

Geovisualization and Application of Wireless Sensor Networks in Agriculture *Využití bezdrátových senzorových sítí v zemědělství a jejich kartografická vizualizace*

Petr KUBÍČEK^a, Vojtěch LUKAS^b

^aMasarykova univerzita, kubicek@geogr.muni.cz

^bMendlova univerzita v Brně, vojtech.lukas@mendelu.cz

Abstract

The effectiveness of decision-making in agriculture domain can be improved by integrating current local environmental and agro monitoring with Geographic Information System (GIS) and wireless sensor networks – WSN. Effectiveness of any information system can be evaluated on the basis of its ability to deliver relevant, accurate, and timely information. Every sensor used for agricultural applications has a location, and a sensor location is almost always important. The spatial extension and near real time availability of sensor information layers in geospatial applications create a great potential. The Agrisensor project is evaluating the cartographic visualization methods and modelling of agricultural and metrological information acquired by WSN. Project is technologically based on Sensor Web Enablement (SWE) initiative proposed by Open Geospatial Consortia (OGC) and specifying the interoperability of sensor networks and geoinformation infrastructure.

Keywords: wireless sensor networks, geovisualization, agriculture, interoperability.

Klíčová slova: bezdrátové senzorové sítě, kartografická vizualizace, zemědělství, interoperabilita.

Úvod

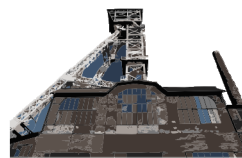
Bezdrátové senzorové sítě (Wireless sensor networks – WSN) nabývají v zemědělství stále více na významu. Umožňují online získávání aktuálních informací sloužících pro podporu rozhodování, management a evidenci zemědělských operací.

Wang et al. (2006) rozděluje aplikaci WSN v zemědělství a potravinářství do pěti kategorií:

1. environmentální monitoring (sledování meteorologických jevů, monitoring vegetace),
2. využití v precizním zemědělství (sběr prostorových dat, řízení závlah, variabilní aplikace agrochemikálií),
3. ovládání strojů a technologických procesů (navádění a správa mechanizace, ovládání robotických systémů a technologických procesů),
4. automatizace řízení a správy budov a jejich vybavení (řízení skleníků, zařízení pro krmení zvířat),
5. systémy dohledatelnosti produktů (identifikace zvířat a monitoring zdravotního stavu, balení a transport potravin).

Sledování agrometeorologických charakteristik patří mezi nejvýznamnější oblasti, které jsou využívány při optimalizaci pěstebních zásahů (závlaha, výživa a ochrana rostlin, zpracování půdy a setí plodiny, sklizeň, a další) a pro legislativně povinnou evidenci povětrnostních podmínek zásahu (zejména rychlost proudění vzduchu u aplikace pesticidů).

S ohledem na vývoj a rozšiřování lokálně specifického hospodaření, tzv. precizního zemědělství, se otevírají možnosti využití senzorových sítí při mapování lokální variability půdních a porostních podmínek pozemků. Precizní zemědělství je způsob hospodaření využívající moderní technologie pro přizpůsobení pěstebních zásahů aktuálním podmínkám stanoviště a potřebám rostlin. Nejmenší jednotkou rozhodování již není celý pozemek s danou plodinou, ale jeho části reprezentující rozdílné půdně ekologické podmínky. Cílem je optimalizace materiálních vstupů (hnojiva, pesticidy) dle aktuálních podmínek a potřeb plodin na daném místě. Impulsem pro aplikaci těchto principů je právě nevyrovnanost pozemků, přičemž znalost prostorové a časové variability agronomicky významných jevů je základní informací. Pierce a kol. (1999) považují obhospodařování agronomických jevů s vysokou prostorovou závislostí a nízkou časovou variabilitou za mnohem snazší než těch s vysokou časovou dynamikou. Stávající metody používané pro detailní zachycení prostorové variability přitom neumožňují podrobnější sledování časové dynamiky. Kombinace nepřímých metod celoplošného mapování (DPZ, senzorové měření půdy a porostů, atd.) a monitoringu časové dynamiky meteorologických ukazatelů pomocí WSN by tak umožňovala kromě prostorové dimenze zohlednit i časovou variabilitu. Pěstební zásahy by tak bylo možné provádět s adekvátní intenzitou nejen na správném místě, ale i ve správný čas, což by v konečném důsledku mohlo vést ke snížení spotřeby agrochemických prostředků a redukci zátěže životního prostředí.



Účinnost rozhodování v zemědělství lze podpořit integrací současných znalostí, agromonitoringu a geografických informačních systémů (GIS). Každý senzor použitý pro zemědělské aplikace má nějaké umístění, které je téměř vždy důležité. Právě tato lokace a dostupnost senzorových dat v téměř reálném čase vytváří spolu velký potenciál pro přímou integraci senzorových a geoinformačních infrastruktur (Kubiček a kol. 2009). Půdní a povětrnostní charakteristiky v kombinaci s informacemi o určitých zemědělských plodinách z určité oblasti lze zaznamenat v požadovaných časových intervalech a takovéto záznamy lze následně agregovat s mapovými vrstvami z různých zdrojů do formy kartografické vizualizace pro různé účely. Interoperabilní webové mapové služby a standardizované datové kódování (Reichardt 2005) dále podporuje integraci lokalizovaných senzorů a geografických dat pro potřeby časoprostorového modelování.

Projekt „Kartografická vizualizace senzorických sítí pro zemědělství (AgriSensor)“ se zaměřuje na metodiku kartografické vizualizace a modelování zemědělských dat získaných na základě monitoringu založeného na bezdrátových senzorických sítích. Na projektu spolupracuje Masarykova univerzita s Mendlovou univerzitou v Brně a sdružením WirelessInfo. Projekt technologicky vychází z iniciativy Open Geospatial Consortia (OGC) nazvané Sensor Web Enablement (SWE), která specifikuje způsob připojení libovolných senzorů (snímačů) k síti Internet (Reichardt 2005). SWE umožňuje specifikaci standardizovaného rozhraní a zakódování dat pro využití v rámci geoinformační služby, které začlení vybrané senzory do obecných již existujících geoinformačních infrastruktur. Projekt si klade tři hlavní cíle:

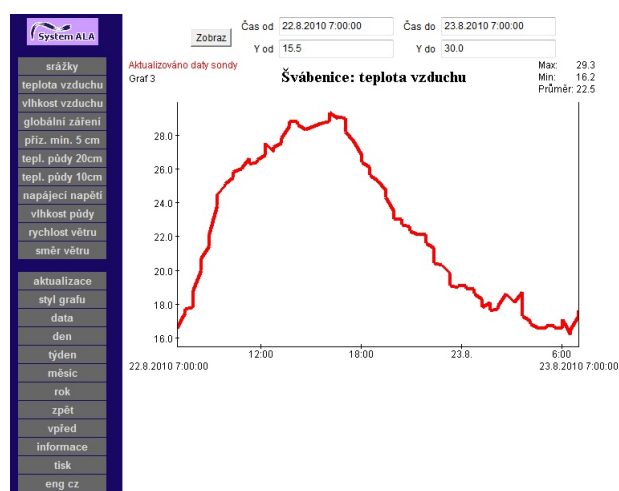
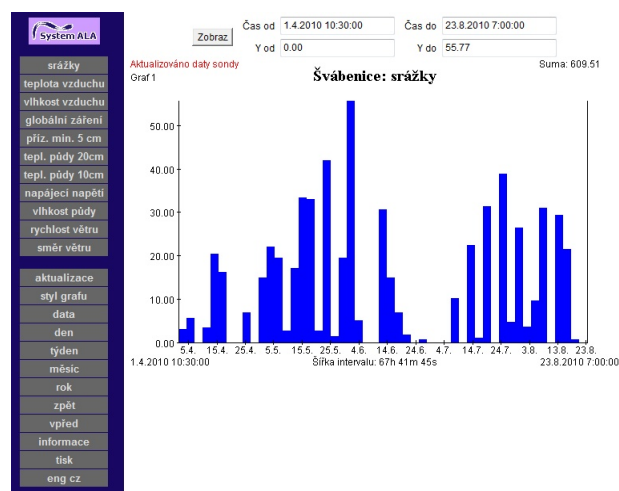
1. Kartograficky prezentovat a modelovat data senzorických sítí.
2. Vypracovat internetovou aplikaci integrující kartografickou vizualizaci a senzorická data.

3. Realizovat pilotní projekt senzorické sítě zaměřené na problematiku zemědělského monitoringu.

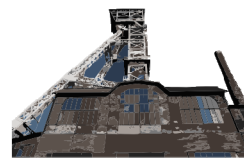
Následující text shrnuje současný stav projektu a přináší první předběžné výsledky zejména z oblasti budování bezdrátových sítí a možností jejich vizualizace. Celková koncepce, časový plán a hlavní pracovní oblasti projektu byly popsány v Kubiček a kol. (2009) a jsou dále k dispozici na webové stránce projektu (agrisensor.geogr.muni.cz).

Materiál a metody

Zemědělský monitoring je v rámci projektu AgriSensor prováděn na dvou úrovních s rozdílnou mírou detailu jak v oblasti zpracovaných dat, tak ve způsobu měření – hodnocení prostorové variability a hodnocení časové dynamiky u rozdílných polních plodin. Při hodnocení prostorové variability probíhá měření vybraných agrometeorologických ukazatelů na větších pozemcích. Na pozemcích s výměrou 38 a 52 ha s jednoduchou plodinou bylo rozmístěno několik nodů s čidly zaznamenávajícími dynamiku teploty a vlhkosti půdy a vzduchu. V kombinaci s výsledky provedeného mapování prostorové variability půdy a porostů nepřímými metodami (elektrická vodivost půdy, DPZ, terénní průzkum) bude vytvořen model znázorňující prostorovou variabilitu a časovou dynamiku uvedených agrometeorologických charakteristik v rámci daného pozemku. V rámci jedné z pokusných lokalit byla na nedaleké farmě provedena instalace meteostanice (AMET, ČR) pro sledování dalších meteorologických znaků (sluneční radiace, rychlost a směr proudění vzduchu, úhrn srážek, teplota půdy v hloubce 10 a 20 cm) s intervalem záznamu 15 min. Data jsou 2x denně přenášena pomocí GPRS modemu na server a dostupná přes webové rozhraní (obr. 1).



Obr. 1: Webové rozhraní naměřených dat z meteostanice (vlevo: týdenní úhrn srážek, vpravo: průběh teploty vzduchu za 24h)



Hodnocení časové dynamiky u rozdílných polních plodin je prováděno na školní pokusné stanici Mendlovy univerzity v Žabčicích, kde bylo v průběhu vegetačního období 2010 ve vybraných plodinách (pšenice ozimá, kukuřice setá) rozmístěno pět měřících nodů

zaznamenávajícími dynamiku teploty a vlhkosti půdy a vzduchu. Kromě odlišné plodiny je sledován i vliv rozdílného způsobu zpracování půdy (orba, minimalizační technologie) na klima půdního prostředí.



Obr. 2: Měřící nod umístěný v porostu kukuřice na pokusné stanici (vlevo) a fotografie meteostanice AMET (vpravo).

Data jsou v současné době přenášena pro jednotlivé nody v 15 minutovém intervalu a zpřístupněna prostřednictvím standardního rozhraní.

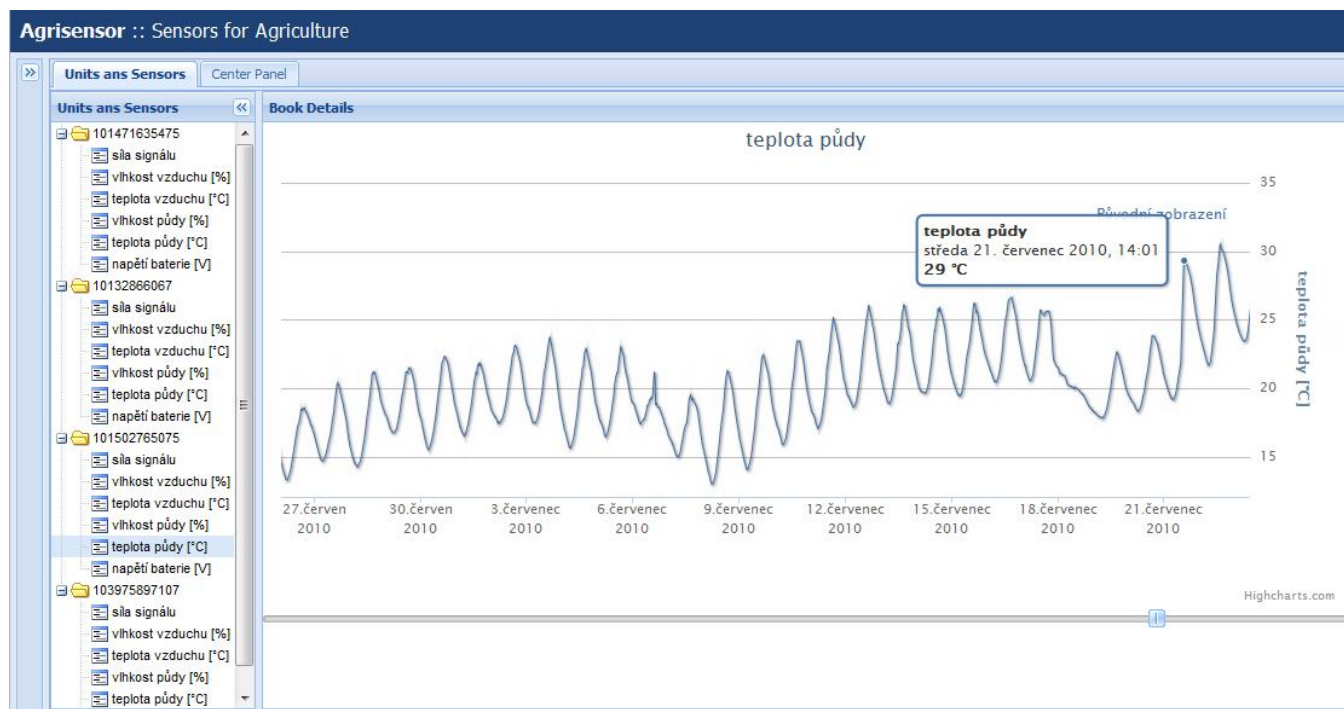
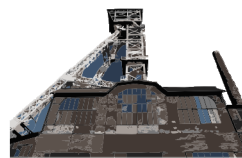
Kartografická vizualizace sensorových dat pro veřejné účely je obvykle označována jako pervasivní mapování. Pozornost bude soustředěna do tří základních oblastí kartografické problematiky, a to na efektivní vizualizaci sensorických dat v reálném čase prostřednictvím vybraných kartografických prostředků, modelování sledovaných prostorových jevů pomocí vhodných interpolačních procedur a jejich následnou kartografickou prezentaci a konečně na vizualizaci trendu změny sensorických dat a jejich případnou predikci.

Výsledky

V rámci úkolů kartografické vizualizace byl v souladu s návrhem Shneidermana (1996) vytvořen koncept vizualizace dat sensorů, který zahrnuje 3 základní kroky:

- Vytvoření přehledného obrazu – základní přehled dostupných dat, a to jak pro vizualizaci samotných datových záznamů, tak pro zobrazení sensorových nodů na geografických podkladech.
- Možnost zvětšení (zoom) a výběru – přímá interakce s naměřenými hodnotami, zejména možnost volby prostorového a časového rozmezí. Možnost výběru pouze specifických hodnot sensorů (teplota, tlak, vlhkost a další).
- Poskytnutí detailů na požádání – podle požadavků uživatelů.

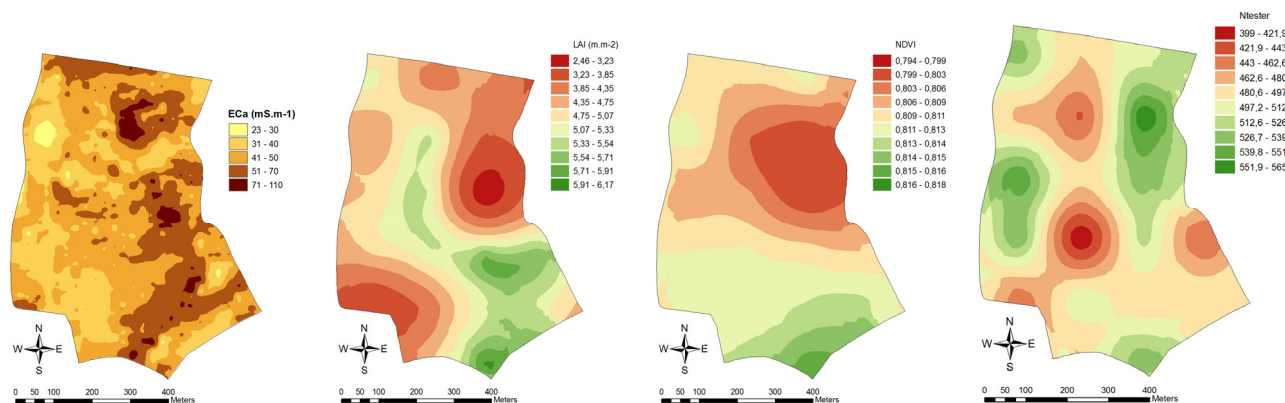
Koncept počítá s možností využití více pohledových (multiview) vizualizací pro více sledovaných proměnných (multivariate views). Pro data z lokality Žabčice v současné době funguje experimentální webový portál pro vizualizaci naměřených dat (obr. 3), na kterém je ověřován základní navržený koncept.



Obr. 3: Návrh webového rozhraní pro vizualizaci naměřených dat senzorů.

Druhá oblast kartografické vizualizace souvisí se zjištěním základních agronomicky relevantních informací o prostorové variabilitě pokusných lokalit. V rámci tohoto úkolu bylo provedeno mapování půdních podmínek nepřímými metodami – měřením elektrické vodivosti půdy (ECa), mapování reliéfu terénu pomocí DGPS, měření utužení půdy a měření teploty a vlhkosti půdy. Dále byl na pokusných pozemcích zjišťován stav porostu

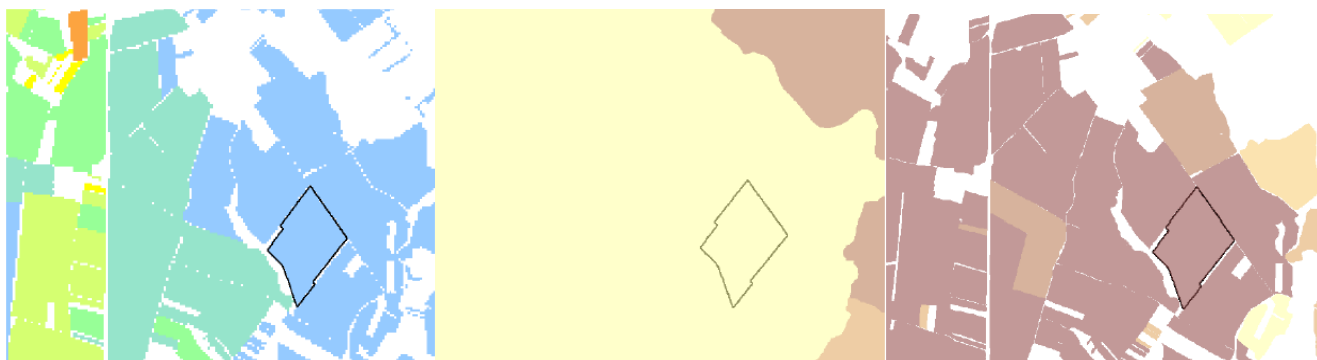
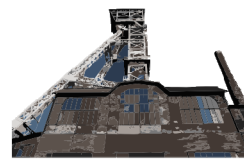
pomocí pozemního měření strukturních parametrů porostu (index listové pokrývnosti - LAI, výška rostlin) a výživného stavu rostlin nepřímými optickými metodami (kontaktní měření vegetačního indexu NDVI, měření chlorofylmetrem). Detailní popis použitých interpolačních metod pro vyhodnocení měření lze nalézt v Lukas (2009). Ukázka výsledků mapování je na obr. 4.



Obr. 4 Ukázka výsledků mapování prostorové variability půdy (elektrická vodivost půdy, LAI, NDVI, chlorofylmetr)

Pro vybrané zemědělské lokality byl zpracován katalog geodat dostupných prostřednictvím WMS (Obr. 5) a vytvořena základní geodatabáze lokálních dat a externích zdrojů WMS a testovány možnosti jejich vizualizace ve

webovém prostředí. Byla testována možnost vizualizace kartodiagramů v prostředí WMS (Map and Diagram Services) podle metodiky navržené Iosifescu a kol. (2007).



Obr. 5: Ukázka WMS zdrojů v kombinaci s hranicí pozemku pro lokalitu Pachtý (ohrožení půdy erozí, potenciální ohrožení vodní a větrnou erozí, WMS CENIA).

V souladu s navrhovanou koncepcí vizualizace byly vytvořeny datové podklady pro detailní pohledy na umístění senzorů včetně stávajících zemědělských plodin a jejich historie (obr. 6)

Diskuze

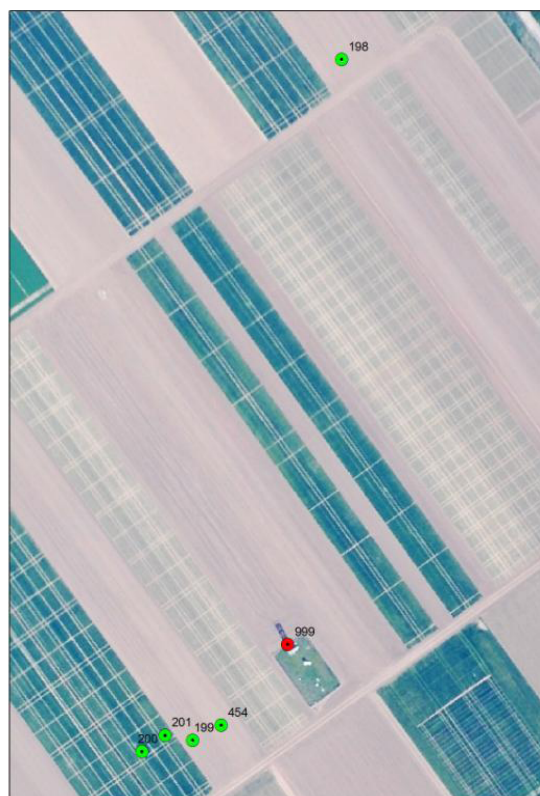
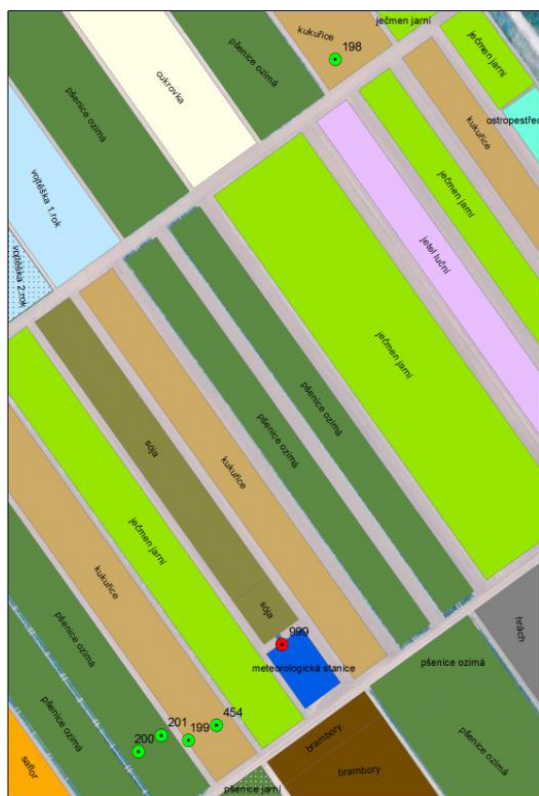
Zerger a kol. (2010) považují za významné se při budoucím vývoji WSN zaměřit na následující body:

1. validaci výsledků senzorů pro určení efektivnosti měření v porovnání s tradičními metodami,
2. posun ze single-node k multi-node architektuře sítí,
3. spojení WSN zaměřených na různé oblasti pro zkoumání vzájemných vztahů (např. sledování

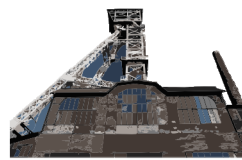
meteorologických charakteristik a monitoring vegetace) a

4. provádět zpracování dat a analýzy *in situ* pro redukcí přenosu a ukládání dat.

Projekt Agrisensor reaguje především na první tři uvedené body, a to následujícím způsobem. Validace výsledků senzorů probíhá v návaznosti na budování znalostní databáze, která bude zahrnovat měření z dvou následujících vegetačních období a dále agrochemická data získaná měřením přímo na pozemcích popisující prostorovou variabilitu jednotlivých naměřených proměnných.



Obr. 6 : Detailní pohled na rozmístění senzorů na odlišných geografických podkladech.



Bod 2 souvisí s použitou technologií přenosu informací mezi senzory navzájem a následnou komunikací se serverem. Byly navrženy a přímo v terénu implementovány dva základní typy komponent senzorové sítě:

- L1 radiový – komunikační obvod (ZigBee nebo jiná IEEE norma) s řídicím procesorem a digitálně analogovými vstupy/výstupy s připojenými čidly pro vlhkost půdy, teplotu půdy a teplotu a vlhkost vzduchu.
- L2 mobilní komunikační jednotka na bázi ARM procesoru a GPRS (eventuálně pouze Wifi) komunikace s rozhraním pro připojení vlastních senzorů (meteočidlo, pyranometr) a příslušným rádiovým modulem pro příjem senzorových dat z podřízených senzor node L1. Senzor node L2 zajišťuje také předzpracování dat.

Třetí oblast bezprostředně souvisí s podstatou projektu, kdy senzory měří jak vegetační, tak meteorologické charakteristiky. V současné době probíhá jednání s ČHMÚ o možnosti validace a srovnání meteorologických charakteristik získaných v rámci projektu s měřením prováděným na stanicích ČHMÚ v okolí pokusných ploch.

Závěr

Mapování, modelování a kartografická vizualizace prostorové a časové variability agrochemických a meteorologických charakteristik může významně napomoci rozhodování o konkrétním agronomickém postupu pro sledované lokality. Projekt AgriSensor kombinuje konceptuální testování kartografických metod vizualizace senzorických sítí v zemědělství s pilotním nasazením senzorů na vybraných lokalitách. Úspěšná validace těchto senzorů, kombinace s dostupnými geografickými podklady a znalostní agrochemickou bází má význam nejenom z pohledu základního výzkumu, ale také s ohledem na možnosti širšího použití celého řešení v praxi.

Příspěvek byl vytvořen v rámci projektu „Kartografická vizualizace senzorických sítí pro zemědělství (AgriSensor)“, který je financován Grantovou agenturou České republiky pod číslem 205/09/1437.

Použité zdroje:

Adresa autora:

RNDr. Petr Kubíček, CSc.
Geografický ústav
Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity
Kotlářská 2
611 37 Brno
kubicek@geogr.muni.cz

IOSIFESCU, I., HUGENTOBLE, M., HURNI, L. (2007): Cartographic extensions to OGC Web Map Services – Specifications for a Map and Diagram Service. In: Proceeding of the International Cartographic Conference, Moskva, 9 s.

KUBÍČEK, P., CHARVÁT, K., LUKAS, V. (2009): Cartographic visualization of agricultural sensor. In Sborník ze společné mezinárodní konference ISZL/CEE-SDI/ ICT for Rural 2009. Praha. 1. vyd. Praha : Česká zemědělská univerzita, 9 s.

LUKAS, V.(2009): Metody hodnocení variability půdních podmínek jako podklad pro diferencované provádění pěstebních zásahů. Disertační práce, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 170 s.

PIERCE, F. J., NOWAK, P., DONALD, L. S.(1999): Aspects of Precision Agriculture. Advances in Agronomy. vol. 67, s. 1-85.

REICHARDT, M. (2005): Sensor Web Enablement: An OGC White Paper, Open Geospatial Consortium (OGC), Inc. 156 s.

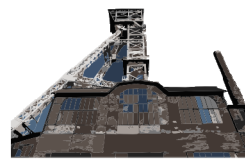
SHNEIDERMAN, B. (1996): The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. In Proceedings., IEEE Symposium on Visual Languages, s. 336–343.

WANG, N., ZHANG, N., WANG, M.(2006): Wireless sensors in agriculture and food industry - Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture. vol. 50, no. 1, s. 1-14.

ZERGER, A., VISCARRA ROSSEL, R. A., SWAIN, D. L., WARK, T., HANDCOCK, R. N., DOERR, V. A. J., BISHOP-HURLEY, G. J., DOERR, E. D., GIBBONS, P. G., LOBSEY, C. (2010):Environmental sensor networks for vegetation, animal and soil sciences. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation., vol. 12, no. 5, s. 303-316.



XXII SJEZD ČESKÉ GEOGRAFICKÉ SPOLEČNOSTI OSTRAVA 2010



Ing. Vojtěch Lukas, PhD
Agronomická fakulta
Ústav agrosystémů a bioklimatologie
Mendlova univerzita v Brně
Zemědělská 1
613 00 Brno
vojtech.lukas@mendelu.cz