کاربرد پهپادها در کشاورزی

نیکروز باقری رایانامه: n.bagheri@areeo.ac.ir
عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
ویراستار ترویجی: حسام الدّین غلامی

چکیده

امروزه از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا برای پایش و مطالعه اراضی کشاورزی و بررسی تغییرات خاک و گیاه استفاده می‌شود. با این وجود، هزینه‌های بالا و دسترسی کم به چنین تصاویری امکان کاربرد آنها را برای مطالعات کشاورزی محدود کرده است. از همین رو نیاز به یک روش جایگزین برای تصویربرداری از اراضی و مدیریت موضعی عرصه کشاورزی وجود دارد. توسعه پهپادها در سال‌های اخیر نشان داده که این سامانه‌ها با توجه به هزینه کم و قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا می‌توانند جایگزین مناسبی برای روش‌های موجود تصویربرداری باشند. از همین رو، در سال های اخیر پژوهش‌های متعددی در زمینه ساخت و توسعه پرنده‌های بدون سرنشین برای مطالعات کشاورزی انجام شده است. هدف از این مقاله، معرفی پهپادها (پرنده بدون سرنشین) و بررسی قابلیت‌ها و محدودیت‌های این سامانه‌ها در انجام عملیات مختلف کشاورزی منطبق با آخرین دستاوردهای علمی به زبانی ساده است.

کلید واژه ها: پرنده‌های هدایت‌پذیر از راه دور، پهپاد، کشاورزی، کشاورزی دقیق.

مقدمه

اطلاع از تغییرات خاک و گیاه در یک مزرعه برای اخذ تصمیمات مدیریتی اهمیت فراوانی دارد. با توسعه فناوری‌های نوین و کاربردهای روزافزون کشاورزی دقیق[1]، ساخت تجهیزات کشاورزی پیچیده‌تر در حال افزایش است. در حال حاضر از تصاویر هوایی و ماهواره‌ای برای پایش رشد محصول در طول فصل رشد استفاده می‌شود؛ اما کاربرد این تصاویر به علت پایین بودن دقت محدود شده است. همچنین، هواپیماها و بالگردهای سرنشین دار نیز به علت پیچیدگی سیستم‌ها و هزینه بالا کمتر قابل استفاده اند. از سوی دیگر، پیشرفت‌های اخیر در حوزه مهندسی هوا فضا، سامانه‌های سنجش از دور در ارتفاع کم[2] را عنوان رویکرد جدیدی برای تصویربرداری از سطح زمین مطرح کرده است. قدرت تفکیک بالا، هزینه عملیاتی کم و امکان تصویربرداری در زمان موردنیاز نشان می‌دهد که این سامانه‌ها برای نقشه‌برداری و پایش اراضی کشاورزی مناسبند.

1. Precision Agriculture
2. Low Altitude Remote Sensing

کاربرد پهپادها در سنجش از دور کشاورزی

اولین قدم در کاربرد کشاورزی دقیق، جمع‌آوری داده، تهیه نقشه از تغییرات مزرعه، تصمیم‌سازی و سرانجام اعمال مدیریت است که سنجش از دور می‌تواند نقش مهمی در این زمینه ایفا کند. علم سنجش از دور کشاورزی بر این اصل استوار است که تغییرات محصول و خاک با استفاده از مطالعه رفتار طیفی آنها قابل تشخیص است. بر روی سکوهای سنجش از دور شامل ماهواره، هواپیما، بالن و بالگردها مجموعه‌ای از دوربین‌ها و حسگرهای مریی، فروسرخ و رادار نصب می‌شود. امروزه تصاویر برداشت شده با پهپاد به‌طور موفقیت‌آمیزی برای تهیه نقشه پوشش گیاهی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد سنجش از دور در کشاورزی تاکنون شامل بررسی ویژگی‌های خاک سطحی، اندازه‌گیری زیست‌توده[1]، تخمین عملکرد محصول، پایش علف‌های هرز و تهیه نقشه علف‌های هرز، پهنه‌بندی و پایش خواص و ویژگی‌های خاک، طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی، مدیریت آفات محصولات و بیماری‌های گیاهی، شناسایی تنش آبی گیاهی، تشخیص مقدار نیتروژن، اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، نقشه آتش‌سوزی جنگل‌ها و... است. بیشتر تصاویر به کار رفته از نوع تصویربرداری هوایی ابرطیفی[2]، تصویربرداری ماهواره‌ای ابرطیفی[3] یا تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی[4] بودند. امروزه، اغلب تصاویر برداشت شده با روش سنجش از دور برای کشاورزی دقیق مبتنی بر تصاویر اپتیکی هستند. با این وجود، اخیراً تصاویر راداری[5] قابلیت خوبی را برای پهنه‌بندی نوع محصول، سطح خاک‌ورزی، نقشه بقایای محصول، تخمین رطوبت خاک و پیش‌بینی عملکرد نشان داده‌اند. تاکنون محصولات مختلفی با استفاده از تصویربرداری به کمک پهپاد مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

از میان تصاویر سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای بیش از همه در دسترس هستند و کاربرد آنها برای مناطق وسیع مناسب‌تراست. اما برداشت تصاویر ماهواره‌ای در زمان‌های مشخصی انجام می‌شود، از همین رو، امکانِ دسترسی به تصویر در زمان موردنظر کشاورز به‌ویژه در وضعیت‌های بحرانی مانند شیوع تنش مواد غذایی و بیماری‌ها تضمین شده نیست.

مزایای کاربرد پهپادها در کشاورزی دقیق

همان‌طور که مطرح شد، هزینه‌های زیاد و دسترسی ضعیف تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای را در کشاورزی محدود می‌کند. از همین رو، پهپادها[6] (پرنده های هدایت پذیر از دور) با قدرت تفکیک مکانی بالا می‌توانند جانشین ارزان‌تر و کاربردی‌تری برای ماهواره‌ها و هواپیماها باشند. در سال‌های اخیر پهپادهای با وزن کمتر از ۵۰ کیلوگرم برای مطالعات محیطی و کشاورزی به بازار عرضه شده‌اند. قدرت مانور پهپادها در تصویربرداری و هزینه‌های بسیار کم آنها باعث افزایش تقاضا برای کاربرد آنها در صنعت شده است. تصاویر برداشت شده با استفاده از پهپادها معمولاً قدرت تفکیک مکانی چندسانتی متری دارند. زمان برداشت تصویر قابل تنظیم است و تحت تأثیر میزان پوشش ابر در آسمان نیست. بنابراین تصاویر برداشت شده با پهپاد می‌توانند جایگزین مناسبی برای تصاویر هوایی و ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا باشد. در شکل ۱- نمونه‌هایی از پهپادهای مورداستفاده در کشاورزی نشان داده‌شده‌است.

شکل ۱- نمونه‌هایی از پهپادهای به کار رفته برای تصویربرداری هوایی

1. Biomass
2. Hyperspectral Aerial Imaging
3. Hyperspectral Satellite Imaging
4. Multispectral Satellite Imaging
5. Synthetic Aperture Radar (SAR)
6. Unmaaned aerial Vehicles (UAVs)

ادامه شکل۱- نمونه‌هایی از پهپادهای به کار رفته برای تصویربرداری هوایی

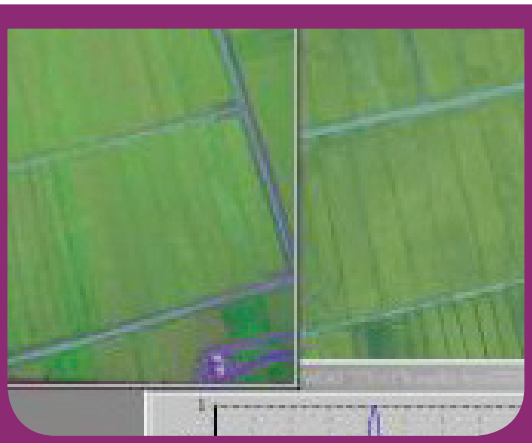
خاک‌ها، شامل نمونه‌برداری خاک (برای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی) براساس شبکه‌بندی است که می‌تواند برای درون‌یابی مکانی داده‌ها به کار رود. لانگ و همکاران (۱۹۹۵) نشان داده‌اند که از طریق تجزیه و تحلیل تصاویر هوایی می توان عملکرد گیاه را نسبت به روش‌های مرسوم دقیق تر برآورد کرد. از طرفی نمونه‌برداری خاک، پرهزینه و وقت‌گیر است. در این شرایط تصاویر سنجش از دور با قدرت تفکیک بالا می‌تواند به عنوان جایگزینی برای روش‌های نمونه برداری در پایش وضعیت خاک و پوشش گیاهی به کار رود.

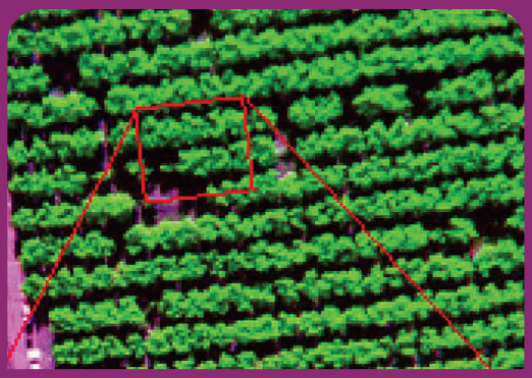
دوربین‌های مورد استفاده برای برداشت تصویر در پهپادها

- دوربین‌های فیلمبرداری
- دوربین‌های دیجیتالی غیرمتریک
- دوربین‌های دیجیتالی مجهز به باند فروسرخ نزدیک[1]
- دوربین‌های چندطیفی[2] ساخته شده ویژه پهپادها

برای تهیه تصاویر مختصات‌دار و موزاییک کردن تصاویر، نیاز به داده‌های جی.پی.اس[3] در بخش هوایی پهپاد و ایستگاه کنترل زمینی است. تصاویر برداشت شده می‌تواند به ایستگاه زمینی انتقال یابد یا در حافظه ذخیره و پس از پرواز بازیابی شود. ایستگاه زمینی به‌عنوان یک واسط برای برنامه‌ریزی پرواز، کنترل پرواز و دریافت تصاویر عمل می‌کند. برای کنترل بهتر پرنده و تأمین پایداری، دریافت تصاویر با بهتر و بدون اعوجاج نیاز به استفاده از سیستم ناوبری[4] است. نمونه ای از تصاویر برداشت شده از پوشش گیاهی مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است.

1. Near Infra-Red
2. Multispectral Imaging
3. Global Positioning Sys tem (GPS)
4. Navigation Sys tem





شکل۲- نمونه‌ای از تصاویر برداشت شده از پوشش گیاهی مختلف با استفاده از پهپادها

محدودیت‌های پهپادها در تصویربرداری

از جمله محدودیت‌های پهپادها در تصویربرداری عبارت‌است‌از:

- آسیب پذیر بودن بدنه پهپاد
- کمبود حسگرها، باتری‌ها و دوربین‌ها با مشخصات موردنیاز (وزن کم، دقت زیاد، عمر طولانی در شرایط گوناگون آب و هوا)
- حدودیت وزن محموله قابل حمل. معمولاً وزن محموله قابل حمل پهپادها ۳۰-۲۰ درصد وزن کلی آن است؛ که این ویژگی نصب انواع حسگر و دوربین بر روی سامانه را محدود می‌کند. از همین رو، برای تصویربرداری با پهپادها از دوربین‌های غیرمتریک که معمولاً وزن و قیمت کمی دارند استفاده می‌شود.

دوربین‌هایی که معمولاً برای مطالعات کشاورزی به کار می‌روند باید دارای باند فرو سرخ نزدیک باشند. این دوربین‌ها معمولاً گران قیمت و حساس هستند. هزینه ساخت یک پرنده با جی.پی.اس، در داخل کشور بسته به مشخصات فنی و قابلیت های آن از ۱۰ میلیون تومان تا ۱۰۰ میلیون تومان (بدون احتساب دوربین) متغیر است. البته احتمال افت قیمت نسل آینده پهپادها به علت افزایش رقابت سازندگان و افزایش کاربردهای آن‌ها در حوزه‌های مختلف وجود دارد.

تصاویر برداشت شده به وسیله پهپاد به علت ارتفاع کم تر پرواز، معمولاً در مقایسه با تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای یکنواختی رادیومتریک بیشتری دارند. از طرفی وزن سبک پهپاد موجب ناپایداری دوربین و پرنده می‌شود و باعث تفاوت در قدرت تفکیک مکانی یا ایجاد زاویه‌های تصویربرداری متفاوت از یک تصویر به تصویر دیگر در مسیر پرواز می‌شود. همچنین ارتفاع کم پرواز، باعث ایجاد اغتشاشات هندسی شدید و افزایش تعداد تصاویر برداشت شده از یک منطقه مشخص می‌شود. برای جبران این اثر از تصویربرداری مجدد استفاده می‌شود که این روش نیز موجب افزایش حجم داده‌ها می‌شود.

با توجه به تعداد زیاد تصاویر، موزاییک سازی تصاویر لازم است که انجام این کار نیاز به تصحیح هندسی دقیق دارد. کاربرد این روش برای اراضی بزرگ کار مشکلی است.

کاربرد پهپادها در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی

از دیگر کاربردهای پهپادها در کشاورزی می‌توان به استفاده از آنها در گرده‌افشانی درختان و همچنین سمپاشی محصولات زراعی و باغی اشاره کرد. در طول چند ساله گذشته استفاده از پهپادها برای سمپاشی محصولات کشاورزی به‌منظور کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی توسط شرکت‌های مختلف در داخل کشور درحال انجام است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که سمپاشی با پهپاد در مقایسه با سمپاش‌های رایج ضمن کاهش چشمگیر مصرف سم، موجب نشست بهتر سم روی هدف و کاهش زمان موردنیاز برای سمپاشی می‌شود. از جمله مزایای این پهپادها در سمپاشی به‌ویژه در زمان‌هایی است که امکان ورود ماشین یا کارگر به داخل مزرعه یا باغ وجود ندارد. با وجود مزایای این سمپاش‌ها، در حال حاضر کاربرد پهپادها در سمپاشی دارای محدودیت‌هایی است. از جمله محدودیت‌های پهپادها در سمپاشی می‌توان به پیچیدگی این سیستم‌ها، بالا بودن احتمال خرابی دستگاه و افزایش وقفه درکار و نیاز داشتن به کارور (اپراتور) ماهر و متخصص برای پرواز اشاره نمود. در شکل۳- یک نمونه پهپاد سمپاش نشان داده شده است.

شکل۳- پهپاد سمپاش در حال سمپاشی یک مزرعه

نتیجه گیری

امروزه کاربرد پهپادها برای پایش و مدیریت اراضی کشاورزی و منابع‌طبیعی روز به روز در حال افزایش است. نتایج پژوهش‌های پژوهشگران داخلی و خارجی نشان می‌دهد که این پرنده‌ها قابلیت تصویربرداری هوایی

از اراضی کشاورزی، جنگل‌ها و منابع‌طبیعی را دارند و می‌توانند جایگزین مناسبی برای روش‌های موجود سنجش از دور شوند. همچنین این پهپادها می‌توانند جایگزین خوبی برای سمپاش‌های رایج باشند. سرعت رشد فناوری و پیشرفت دوربین‌ها و تجهیزات مختلف مورد نیاز برای ساخت و کاربرد پهپادها و به تبع کاهش هزینه‌ها موجب افزایش استقبال کشاورزان شده است. در آینده شاهد کاربردهای گسترده‌تری از پهپادها در انجام عملیات کشاورزی خواهیم بود.

منابع

باقری، ن.۱۳۹۴. توسعه عمودپرواز بدون‌سرنشین طیف‌نگار برای تصویربرداری هوایی اراضی کشاورزی. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۴.

باقری، ۱۳۹۷. تشخیص بیماری آتشک درختان میوه دانه‌دار با استفاده از تصویربرداری چندطیفی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

Bagheri, N. (2016). Development of a high-resolution aerial remote sensing system for precision agriculture. International Journal of Remote Sensing: 38 (8-10): 2053-2065.

Bausch, W. C., & Khosla, R. (2010). QuickBird satellite versus ground-based multi-spectral data for estimating nitrogen status of irrigated maize. Precision Agriculture, 11, 274–290.

Beeri, O., Phillips, R., Carson, P., & Liebig, M. (2005). Alternate satellite models for estimation of sugar beet residue nitrogen credit. Agriculture, Ecosystems & Environment, 107, 21–35.

Clevers, J. G. P. W. (1988). The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. Remote Sensing of Environment, 35, 53–70.

De Tar, W. R., Chesson, J. H., Penner, J. V., & Ojala, J. C. (2008). Detection of soil properties with airborne hyperspectral measurements of bare fields. Transactions of the ASABE, 51, 463–470.

Donoghue, D., Watt, P., Cox, N.,&Wilson, J. (2006). Remote sensing of species mixtures in conifer plantations using LiDAR height and intensity data. International Workshop 3D remote sensing in Forestry. Retrieved March 12, 2012 form (http://www.rali.boku.ac.at/fileadmin/_/H857-VFL/workshops/3drs forestry/presentations/6a.5-donoghue.pdf).

Du, Q., Chang, N. B., Yang, C. H., & Srilakshmi, K. R. (2008). Combination of multispectral remote sensing, variable rate technology and environmental modeling for citrus pest management. Journal of Environmental Management, 86, 14–26.

Erickson, B. J., Johannsen, C. J., Vorst, J. J., & Biehl, L. L. (2004). Using remote sensing to assess stand loss and defoliation in maize. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70, 717–722.

Gomez, C., Rossel, R. A. V., & McBratney, A. B. (2008). Soil organic carbon prediction by hyperspectral remote sensing and field vis-NIR spectroscopy: An Australian case study. Geoderma, 146, 403–411.

Gomez-Casero, M. T., Castillejo-Gonzalez, I. L., Garcia-Ferrer, A., Pena-Barragan, J. M., Jurado-Exposito, M., Garcia-Torres, L., et al. (2010). Spectral discrimination of wild oat and canary grass in wheat fields for less herbicide application. Agronomy for Sustainable Development, 30, 689–699.

Hardin, P., & Jackson, M. (2005). An unmanned aerial vehicle for rangeland photography. Rangeland Ecology & Management, 58, 439–442.

Hardin, P. J., Jackson, M. W., Anderson, V. J., & Johnson, R. (2007). Detecting squarrose knapweed (Centaurea virgata Lam. Ssp. Squarrosa Gugl.) using a remotely piloted vehicle: A Utah case study. GIScience & Remote Sensing, 44, 203–219.

Hunt, E. R., Cavigelli, M., Daughtry, C. S. T., McMurtrey, J. E., & Walthall, C. L. (2005). Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status.Precision Agriculture, 6, 359–378.

Laliberte, A. S., & Rango, A. (2011). Image processing and classification procedures for analysis of subdecimeter imagery acquired with an unmanned aircraft over arid rangelands. GIScience & Remote Sensing, 48, 4–23.

Lan, Y., Huang, Y., Martin, D. E., & Hoffmann, W. C. (2009). Development of an airborne remote sensing system for crop pest management: System integration and verification. Transactions of the ASABE, 25,607–615.

Lelong, C. C. D., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbe, S., & Barett, F. (2008). Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots. Sensors, 8, 3557–3585.

Lelong, C. C. D., Pinet, P. C., & Poilve, H. (1998). Hyperspectral imaging and stress mapping in agriculture:

Scotford, I. M., & Miller, P. C. H. (2005). Applications of spectral reflectance techniques in Northern European cereal production: A review. Biosystems Engineering, 90, 235–250.

Shou, L., Jia, L. L., Cui, Z. L., Chen, X. P., & Zhang, F. S. (2007). Using high-resolution satellite imaging to evaluate nitrogen status of winter wheat. Journal of Plant Nutrition, 30, 1669–1680.

Torbett, J. C., Roberts, R. K., Larson, J. A., & English, B. C. (2008). Perceived improvements in nitrogen fertilizer efficiency from cotton precision farming. Computers and Electronics in Agriculture, 64, 140–148.

Vericat, D., Brasington, J., Wheaton, J., & Cowie, M. (2008). Accuracy assessment of aerial photographs acquired using lighter-than-air blimps: Low-cost tools for mapping river corridors. River Research and Applications, 25, 985–1000.

Wu, J. D., Wang, D., & Bauer, M. E. (2007a). Assessing broadband vegetation indices and QuickBird data in estimating leaf area index of corn and potato canopies. Field Crops Research, 102, 33–42.

Wu, J. D., Wang, D., & Rosen, C. J. (2007b). Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. Field Crops Research, 101, 96–103.

Xiang, H., & Tian, L. (2011). Method for automatic georeferencing aerial remote sensing (RS) images from an unmanned aerial vehicle (UAV) platform. Biosystems Engineering, 108, 104–113.

Yang, C., Bradford, J. M., & Wiegand, C. L. (2001). Airborne multispectral imagery for mapping variable growing conditions and yields of cotton, grain sorghum, and corn. Transactions of the ASAE, 44,1983–1994.

Zhang, J. H., Wang, K., Bailey, J. S., & Wang, R. C. (2006). Predicting nitrogen status of rice using multispectral data at canopy scale. Pedosphere, 16, 108–117.

Zhang, Ch. Kovacs, J.M. 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision Agriculture, 13:693-712.

A case study on wheat in Beauce (France). Remote Sensing of Environment, 66, 179–191.

Lopez-Lozano, R., Baret, F., de Cortazar-Atauri, I. G., Bertrand, N., & Casterad, M. A. (2009). Optimal geometric configuration and algorithms for LAI indirect estimates under row canopies: The case of vineyards. Agricultural and Forest Meteorology, 149, 1307–1316.

Lorenzen, B., & Jensen, A. (1989). Changes in leaf spectral properties induced in barley by cereal powdery mildew. Remote Sensing of Environment, 27, 201–209.

Malthus, T. J., & Maderia, A. C. (1993). High resolution spectroradiometry: Spectral reflectance of field bean leaves infected by Botrytis fabae. Remote Sensing of Environment, 45, 107–116.

McNairn, H., & Brisco, B. (2004). The application of C-band polarimetric SAR for agriculture: A review. Canadian Journal of Remote Sensing, 30, 525–542.

Moran, M. S., Inoue, Y., & Barnes, E. M. (1997). Opportunities and limitation for image-based remote sensing in precision crop Management. Remote Sensing of Environment, 61, 319–346.

Quilter, M. C., & Anderson, V. J. (2001). A proposed method for determining shrub utilization using (LA/LS) imagery. Journal of Range Management, 54, 378–381.

Rango, A., & Laliberte, A. S. (2010). Impact of flight regulations on effective use of unmanned aerial vehicles for natural resources applications. Journal of Applied Remote Sensing, 4, 043539.

Rango, A., Laliberte, A. S., Herrick, J. E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C., et al. (2009). Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. Journal of Applied Remote Sensing, 3, 033542.

Nebiker, S. Annen, A., Scherrer, M., & Oesch, D. (2008). A light-weight multispectral sensor for micro UAV: Opportunities for very high resolution airborne remote sensing. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1., pp. 1193–1200

Schmale, D. G., Dingus, B. R., & Reinholtz, C. (2008). Development and application of an autonomous aerial vehicle for precise aerobiological sampling above agricultural fields. Journal of Field Robotics, 25, 133–147.