



ИЗВЕСТИЯ НА БЪЛГАРСКОТО ГЕОГРАФСКО ДРУЖЕСТВО JOURNAL OF THE BULGARIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

web-site: www.geography.bg e-mail: journal.bgs@geography.bg



Възможности за приложение на дистанционните методи в биологичното отглеждане на зърнено-житни култури – Обзор

Opportunities for Remote Sensing Applications in Organic Cultivation of Cereals – a Review

Милен Чанев¹, Лъчезар Филчев¹, Димка Иванова²

¹Институт по космически изследвания и технологии – Българска академия на науките, секция „Дистанционни изследвания и ГИС“, 1113 София, България, ул. „Акад. Георги Бончев“, бл. 1

²Институт по земеделие - Карнобат, секция “Растителна защита и технологии”, 8400 Карнобат, България, ул. „Индустиална“ № 1

Milen Chaney¹, Lachezar Filchev¹, Dimka Ivanova²

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Department “Remote Sensing and GIS”, 1113 Sofia, Bulgaria, Acad. Georgi Bonchev str., bl. 1

²Agricultural Institute of Karnobat, Department “Plant protection and technologies” 8400 Karnobat, Bulgaria, 1 “Industrialna” str.

ABSTRACT

Key words:

Remote Sensing methods,
Precision farming,
Organic farming, Cereals

In recent years, a number of studies have proven that the conventional agricultural system is not sustainable, toxic to the environment, human health, and its potential to feed humanity is limited to the next 50 years. With this in mind, as well as the increasing demand for healthy and safe foods, and the increase in the proportion of people who care about how the food they consume was produced, how much it does not harm the environment and health, farmers are starting to reorient their production into organic. Over the past 40 years, remote sensing methods and technologies have increasingly been used in agriculture. They have proved extremely useful for optimizing the working processes in the sector, as well as solving many of the problems in it. With this report, we aim to draw the scientific community's attention to the possibilities provided by remote sensing methods and technologies to solve a range of problems related to organic cultivation of cereals.

Увод

Земеделието обхваща значителна част от сухоземната площ в Европа - 173 мил. ha (Agriculture, forestry and fishery statistics, 2019). То играе важна роля за поддържането на природни ресурси и културни ландшафти и е предпоставка за други човешки дейности в селските райони. През вековете земеделските практики са допринесли за създаването и поддържането на голямо разнообразие от ландшафти и местообитания. От друга страна, земеделските практики могат да окажат и неблагоприятно въздействие върху околната среда. Деградицията и замърсяването на почвите, водите и въздуха, фрагментирането на местообитанията и загубата на дива флора и фауна могат да бъдат резултат от неправилни земеделски практики (От фермата до трапезата, 2020).

Отговорността за изхранване на нарастващото население доведе до забележителни промени в начина, по който произвеждаме храна и до появата на така наречената

„Зелената революция“, известна още като конвенционална селскостопанска система (Singh and Lall Maharjan, 2017). Тази „революция“ доведе до драстични промени в областта на производството и преработката на хранителни продукти в световен мащаб. Утвърдени с векове начини на производство отстъпиха място на модерни форми на земеделие и преработка, които се оказаха много по-евтини на фона на растящото търсене. Не след дълго се появиха и първите симптоми на нездравост в тези технологии (Органично земеделие..., 2005). Индустиалните и високо интензивни селскостопански системи отчасти допринасят за настъпващите климатични промени – пряко и непряко, за окончателната загуба на някои много ценни неща – части от непокътнатата природа, от човешко здраве, от култура, от история, от човешки живот (Митова, 2014). Според последния специален доклад на европейската сметна палата от 2018 г., свързан с борбата с опустиняването на земите, европейският континент е все по-засегнат от този проблем. В доклада се посочва, че освен климатичните промени другият

основен фактор за увеличаване площите с деградация на земите е земеделието и в частност неподходящите или неправилно прилагани земеделски практики (Борба с опустиняването в ЕС..., 2018). Имайки предвид това и един от основните приоритети на Парижкото споразумение от 2015 г., който е гарантирането на продоволствената сигурност и премахването на глада, както и особена уязвимост на системите за производство на храни към неблагоприятното въздействие от изменението на климата, можем да твърдим, че настоящата земеделска система определено не е устойчива и има нужда да бъде заменена с устойчива такава (Парижко споразумение, 2016).

Биологичното земеделие показва ясни екологични предимства по отношение на екологичната токсичност и използването на биологичните ресурси (Nemesek et al. 2006). То е, макар и малка, брънка от веригата дейности, насочени към опазване на природните ресурси и здравето на хората и животните. Затова тази земеделска система е с приоритет в бъдеще (Митова, 2014). Въз основа на текущи и релевантни проучвания е установено, че с дългосрочното прилагане на биологично земеделие се увеличава и видовото разнообразие (Leksano, 2017). Въпреки че са необходими още проучвания на ефекта на биологичното земеделие върху биоразнообразието, направените проучвания доказват положителното влияние на биологичното земеделие за увеличаване на биоразнообразието (Bengtsson et al., 2005; Hole et al., 2005; Purtauf et al., 2005; Lu et al., 2020). Hole et al. (2005) установи, че някои управленски практики, характерни за системите за биологично земеделие, са особено благоприятни за дивата природа: намалена употреба на торове и пестициди; правилното управление на необработените местообитания, използване на смесени селскостопански системи. Сравненията на биологични стопанства, които не използват пестициди и стопанства, възприемащи конвенционалното земеделие с пестициди, показват, че освен различията в почвата, водата и хранителните вещества, екологичното разнообразие е друг важен елемент за сравнение (Lu et al., 2020; Norton et al., 2009; Pimentel et al., 2005). Според Lu et al. (2020) броят на видовете в биологичните ферми е близо 3 пъти по-голям от този в конвенционалните. Хората и околната среда са взаимосвързани организми, а стабилността и непрекъснатостта на екологичната среда зависи от взаимодействието между сложността и разнообразието на видовете. Прекомерната изкуственост би допринесла за екологичния дисбаланс, намаляването на биологичното разнообразие и намаляването на природния капацитет (Hung, 2010). Предимствата на биологичните стопанства са, че такива стопанства могат по-добре да опазват околната среда и са в състояние да издържат на промените във външната среда, да намалят разходите за влагане на селскостопански продукти, да увеличат доходите на фермерите, да поддържат непрекъснато селскостопанската производителност и да подобрят качеството на почвата и селскостопанските продукти, по този начин, биологичните ферми се считат за устойчив начин на земеделие (Das et al., 2017; Jouzi et al., 2017; Lu et al., 2020; Rigby and Cáceres, 2001).

Чрез използването на аерокосмически методи може да се подобри прехода от конвенционално към биологично земеделие. Според Gitelson (2012), технологиите за дистанционно наблюдение в различни мащаби често се оказват подходящ инструмент за мониторинг на селскостопанските култури. Научните изследвания и технологичният

напредък в областта на дистанционните изследвания значително подобриха способността ни да откриваме и количествено определяме физическите и биологичните натоварвания, които влияят върху производителността на селскостопанските култури.

Дистанционните методи (ДМ) са широко използвани за селскостопански приложения, те стоят в основата на прецизното земеделие и то не може да съществува без тях (Bendig et al., 2013; Jung et al., 2014; Mulla et al., 2012). Дистанционните методи предлагат нови перспективи и методологични подходи за прецизно земеделие (Baranyai and Firtha, 1997; Láng et al., 2000; Felföldi et al., 2001; Tamás, 2001; Németh et al., 2004; Fekete et al., 2004; Jung et al., 2006). Исторически погледнато, изкуствените спътници на Земята доминират в тази област. Наземните платформи могат да носят спектрални сензори, като също така позволяват оценки в реално време за добива на културите, появата на вредители и болести и много други (Jung et al., 2014). Други изследователи, като Bendig et al. (2013), Grenzdörffer et al. (2008), Hunt et al. (2010), Lelong et al. (2008) и Желев (2019) също наблюдават на големия потенциал на безпилотни летателни апарати (БЛА) в областта на селското стопанство. Друго много важно приложение на дистанционните методи в селското стопанство е възможността за проследяване на развитието на посевите в тяхните различни фенофази (Bendig et al., 2013; Hoffmeister et al., 2010). Редица проучвания целят идентифициране на културите, оценка на площите, идентифициране на болести и вредители и др. (Usha and Singh, 2013). Разликите между растителността и почвените отражателни характеристики в близката инфрачервена област се оказват успешни за отделяне на растенията от почвите. Полевата спектроскопия е техника, която може да осигури биохимични измервания, използвайки слънчевия спектър и спектъра на отражение на даден обект. Образният спектрометър може да предостави физиологична информация с размер на пиксел от няколко сантиметра. Този инструмент може да помогне на изследователите на биологичното земеделие и фермерите да разберат по-добре биохимичните компоненти на своите полета без никакъв разрушителен анализ (Jung et al., 2014). Отразената слънчева радиация в специфични видими, близко и средно инфрачервени диапазони на електромагнитния спектър се оказва полезна при откриване на дефицит на хранителни вещества, болести, неприятели и плевели. Мултиспектрални сателитни изображения с висока разделителна способност могат да бъдат използвани за разработване на продукти за мониторинг и за подпомагане на решенията в земеделието. Мултиспектрални вегетационни индекси, получени от отраженията на посевите в сравнително широки диапазони, могат да се използват за наблюдение на растежа на растенията във връзка с измерени или прогнозиран климатични променливи. Всяко отклонение от очаквания сезонен модел сигнализира за потенциален проблем и налага по-нататъшно изследване от страна на земеделските производители (Hatfield and Pinter, 1993; Johnson et al., 2003; Panda and Hoogenboom, 2009; Ray et al., 2006; Usha and Singh, 2013). Термалните инфрачервени системи на борда на самолети или сателитни платформи, може да идентифицират районите, податливи на увреждане от замръзване, да определят водния стрес на посева и да предоставят някои предварителни възможности за откриване на болести, количествено определяне и планиране на торенето, приложение на пестицидите за управление на вредители и

болести. Те имат и потенциал за увеличаване на нетната възвръщаемост и оптимизиране на ресурсите.

Материали и методи

В настоящото изследване е направен обзор и е приложен сравнителен анализ на статии, доклади и материали, публикувани в интернет в следните научни база данни Scopus, ResearchGate, Google Scholar. В изследването е направен и анализ на публикации в специализираната база данни Organic Eprints, <https://orgrprints.org>. При търсене в научните и специализирани база данни е използвана комбинация от ключови думи с логически заявки за периода от началото на космическите дистанционни изследвания от края на 60-те години на миналия век до 2020 г. Основните ключови думи на латиница, които сме ползвали са: “organic wheat”, “organic production” AND “cereals”, “remote sensing” AND “organic cereals”, “precision farming”. На кирилица сме използвали следните ключови думи: „биологично земеделие“ И „житни култури“, „заплевяване“ И „биологично земеделие“, „торене“ И „азотно хранене“ И „прецизно земеделие“.

Резултати

Възможности за дистанционен мониторинг на плевелите

Контролът на плевелите при биологично отглеждане на зърнено-житни култури е един от основните проблеми за решаване, който стои пред биологичното земеделие.

Информацията за разпространението на плевелите в полето е необходима за съставянето на оценъчна карта на посебите, с която да се определи достигането им на техния биологичен праг на вредност. Perez et al. (2000) предлага два подхода за автоматичен мониторинг на плевелите:

- Груба идентификация на плевелите в наблюдаемите площи чрез дистанционно проучване.

- Фина идентификация, използваща проксимални методи, като видео изображения и анализ на изображения, които трябва да потвърдят местоположението и да позволят да се избере най-подходящото локално третиране на посева.

Прегледът на потенциала на техниките за дистанционно наблюдение за защита на културите предполага, че един от начините за разграничаване между плевелите и културите е чрез изследване на темпоралните модели на растителните индекси през вегетационния сезон (Hatfield and Pinter, 1993; Perez et al., 2000). Освен това, като се използват дистанционни методи, обикновено могат да бъдат разграничени само няколко вида плевели в различни фенофази. Може да се използват мултиспектрална (многоспектрална) камера, монтирана на ниско летящ самолет до 500 – 700 m над земната повърхност и на наземно превозно средство на 10 m височина над земята за откриване и разграничаване на плевели. Спектралните характеристики на плевелите трябва да бъдат взети от месните популации в групи плевели установени малко преди процеса на откриване, тъй като характеристиките са силно променливи и зависят от фенофазата на плевелите или плевелните асоциации (Brown et al. 1994; Perez et al. 2000). За автоматичния мониторинг на плевелите обикновено се използват два подхода. Първият е да се открият определени геометрични разлики между културата и плевелите, като формата на листата или структурата на растението (Guyer et al., 1986; Shearer et al., 1990; Meyer et al., 1998; Ahmad et al., 1999; Burks et al., 2000; Mao et al., 2003). Вторият подход се основава на разликите

в спектралната отражателна способност. Възможно е също да има разлика в местоположението на културното растение в сравнение с плевела (Perez et al., 2000; Thompson et al., 1990). Gueyr et al. (1986) изследва осъществимостта на използването на формата на листата за идентификация на растенията. Franz et al. (1991) използва локални спектрални характеристики на листата на растенията, за да направи разлика между няколко вида плевели. Zhang and Chaisattaragon (1995) изследват три различни подхода за идентифициране на плевелите в пшеничните полета, използвайки машинно зрение: цветен анализ, анализ на формата и анализ на текстурата. Те са използвали черно-бели цифрови изображения с различни цветни филтри, в лабораторни условия. Червените и зелените филтри са ефективни при откриване на червеникави стъбла на някои видове плевели. Параметрите на формата са ефективни за разграничаване на единични листа от широколистни плевели от листа на пшеницата. Vrindts and De Baerdemaeker (1997) показват, че различаването между младите културни растения и плевелите е възможно чрез анализа на спектралната отражателна способност, използвайки специфични дължини на вълната в диапазона от 200 до 2000 nm. Някои проучвания за откриване на плевели включват изкуствени невронни мрежи, които да различават плевелите и културите (El-Faki et al., 1997; Yang and Prasher, 1997). Perez et al. (2000) използва главно цвятната информация и техники за анализ на формата за откриване на широколистни плевели в житни култури, при реални полеви условия. В контекста на прецизно земеделие откриването на плевели с помощта на техники за обработка на изображения показва добър потенциал за оценка на разпределението на плевелите, въпреки трудностите, поради сходството в спектралната отражателност между плевелите и културните растения, както и поради голямата променливост на естествените сцени, които трябва да бъдат разгледани.

Възможности за дистанционно определяне на стреса на посебите

Дистанционните методи могат да бъдат използвани и за оценка на стреса на посебите, както и за дистанционно измерване на биомасата, листния площен индекс и други важни параметри на посебите (Bendig et al., 2013; Hansen and Schjoerring, 2003; Thenkabail et al., 2000). Дистанционните методи в земеделието могат да бъдат мощна техника за визуализиране, диагностициране и количествено определяне на реакцията на растенията на стрес като температура, суша, наводнения, соленост, минерална токсичност или инфекция. Всеки индивидуален стрес може да повлияе на широк спектър от различни процеси. Например, сушата води не само до затваряне на устицата на растенията, но намалява скоростта на фотосинтеза, причинява намален растеж и увяхване на листата и може да доведе до загуба на ключови пигменти като хлорофил. Като това може да се използва за диагностика на стреса и оценка на посебите по отношение на абиотичен и биотичен стрес именно с помощта на дистанционните методи (Usha and Singh, 2013).

Възможности за прогнозиране на добивите с използване на дистанционни методи

Добивът на култури е може би най-важната информация за управление на културите в прецизно земеделие. Освен това данните от мониторинга на добива могат да се използват само за управление след сезона, докато някои проблеми като

недостиг на хранителни вещества, воден стрес или нападение от вредители трябва да се управляват през вегетационния сезон. Изображенията от сателити или БЛА, получени през вегетационния сезон, имат потенциал не само за управление след сезона, но и за управление в рамките на сезона. Освен това, картите на добива, съставени от изображения, получени чрез ДМ могат да бъдат използвани като алтернатива, когато не са налични данни от монитора на добива (Li et al., 2010; Usha and Singh, 2013). Тъй като добивът на зърно не оказва пряко влияние върху отразяващата способност на културите, той трябва да се извлича индиректно чрез определяне на други биофизични параметри (Singh, 2012). Въпреки че може да покаже, че оценка на добива на зърно директно от спектрите на отражение е статистически възможна, накрая бе определено, че тази връзка може да се обясни само косвено чрез биофизични и биохимични свойства (Ma et al., 2001; Øvergaard et al., 2010; Weber et al., 2012; Kaninng et al., 2018; Hermann et al., 2018). Наред с други свойства на растенията, съдържанието на хлорофил (CHL) и индексът на листната площ (LAI), свързани с добива на зърно, могат да се оценят надеждно от дистанционните данни получени чрез различни платформи (Liu et al., 2017; Gitelson, 2012). Освен това почвеният минерален азот естествено оказва силно въздействие върху развитието на растенията и по този начин върху производството на хлорофил и листната площ, поради което тези параметри могат да се приемат и като показатели за усвояване на азот в растенията (Munoz-Huerta et al., 2013). LAI е един от най-важните параметри за описание на условията на растенията в селското стопанство. Може да се използва например за получаване на информация за биомасата, снабдяването с хранителни вещества, етапа на растеж и оценката на добива (Hermann et al., 2011). Възможностите на хиперспектралните данни за дистанционно наблюдение за оценка на LAI вече са проведени в различни проучвания в различни мащаби (Kanning et al. 2018). Според Kanning et al. (2018) прогнозите на LAI и CHL от хиперспектрални данни, базирани на БЛА, за прогнозиране на добива са обещаващи.

Възможности за дистанционен мониторинг и прецизиране храненето на растенията

Ефективното производство на храни изисква баланс между минимизиране на екологичните щети и максимално увеличаване на добива (Tilman, 1999). От гледна точка на земеделския производител, най-важният икономически параметър са постигнатите добиви. Луксозното хранене с азотни торове, в рамките на законовите граници, води до по-високи разходи без добавена стойност по отношение на допълнителен добив. Освен това новите концепции за наблюдение на тези ефекти по време на вегетативния растеж позволяват разработването на приложения за прецизно земеделие, специално създадени за ефективно торене с N (Diascono et al., 2013). По-специално, поддържаното от БЛА дистанционно наблюдение позволява много точно наблюдение на отделните зони чрез по-ниска височина на полета и данни с висока разделителна способност (Hunt and Daughtry, 2017). През последните години развитието на хиперспектрални дистанционни системи, базирани на БЛА, постигна бърз напредък (Aasen et al., 2018). В сравнение със системите, базирани на пилотирувани самолети, сензорите са по-малки, по-леки и по-евтини (Manfreda et al., 2018).

Заклучение

Като заключение може да обобщим, че дистанционните методи са в основата на прехода към прецизното земеделие и биха подобрили съществено управлението и добивите на биологичните земеделски стопанства. Чрез ДМ могат да се взимат навременни и адекватни решения по отношение на количествено определяне и планиране на торенето, навременно прогнозиране и сигнализиране за управление на вредителите, болестите и заплевяването в посеите и има потенциал за увеличаване на нетната възвръщаемост и оптимизиране на ресурсите. В научните база данни е сравнително оскъдна литературата, както на английски, но най-вече на български и руски език, която разглежда проблемите на биологичното земеделие и приложението на дистанционните методи за решаване на проблемите в биологичното земеделие. От направения преглед на публикации става ясно, че са необходими още задълбочени изследвания за приложението на дистанционните методи в биологичното земеделие, както и разработване и адаптиране на специализирани нови технологии за дистанционно наблюдение и управление в биологичното земеделие. От така направените заключения може да се обобщат, че реалните приложения на дистанционните методи в разглежданите конкретни приложения в биологичното земеделие, както за научни изследвания, така и за комерсиализация са в самото начало на тяхното бъдещо развитие.

Литература

- Желев, Г. 2018. Видове дронове. Сборник с доклади от научна конференция „Космос, Екология, Сигурност“ – SES 2018. с. 236-252. ИКИТ-БАН, ISSN 2603-3313.
- Митова, Д. 2014. Биологичното земеделие – съставна част и инструмент от екоуправлението на селското стопанство. Национална конференция с международно участие на тема: “Биологично растениевъдство, животновъдство и храни” – София, с. 15-23.
- Ahmad, U., N. Kondo, S. Arima, M. Monta, and K. Mohri. 1999. Weed detection in lawn field using machine vision: Utilization of textural features in segmented area. *J. of the Japanese Society of Agricultural Machinery*. 61(2): 61-69.
- Aasen, H., E. Honkavaara, A. Lucieer, and Zarco-Tejada, P. J. 2018. Quantitative remote sensing at ultra-high resolution with UAV spectroscopy: A review of sensor technology, measurement procedures, and data correction workflows. *Remote Sens.* 10: 1091.
- Baranyai, L. and F. Firtha. 1997. Comparison of grain color and shape by image analysis, <http://physics2.kee.hu/default.php?id=6>. (in Hungarian)
- Bendig, J., A. Bolten, and G. Bareth. 2013. UAV-based Imaging for Multi-Temporal, very high Resolution Crop Surface Models to monitor Crop Growth Variability. *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation*. (6): 551-562. doi:10.1127/1432-8364/2013/0200.
- Bengtsson, J., J. Ahnstrom, and A. Weibull. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. 42: 261-269.
- Brown, R.W., Steckler, J. P. G. A., and Anderson, G. W. 1994. Remote sensing for identification of weeds in no-till corn. *Trans. ASAE*. 37(1): 297-302.
- Burks, T. E., S. A. Shearer, R. S. Gates, and K. D. Donohue. 2000. Backpropagation neural network design and evaluation for classifying weed species using color image texture. *Transactions of the ASAE*. 43(4): 1029-1037.
- Das, A., et al. 2017. Impact of seven years of organic farming on soil and produce quality and crop yields in eastern Himalayas. *India Agr. Ecosyst. Environ.* 236: 142-153.

- Diacono, M., P. Rubino, and F. Montemurro. 2013. Precision nitrogen management of wheat - A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33: 219-241.
- El-Faki, M. S., N. Zhang, and Peterson, D. E., 1997. Weed detection using color machine vision. *ASAE paper*. 97-3134.
- Fekete, A., I. Foldesi, L. Kovacs, M. Kokai, and L. Heger. 2004. Automatic control systems for precision farming. *Proc. of NKFP, Bábolna*. (in Hungarian)
- Felföldi, J., A. Fekete, E. Gyori, and A. Szepes. 2001. Variety identification by computer vision. *Acta Horticulturae*. 562: 341-345.
- Franz, E., Gebhardt, M. R., and Unklesbay, K. B., 1991. The use of local spectral properties of leaves as an aid for identifying weed seedlings in digital images. *Trans. ASAE*. 34(2): 682-687.
- Gitelson, A., 2012. Remote sensing estimation of crop biophysical characteristics at various scales. In: *Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation*, Thenkabail, P. S., Lyon, J. G., Huete, A., Eds.; CRC Press. USA. ISBN 978-1-4398-4537-0.
- Grenzdörffer, G. J., A. Engel, and B. Teichert. 2008. The photogrammetric potential of lowcost UAVs in forestry and agriculture. *Int. Archives of the Photogrammetry. Rem. Sens. and Spat. Inform. Sci.* XXXVII(B1): 1207-1214.
- Guyer, D. E., G. E. Miles, M. M. Schreiber, Mitchell, O. R., and Vanderbilt, V. C. 1986. Machine vision and image processing for plant identification, *Trans. ASAE*. 29(6): 1500-1507.
- Hansen, P. M. and Schjoerring, J. K. 2003. Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. *Rem. Sens. of Envir.* 86(4): 542-553.
- Hatfield, P. L. and P. Pinter. 1993. Remote sensing for crop protection. *Crop Protection*. 12(6): 403-413. doi:10.1016/0261-2194(93)90001-y.
- Herrmann, I., A. Pimstein, A. Karnieli, Y. Cohen, V. Alchanatis, and Bonfil, D. J. 2011. LAI assessment of wheat and potato crops by VEN μ S and Sentinel-2 bands. *Rem. Sens. Environ.* 115: 2141-2151.
- Herrmann, I., Vosberg, S. K., P. Ravindran, A. Singh, Chang, H. X., Chilvers, M. I., Conley, S. P., and Townsend, P. A. 2018. Leaf and canopy level detection of *Fusarium virguliforme* (sudden death syndrome) in soybean. *Rem. Sens.* 10: 426.
- Hoffmeister, D., A. Bolten, C. Curdt, G. Waldhoff, and G. Bareth. 2010. High resolution Crop Surface Models (CSM) and Crop Volume Models (CVM) on field level by terrestrial laserscanning. *SPIE Proceedings*. 7840.
- Hole, G., A. Perkins, J. Wilson, I. Alexander, F. Grice, and A. Evans. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*. 122: 113-130.
- Hung, Y., C. 2010. Study on artificial biodiversity creation in light of overall organic ecology. National Taipei University of Technology.
- Hunt, E. R., Hively, W. D., Fujikawa, S. J., Linden, D. S., Daughtry, C. S. T., and McCarty, G. W. 2010. Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring, *Remote Sensing*. 2: 290-305.
- Hunt, E. R. and Daughtry, C. S. T. 2017. What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture?, *Int. J. Remote Sens.* 39: 1-32.
- Jouzi, Z., H. Azadi, F. Taheri, K. Zarafshani, K. Gebrehiwot, S. Van Passel, and P. Lebaillly. 2017. Organic farming and small-scale farmers: main opportunities and challenges. *Ecol Econ* 132: 144-154.
- Johnson, L. F., Roczen, D. E., Youkhana, S. K., Nemani, R. R., and Bosch, D. F. 2003. Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. *Comput. Electron. Agric.* 38: 33-44.
- Jung, A., P. Kardevan, and L. Tokei. 2006. Hyperspectral Technology in Vegetation Analysis. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 2(1): 93-115. DOI:10.1556/Progress.2.2006.1.5.
- Jung, A., B. Hegedus, D. Drexler, M. Vohland. 2014. Rapid treatment monitoring by field spectroscopy. *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference 'Building Organic Bridges', Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey*.
- Kanning, M., I. Kuhling, D. Trautz, and T. Jarmer. 2018. High-resolution UAV-based hyperspectral imagery for LAI and Chlorophyll estimations from wheat for yield prediction. *Remote sensing*. 10(12): 2000. DOI:10.3390/RS10122000.
- Lang, Z., J. Kriston-Vizi, and S. Molnar. 2000. Precision Farming in Fruit Production. MTA. AMB Conference. Godollo, Hungary. (in Hungarian)
- Lelong, C., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbé, S., and Baret, F. 2008. Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots. *Sensors*. 8(5). DOI: 10.3390/s8053557.
- Leksano, A. 2017. The effect of organic farming systems on species diversity, 8th International Conference On Global Resource Conservation (ICGRC 2017); Green Campus Movement for Global Conservation, DOI: 10.1063/1.5012701.
- Li, G., Wan, S., Zhou, J., Yang, Z., and Qin, P. 2010. Leaf chlorophyll fluorescence, hyper spectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. *Ind. Crops Prod.* 31: 13-19.
- Liu, X., Zhang, K., Zhang, Z., Cao, Q., Lv, Z., Yuan, Z., Tian, Y., Cao, W., and Zhu, Y. 2017. Canopy chlorophyll density based index for estimating nitrogen status and predicting grain yield in rice. *Front. Plant Sci.* 8: 1-12.
- Lu, H., Yu. Chang, B. Wu. 2020. The compare organic farm and conventional farm to improve sustainable agriculture, ecosystems, and environment. *Organic Agriculture*. 2020, DOI:10.1007/s13165-020-00278-3.
- Ma, B. L., Dwyer, L. M., Costa, C., Cober, E. R., and Morrison, M. J. 2001. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements, *Agron. J.* 93: 1227-1234.
- Mao, W., Y. Wang, and Y. Wang. 2003. Real-time Detection of Between-row Weeds Using Machine Vision. Las Vegas, NV. July 27-30, 2003. doi:10.13031/2013.15381.
- Manfreda, S., McCabe, M. F., Miller, P. E., Lucas, R., Madrigal, V. P., Mallinis, G., Ben Dor, E., Helman, D., Estes, L., Ciraolo, G., et al. 2018. On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring. *Remote Sens.* 10: 641.
- Meyer, G. E., T. Mehta, M. F. Kocher, D. A. Mortensen, and A. Samal. 1998. Textural imaging and discriminant analysis for distinguishing weeds for spot spraying. *Transactions of the ASAE*. 41(4): 1189-1197.
- Mulla, D. J. 2012. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*. XXX: 1-14.
- Nemecek, T., D. Dubois, O. Huguenin-Elie, G. Gaillard. 2006. Life cycle assessment of Swiss organic farming systems, *Aspects of Applied Biology* 79, What will organic farming deliver? COR 2006, Association of Applied Biologists, 15-18.
- Nemeth, T., Zs. Harnos, and M. Nemenyi. 2004. Precision farming, *Biotechnologiai es Agrargazdasagi Fejlesztések*. 67-76. (in Hungarian)
- Norton, L., et al. 2009. Consequences of organic and non-organic farming practices for field, farm and landscape complexity agriculture. *Ecosyst Environ.* 129: 221-227.
- Oøvergaard, S. I., T. Isaksson, K. Kvaalc, and A. Korsæth. 2010. Comparisons of two hand-held, multispectral field radiometers and a hyperspectral airborne imager in terms of predicting spring wheat grain yield and quality by means of powered partial least squares regression. *J. Near Infrared Spectrosc.* 18: 247-261.
- Panda, S. and Hoogenboom, G. J. P. 2009. Distinguishing blueberry bushes from mixed vegetation land-use using high resolution satellite imagery and geospatial techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*. 67(1-2): 51-59.
- Perez, A., F. Lo'pez, J. V. Benloch, and S. Christensen. 2000. Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computers and Electronics in Agriculture*. 25: 197-212.
- Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, D. Douds, and R. Seidel. 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems, *BioScience*. 55: 573-582.

- Purtauf, T., I. Roschewitz, J. Dauber, C. Thies, T. Tschardtke, and V. Wolters. 2005. Landscape context of organic and conventional farms: influences on carabid beetle diversity agriculture, *Ecosyst Environ.* 108: 165-174.
- Ray, S., S. Dutta, and N. Kundu. 2006. A GIS and remote sensing based approach to develop cold storage infrastructure for horticultural crops: a case study for potato crop in Bardhaman district, West Bengal. <http://www.GISdevelopment.net>
- Rigby, D. and D. Cáceres. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agric. Syst.* 68: 21-40.
- Shearer, S.A. and R. G. Holmes. 1990. Plant identification using color co-occurrence matrices. *Trans. of ASAE.* 33(6): 2037-2044.
- Singh, R., 2012. Crop Yield Estimation and Forecasting Using Remote Sensing, Indian Agricultural Statistics Research Institute: New Delhi, India.
- Singh, M. and K. Maharjan. 2017. Sustainability of Farming System: An Overview, In: *Sustainability of Organic Farming in Nepal*, November, p. 199. DOI: 10.1007/978-981-10-5619-2_1.
- Tamas, J. 2001. Precision Agriculture, *Mezogazdasagi Szaktudas Kiado, Budapest.* (in Hungarian)
- Thenkabail, P. S., Smith, R. B., and Pauw, E. D. 2000. Hyperspectral vegetation indices and their relationship with agricultural crop characteristics. *Remote Sensing of Environment.* 71(2): 152-182.
- Thompson, J. E., J. V. Stafford, and B. Ambler. 1990. Weed Detection in Cereal Crops. *ASAE paper.* 90-1629.
- Tilman, D. 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA,* 96: 5995-6000.
- Usha, K. and B. Singh. 2013. Potential applications of remote sensing in horticulture - A review. *Scientia Horticulturae.* 153: 71-83. doi:10.1016/j.scienta.2013.01.008
- Vrindts, E. and J. De Baerdemaeker. 1997. Optical discrimination of crop, weed and soil for on-line weed detection. In: J. Stafford (Ed.). *Proc. of the 1st European Conference on Precision Agriculture.* Warwick, UK. Bios Scientific Publishers Ltd, Oxford, UK, 537-544.
- Weber, V. S., Araus, J. L., Cairns, J. E., Sanchez, C., Melchinger, A.E., and Orsini, E. 2012. Prediction of grain yield using reflectance spectra of canopy and leaves in maize plants grown under different water regimes. *F. Crop. Res.* 128: 82-90.
- Yang, C. C. and Prasher, S. O. 1997. Application of machine vision and artificial neural network in precision farming, *ASAE paper.* 97-3107.
- Zhang, N. and C. Chaisattapagon. 1995. Effective criteria for weed identification in wheat fields using machine vision. *Trans. ASAE.* 38(3): 965-974. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_33/SR_DESERTIFICATION_BG.pdf – Борба с опустиняването в ЕС – нарастваща заплаха, която изисква повече действия, Специален доклад, 2018, Европейска сметна палата, BG 33 (достъпен на 23.12.2020). <https://eur-lex.europa.eu/content/paris-agreement/paris-agreement.html?locale=bg> – Парижко споразумение – Рамкова конвенция на ООН по изменение на климата, EUR-Lex, 2016. (достъпен на 23.12.2020). http://yambiz.com/eden/publications/narachnik_strandja_cd.pdf – Органично земеделие: Факти и цифри. Добри европейски практики. ФАР ТГС “Насърчаване на устойчивото развитие в Странджа”, България -Турция 2005. (достъпен на 26.01.2020). https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/farm-fork_bg – От фермата до трапезата – Нашата храна, нашето здраве, нашата планета, нашето бъдеще, 2020. (достъпен на 23.12.2020). doi:10.2785/798761%20KS-FK-19-001-EN-N – Agriculture, forestry and fishery statistics, 2019. ISBN 978-92-76-13193-9 ISSN 2363-2488 (достъпен на 23.12.2020).