepada penutup bumi, jangkitan penyakit berjangkit		(Fornace, Drakeley, William, Espino, & Cox, 2014)
HiSystems GmbH Mikrokopter, Germany, RGB kamera	Membangunkan teknik anggaran yang baru bagi mengetahui status sebaran penyakit.		(Sugiura, et al., 2016)
Microdrones MD4-200, A Tetracam ADC Lite digital kamera	Hasil NDVI dan bijirin, aerial biomass dan kandungan nitrogen di udara		(Vega, Ramírez, Saiz, & Rosúa, 2015)

APLIKASI DALAM PERTANIAN

Pemantauan pertumbuhan menggunakan dron

Salah satu contoh menggunakan dron ialah dalam tanaman padi. Ia menggunakan “Red-Green-Blue” (RGB) dan nearinfrared kamera untuk tujuan pengumpulan data. Dron diterbangkan pada waktu pagi untuk mendapatkan imej yang jelas dan tepat. Kedua-dua “Red-Green-Blue” (RGB) dan imej infrared dianalisis menggunakan software Photoshop, v5.0 Adobe sistem, Inc, San Jose (CA, USA). Beberapa *indices* boleh dikira bagi setiap pokok padi termasuk kadar penghijauan (1) dan NDVI. Formula mengukur kehijauan daun adalah:

$$Gr = G/IR \quad (1)$$

Di mana G adalah purata kehijauan dari imej RGB dan (infrared) IR ialah purata jumlah nisbah pertumbuhan pokok berdasarkan imej yang di analisis, NDVI biasanya dikira dengan membandingkan dua atau lebih imej yang di kawasan yang sama. Kajian ini adalah berfokuskan untuk mengira perbezaan pertumbuhan pada 1 imej, jadi NDVI menggunakan kejelasan pencahayaan dan dikira:

$$NDVI_p = (IR-R)/(IR+R) \quad (2)$$

Di mana R merupakan purata pencahayaan dari nisbah tumbuhan bagi setiap padi, manakala R dan G adalah purata pencahayaan merah dan hijau dari imej RGB bagi padi.

Kajian Kes 1

Terdapat pelbagai kajian yang telah dijalankan menggunakan dron dalam pertanian. Sebagai contoh, kajian tentang gambaran keseluruhan tentang empat kajian pengurusan serangga dengan menggunakan fotografi udara dan videografi yang dilengkapi dengan aplikasi GPS dan GIS (Everitt, Summy, Escobar, & Davis, 2003). Kajian tersebut adalah bertujuan untuk menentukan pemetaan dan kadar sebaran penyakit yang boleh dilakukan oleh serangga-serangga perosak iaitu (i) *Citrus Blackfly* di dusun limau (ii) *Whitefly* di kawasan penanaman kapas (iii) *Harvester Ant* di padang rumput dan (iv) *Western Pine Beetle* di kawasan hutan. Hasil dari kajian ini mendapati 93% data yang diterima adalah tepat bagi kadar sebaran *Citrus Blackfly* di dusun yang terpilih. Resolusi imej oleh fotografi udara telah membolehkan dan memudahkan untuk mengesan serangan awal perosak serta mengawal sebaran penyakit tersebut. Integrasi antara teknologi videografi, GPS serta GIS adalah merupakan alat yang sangat berguna bagi

membuat pemetaan awal terhadap sebaran serangga perosak sekaligus membolehkan langkah pengawalan dapat dilaksanakan lebih awal (Everitt, Summy, Escobar, & Davis, 2003).

Contoh yang lain ialah kajian menggunakan spatial resolusi yang tinggi (ADAR, *Airborne Data Acquisition and Registration*) bagi mengesan penyakit *rice sheath blight* di Arkansas, USA. Biasanya, penyakit ini akan menyerang tanaman padi kira-kira satu bulan dan tigapuluh hari selepas aktiviti penanaman padi (Qin & Zhang, 2005). Berdasarkan hasil kajian, perbandingan antara kontur pemetaan menggunakan GIS terhadap penyakit dengan klasifikasi yang menggunakan ramalan dan jangkaan dari imej adalah boleh digunakan untuk mengesan penyakit tersebut. Walaubagaimanapun, menurut hasil kajian ini juga, imej ADAR boleh digunakan untuk bentuk sebaran penyakit di kawasan yang lebih meluas, manakala untuk keadaan yang lebih jelas, imej beresolusi *spectral* yang lebih baik diperlukan. Kajian terhadap penggunaan dron beraltitud rendah dalam menganggarkan kandungan nitrogen dalam padi membuktikan bahawa kemara digital terkini dapat memberikan kiraan dan penentuan status Nitrogen dan kandungan klorofil dalam pokok padi secara cepat dan tepat (Saberioon & Gholizadeh, 2016).

Kajian yang seterusnya adalah berdasarkan kajian yang menggunakan dron dalam memantau perkembangan pertumbuhan padi. Daripada hasil kajian ini mendapati, sistem kawalan dron yang berasaskan sistem LARS (*Low Altitude Remote Sensing*) boleh digunapakai untuk mendapatkan imej multispectral di atas pokok padi untuk menganggarkan kadar hasil produktiviti padi (Swain & Zaman, 2012). Kajian ini juga mendapati LARS platform boleh menggantikan sistem berasaskan satelit dan penerbangan udara yang memakan kos yang tinggi. Imej yang terhasil menggunakan kamera multispectral yang dipasang di atas dron pada ketinggian 20 m.

Kajian lain yang menggunakan dron dan kamera multi-temporal ialah untuk pemantauan tanaman bunga matahari (Vega, Ramírez, Saiz, & Rosúa, 2015). Kajian ini memberikan hasil yang positif terhadap penggunaan dron. Dron yang dilengkapi dengan kamera multispectral (R,G dan NIR) menunjukkan regresi yang selari antara NDVI dan hasil padi, biomass udara dan kandungan Nitrogen di dalam biomass adalah penting secara statistik kecuali pada waktu awal penanaman. NDVI yang diramalkan dari imej R,G,NIR kamera didapati dari peringkat awal (R1) dimana kembangan bunga mula kelihatan sehinggalah ke peringkat kemuncak (R5) di mana bunga matahari telah mekar sepenuhnya telah dapat digunakan untuk mengetahui perbezaan hasil tanaman, biomass udara dan kandungan Nitrogen di dalam kawasan tanaman tersebut.

Terdapat banyak masalah terhadap tumbuhan pokok seperti serangan perosak yang boleh menyebabkan pengurangan percambahan, tinggi pokok, keperluan cahaya, kadar asimilasi tumbuhan, penggunaan tisu tumbuhan serta kesegaran yang berkurang telah menyebabkan mekanisma ini sukar dinilai secara visual dari segi ketepatan, penganggaran dan kelajuan. Tahap rangsangan tumbuhan yang sama boleh mempengaruhi jumlah dan kuantiti radiasi elektromagnetik yang dihantar oleh kanopi tumbuhan (Prabhakar, Prasad, & Rao, 2012). Oleh itu, "*remote sensing*" mampu mengukur segala perubahan dalam radiasi elektromagnetik dan mampu mengesan penyakit. Pengesanan penyakit dalam tanaman secara visual oleh mata kasar hanyalah dapat dinilai apabila jangkitan penyakit mahupun perosak sudah di tahap yang serious dan terlalu lewat untuk dirawat (Prabhakar, Prasad, & Rao, 2012). Sistem kawalan radio udara berpandukan LARS sistem yang menggunakan komersial kamera digital di dalam band NIR boleh dilihat di atas kanopi pokok padi beraltitud 100 m bagi menentukan kandungan klorofil. Hasil kajian mendapati platform LARS boleh menjanjikan sebagai ganti bagi satelit dan pesawat udara untuk menentukan kandungan klorofil dan kandungan Nitrogen dalam tumbuhan (Saberioon & Gholizadeh, 2016). Jadual 3 di bawah menunjukkan perbandingan kelebihan platform dron.

Jadual 3. Kelebihan dan aplikasi platform (Swain & Zaman, 2012)

Platform	Kelengkapan			Aplikasi (size dan struktur)			
	GPS/INS	Laser	Kamera	Kawasan besar	Kawasan kecil (< 2-4 km ²)	Pemetaan jalan	Kompleks bangunan/struktur
Aircraft	Ada	Ada	Berasaskan filem dan digital	Ya	Ya/Tidak	Ya	Tidak
Helicopter	Ada	Ada	Digital	Tidak	Ya	Ya	Tidak



Helicopter (kawalan jauh)	Ada	Ada	Digital	Tidak	Ya	Ya	Tidak
------------------------------	-----	-----	---------	-------	----	----	-------

POTENSI DRON

Sistem kawalan tanpa penerbangan (UAS) atau dron kini telah mengalami perkembangan yang pesat dan merupakan platform yang menyediakan pelbagai aplikasi dalam bidang pertanian mahupun bidang yang berasaskan alam sekitar (Vega, Ramírez, Saiz, & Rosúa, 2015). Seperti yang diketahui umum, pelbagai masalah kini telah dapat diselesaikan dengan menggunakan teknologi, dan dengan kolaborasi oleh saintis alam sekitar serta UAS jurutera. Ia diramalkan beberapa tahun akan datang platform yang lebih canggih akan keluar di pasaran dilengkapi teknologi kamera yang lebih maju dilengkapi NIR serta prosedur georeferencing automatic standard akan dilancarkan bagi setiap UAS (Hardin & Jackson, 2005).

Kelebihan Dron

Data bagi setiap imej dari “*remote sensing*” biasanya di kategorikan kepada empat resolusi spatial, spectral, temporal dan radiometrik (kebolehan untuk mendiskriminasi walaupun sedikit perubahan pada tenaga yang dipantulkan ataupun dikeluarkan) (Kelly & Guo, 2007). Imej yang diambil pada masa yang sesuai dan tepat dapat membolehkan para petani mengesan masalah yang dihadapi secara awal tanpa perlu menunggu masa menuai tiba untuk mengesan kawasan yang mempunyai hasil yang rendah (Vega, Ramírez, Saiz, & Rosúa, 2015). Hal ini membolehkan para petani untuk mengambil langkah selamat dan berjaga-jaga dengan mengaplikasikan pertanian presis dengan memberikan dos yang betul (pengairan, baja, racun) pada tempat dan kawasan yang spesifik selain dapat menjimatkan kos, memelihara alam sekitar dan seterusnya memelihara kesihatan sejagat iaitu meminimumkan penggunaan bahan kimia terhadap alam sekitar. Platform udara dan kamera (R, G dan NIR) adalah kos yang rendah jika dibandingkan dengan penggunaan imej satelit, malahan imej yang terhasil juga tidak dipengaruhi oleh keadaan meteorologi (lindungan awan) telah menjadikan dron sangat berguna untuk menganggarkan hasil tanaman yang tertentu dan sesuai untuk diaplikasikan teknik Pertanian Presis (Vega, Ramírez, Saiz, & Rosúa, 2015).

Kekurangan Dron

Pengawalan menggunakan dron adalah lebih baik dari kawalan tradisional (Beeri, & Peled, 2009). Terdapat beberapa isu yang dihadapi dengan penggunaan teknologi dron iaitu platform, keupayaan kamera, pemprosesan imej dan pengeluaran produk akhir (pemetaan) yang perlu di tambah baik (Chunhua Zhang & John M. Kovacs, 2012). Walaupun kawasan yang besar dapat dibuat pemetaan dalam jangka masa yang singkat, kos yg melibatkan dron adalah tinggi dan memerlukan sistem yang lengkap, operator yang mahir serta professionals (Swain & Zaman, 2012).

PENUTUP

Sebagai kesimpulannya, banyak kajian yang telah dijalankan dengan menggunakan dron dan rata-rata kajian adalah memberikan hasil yang baik terutamanya dalam bidang pertanian. Dron adalah merupakan alat yang dapat memberikan banyak kelebihan dalam aplikasi pertanian presis seperti dapat menjimatkan masa, menjimatkan kos dan tenaga buruh, dapat memberikan petani ruang untuk menambahbaik tanaman walaupun sebelum musim menuai dan sebagainya. Pelbagai penambahbaikan perlu dilakukan untuk fungsi dron dalam menjadikan ia lebih efisien. Para penyelidik dari sektor pertanian perlu bekerjasama dengan jurutera dron dalam memberikan idea yang lebih berkesan demi untuk meningkatkan hasil pertanian terutamanya tanaman padi yang merupakan makanan ruji kepada rakyat di Malaysia. Dron adalah alat yang sangat berguna untuk memantau tanaman padi di Malaysia seterusnya menganggarkan hasil padi. Ini sekaligus dapat meningkatkan hasil padi, mengurangkan kadar import beras serta pada masa yang sama membantu meningkatkan ekonomi para petani. Selain itu, undang-undang penggunaan dron juga menjadi salah satu faktor penghalang kegunaan dron yang meluas. Diharapkan dengan prosedur yang mudah dan sedikit longgar untuk penggunaan dron terutamanya dalam bidang pertanian dapat memberikan lebih banyak peluang kepada para petani untuk mengaplikasikan pertanian presis dalam bidang pertanian.



RUJUKAN

1. Beeri,, O., & Peled, A. (2009). Geographical model for precise agriculture monitoring with real-time. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 47-54.
2. Cano, E., Horton, R., Liljegren, C., & Bulanon, D. (2017). Comparison of Small Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Imaging* , 1-14.
3. Chakane, S., Chaskar, H., Patil, P., Shelar, P., & Godse, P. (2017). Automated Infirmination System for Improved Crop Management. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 740.
4. Chunhua Zhang, & John M. Kovacs. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture:a review . *Precision Agric*, 694.
5. Everitt, J., Summy, K., Escobar, D., & Davis, M. (2003). An Overview of Aircraft Remote Sensing. *Subtropical Plant Science*, 59-67.
6. Fornace, K., Drakeley, C., William, T., Espino, F., & Cox, J. (2014). Mapping infectious disease landscapes: unmanned aerial vehicles and epidemiology. *Trends in Parasitology*, 514-519.
7. Gago, J., Douthe, C., Coopman, R., Gallego, P., Ribas-Carbo, M., Flexas, J., . . . Medrano, H. (2015). UASs challenge to assess water stress for sustainable agriculture. *Agricultural Water Management*, 9-19.
8. Hardin, P., & Jackson, M. (2005). An Unmanned Aerial Vehicle for Rangeland Photography. *Rangeland Ecology & Management*, 439-442.
9. Kelly , M., & Guo, Q. (2007). Integrated Agricultural Pest Management Through Remote Sensing and Spatial Analyses. In A. M. Ciancio, *General Concepts in Integrated Pest and Disease Management* (pp. 191-207). Springer, Dordrecht.
10. Khairunniza-Bejo, S., Jalen, M., Husin, M., Khosrokhani, M., Muharam, F., Seman, I., & Anuar, M. (2018). Basal Stem Rot (BSR) detection using iextural analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV)image. *eProceedings Chemistry*, 40-45.
11. Lelong, C., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbee, S., & Baret, F. (2008). Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots. *Sensors*, 3557-3585.
12. Manal Elaraba, Andres M Ticlavilca, Alfonso F. Torres-Rua, Inga Maslovac, & Mac McKee. (2015). Estimating chlorophyll with thermal and broadband multispectral high resolution imagery from an unmanned aerial system using relevance vector machines for precision agriculture. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 32-42.
13. Manjunath, K., More, R. S., Jain, N., Panigrahy, S., & Parihar, J. (2015). Mapping of rice-cropping pattern and cultural type using remote-sensing and ancillary data:a case study for South and Southeast Asian countries. *International Journal of Remote Sensing*, 6008-6030.

