نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴، ص. ۷۰ - ۵۷

Water Management in Agriculture
Vol. 2, No. 1, Spring and Summer 2015, p. 57-70

مروری بر حسگرها و فناوری شبکه حسگر بی‌سیم در بهینه‌سازی مصرف آب و نهاده‌های کشاورزی

حسین باقر پور*[۱]، حسنا محمدی منور[۱]، سعید مینایی[۲]

چکیده

حسگرها و فناوری‌های نوین در بخش صنعت رشد قابل‌توجهی داشته‌اند و در سال‌های اخیر نیز با ورود به بخش کشاورزی دقیق، تغییرات شگرفی را در این حوزه ایجاد کرده‌اند. این ابزارها و سامانه‌ها توانسته‌اند با جمع‌آوری اطلاعات بیشتر از مزارع و شرایط محیطی اطلاعات بیشتری را در اختیار کشاورزان قرار داده و امکان کنترل بهینه مصرف آب و نهاده‌ها را فراهم کنند. با توجه به قابلیت خوب فناوری شبکه حسگرهای بی‌سیم در جمع‌آوری اطلاعات و کنترل عملگرها، این فناوری توانسته جایگاه خوبی در بخش‌های نظامی، صنعتی و خانگی پیدا کند. اما به دلیل نبود اطلاعات کافی در مورد حسگرها و فناوری‌های نوین در حوزه کشاورزی، ممکن است کاربرد آن‌ها در بخش کشاورزی ایران موردتوجه واقع نشده و دیرتر بکار گرفته شوند. بنابراین این مقاله سعی دارد حسگرها و سامانه‌های نوین موجود در بخش کشاورزی را معرفی کرده و فناوری مهم حسگر بی‌سیم، مزایا، محدودیت‌ها و کاربرد آن در حوزه کشاورزی را به‌طور مفصل موردبررسی قرار دهد.

کلمات کلیدی: حسگرهای بی‌سیم، سامانه موقعیت‌یاب جهانی فناوری نوین، کشاورزی دقیق

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت در جهان، نیاز بشر به مواد غذایی نیز هرروز در حال افزایش است. برای پاسخ‌گویی به این نیازها، کشاورزان و متخصصان سعی دارند میزان عملکرد محصول را با استفاده از فناوری‌های جدید بیشتر کنند. با رشد فناوری در بخش صنعت، استفاده از آن‌ها در بخش کشاورزی نیز موردتوجه قرارگرفته و کشاورزان توانسته‌اند با بهره‌گیری از این فناوری‌ها به‌ویژه فناوری ارتباطات، ماهواره‌ها، حسگرها و سامانه‌های کنترلی مدرن، میزان تولید و بهره‌وری را بهبود بخشند. استفاده بی‌رویه از کودها و سموم کشاورزی محیط‌زیست و آب‌های زیرزمینی را آلوده کرده و تهدید جدی برای سلامتی انسان‌ها و محیط‌زیست می‌باشد. همچنین به دلیل کمبود منابع آب در جهان، نگرانی‌های زیادی در مورد کم‌آبی در آینده احساس می‌شود و لازم است

۱ استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
* ایمیل مسئول مکاتبات: h.bagherpour@basu.ac.ir
۲ دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۷تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۵

کنترل بیشتری بر نهاده‌های مصرفی در بخش کشاورزی وجود داشته باشد (Tian et al., 1999) فناوری شبکه حسگرهای بی‌سیم (WSN) یکی از فناوری‌های مهمی است که در دهه‌های اخیر به بخش صنعت واردشده و در سال‌های اخیر نیز برای انجام کشاورزی دقیق توجه ویژه‌ای به آن شده است. این فناوری نقش مهمی در کنترل متغیرهای محیطی دارد. کشور ایران جزء کشورهایی خشک و کم آب تلقی شده و لازم است کنترل بیشتری بر منابع آب و نحوه مصرف آن به‌ویژه در بخش کشاورزی گردد؛ بنابراین بهره‌گیری از فناوری‌های نوین که بتواند کنترل بیشتری بر شرایط محیطی داشته باشد لازم و ضروری است (Bagherpour and Mohammadi, 2014) . این مقاله سعی دارد علاوه بر شرح حسگرهای جدید در بخش کشاورزی، یکی از فناوری‌های مهم و به‌روز دنیا به نام شبکه حسگر بی‌سیم را معرفی و تأثیر و کاربردهای آن در بخش‌های مختلف کشاورزی موردبررسی قرار گیرد.

مروری بر کشاورزی دقیق و شبکه حسگرهای بی‌سیم

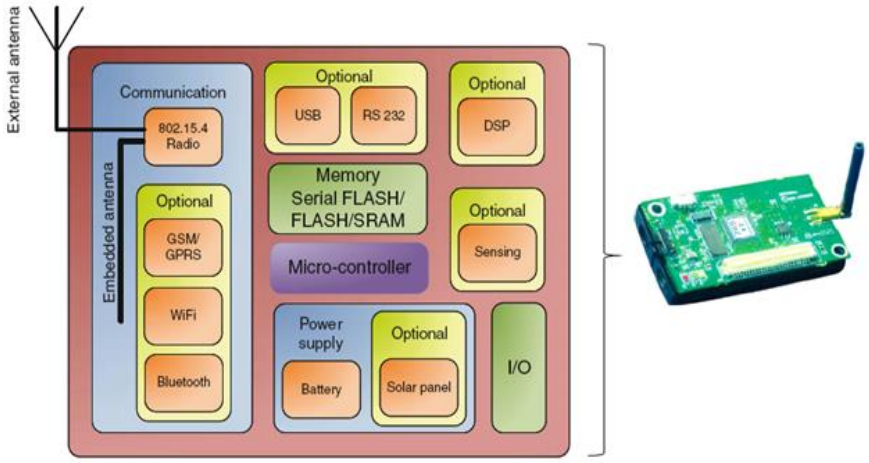
کشاورزی موضعی یا مدیریت مکانی محصول، مفهوم جدید است که اخیراً وارد کشاورزی شده و در آن مدیریت محصول به‌جای مقیاس‌های مزرعه‌ای مرسوم در مقیاس‌های کوچک‌تری انجام‌شده و بررسی دقیق‌تری از وضعیت مزرعه انجام می‌گیرد. بهره‌گیری از فناوری‌های جدید و توسعه کشاورزی دقیق یکی از روش‌های نوین برای مدیریت و کاهش مصرف نهاده‌ها در بخش کشاورزی است (Logavi, 2002) . این روش که در دهه اخیر وارد بخش کشاورزی شده است توانسته تأثیر زیادی بر کشاورزی کشورهای توسعه‌یافته داشته باشد و در سال‌های اخیر نیز موردتوجه بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه بالأخص کشورهای آسیای شرقی قرارگرفته است. فناوری‌های مختلفی مانند سنجش از راه دور(RS) ، سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ازجمله فناوری‌های مهمی هستند که در این نوع از کشاورزی مورداستفاده قرار می‌گیرند (Siuli Roy et al., 2008). گام اول در به‌کارگیری کشاورزی دقیق، تهیه نقشه ویژگی‌های خاک و محصول می‌باشد. این کار ممکن است به روش‌های مختلف انجام گیرد. روش اول عبارت است از شبکه‌بندی و نمونه‌برداری از خاک مزرعه و تحلیل پارامترهای موردنیاز در آزمایشگاه. در روش دوم حسگرهایی بر روی ماشین وصل شده و به‌صورت بلادرنگ در زمان حرکت ماشین ویژگی‌های خاک و یا محصول اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. در روش سوم با بهره‌گیری از سامانه‌های سنجش‌ازدور مانند ماهواره‌ها یا هواپیماها که مجهز به سنجنده های مخصوصی هستند، ویژگی‌های موردنظر اندازه‌گیری می‌گردد. روش آخر که اخیراً موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته است به‌کارگیری حسگرهای ویژه‌ای است که در درون خاک تعبیه‌شده و شرایط محیطی و ویژگی‌های خاک به‌صورت بی‌سیم ارسال می‌شود. بستگی به عوامل مختلف همچون در دسترس بودن تجهیزات، ویژگی‌ها و اهداف موردنظر برای سنجش، دقت خواسته‌شده، تفکیک مکانی و زمانی و همچنین هزینه، هرکدام از این روش‌ها می‌توانند مورداستفاده قرار گیرند. به فرض اگر هدف تهیه نقشه عملکرد کمی محصول است روش دوم بکار گرفته می‌شود و اگر تخمین سطح زیر کشت محصولی مدنظر باشد روش سنجش‌ازدور سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر خواهد بود. برای تشخیص پارامترهایی مانند رطوبت و یا سطح نیتروژن خاک که در طول زمان تغییرات زیادی دارند، روش آخر می‌تواند گزینه مناسبی باشد. در همه این روش‌ها ثبت موقعیت مکانی لازم و ضروری است و داده‌ها بعد از جمع‌آوری، در محیط GIS تحلیل آماری شده و نقشه متناسب با ویژگی‌های مکانی تهیه می‌شود (Bagherpour and Mohamadi, 2014).

پیشرفت‌های اخیر در فناوری ساخت مدارات مجتمع در اندازه‌های کوچک از یک‌سو و توسعه فناوری ارتباطات بی‌سیم از سوی دیگر زمینه‌ساز طراحی شبکه‌های حسگر بی‌سیم شده است. شبکه حسگر بی‌سیم شبکه‌ای است که از تعداد زیادی گره کوچک تشکیل‌شده است. در هر گره تعدادی حسگر و کارانداز وجود داشته که با محیط فیزیکی تعامل دارند. توسط این حسگرها اطلاعات محیط دریافت شده و از طریق کاراندازها نیز واکنش لازم نشان داده می‌شود. ارتباط بین گره‌ها به‌صورت بی‌سیم بوده و هر گره به‌طور مستقل و بدون دخالت انسان کار می‌کند. این گره‌ها ازلحاظ فیزیکی بسیار کوچک بوده و دارای محدودیت‌هایی در قدرت پردازش، ظرفیت حافظه، منبع توان و غیره می‌باشد. شبکه حسگرهای بی‌سیم متشکل از تعداد زیادی گره حسگر می‌باشد که از واحدهایی مختلف زیر تشکیل‌شده است (Ceken, 2008).

۱- واحد (MCU) مرکز محاسبات و واحد کنترل گره می‌باشد.
۲- واحد حافظه (Memory) فراهم کردن ظرفیت حافظه لازم برای عملیات گره. ۳
۳- منبع تغذیه که می‌تواند در شکل‌های مختلف منبع تأمین مانند شبکه برق استاندارد، واحدهای جمع‌آوری یا برداشت انرژی و در اغلب موارد استفاده از باتری باشد.۳
۴- اجزای ورودی / خروجی – (I/O) برای حسگرها خارجی و یا اتصالات کاراندازها و همچنین برای برنامه‌نویسی گره‌ها و اشکال‌زدایی.
۵- واحد ارتباطات رادیویی برای ارتباط بین گره‌ها و همچنین گره‌ها با سینک‌ها
۶- آنتن‌ها که به‌صورت جاسازی‌شده و یا خارجی می‌باشند.

علاوه بر این واحدهای ضروری، هر گره ممکن است اجزای خارجی زیر را هم داشته باشد:

۱- اجزای سنجش (حسگرهای واقع بر روی گره)
۲- ماژول SB،
۳- ماژول RS-232 هر دو برای ارتباط با PC (برنامه‌نویسی یا خواندن داده‌ها)
۴- صفحه خورشیدی و یا سایر اجزای دیگر جمع‌آوری انرژی
۵- DSP (برای پردازش سیگنال‌ها (برای مثال سیگنال‌های حاصل از حسگرهای چندرسانه‌ای)
۶- ماژول
۷- GSM/GPRS
۸- ماژول
۹- Wi-Fi
۱۰- ماژول بلوتوث – برای ارسال داده و ارتباط با سایر دستگاه‌ها. یک نمونه از گره حسگر در شکل ۱ نشان داده‌شده است (Culibrk et al., 2014).



شکل ۱- معماری یک نمونه از گره بکار رفته در شبکه حسگرهای بی‌سیم

حسگرهای مورداستفاده در کشاورزی

حسگرها بیشتر برای اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات محیطی بکار برده می‌شوند. از آنجائی که شرایط محیطی، ویژگی‌های خاک و محصول در طول زمان دستخوش تغییرات هستند بنابراین پایش این تغییرات و کنترل مناسب آن‌ها می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصول گردد. با پیشرفت علم و فناوری، حسگرهای زیادی در حوزه‌های صنعتی و نظامی معرفی‌شده‌اند که اخیراً استفاده از آن‌ها در بخش کشاورزی نیز موردتوجه قرارگرفته است. با استفاده از این حسگرها اطلاعات و ویژگی‌های خاک، محصول، آب‌وهوا، میزان

کود و آب موردنیاز نقاط مختلف در مزرعه جمع‌آوری می‌شود .با توجه به مصرف انرژی، دو نوع حسگر وجود دارد، فعال و غیرفعال. حسگرهای غیرفعال برای تولید خروجی نیازی به منبع توان الکتریکی ندارند، درحالی‌که نوع فعال نیاز به منبع توان دارد. نمونه‌های متداول از حسگرهای غیرفعال مناسب برای کارهای کشاورزی دقیق عبارت‌اند از: دما، رطوبت، فشار اتمسفر، بادسنج، باران‌سنج، حرکت (برای مثال شتاب سنج‌ها یا ژیروسکوپ‌ها)، رطوبت خاک، محتوای آب خاک، رطوبت برگ، تابش خورشید، میکروفن‌های پیزوالکتریک و غیره. درحالی‌که حسگرهای فعال عبارت‌اند از: آشکارساز گاز، رادار، حسگرهای مافوق صوت و دوربین‌های ویدئویی. به‌منظور تولید مواد غذایی سالم و ارگانیک حسگرهای زیر می‌توانند برای اهداف کشاورزی بسیار مفید باشند: حسگر مونواکسید کربنCO– ، لوله گایگر -β-و γ (بتا و گاما)، دیاکسید کربنCO2-، اکسیژنO2– ، متانCH4– ، هیدروژن– H2، آمونیاکNH3– ، ایزوبوتنC4H10– ، اتانول– CH3CH2OH، تولوئنC6H5CH3– ، سولفید هیدروژنH2S– ، دیاکسید نیتروژنNO2– ، ازنO3– ، هیدروکربن‌ها VOC– و غیره .(Abbasi et al., 2014) در جدول ۱ برخی از حسگرهای مهم مورداستفاده در کشاورزی و همچنین میزان قابلیت آن‌ها نشان شده است.

جدول ۱- معرفی بعضی از حسگرهای مورداستفاده در حوزه کشاورزی

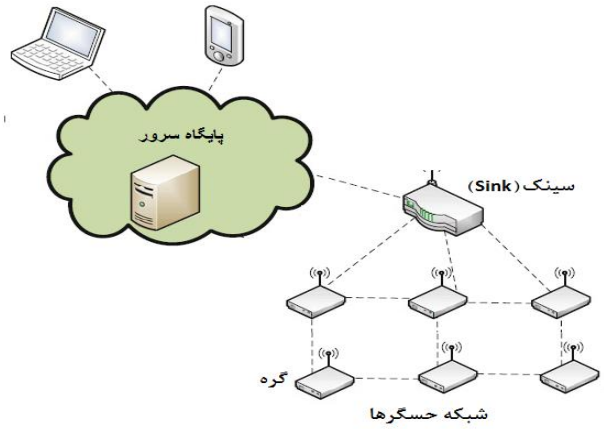
حسگر (خاک)	رطوبت	دما	گذردهی دی الکتریک	سطح آب	رسانایی	شوری	جریان آب
Hydra probe II soil sensor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pogo portable soil sensor	✓	✓	✓	-	✓	-	✓
MP406 Soil moisture sensor	✓	✓	✓	-	-	-	-
ECH2O soil moisture sensor	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
EC sensor (EC250)	✓	✓	-	-	✓	✓	✓

حسگر (گیاه یا برگ)	**فتوسنتز**	**رطوبت**	**هیدروژن**	**تری (نمداری)**	**CO_2**	**دما**
237 leaf wetness sensor	-	✓	-	✓	-	✓
LW100, leaf wetness sensor	-	✓	-	-	✓	✓
SenseH2™ hydrogen sensor	-	-	✓	✓	✓	✓
TPS-2 portable photosynthesis	✓	✓	-	✓	✓	✓
PTM-48A photosynthesis monitor	✓	✓	-	✓	✓	✓
Cl-340 hand-held photosynthesis	✓	✓	✓	✓	✓	✓

حسگر (آب و هوا)	**دما**	**رطوبت هوا**	**فشار اتمسفر**	**سرعت باد**	**جهت باد**
CM-100 compact Weather sensor	✓	✓	✓	✓	✓
Met station one (MSO)	✓	✓	✓	✓	✓
XFAM-115KPASR	✓	✓	✓	-	-
HMP45C(Vaisala's HUMICAP® H-chip)	✓	✓	✓	-	-
SHT71	✓	✓	✓	-	-
SHT75	✓	✓	✓	-	-

فناوری شبکه حسگر بی‌سیم

به دلیل کاهش اندازه حسگرها، استفاده از آن‌ها در هر بخشی از زندگی، صنعت و کشاورزی امکان‌پذیر شده است. این حسگرها ویژگی‌ها و خصوصیات فیزیکی را دریافت و آن‌ها را به سیگنال‌های قابل‌مشاهده تبدیل می‌کنند. با کشف قابلیت‌های حسی در بعضی از موجودات زنده امکان بهره‌گیری از آن‌ها به‌صورت بیو حسگر نیز فراهم‌شده است .شبکه حسگر بی‌سیم متشکل از چندین اعضای حسی است که به آن‌ها گره گفته می‌شود و وظایف اصلی آن عبارت‌اند از: حس کردن، جمع‌آوری، انتقال و محاسبه داده‌ها که توسط سخت‌افزار و نرم‌افزار ویژه‌ای انجام می‌گیرد. به گره‌هایی که در محیط پخش‌شده و اطلاعات را جمع‌آوری می‌کنند گره منبع و به گرهی که اطلاعات را از گره منبع دریافت می‌کند گره سینک یا دروازه گفته می‌شود. در شکل ۲ نمونه‌ای از شبکه بی‌سیم و نحوه ارتباط بین آن‌ها نشان داده‌شده است.(chomazkti and sadat, 2013)



شکل ۲-معماری شبکه حسگر بی‌سیم

فناوری‌های ارتباطی و معماری گره حسگر

فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم در شبکه حسگر شامل فناوری‌های ارتباطی زیگبی(ZigBee) ، بلوتوث(Bluetooth) ، ویبری (Wibree)و وایفای (WiFi) می‌باشند. این فناوری‌ها دارای ویژگی‌ها و قابلیت‌های مختلفی هستند که در جدول ۲ آورده شده است. فناوری ارتباط بی‌سیم زیگبی که در باند فرکانسی صنعتی، علمی و پزشکی) محدوده فرکانس جهانی (Hz 4/2) عمل می‌کند در سال ۲۰۰۳ معرفی گردید و دارای ۱۶ کانال با پهنای باند 5 MHz می‌باشد. این فناوری به دلیل داشتن توان مصرفی پایین و هزینه کم نسبت به سایر فناوری‌های ارتباطی ترجیح داده می‌شود (Abbasi et al.,2014). انتخاب گره حسگر معمولاً با در نظر گرفتن عواملی همچون حوزه کاربرد، مسئله موردنظر و الگوی توزیع آن‌ها انجام می‌شود. نوع میکروکنترلر، حافظه، باند فرکانس کاری، حسگرهای سازگار در دسترس، دامنه برد گیرنده و فرستنده و اندازه، ازجمله ویژگی‌هایی مهم گره حسگر می‌باشند که می‌تواند آن را از سایر گره‌ها متمایز نماید. از میان تمامی اجزای سازنده یک گره، واحد میکروکنترلر به دلیل فراهم کردن قدرت پردازش کافی و کنترل بر مصرف توان در حالت فعال و استراحت، نقش حیاتی در یک شبکه حسگر ایفا می‌کند. از بین میکروکنترلرهای موجود، میکروکنترلر ATmega128L به دلیل نیاز به توان پایین، دارا بودن چندین حالت استراحت، حافظه فلش، حافظه بایت مبنای مؤثر و سازگار با تمامی کدهای TinyOS از محبوبیت بیشتر برخوردار است.(Abd El-kader et al., 2013)

منابع تولید توان شبکهWSN

حتی در مواردی که توان الکتریکی موجود باشد، هزینه و مشکلات سیم‌کشی گره‌های WSN به منبع توان، معمولاً غیرممکن به نظر می‌رسد. در تأمین منبع توان لازم است عواملی مانند وزن و حجم، هزینه تأمین توان، زمان شارژ و دشارژ و عمر آن در نظر گرفته شود. برای دستگاه‌های الکترونیکی قابل‌حمل، معمولاً باتری‌های الکتروشیمیایی منبع توان مناسبی هستند؛ بنابراین برای گره‌های شبکه WSN فشرده می‌تواند به‌عنوان یک انتخاب منطقی در نظر گرفته شود.

جدول ۲- مقایسه فناوری‌های ارتباطی

	ZigBee	Bluetooth	Wibree	WiFi
پهنای باند	۲/۴ GHz	۲/۴ GHz	۲/۴ GHz	۲/۴ GHz
محدوده	۳۰m-۱/۶ Km	۳۰-۳۰۰ft	تا ۱۰ ft	۱۰۰-۱۵۰ft
سرعت انتقال داده	۲۵۰ Kbps	۱Mbps	۱Mbps	۱۱-۵۴Mbps
توان مصرفی	پایین	متوسط	پایین	زیاد
هزینه	کم	کم	کم	بالا
مدولاسیون/پروتکل	DSSS,CSMS/CA	FHSS	FHSS	DSSS/CCK,OFDM

به‌طورکلی چهار فناوری باتری‌های قابل شارژ مورداستفاده قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از: سرب- اسید، نیکل- کادمیم، باتری‌های هیبرید نیکل ـ فلز و باتری‌های لیتیم - یون که البته باتری‌های سرب اسید و نیکل کادمیم به دلیل وجود سرب و کادمیم در ترکیب آن‌ها ازنظر زیست‌محیطی مشکل‌ساز بوده و دیگر جذابیت سابق را ندارند. بنابراین باتری‌های هیبرید نیکل ـ فلز و لیتیم ـ یون مناسب می‌باشند. باتری‌های قابل شارژ معمولاً در ترکیب با برخی از انرژی‌های دیگر (مثل انرژی خورشیدی) مورداستفاده قرار می‌گیرند (Culibrk et al., 2014). منابع انرژی قابل‌حمل مثل باتری‌ها معمولاً دچار نشت جریان شده که این امر باعث تخلیه حتی در زمان بیکاری آن‌ها نیز می‌گردد. شبکه حسگر بی‌سیمی که تنها به باتری‌ها وابسته باشد عمر محدودی دارد. جمع‌آوری انرژی روشی برای حل این مسئله بوده و به‌ویژه در مکان‌هایی که تعویض یا شارژ باتری‌ها سخت (یا امکان‌ناپذیر) است، می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. در طول چندین سال گذشته فناوری‌های قابل‌توجهی همچون اختلاف دمایی، لرزش، انرژی RF و نور برای جمع‌آوری انرژی محیط پیشنهادشده است. برای حفظ قدرت، مدارهای جمع‌آوری باید مجهز به‌نوعی منبع ذخیره انرژی باشند (برای مثال در طول شب و روزهای ابری برای منابع مبتنی بر انرژی خورشیدی) که برای این کار معمولاً باتری‌های قابل شارژ یا سوپر خازن‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند. صفحات خورشیدی متداول در بازار می‌توانند توان5/0 -5 W ، بازده تقریبی ٪ ۱۵ و ولتاژ خروجی ۵/۵ ولت را تأمین کنند و ابعاد آن‌ها نیز 10 -20 cm می‌باشد (Culibrk et al., 2014; Abd El-kader et a.l, 2013).

کاربردهای شبکه حسگرهای بی‌سیم در کشاورزی

انجام عملیات کشاورزی و اعمال نهاده‌ها به‌صورت موضعی می‌تواند بازده تولید محصول را بهبود بخشد. از آنجائی که در زمان و مکان مختلف شرایط محیطی می‌تواند فرق داشته باشد بنابراین سنجش وضعیت مزرعه در زمان و مکان مختلف حائز اهمیت بوده و در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. یکی از روش‌های سنجش نقطه‌به‌نقطه و لحظه‌به‌لحظه شرایط حاکم بر مزرعه روش شبکه حسگر بی‌سیم

می‌باشد که به‌عنوان شاخه‌ای از فناوری اطلاعات وارد حوزه کشاورزی شده است. این فناوری می‌تواند نقش کلیدی در کنترل نهاده‌های کشاورزی و به‌ویژه در مصرف آب کشاورزی داشته باشد. در زیر کاربرهای مختلف این فناوری در حوزه کشاورزی معرفی می‌شود.

کود دهی

مصرف بهینه کود علاوه برافزایش کمّی و کیفی محصول سبب افزایش سلامتی انسان، سایر موجودات زنده و محیط‌زیست شده و امکان بهره‌برداری از خاک برای سال‌های متمادی را امکان‌پذیر می‌کند. یکی از روش‌های نوین برای مدیریت و کاهش مصرف نهاده‌ها، بهره‌گیری از فناوری‌های جدید و توسعه کشاورزی دقیق می‌باشد .(Bagherpour and Mohamadi, 2014) با استفاده از فناوری‌های بلوتوث، سامانه موقعیت‌یاب جهانی و حسگرهای بلادرنگ، سامانه کودپاش خودکاری ساخته‌شده است که شامل سه بخش اصلی ورودی، مرکز تصمیم‌گیری و خروجی است. واحد ورودی اطلاعات حسگرها و موقعیت مکانی را دریافت و واحد تصمیم گیر با پردازش داده‌ها مقدار و الگوی پاشش را تعیین می‌کند .(cugati et al., 2003) روش تشخیص سطح کلروفیل و حجم توده گیاه از روش‌های موفقی هستند که امروزه به‌صورت تجاری نیز مورداستفاده قرار می‌گیرند. در این روش با اندازه‌گیری شاخصی به نام شاخص پوشش گیاهی تصمیمات لازم برای مصرف کود نیتروژن گرفته می‌شود. در این زمینه، GreenSeeker و OptRx Crop Sensor ازجمله حسگرهایی هستند که به‌صورت صنعتی مورداستفاده قرار می‌گیرند .(trimble, 2014) هی و همکاران با بهره‌گیری از شبکه LAN و حسگرهای بی‌سیم و از طریق پروتکل IEEE 802.11 (WiFi) و سامانهGPS ، سامانه پشتیبان تصمیم گیر جامعی را پیاده کردند که قابلیت پخش بهینه کود را داشت. در این کار از حسگرها برای گردآوری داده‌هایی مانند رطوبت خاک، قابلیت رسانایی، دما، میزانPH ، دما و رطوبت محیط، غلظت گاز دی‌اکسید کربن(CO2) ، نور و غیره استفاده گردید. برای پیدا کردن بهینه‌ترین حالت، در طرح آزمایشی آن‌ها از سه فاکتور (کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در ۴ سطح و ۱۴ تیمار استفاده کردند و درنهایت بهینه‌ترین حالت که منجر به بیشترین مقدار محصول شد را انتخاب کردند (He, 2011).

آبیاری

به دلیل افزایش رشد جمعیت تقاضای مصرف آب در هر سه بخش شهری، صنعتی و کشاورزی هر سال رو به افزایش است که از میان بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۹۳ درصد از آب شیرین، بیشترین سهم را دارد (.(Motiee et al., 2001به دلیل قرار داشتن ایران در منطقه خشک جهان و وجود تلفات زیاد آب در بخش کشاورزی و کاهش منابع ذخیره آب، ایران جز آن دسته از کشورهایی است که استرس کم‌آبی را هر ساله تجربه می‌کند .(Larijani, 2005)استفاده مؤثر از آب موجود می‌تواند مشکلات مربوط را تا حدودی رفع کند. روش‌های مختلفی مانند آبیاری قطره‌ای، بارانی و غیره وجود دارند که می‌توانند تلفات ناشی از آبیاری کرتی را کاهش دهند. برای کاهش بیشتر مصرف آب در کشاورزی، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند آبیاری با نرخ متغیر (VRI) و شبکه حسگر بی‌سیم (WSN) می‌تواند منجر به کاهش بیشتر مصرف آب در حوزه کشاورزی گردد (Bagherpour and Mohammadi., 2014) . داماس و همکاران (۲۰۰۱) با توسعه سامانه آبیاری اتوماتیک و کنترل از دور نشان دادند که این سامانه می‌تواند ۳۰ الی ۶۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی داشته باشد. در این آزمایش آن‌ها مزرعه را به هفت بخش تقسیم‌بندی کردند که هر بخش توسط واحد کنترل، مورد ارزیابی و سنجش قرار می‌گرفت. ارتباط هفت بخش با یکدیگر و همچنین واحد کنترلر مرکزی توسط شبکه WLAN انجام می‌شد. در زمینه سامانه آبیاری دقیق خود محرک یعنی سامانه‌های حرکت خطی و دوار مرکزی مطالعاتی انجام گردید که در آن، برنامه آبیاری با کمک حسگرهای بی‌سیم که داده‌های وضعیت مزرعه را به مرکز کنترل مخابره می‌کردند تنظیم می‌شد (Evans and Bergman, 2003) . در کشور پرتقال با استفاده از شبکه‌ای که به‌صورت بی‌سیم اطلاعات آب‌وهوا و رطوبت خاک را دریافت می‌کرد آبیاری را به طریق هوشمند انجام دادند. در این پژوهش برای بهبود بازده آبیاری از چندین ایستگاه داده‌برداری تغذیه‌شده با سلول‌های

خورشیدی (SPWAS) استفاده گردید (Morais et al., 2005). به‌منظور افزایش سطح تولید و صرفه‌جویی در مصرف آب، سامانه آبیاری حسگر مبنایی توسعه داده شد که در آن اطلاعات حاصل از حسگرهای رطوبت خاک و دما، اطلاعات آب‌وهوا و موقعیت آبپاش‌ها توسط فناوری بلوتوث و GPS دریافت و امکان مدیریت و برنامه‌ریزی بر آبیاری مؤثر فراهم می‌شد (Kim et al., 2008). کیم و ایوانس (۲۰۰۹) حس کننده بی‌سیم بلادرنگ و نرم‌افزار کنترلی را برای آبیاری دوار مرکزی توسعه دادند که در آن، سیستم کنترل‌کننده آبیاری موضعی با بهره‌گیری از داده‌های بازخورد شده از مزرعه که به‌صورت ارتباط رادیویی بی‌سیم انجام می‌گرفت، تصمیم‌گیری و نظارت مناسب بر عملیات آبیاری را امکان‌پذیر می‌کند.

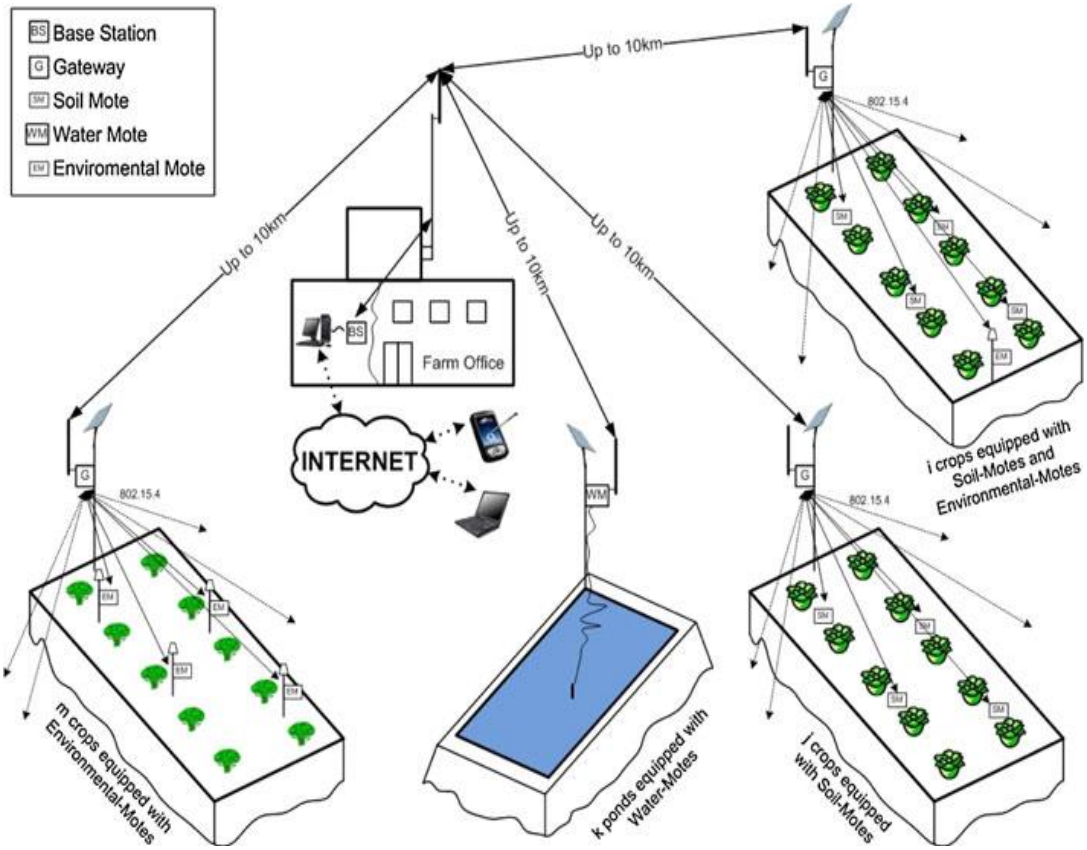
نظارت و کنترل بر چراگاه و حیوانات

ندیمی و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از شبکه حسگر بی‌سیم که بر اساس پروتکل ارتباطی ZigBee کار می‌کرد زمان حضور و چرای حیوانات در منطقه چراگاه را موردبررسی قراردادند. در این روش با بستن حسگرهایی در گردن گاوها، هر گاو به‌عنوان گره عمل می‌کرد و در صورت حضور در منطقه چراگاه حضور خود و زمان چریدن را به دروازه یا سینک انتقال می‌داد. البته تنها ۲۳٪ از گاوها به حسگرهای فرستنده مجهز بوده و تحلیل‌های آماری نشان داد که همین مقدار از گاوها نیز بیان‌کننده متوسط کل گاوهای موجود در چراگاه می‌باشند. بوتلر و همکاران (۲۰۰۴) الگوریتم حصار مجازی حرکت را برای کنترل گله گاوها ایجاد کردند که در آن هرکدام از گاوها به گردنبندی مجهز بودند که محتوی گیرندهGPS ، PDA، کارت فلش WiFi برای WLAN و تقویت‌کننده صدا به همراه بلندگو بود. موقعیت گاوها به‌وسیله GPSنسبت به حصار مجازی ارزیابی‌شده و به‌محض رسیدن گاوها به حصار مجازی، صدایی برای دور کردن گاوها از حصار پیرامون، تولید می‌شد. در پژوهشی که در مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات CSIRO واقع در استرالیا انجام شد، با بهره‌گیری از حسگرهای نصب‌شده بر روی حیوانات رفتار آن‌ها مورد تحلیل قرار گرفت و همچنین مراتع نیز ارزیابی گردید. برای اینکه مسیر و زمان حرکت حیوانات در منطقه خاصی کنترل شود با استفاده از عکس‌های گرفته‌شده از مراتع، رشد علوفه بررسی‌شده و دستور حرکت گله به مراتع مناسب داده می‌شد. در این پژوهش برای بررسی و ارزیابی رفتار حیوانات مانند خوابیدن، چریدن و نشخوار کردن، حسگرهای ویژه‌ای طراحی و ساخته شد. به نظر آن‌ها توجه به چنین رفتارهایی به همراه رفتار حرکتی آن‌ها می‌تواند ارتباط بین گاوها و تمایلات کلی گله را نشان دهد (Wark et al., 2007). ترنر و همکاران (۲۰۰۰) پژوهشی را برای بررسی رفتار چرای دام‌ها با استفاده از GPS و GIS انجام دادند که در آن، مکان چریدن گاوها و بیشترین تعداد حضور آن‌ها در یک مکان موردبررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش می‌تواند در کنترل بهتر مسیر حیوانات در ماه‌ها یا سال‌های آتی مورداستفاده قرار گیرد.

عملیات باغبانی

در پژوهشی که در مزارع کلم واقع در اسپانیا و بزرگ‌ترین بخش باغی اروپا انجام گرفت ، شبکه حسگر بی‌سیمی برای کاربردهای باغبانی طراحی و مورد ارزیابی قرار گرفت. این پژوهش که در یک منطقه ۱۰۰۰ هکتاری انجام گرفت، کل منطقه به واحدهای ۴ هکتاری تقسیم‌بندی شد و در هر واحد نیز حدود ۱۰۲۴ گره نصب گردید بنابراین برای هر ۴۰ مترمربع یک گره تخصیص داده شد و با نصب یک گره دروازه در ابتدای هر بخش اطلاعات گره‌ها توسط آن به مرکز مخابره می‌شد. گره‌های نصب‌شده در این طرح عبارت بودند از: گره خاک- برای اندازه‌گیری رطوبت، دما، قابلیت رسانایی و شوری خاک، گره محیط- برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی و دمای محیط. همچنین برای بخش‌هایی هر دو گره (خاک و محیط) در نظر گرفته‌شده بود. علاوه بر این‌ها برای بررسی کیفیت آب آبیاری (بر اساس قابلیت رسانایی)، گره آب نیز در نظر گرفته شد. در این پژوهش از حسگر SHT71 برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی و دما، از حسگر Hydra Probe ll به‌عنوان حسگر خاک چندگانه، برای پردازش داده‌ها از میکروکنترلر MSP430F1611و از فرستنده رادیویی Chipcon CC2420 و پروتکل ZigBee برای تبادل ارتباطات بین گره‌ها استفاده گردید (López et al., 2010). در شکل ۲ معماری این شبکه نشان

داده‌شده است. با استفاده از سامانه آبیاری هوشمند که در آن از گره‌های حسگر TelosB و حسگرهای رطوبت Ech2o استفاده گردید، به مقایسه این روش با روش‌های سنتی (در نگهداری و حفاظت آب) پرداخته شد. نتایج نشان داد که این روش می‌تواند حدود ۳۰-۵۰٪ در مصرف آب صرفه‌جویی داشته باشد (Aqeel et al., 2010). همچنین در تحقیقی که توسط درباره یک باغی واقع در دانشگاه انجام گرفت، پارامترهایی مانند رطوبت نسبی محیط، رطوبت خاک و نور محیط اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفت (Shaikh et al., 2010). در این پژوهش از میکروکنترلر AVR ATMega64L به دلیل توانایی پشتیبانی از ۶ حالت مختلف استراحت و همچنین ماژول XBee/XBee-Pro OEM RFبه علت مصرف کم‌توان استفاده گردید. نتایج پژوهش نشان داد که کاهش قابل‌توجهی در مصرف آب نسبت بهروش‌های متداول وجود دارد.



شکل ۳- معماری شبکه بی‌سیم برای دیده‌بانی باغات و مزارع سیفی جات.

کنترل محیط گلخانه

یکی از کاربردهای مهم شبکه حسگر بی‌سیم کنترل و دیدبانی شرایط گلخانه بوده و در سال‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. گلخانه معمولاً جایی است که شرایط محیطی مانند آب‌وهوا و خاک تابع عوامل طبیعی نبوده و برای کنترل بهتر رشد گیاه لازم است حسگرها و کاراندازهای ویژه‌ای بکار گرفته شود. دما، رطوبت، میزان تابش و غلظت گاز دی‌اکسید کربن (CO_2)از مهم‌ترین پارامترهایی هستند که در گلخانه‌ها باید کنترل شوند (Gonda et al., 2006) .یک سامانه زمان واقعی برای کنترل آب‌وهوای گلخانه چندمنظوره (از نوع تونل‌های

پلاستیکی) طراحی گردید که وظیفه اصلی آن کنترل دما و رطوبت واحدهای گلخانه بود. علاوه بر کنترل دما و رطوبت داخلی، دما، رطوبت، میزان بارندگی و باد بیرون گلخانه نیز اندازه‌گیری و تصمیم مقتضی اتخاذ می‌شد (Candido et al., 2007) به دلیل تنوع محصولات در گلخانه، کنترل شرایط آب‌وهوایی در آن معمولاً حساس‌تر از مزارع بوده و لازم است پارامترهای زیادی کنترل گردند. چادهاری و همکاران (۲۰۰۱) در زمینه بهره‌گیری شبکه بی‌سیم در گلخانه پیشنهاد کردند که سخت‌افزارهای ساخته شرکت سایپرس (Cypress Inc) به دلیل کار با توان کم و پیچیدگی کمتر و قابلیت اطمینان بالا می‌تواند گزینه مناسبی برای استفاده در گلخانه‌ها باشد. اگر پارامترهای کنترلی کنونی افزایش یابند باندهای طیفی در دسترس ممکن است کفایت نکرده و فناوری رادیوی شناختی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای شبکه WSNدر آینده باشد.

محدودیت‌های به‌کارگیری فناوری‌های نوین در کشاورزی ایران

اگرچه در کشورهای توسعه‌یافته فناوری‌های نوین جایگاه مناسبی در بخش کشاورزی دارند ولی در کشور ایران به دلیل وجود برخی موانع، هنوز به‌اندازه کافی موردتوجه قرار نگرفته‌اند و لازم است برخی از این محدودیت‌ها موردبررسی قرارگرفته و موانع موجود رفع گردند. کافی نبودن زیرساخت‌های مناسب برای تعیین موقعیت مکانی به‌صورت دقیق، اولین مانع به‌کارگیری سامانه‌های مدرن در مزرعه می‌باشد البته در سال‌های اخیر سامانه ملی هدی توانایی ارائه سرویس‌های DGPS و RTK را دارد ولی هنوز کل کشور را پوشش نداده و نیاز به پرداخت هزینه اشتراک دارند سطح سواد کشاورزان، کوچک بودن اندازه زمین‌های کشاورزی، هزینه به‌کارگیری و خرید تجهیزات کشاورزی دقیق از دیگر عوامل تأثیرگذار در به‌کارگیری سامانه‌های مدرن در کشاورزی ایران هستند. اگرچه سامانه شبکه حسگر بی‌سیم می‌تواند مصرف آب و سایر نهاده‌ها را به‌طور چشمگیری کاهش دهد ولی نیاز به سرمایه اولیه کافی برای خرید تجهیزاتی مانند گره‌ها، کاراندازها و تجهیزات شبکه دارد. همچنین این شبکه برای راه‌اندازی و نظارت، به متخصصین مجرب نیاز دارد. با توجه به این محدودیت‌ها لازم است یک بازنگری کلی در مورد روش‌ها و فناوری‌هایی که امکان به‌کارگیری آن در کشور وجود دارد، انجام گیرد. توصیه می‌شود از تجربیات کشورهایی که اندازه زمین‌های کشاورزی و روش کاشت و داشت آن‌ها همانند کشور ایران بوده ولی در به‌کارگیری روش‌های کشاورزی دقیق موفقیت قابل‌توجهی به دست آوردند استفاده گردد. به فرض در کشورهای جنوب شرقی آسیا استفاده از ابزارهای ارزان‌قیمت مانند SPAD یا LCC و آموزش کشاورزان در استفاده از سامانه GIS موفقیت‌آمیز بوده و بهتر است این روش‌ها در ایران نیز بکار گرفته شوند.

نتیجه‌گیری

استفاده از حسگرها و فناوری‌های نوین در بخش کشاورزی کاملاً جدید بوده و اخیراً توجه بسیاری را در قاره اروپا، آمریکا و بعضی از کشورهای درحال‌توسعه به خود جلب کرده است. فناوری‌های جدید با کنترل بهتر شرایط محیطی، تولید را بهینه کرده و در مصرف نهاده‌های کشاورزی کاهش قابل‌توجهی را باعث می‌شوند. با استفاده از حسگرهای تشخیص علف هرز و کلروفیل برگ (یا شاخص پوشش گیاهی) و اتصال آن‌ها به ماشین‌های کشاورزی می‌توان در مواد غذایی سالم‌تری تولید کرد و مصرف سموم کشاورزی کاهش داد. شبکه حسگر بی‌سیم به دلیل توانایی بیشتر در اندازه‌گیری و کنترل دقیق پارامترها، تأثیر بسزایی در مصرف آب زراعی دارد. از طرفی چون در کشور ایران مبحث کم‌آبی جدی است بنابراین استفاده از شبکه حسگر بی‌سیم در کشاورزی باید بیشتر از کشورهایی که هم‌اکنون این فناوری را بکار می‌گیرند، موردتوجه قرار گیرد. به دلیل نیاز آتی ایران در کنترل بهینه آب و مدیریت بهتر مزارع، ضروری است که پژوهش‌های زیادی در زمینه این فناوری در دانشگاه‌ها و موسسه‌های پژوهشی انجام گیرد. در زمین‌های کشاورزی کوچک با الهام از تجربه‌های ارزنده بعضی از کشورها و با استفاده از تجهیزات ارزان‌قیمت و آموزش کشاورزان، امکان به‌کارگیری کشاورزی دقیق امکان‌پذیر می‌باشد . در اثر چرای غیراصولی، هر ساله مراتع خیلی زیادی در اثر فرسایش از بین رفته و بازده چرای احشام نیز پایین می‌باشد.

بررسی زمان و مکان گله با استفاده از سامانه GPS و به دست آوردن مسیر حرکتی آن‌ها در طول فصول یا سال می‌توان مدیریت مناسبی را بر حرکت گله‌ها در فصل‌ها یا سال‌های بعدی اتخاذ کرد.

در استفاده از شبکه بی‌سیم لازم است موارد زیر موردتوجه قرار گیرد:

۱- به‌کارگیری این فناوری هزینه‌بر بوده و ممکن است استفاده آن در همه مناطق و همه محصولات قابل توصیه نباشد.
۲- به راه انداختن این شبکه پیچیده بوده و نیاز به تخصص‌های ویژه دارد.
۳- برای انتقال بهتر داده‌ها لازم است که گره‌ها به شکل مناسب چیده شوند و الگوی کشت نیز مناسب باشد.

مراجع

Aqeel-ur-Rehman, Z. A. S., Shaikh, N. A., & Islam, N. 2010. An integrated framework to develop context-aware sensor grid for agriculture. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(5), 922-931.

Abbasi, A. Z., Islam, N., & Shaikh, Z. A. 2014. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. Computer Standards & Interfaces, 36(2), 263-270.

Abd El-kader, S. M., & Mohammad El-Basioni, B. M. 2013. Precision farming solution in Egypt using the wireless sensor network technology. Egyptian Informatics Journal, 14(3), 221-233.

Bagherpour, H., & Mohamadi, H. 2014. Challenges and Prospects of Precision Agriculture in Iran. International Journal for Science and Emerging Technologies with Latest Trends, 17(1): 1-8.

Butler, Z., Corke, P., Peterson, R., & Rus, D. 2004. Virtual fences for controlling cows. In. International Conference on Robotics and Automation Proceedings (Vol. 5, pp. 4429-4436).

Ceken, C. 2008. An energy efficient and delay sensitive centralized MAC protocol for wireless sensor networks. Computer Standards & Interfaces, 30(1), 20-31.

Cugati, S., Miller, W., & Schueller, J. 2003. Automation concepts for the variable rate fertilizer applicator for tree farming. In The Proceedings of the 4th European Conference in Precision Agriculture, Berlin, Germany, June (pp. 14-19).

Candido, A., Cicirelli, F., Furfaro, A., & Nigro, L. 2007. Embedded real-time system for climate control in a complex greenhouse. International agrophysics, 21(1), 17-26.

Chaudhary, D. D., Nayse, S. P., & Waghmare, L. M. 2011. Application of wireless sensor networks for greenhouse parameter control in precision agriculture. International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), 3(1), 140-149.

Chomazkti, S.A.N., Sadat, F.S. 2013. Design and fabrication of a wireless sensor network in agriculture field. 5th national congress on Agr. Machinery and mechanization. Mashhad, Iran. In Persian.

Damas, M., Prados, A. M., Gómez, F., & Olivares, G. 2001. HidroBus< sup>®</sup> system: fieldbus for integrated management of extensive areas of irrigated land. Microprocessors and Microsystems, 25(3), 177-184.

Evans, R., & Bergman, J. 2003. Relationships between cropping sequences and irrigation frequency under self-propelled irrigation systems in the Northern Great Plains (NGP). USDA Annual Report. Project, 5436-13210.

Gonda, L., & Cugnasca, C. E. 2006. A proposal of greenhouse control using wireless sensor networks. In Proceedings of 4thWorld Congress Conference on Computers in Agriculture and Natural Resources, Orlando, Florida, USA.

He, J., Wang, J., He, D., Dong, J., & Wang, Y. (2011). The design and implementation of an integrated optimal fertilization decision support system. Mathematical and Computer Modelling, 54(3), 1167-1174.

Kim, Y., Evans, R. G., & Iversen, W. M. 2008. Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless sensor network. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, 57(7), 1379-1387.

Kim, Y., & Evans, R. G. 2009. Software design for wireless sensor-based site-specific irrigation. Computers and electronics in agriculture, 66(2), 159-165.

Larijani, K. M. 2005. Iran's water crisis: inducers, challenges and counter-measures.In ERSA 45th congress of the European regional science

Shaikh, Z. A., Yousuf, H., Nawaz, F., Kirmani, M., & Kiran, S. (2010). Crop irrigation control using wireless sensor and actuator network (wsan). In Information and Emerging Technologies (ICIET), International Conference on IEEE (pp. 1-5).

Siuli Roy, A. D., & Bandyopadhyay, S. (2008). Agro-sense: Precision agriculture using sensor-based wireless mesh networks. In Innovations in NGN: Future Network and Services. First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, 383-388.

Tian, L., Reid, J. F., & Hummel, J. W. (1999). Development of a precision sprayer for site-specific weed management. Transactions of the ASAE-American Society of Agricultural Engineers, 42(4), 893-902.

Trimble company. (2014 Sep). Trimble Agriculture. Retrieved september 22, 2014, from http://www.trimble.com.

Turner, L. W., Udal, M. C., Larson, B. T., & Shearer, S. A. (2000). Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. Canadian Journal of Animal Science, 80(3), 405-413

Wark, T., Corke, P., Sikka, P., Klingbeil, L., Guo, Y., Crossman, C. & Bishop-Hurley, G. (2007). Transforming agriculture through pervasive wireless sensor networks. Pervasive Computing, IEEE, 6(2), 50-57.

association.Vrije University, Amsterdam, The Netherlands.

López, J. A., Garcia-Sanchez, A. J., Soto, F., Iborra, A., Garcia-Sanchez, F., & Garcia-Haro, J. (2011). Design and validation of a wireless sensor network architecture for precision horticulture applications. Precision Agriculture, 12(2), 280-295.

Loghavi. (2002). The precision farming guide for agriculturists. Shiraz university press. In Persian.

Motiee, H., Monouchehri, G. H., & Tabatabai, M. R. M. 2001.Water crisis in Iran, codification and strategies in urban water. In Proceedings of the Workshops held at the UNESCO Symposium, Technical documents in Hydrology No. 45, 55-62.

Morais, R., Valente, A., & Serôdio, C. (2005). A wireless sensor network for smart irrigation and environmental monitoring: A position article. In 5th European federation for information technology in agriculture, food and environement and 3rd world congress on computers in agriculture and natural resources (EFITA/WCCA) (pp. 845-850).

Nadimi, E. S., Søgaard, H. T., Bak, T., & Oudshoorn, F. W. (2008). ZigBee-based wireless sensor networks for monitoring animal presence and pasture time in a strip of new grass. Computers and electronics in agriculture, 61(2), 79-87.

Water Management in Agriculture
Vol. 2, No. 1, Spring and Summer 2015, p. 57-70

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴، ص. ۷۰ - ۵۷

Using sensors and wireless sensor network technology for optimizing agricultural inputs

H. Bagherpour[*1], H. Mohamadi Monavar[1], S. Minaei[2]

Abstract

Sensors and new technologies such as wireless sensor networks have developed significantly in the industrial sector and recently have been caused dramatic changes in the precision farming area. Using these technologies and instruments, more information will be gathered from field condition and it is possible to control inputs, efficiently. Considering wireless sensor network capability in data collection and controlling of the actuators, this technology has attracted many customers in the domestic, industrial and military sectors. But due to lack of sufficient information on sensors and new technologies, they have not been used in Iran's agriculture. So this paper tries to introduce sensors and modern technologies that have been used in agriculture and also to investigate advantages and limitations of the WSN in agriculture.

Keywords: GPS, Irrigation, Precision Farming, Wireless Sensor Network**.**

1Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2 Biosystems Engineering Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
Received: July 8, 2015
Accepted: November 16, 2015