

# A Geospatial Data Infrastructure Deploying an Information and Knowledge Platform for the Agriculture Sector

Tomáš KLIMENT<sup>1</sup>, Gloria BORDOGNA<sup>2</sup>, Luca FRIGERIO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia, tkliment@geof.hr

<sup>2</sup> National Research Council of Italy (CNR), Piazzale Aldo Moro,7 - 00185, Roma, Italy, gloria.bordogna@idpa.cnr.it, lavoro.luca@gmail.com

**Abstract.** The paper reports a case study on the design and development of an Information and Knowledge-based Platform (IKP), whose core is a Geospatial Data Infrastructure (GDI). The IKP aims to support the agriculture sector in the Lombardy region of Italy. The main novelty of the present work is related primarily to the management of geospatial data sets and time series from heterogeneous data sources. Authoritative bodies provide access to databases of agricultural declarations, agronomic cadastral maps, and real-time meteorological data. Research institutions produce geospatial data sets and time series by processing and analysing remote sensing images, both multispectral optical and SAR (Synthetic Aperture Radar) images. Finally, citizens and volunteers, such as farmers, or on-field operators belonging to agricultural associations, report *in situ* observations using smart technologies. The technological framework presents a novel approach related both to the workflow management of geospatial data sets and time series of heterogeneous sources, and the integrated processing of Volunteered Geographic Information (VGI) within a GDI. The paper describes a prototype IKP, which provides a feasible solution that can be used for technology transfer in the real implementation of the IKP in regional and national agriculture sectors.

**Keywords:** ICT, Geospatial and Mainstream Web, GDI, metadata, geospatial data, automation, VGI, Remote Sensing Data, Sensor Data, Agro Geoinformatics, Space4Agri

## 1 Introduction

Modern agriculture has a major impact on the environment (Charvat et al., 2014a). Farms and pasturelands can cause erosion, desertification, chemical pollution and water shortages. These risks need to be monitored and managed in an effective and efficient way (Lackóová et al., 2013). One way of improving sustainable agriculture is the application of geoinformatics. Agro-geoinformatics is the science and technology of handling digital agro-geoinformation, and includes collecting, storing, accessing through visualizations and similar means, analysing, synthesizing, presenting, and disseminating relevant geospatial information (Han et al., 2012). Agricultural geoinformation can play a key

role in decision-making and policy formulation processes in agro planning (by supporting administrators in exerting better control and making decisions), agro practices (by supporting farmers in maximizing results while optimizing costs and time), and forecasting crop yields, thus pre-empting financial speculation. Recent advances in geoinformatics have created new opportunities for supporting best practices in agricultural management, monitoring, and planning (Kaivosoja et al., 2014).

Current issues in agro-geoinformatics research have focused on reducing chemical and fertilizer costs through more efficient processes, thus minimizing pollution, or on providing support for farmers in recording applied agro practices in relation to achieved profit

# Infrastruktura prostornih podataka koja razvija platformu informacija i znanja za poljoprivredni sektor

Tomáš KLIMENT<sup>1</sup>, Gloria BORDOGNA<sup>2</sup>, Luca FRIGERIO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, tkliment@geof.hr

<sup>2</sup> National Research Council of Italy (CNR), Piazzale Aldo Moro, 7 - 00185, Rim, Italija, gloria.bordogna@idpa.cnr.it, lavoro.luca@gmail.com

**Sažetak.** U radu se izvještava o studiju slučaja o planiranju i razvoju Platforme utemeljene na informacijama i znanju (*Information and Knowledge-based Platform – IKP*), čiju jezgru čini Infrastruktura geoprostornih podataka (*Geospatial Data Infrastructure – GDI*). Platforma je namijenjena podržavanju poljoprivrednog sektora u Lombardiji u Italiji. Glavna novina u ovom radu odnosi se na upravljanje skupovima prostornih podataka i vremenskih serija iz heterogenih izvora podataka. Tijela vlasti omogućuju pristup bazama podataka poljoprivrednih deklaracija, agronomskih katastarskih karata i meteoroloških podataka u stvarnom vremenu. Istraživačke ustanove proizvode skupove geoprostornih podataka i vremenske serije obradom snimaka dobivenih daljinskim istraživanjima, i to multispektralnih optičkih i slika SAR-a (*Synthetic Aperture Radar*). Konačno, građani i dobrovoljci, kao što su farmeri i poljoprivredni radnici na terenu izvješćuju o opažanjima *in situ* upotrebom pametnih tehnologija. Tehnološki okvir predstavlja novi pristup upravljanju geoprostornim skupovima podataka i vremenskim serijama heterogenih izvora te integriranoj obradi dobrovoljnih geoinformacija (*Volunteered Geographic Information – VGI*) u okviru infrastrukture geoprostornih podataka. Rad opisuje prototip IKP-a koji omogućuje ostvarljivo rješenje koje se može primijeniti pri prijenosu tehnologije u stvarnoj provedbi IKP-a u državnim i regionalnim poljoprivrednim sektorima.

**Ključne riječi:** ICT, geoprostorni i glavni web, infrastruktura geoprostornih podataka, metapodaci, geoprostorni podaci, automatizacija, dobrovoljne geoinformacije, podaci daljinskih istraživanja, podaci senzora, agrogeoinformatika, Space4Agri

## 1. Uvod

Suvremena poljoprivreda ima velik utjecaj na okoliš (Charvat i dr., 2014a). Farme i pašnjaci mogu dovesti do erozije, pustinja, kemijskog zagađenja i nestašice vode. Te je rizike potrebno nadzirati i upravljati njima na učinkovit način (Lackóová i dr., 2013). Primjena geoinformatike jedan je od načina poboljšanja održivog razvoja poljoprivrede. Agrogeoinformatika je znanost i tehnologija upravljanja digitalnim agrogeoinformacijama i uključuje prikupljanje, pohranu, pristup putem vizualizacija i sl., analiziranje, sintetiziranje, prikazivanje i rasprostranjivanje relevantnih geoprostornih informacija (Han i dr., 2012). Poljoprivredne geoinformacije mogu igrati ključnu ulogu u donošenju odluka i politika u pol-

joprivrednom planiranju (pružanjem podrške upraviteljima za bolje upravljanje i donošenje odluka), poljoprivrednoj praksi (pružanjem podrške farmerima kako bi postigli najbolje rezultate s najmanje sredstava i vremena) te prognoziranju prinosa usjeva, sprečavajući financijske spekulacije. Nedavni napredak geoinformatike omogućio je nove prilike za podršku poljoprivrednom upravljanju, nadziranju i planiranju (Kaivosoja i dr., 2014).

Aktualna agrogeoinformatička istraživanja usmjeravaju se na smanjenje cijena kemikalija i gnojiva putem efikasnijih procesa i smanjivanjem zagađenja ili na pružanje podrške poljoprivrednicima u evidentiranju primijenjene poljoprivredne prakse u odnosu na postignutu zaradu. Iako te tehnologije potencijalno mogu unaprijediti poljoprivredu, one još nisu usvojene u praksi

margins. Although these technologies have the potential to improve agriculture, they have not yet been adopted in practice, due to the lack of an integrated platform, or rather an Information and Knowledge Platform (IKP) to manage and provide access to heterogeneous multisource data sets and time series, to support several use cases as outlined above (Seelan et al., 2003). Within this framework, we describe the IKP designed and implemented as part of the Space4Agri (S4A) project, for the integration of multisource Earth Observations with the aim of monitoring agriculture sector activities in the Lombardy region. The Lombardy region is Italy's leading agricultural area, covering around 24 thousand km<sup>2</sup>. Farmers represent 2% of the population and cultivate about 80% of the agricultural land (Acutis et al., 2014). The S4A has attempted to answer the need, arising at both the regional and national levels, for the agro-food sector to support efficient and effective ways of planning and managing cropping systems, water stress and the impact of climate changes which increasingly frequently affect the territory. In this context, the project has designed and developed an IKP for managing geospatial and mainstream information based on standard mainstream and geospatial communication technologies. The S4A project tackles three main technological and scientific areas: SPACE, AERO and IN SITU (Kliment et al., 2014).

The paper will provide insights into the design and implementation of the S4A IKP. The outline of the paper is as follows: the first part presents an overview of the state of the art; the next sets out several key aspects of the methodology to be followed in order to design an IKP, by illustrating specific use cases considered in the project, and the importance of automating raster and vector geospatial data and related metadata web deployment, and finally, the contributions are summarised and overall conclusions drawn with future perspectives.

## 2 State of the Art

A thorough survey of agrosience exploiting geoinformatics technologies can be found in (Oerke et al., 2010) where a section is devoted to describing sensor and sensing technologies in crop protection stemming from the use of remote sensing for precision crop protection from diseases and weed identification, while another section reports on methods of decision support for the agronomic sector based on spatial data management. Past and ongoing research on precision farming has tackled the problem of providing timely geoinformation for stakeholders by applying integrated platforms.

For instance, climate changes have caused variations in local weather, to the extent that drought and long dry spells may affect agricultural production dramatically, even in temperate and continental areas. Desertification from wind and water erosion, salinization, overgrazing, drought and wildfires also lead to global food insecurity (FAO, 2011). However, geoinformation provided for farmers on an integrated platform, such as the real-time status of their farmland, weather data, and the impact of various agricultural practices and climatological scenarios, may help them make decisions, for example in strategic crop management and planning, or adjust their agricultural practices, to maintain crops in peak condition. The specific objective of agro-geoinformatics has focused on the accurate georeferencing of cultivated fields, crops and seeding, as in (Norremark et al., 2007). A very recent agricultural information service platform, called FieldTouch, was built and tested on the geospatial data infrastructure (GDI) and crop modelling framework (Honda et al., 2014). Farmers in Hokkaido, Japan, use these services to optimize daily agricultural practices, e.g. planning and targeting areas where more fertilizer should be applied to enhance the homogeneity of growth and robustness of crops in the fields. *FieldTouch* integrates multi-scale sensor data for field monitoring and provides functionality for recording agricultural practices, along with final support for farmers in decision-making, for example in fertilizer management. Rapid Eye satellite images are used for monitoring vegetation status, which is updated every two weeks. Using this information, the user can explore the effects of timing sowing in given climatic conditions, along with soil and crop management. The German project *preagro* set up a management information system through which many different, heterogeneous datasets could be collected (Nash et al., 2009). The data pool built from actual farms formed an ideal basis for the development of data models and a data storage system with real characteristics for Precision Agriculture. The data pool was also used for the extraction of important Precision Agriculture related metadata to describe the data and implement a data archiving system, with retrieval in a catalogue system. A metadata profile based on the Content Standard for Digital Geospatial Metadata was also developed.

The European-funded project *GeoWebAgri* (Jackenroll, 2013) evaluates the handling of spatial data within an extensible, decentralized Spatial Data Infrastructure (SDI). An SDI consists of components, users and data, along with the network and in-between interfaces. To deliver spatial data to the users of *GeoWebAgri*, localized in different places, with varying special interests and

zbog nedostatka integrirane platforme, odnosno platforme utemeljene na informacijama i znanju (*Information and Knowledge Platform* – IKP) kojom bi se upravljalo i omogućavalo pristup skupovima podataka iz više izvora i vremenskih serija (Seelan i dr., 2003). Unutar tog okvira opisujemo IKP koja je planirana i provedena kao dio projekta *Space4Agri* (S4A) za ugradnju opažanja Zemlje iz više izvora s ciljem nadziranja sektora poljoprivrednih aktivnosti u Lombardiji. Lombardija je glavno poljoprivredno područje Italije koje pokriva oko 24 000 km<sup>2</sup>. Poljoprivrednici čine 2% populacije i obrađuju približno 80% poljoprivrednog zemljišta (Acutis i dr., 2014). Projektom S4A nastoji se zadovoljiti potreba na državnoj i regionalnoj razini da poljoprivredni sektor podržava učinkovite načine planiranja i upravljanja usjevima, vodom i utjecajem klimatskih promjena koje sve više djeluju na tlo. U takvom je kontekstu projekta planirana i razvijen IKP za upravljanje geoprostornim i matičnim informacijama utemeljenima na standardnim i geoprostornim komunikacijskim tehnologijama. Projekt S4A bavi se trima glavnim tehnološkim i znanstvenim područjima: SPACE, AERO and IN SITU (Kliment i dr., 2014).

U ovom se radu opisuje planiranje i izvršavanje IKP-a projekta S4A. Rad je organiziran na sljedeći način: u prvom se dijelu prikazuje trenutačno stanje tehnologije, nakon toga se izdvajaju ključni aspekti metodologije za planiranje IKP-a ilustriranjem slučajevima koje se razmatra u okviru projekta te važnost automatizacije rasterskih i vektorskih geopodataka i metapodataka na internetu. Na posljetku se daje rezime doprinosa i donose zaključci sa smjernicama za buduća istraživanja.

## 2. Trenutačno stanje tehnologije

Sveobuhvatan prikaz poljoprivrednih geoinformatičkih tehnologija dali su Oerke i dr. (2010), gdje je jedno poglavlje posvećeno tehnologijama zaštite usjeva upotrebom daljinskih istraživanja za zaštitu od bolesti i korova, a u drugom su poglavlju opisane metode podrške donošenju odluka za agronomski sektor koje se temelje na upravljanju prostornim podacima. Prošla i sadašnja istraživanja bave se problemom pružanja ažurnih geoinformacija dionicima kroz ugrađene platforme. Na primjer, klimatske promjene uzrokovale su varijacije u lokalnom vremenu do te mjere da su dugotrajne suše dramatično utjecale na poljoprivrednu proizvodnju, čak i u umjerenim i kontinentalnim područjima. Pretvaranje tla u pustinju zbog erozije vjetrom i vodom, salinizacija, pretjerana ispaša, suše i požari također dovode do globalnog pomanjkanja hrane (FAO, 2011). Međutim, geoinformacije koje se poljoprivrednicima dostavljaju na ugrađenoj platformi kao što su

status njihovog zemljišta u realnom vremenu, podaci o vremenu i utjecaj različitih poljoprivrednih praksi i klimatoloških scenarija može im pomoći pri donošenju odluka, na primjer u strateškom upravljanju usjevima. Specifičan cilj agrogeoinformatike je točno georeferenciranje obradivog tla, usjeva i sijanja, što su opisali npr. Norremark i dr. (2007). *FieldTouch* je nova platforma za poljoprivredne informacije koja je izgrađena i testirana u okviru infrastrukture geoprostornih podataka (*Geospatial Data Infrastructure* – GDI) i modeliranja usjeva (Honda i dr., 2014). Poljoprivrednici na Hokkaidu u Japanu primjenjuju te usluge kako bi optimirali dnevnu poljoprivrednu praksu, npr. planirali i ciljali područja na kojima je potrebno primijeniti više gnojiva kako bi poboljšali rast biljaka. *FieldTouch* uključuje senzorske podatke iz više izvora za nadziranje polja i omogućuje evidentiranje poljoprivredne prakse, kao i podršku farmerima pri donošenju odluka, na primjer u upravljanju gnojivom. Stanje vegetacije ažurira se svaka dva tjedna upotrebom satelitskih snimaka. Korisnik može primijeniti te informacije kako bi predvidio utjecaje sijanja u određeno vrijeme u danim klimatskim uvjetima te upravljao tlom i usjevima. Njemački projekt *preagro* postavio je sustav upravljanja informacijama kojim se mogu prikupljati heterogeni skupovi podataka (Nash i dr., 2009). Podaci sa stvarnih farmi čine idealan temelj za razvoj modela podataka i sustava pohrane sa stvarnim svojstvima za preciznu poljoprivredu. Podaci su također upotrijebljeni za dobivanje važnih metapodataka za opis podataka i provođenje sustava pohrane podataka i katalogiziranja. Razvijen je i profil metapodataka utemeljen na *Standardu sadržaja za digitalne geoprostorne metapodatke* (*Content Standard for Digital Geospatial Metadata*).

Europski financiran projekt *GeoWebAgri* (Jackenkroll, 2013) razmatra rukovanje prostornim podacima u okviru nadogradive, decentralizirane infrastrukture prostornih podataka (*Spatial Data Infrastructure* – SDI). SDI se sastoji od komponenata, korisnika i podataka, kao i mreže sa sučeljima. Kako bi se prostorni podaci mogli dostaviti korisnicima projekta *GeoWebAgri* koji se nalaze na različitim mjestima i imaju različite interese i potrebe, postavljena je internetska arhitektura između klijenata i poslužitelja. Dionici te infrastrukture su poljoprivrednici, industrija poljoprivrednih strojeva, znanstvenici, poljoprivredni savjetnici, vlasti, tvrtke i proizvođači te vanjski pružatelji usluga. Svaka od tih skupina je potencijalan pružatelj i korisnik podataka (npr. poljoprivredni strojevi u smislu senzorske opreme, tvrtke u smislu satelitskih podataka, vlasti u smislu tematskih karata). Budući da je pojedinim korisnicima ograničen pristup skupovima podataka, SDI upravlja razinom sigurnosti na razini skupina korisnika.

data access needs, a web-service-based client-server-architecture has been set up. The stakeholders of this infrastructure are farmers, the farming machinery world, scientists, agricultural consultants, public authorities, companies and manufacturers, and external service providers. Each group is a potential data provider and can be a user of these data sets (e.g. farming machinery in terms of sensor equipment, companies in terms of satellite data, authorities in terms of thematic maps). Since the data sets may be subject to availability restrictions for certain users, levels of data security among users, providers and consumers are managed by the SDI at the group level.

### 3 Designing an Information and Knowledge Platform

When designing an information and knowledge platform on top of a GDI, several key steps (aspects, assumptions) must first be identified, for example:

- (i) the objectives and scope of use
- (ii) the users or main stakeholders, and which actors have a role in use cases (user scenarios)
- (iii) the type of application provided to achieve the objectives and accomplish specific use cases (applicability)
- (iv) the type of geoinformation resources to be accessed and shared, and the necessary storage components
- (v) the services for sharing geoinformation and those operating between the components of the infrastructure
- (vi) the functionalities required for client applications (geoportal, smart APP, etc.).

When all the relevant information is compiled, the final step is to design the IKP architecture. In the following section, we use the S4A project as a case study to show the requirements that constrained the design of the S4A-IKP.

#### 3.1 Main Objectives and Scope of Use

In the design of the S4A-IKP the following main objectives have been the driving forces:

- *Research Data Exploitation* – to allow the research teams involved to disseminate and share their modelling and analysis results effectively, along with the underlying data sets.
- *Integrated Data Platform* – to support the integration of existing multi-source data, i.e. data and products from remote sensing (SPACE domain), from real-time *in-situ* sensors (IN-SITU domain), and from existing and newly-built geodatabases. For instance,

data that serve as input for scientific models or reference data for comparative analysis, such as the CAP (Common Agricultural Policy) agronomic declarations database for payment to the Lombardy regional authority, that provides ground truth for the satellite image crop classifier learning phase, and meteorological data that can provide ancillary explanatory information with respect to crop phenology maps.

- *Personalized Web Interfaces* – to offer robust examination and analysis means to support various stakeholders, such as individual farmers, on-field operators and regional operators in the sector, to perform tasks such as optimizing crop practices, planning on-field surveys, and managing agronomic bulletins.

#### 3.2 Stakeholder Scenarios and Designed System Components

The matrix representing relationships among the proposed main stakeholder roles and associated user scenarios, the S4A-IKP architecture components, and their main functionalities, are described in Table 1.

#### 3.3 Use Case Definition

The following three main use cases identified by domain experts' knowledge formed the basis for the S4A IKP design and implementation (Kliment, et al., 2014):

1. *Accessing interoperable agro-meteorological geospatial information*: the designed use case is assembled through a starting data collection phase by different sensors, such as meteorological stations, satellites, and *in situ* by experts, using smart applications installed on mobile devices. This information is integrated in the GDI and processed by experienced researchers/analysts. The output of the analysis is turned into expert knowledge. This information is available to decision-makers, who exploit it for making decisions on agro sector policies, and may identify and communicate personalized relevant information to the final stakeholders, public and farmers.
2. *Issuing alerts about anomalous crop states*: as described in the previous use case, the workflow is assembled through a starting data collection phase. Crop stages are detected by remote observation through the computation of indicators (Boschetti et al., 2009) and/or *in situ* observations collected by volunteers (voluntary contributions by students and citizens). Observations of critical conditions (potential

### 3. Planiranje IKP-a

Na početku planiranja IKP-a povrh infrastrukture geoprostornih podataka, potrebno je utvrditi nekoliko ključnih koraka (aspekata, pretpostavki), na primjer:

- (i) ciljeve i okvir upotrebe;
- (ii) korisnike ili glavne dionike te osobe koje imaju ulogu u scenarijima upotrebe;
- (iii) tip primjene kojim se ostvaruju ciljevi i slučajevi specifične upotrebe (primjenjivost);
- (iv) tip geoinformacijskih resursa kojima će se pristupati i koje će se dijeliti te potrebne komponente pohranjivanja;
- (v) usluge za dijeljenje geoinformacija i usluge koje upravljaju komponentama infrastrukture;
- (vi) funkcionalnosti koje zahtijevaju primjene klijenta (geoportal, smart APP, itd.).

Kad se skupe sve potrebne informacije, zadnji je korak planiranje arhitektura IKP-a. U tekstu koji slijedi na primjeru projekta S4A pokazujemo zahtjeve koji su ograničili planiranje S4A-IKP-a.

#### 3.1. Glavni ciljevi i okvir upotrebe

Sljedeći su ciljevi pokretali planiranje S4A-IKP-a:

- *Upotreba istraživačkih podataka* – kako bi se omogućilo uključenim timovima istraživača učinkovito dijeljenje njihovih rezultata, kao i skupova podataka.
- *Ugrađena platforma podataka* – kako bi se podržalo ugrađivanje podataka iz više izvora, tj. podataka i proizvoda daljinskih istraživanja (područje SPACE), iz senzora u stvarnom vremenu *in situ* (područje INSITU) i postojećih i novih baza podataka. Na primjer, podaci koji su ulaz za znanstvene modele ili referentne podatke za komparativnu analizu, kao što je agronomska deklaracija za plaćanje lombardijskim vlastima CAP (*Common Agricultural Policy*), koja pruža istinitu osnovu za fazu učenja klasifikacije satelitskih snimaka usjeva i meteorološki podaci koji pružaju pomoćne informacije o fenološkim kartama usjeva.
- *Personalizirana web sučelja* – kako bi se pružili robustni načini istraživanja i analize različitim dionicima, kao što su pojedinačni poljoprivrednici, operatori na terenu i regionalni operatori u sektoru, za izvršavanje zadataka kao što su optimizacija usjeva, planiranje istraživanja na terenu i upravljanje agronomskim glasilima.

#### 3.2. Scenariji dionika i planirane komponente sustava

Matrica koja prikazuje odnose među glavnim dionicima i povezanim scenarijima korisnika, komponente arhitekture S4A-IKP-a i njihove glavne funkcionalnosti prikazani su u tablici 1.

#### 3.3. Definiranje scenarija primjene

Sljedeća tri glavna scenarija primjene (*use case*) koja su definirali stručnjaci činila su osnovu za planiranje i provedbu S4A IKP-a (Kliment i dr., 2014):

1. *Pristupanje interoperabilnim agrometeorološkim geoprostornim informacijama*: planirani scenarij primjene sastavlja se iz početne faze prikupljanja podataka različitim senzorima, kao što su meteorološke postaje, sateliti i pametne aplikacije na mobilnim uređajima. Te informacije iskusni istraživači/analitičari povezuju u GDI i obrađuju. Rezultat analize postaje stručno znanje. Te su informacije dostupne donositeljima odluka, koji ih upotrebljavaju pri odlučivanju o politikama u agronomskom sektoru te mogu prenijeti bitne informacije konačnim dionicima, javnosti i poljoprivrednicima.
2. *Izdavanje upozorenja o nenormalnom stanju usjeva*: kao što je opisano u prethodnom slučaju, rad započinje fazom prikupljanja podataka. Stanje usjeva otkriva se daljinskim istraživanjima računanjem pokazatelja (Boschetti et al., 2009) i/ili dobrovoljnim opažanjima *in situ* (studenti i građani). Opažanja kritičnih uvjeta (potencijalnog stresa/odgode sezone usjeva) u poljoprivrednim područjima Lombardije automatski pokreću izradu karte upozorenja koju izdaje GDI, ističući prisutnost potencijalnih anomalija. Iskusni istraživači/analitičari pobliže analiziraju regije zainteresirane za anomaliju prikazanu na karti upozorenja.
3. *Prognoziranje potencijalnih budućih kritičnih situacija*: rad započinje fazom prikupljanja podataka na meteorološkim postajama, s pomoću satelita i stručnjaka. Mogu se uključiti i opažanja bespilotnim letjelicama. Stručnjaci analiziraju opažanja kritičnih uvjeta (potencijalan stres/odgoda sezone usjeva) u pogledu uvjeta koji pokreću mogući razvoj kritične situacije, kao što su meteorološke prognoze. Rezultat analize pretvara se u prognozu mogućeg razvoja kritične situacije usjeva u pojedinim područjima, a izdaje se u GDI-u i prenosi donositeljima odluka odgovarajućim komunikacijskim kanalima.

**Table 1.** Main stakeholder roles, S4A IKP components and user scenarios, and main functionalities

Main Stakeholder Roles and Related User Scenarios	S4A IKP Components	Main Functionalities
<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ <i>Farmer</i> or agronomists in private companies interested in analysing information on their own fields, for example to compare the time evolution of crops growth indicator (e.g. NDVI from satellite data) or forecasts (from model simulation) with the long term average, then analyse the spatial homogeneity of crop evolution in specific fields, or to receive timely alerts on potential stresses and infestations</li> <li>▫ <i>Regional operators</i> in the agronomic sector who may be interested in discovering the available geospatial data, consulting meteorological data, and comparing the temporal evolution and forecasts of crops growth in their region, possibly aggregated by hydrographic basins, municipal borders, or agronomic basins, with the long term average; they may also be interested in exporting data and geostatistics information for editing and the creation of an agronomic bulletin</li> <li>▫ <i>Researchers</i> in remote sensing and agronomy who are interested in analysing authoritative information on crop maps, meteorological data and in situ information on crop practices and phenology, to cross-validate or tune their processing and analysis tools for the generation of crop maps, crop phenology maps, crop harvesting estimates maps, etc.</li> </ul>	<p><i>S4A geoportal: a Web access point to heterogeneous, multi-source geospatial data of agronomic interest</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Data discovery</li> <li>▫ Geographical, statistical and tabular views on datasets</li> <li>▫ User profiles support for distinct roles and specific authentication and authorization mechanisms</li> <li>▫ Data access services for selected datasets in authorized user profiles</li> <li>▫ Querying the time series of aggregated data</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ <i>Researchers</i> who also need support in the web deployment phase for products, to make them available to access, search and use further through the Web.</li> <li>▫ <i>External third party applications</i> may cover defined scenarios where data available through the S4A IKP can be relevant to building new datasets, thus providing new information and extending knowledge</li> <li>▫ <i>Regional, national and continental geoportals</i> may benefit from open data shared from S4A IKP in supporting policy makers and improving services for citizens.</li> <li>▫ <i>Other research projects</i> may reuse the components developed and the methodologies implemented</li> </ul>	<p><i>S4A backend</i></p> <p><i>Geospatial data infrastructure</i></p> <p><i>Geo Web Services</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Services for geospatial data fusion</li> <li>▫ Services for VGI storage and management</li> <li>▫ Automatic publication of spatio-temporal data from raster and vector formats on the Web</li> <li>▫ Real-time publication of <i>in situ</i> VGI acquired by smart devices on the Web</li> <li>▫ Automatic metadata creation and indexing for datasets, series and services and publishing in line with INSPIRE and Italian RNDT metadata standards</li> <li>▫ APIs allowing reuse of data and functionality</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ <i>Researchers, farmers and agronomists</i> need a smart tool to support them with ease in documenting and storing field observation (e.g. phenology) on crop status and agro-practices</li> </ul>	<p><i>S4A APP: an application that can be used on a mobile device to create VGI</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Collection of free text information and pictures to document <i>in situ</i> observations;</li> <li>▫ Creation of tags about the phenology of a given crop and crop practices using a common ontology (BBCH).</li> </ul>

**Tablica 1.** Glavne uloge dionika, komponente S4A IKP-a i scenariji korisnika te glavne funkcionalnosti

Glavne uloge dionika i odgovarajući scenariji korisnika	Komponente S4A IKP-a	Glavne funkcionalnosti
<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ <i>Poljoprivrednici</i> ili agronomi u privatnim tvrtkama zanimaju se za analiziranje informacija s njihovih polja, na primjer kako bi usporedili pokazatelj rasta usjeva kroz vrijeme (npr. NDVI iz satelitskih podataka) ili prognoza (iz simulacija modela) s dugoročnim prosjekom, zatim analizirali prostornu homogenost promjene usjeva u pojedinim poljima ili kako bi dobili pravovremena upozorenja o potencijalnim zarazama</li> <li>▫ <i>Regionalni operateri</i> u agronomskom sektoru koje može zanimati istraživanje dostupnih geoprostornih podataka, proučavanje meteoroloških podataka i usporedba vremenskih promjena i prognoza rasta usjeva u njihovoj regiji, skupljenih po hidrografskim koritima, granicama područja ili agronomskim koritima s dugoročnim prosjekom; također ih može zanimati izvlačenje podataka i geostatističkih informacija za uređivanje i izrađivanje poljoprivrednog glasila</li> <li>▫ <i>Istraživači daljinskih istraživanja</i> i poljoprivrede koje zanimaju analiziranje mjerodavnih informacija karata usjeva, meteoroloških podataka i informacija in situ o praksi usjeva i fenologiji, kako bi provjerili ili uskladili svoje obrađivanje i alate za analizu za izrađivanje karata usjeva,</li> </ul>	<p><i>Geoportal S4A: web sjedište heterogenih geoprostornih podataka iz više izvora</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Otkrivanje podataka</li> <li>▫ Geografski, statistički i tablični prikazi skupova podataka</li> <li>▫ Podrška profila korisnika različitim ulogama i specifičnim mehanizmima ovjere i dozvole</li> <li>▫ Usluge pristupa podacima za izabrane skupove podataka u dozvoljenim profilima korisnika</li> <li>▫ Ispitivanje vremenskih serija skupljenih podataka</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ <i>Istraživači</i> koji također trebaju podršku u fazi razvoja proizvoda na internetu i stavljanju na raspolaganje, pretraživanje i upotrebu na internetu.</li> <li>▫ Vanjske aplikacije treće strane mogu pokriti definirane scenarije u kojima podaci dostupni kroz S4A IKP mogu biti bitni za izradu novih skupova podataka, davanju novih informacija i proširivanju znanja.</li> <li>▫ <i>Regionalni, državni i kontinentalni geoportali</i> mogu upotrebljavati otvorene podatke S4A IKP-a za podršku tvorcima politike i poboljšanju usluga za građane.</li> <li>▫ <i>Drugi istraživački projekti</i> mogu ponovno upotrijebiti razvijene komponente i metodologije.</li> </ul>	<p><i>Pozadina S4A</i></p> <p><i>Infrastruktura geoprostornih podataka</i></p> <p><i>Usluge Geo Web</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Usluge za fuziju geoprostornih podataka</li> <li>▫ Usluge za pohranu i upravljanje VGI-ja</li> <li>▫ Automatsko objavljivanje prostornovremenskih podataka iz rastera i vektora na internetu</li> <li>▫ Objavljivanje u stvarnom vremenu <i>in situ</i> VGI dobivenih pametnim uređajima</li> <li>▫ Automatska izrada metapodataka i indeksiranje skupova podataka, serija i usluga te objavljivanje u skladu s INSPIRE-om i talijanskim standardima metapodataka RNDT</li> <li>▫ API-ji omogućavaju ponovnu upotrebu podataka i funkcionalnosti</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ <i>Istraživači, poljoprivrednici i agronomi</i> trebaju pametan alat za olakšavanje dokumentiranja i pohrane terenskih opažanja (tj. fenologija) stanja usjeva i agronomске prakse</li> </ul>	<p><i>S4A APP: aplikacija za prijenosne uređaje za kreiranje VGI-a</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Prikupljanje slobodnih tekstualnih informacija i slika za dokumentiranje opažanja <i>in situ</i></li> <li>▫ Izrada oznaka o fenologiji pojedinog usjeva i agronomске prakse upotrebom zajedničke ontologije (BBCH).</li> </ul>



stress/delay in crop season) in agricultural areas of the Lombardy region trigger an alert map that is published in the GDI, thus highlighting the presence of potential anomalies. The regions interested in the anomaly shown on the alert map are analysed more closely by experienced researchers/analysts.

3. *Forecasting potential future critical situations:* the workflow is assembled through a starting data collection phase by meteorological stations, satellites, and experts. Additionally, observations from drones may be included, if available. Observations of critical conditions (potential stress/delay in crop season) are cross-analysed by experts in terms of conditions driving the possible evolution of a critical situation, such as meteorological forecasts. The output of the analysis is turned into forecasts on the possible evolution of the critical situation for crops in specific areas, published in the GDI and communicated via the proper communication channels to decision-makers.

### 3.4 Interoperability Requirements

The problems of interoperability have inspired us to carry out research related to an interoperable IKP for Precision Farming. The GDI behind the S4A-IKP should be designed in compliance with the latest international standards (W3C, OGC, ISO 19xxx) for service-based geospatial data access and sharing, and with established service-oriented Web technologies. The implementation rules of the European INSPIRE directive for metadata creation and its Italian RNDT counterpart should also be considered. A spatial data infrastructure can be used to provide a scalable, extensible solution based on well-defined standards. Web-services provide a way of accessing data and functions via standardized

interfaces. Data providers and users communicate based on a network connection, using standard network protocols and data formats. Existing standards should be used for the transfer and storage of geospatial data as defined by the OGC (OGC, 2007, Kresse & Fadaie, 2004): WMS (Web map service), WFS[-T] (Web feature service [transactional]), WCS (Web coverage service), WPS (Web processing service), GML (Geographic Markup Language), ISO 19115/19139 (Metadata standard for geographic data sets), SFS (Simple features specification) and CTS (Coordinate transformation service).

### 3.5 Architecture of the S4A Information and Knowledge Platform

In order to implement the proposed IKP, a common workflow of information, operations and stakeholders involved has been proposed (Fig. 1). On the left hand side of the diagram, heterogeneous multisource geospatial data represent inputs into the workflow as follows:

- The Lombardy Regional Authority of Agriculture provides dumps of its agronomic database of declarations.
- Authorized volunteers equipped with smart devices can provide free texts and pictures, for example pointing out observed crop stress, by using the S4A application. This information, before being published on the Web, may undergo quality assessment procedures performed and validated by a researcher.
- Real-time meteorological data measured by around a hundred meteorological *in situ* stations operated by the ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente) organization are collected from the Web, ingested in the S4A Geo Web Service component, and made available internally for remote sensing researchers to carry out analyses.

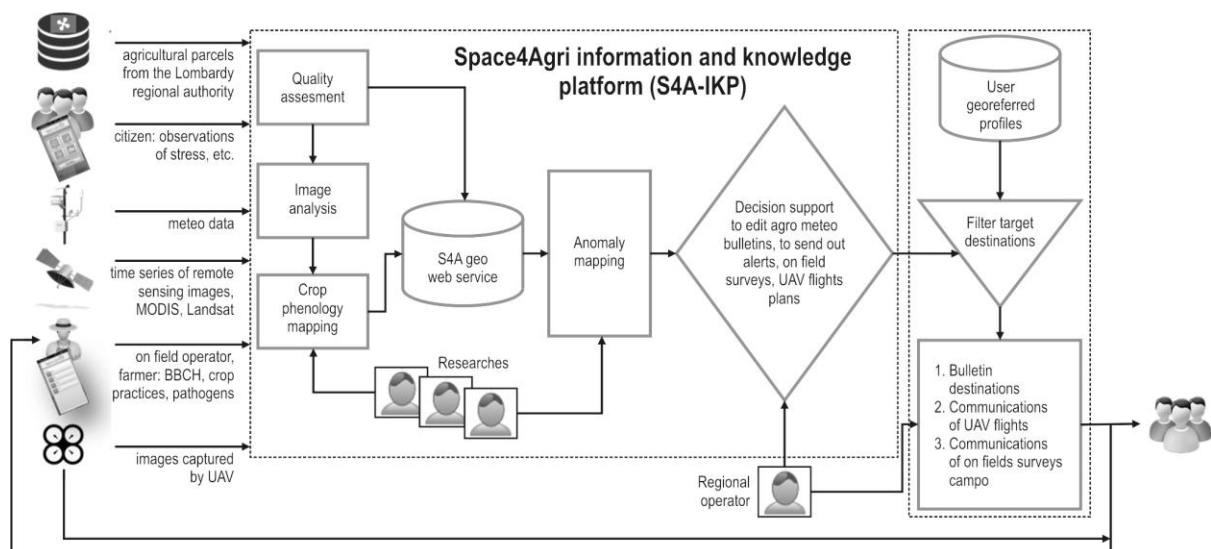
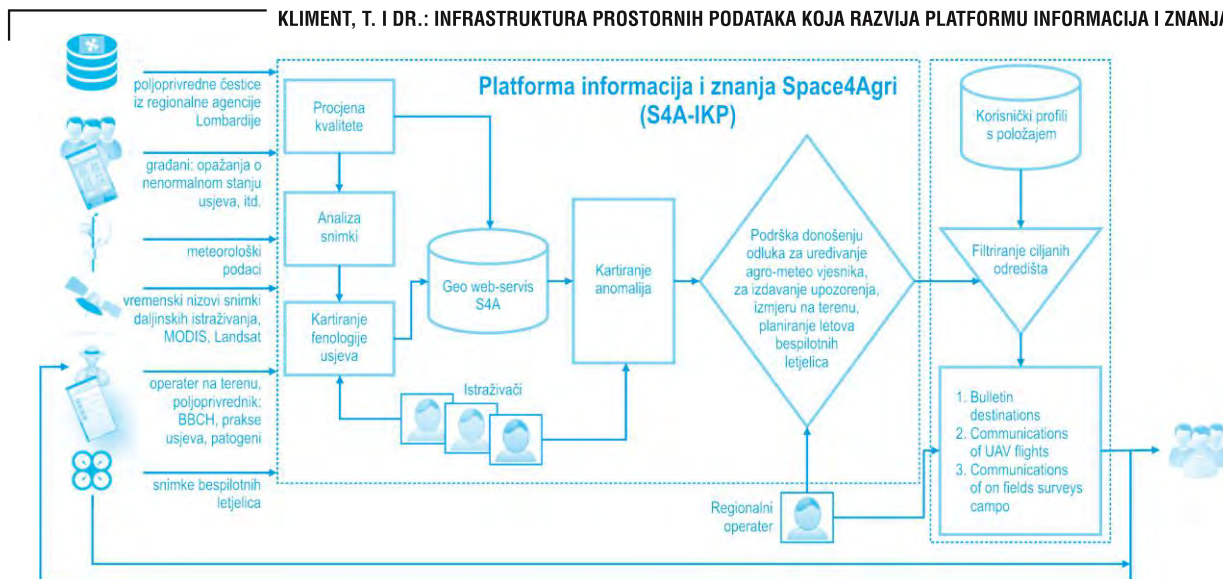


Fig. 1 Schema of the S4A IKP



Slika 1. Shema platforme informacija i znanja Space4Agri (S4A)

### 3.4. Zahtjevi za interoperabilnošću

Problemi interoperabilnosti motivirali su nas da provedemo istraživanje interoperabilnog IKP-a za preciznu poljoprivredu. GDI u pozadini S4A-IKP-a potrebno je planirati u skladu s najnovijim međunarodnim standardima (W3C, OGC, ISO 19xxx) za pristup geoprostornim informacijama i uhodanim internetskim tehnologijama pružanja usluga. Također treba razmotriti pravila provedbe europske direktive INSPIRE i njezine talijanske verzije RNDT. Infrastruktura prostornih podataka može se upotrijebiti za pružanje rješenja utemeljenog na dobro definiranim standardima koje je promjenljivo u mjerilu i koje se može proširiti. Web usluge omogućuju pristup podacima i funkcijama putem standardiziranih sučelja. Pružatelji podataka i korisnici komuniciraju putem interneta, upotrebom standardnih protokola i formata podataka. Postojeće standarde treba upotrebljavati za prijenos i pohranu geoprostornih podataka koje je definirao OGC (OGC, 2007, Kresse & Fadaie, 2004): WMS (*Web map service*), WFS[-T] (*Web feature service [transakcijski]*), WCS (*Web coverage service*), WPS (*Web processing service*), GML (*Geographic Markup Language*), ISO 19115/19139 (*Standard metapodataka za geografske skupove podataka*), SFS (*Simple features specification*) i CTS (*Coordinate transformation service*).

### 3.5. Arhitektura IKP-a S4A

Kako bi se predloženi IKP proveo, predložen je opći tok informacija, operacija i uključenih dionika (sl. 1). Na lijevoj strani sheme heterogeni geoprostorni podaci iz različitih izvora predstavljaju ulaz na sljedeći način:

- Lombardijska regionalna uprava za poljoprivredu daje svoju agronomsku bazu podataka deklaracija.

- Ovlašteni dobrovoljci s pametnim uređajima mogu pomoću aplikacije S4A slati slobodne poruke i slike koje na primjer pokazuju opažen stres usjeva. Prije nego što se te informacije objave na internetu, istraživači ih mogu podvrgnuti procjeni kvalitete.
- Meteorološke podatke u stvarnom vremenu koje opaža oko stotinu meteoroloških stanica *in situ* kojima upravlja ARPA (*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente*) prikupljaju se s interneta, ubacuju u komponentu S4A Geo Web Service i interno se stavljaju na raspolaganje istraživačima za provođenje analiza.
- Prikupljaju se vremenske serije snimaka dobivenih daljinskim istraživanjima i pojedinačni skupovi daljinskih podataka koje zatim obrađuju istraživači kako bi došli do proizvoda za različite tematske slojeve, poput spektralnih pokazatelja rasta usjeva (*Normalised Different Vegetation Index, Enhanced Vegetation Index*) ili prisutnosti vlage/vode (*Normalised Different Flood Index*) (Boschetti i dr., 2014) i fenoloških karata usjeva. Podaci se stavljaju na internet putem S4A Geo Web Servisa.
- Na terenu, agronomi i operatori mogu davati korisne informacije o stanju fenologije usjeva, prakse usjeva i mogućih zaraza i stresova na usjevima upotrebom pametne aplikacije S4A na prijenosnim uređajima (pametni telefoni, tableti, prijenosna računala).
- Na poslijetku, moguće je doći do slika visoke razlučivosti pojedinih područja s pomoću bespilotnih letjelica.

Geoprostorni podaci iz svih izvora stavljaju se na internet putem platforme S4A GDI i omogućuje im se pristup iz bilo koje aplikacije ili tipa geoportala u skladu sa standardima OGC-a (WMS, WMS-T, WFS, WCS i SOS).

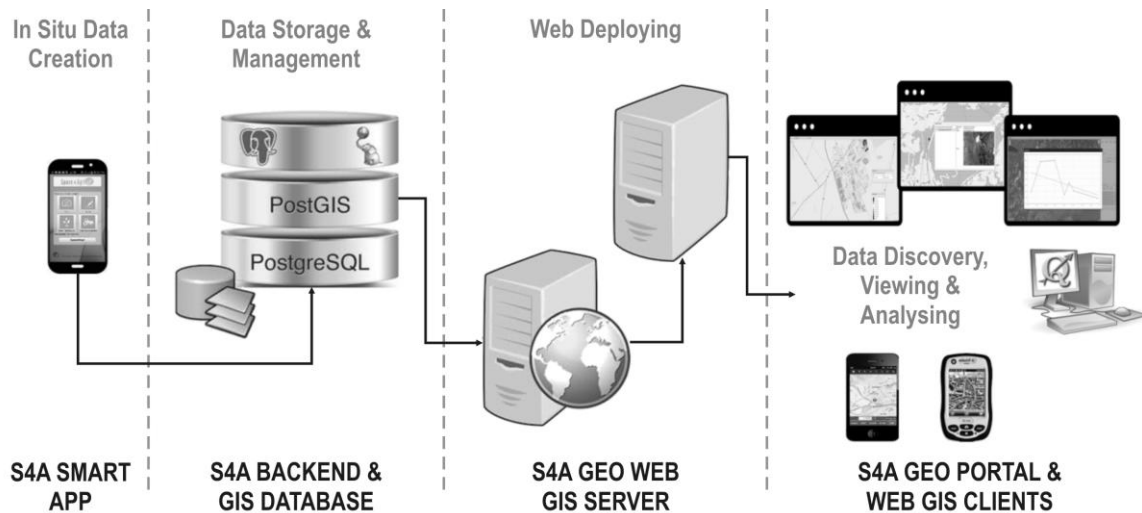


Fig. 2 High-level architecture of the S4A information and knowledge platform

- Time series of remote sensing images, and single remote sensing data sets are collected, processed and transformed by remote sensing and agronomic researchers, to derive product time series for various thematic layers, such as spectral indices of crop growth (Normalised Different Vegetation Index, Enhanced Vegetation Index), or moisture condition/water presence (Normalised Different Flood Index, Boschetti et al., 2014) and crop phenology maps. Data is deployed on the Web by the S4A Geo Web Services.
- On-field, agronomists and operators can provide useful information on crop phenology status, crop practices, and possible crop infestations and stresses, by using the S4A smart application on mobile devices (smartphones, tablets, PDAs).
  - Finally, high resolution images of specific areas taken from unmanned aerial vehicles (UAV) flights can be ingested if available.

Geospatial data from all the sources is deployed on the Web through the S4A GDI platform and made accessible from any application of geoportal type compliant with the OGC standards (WMS, WMS-T, WFS, WCS and SOS).

## 4 Implementation

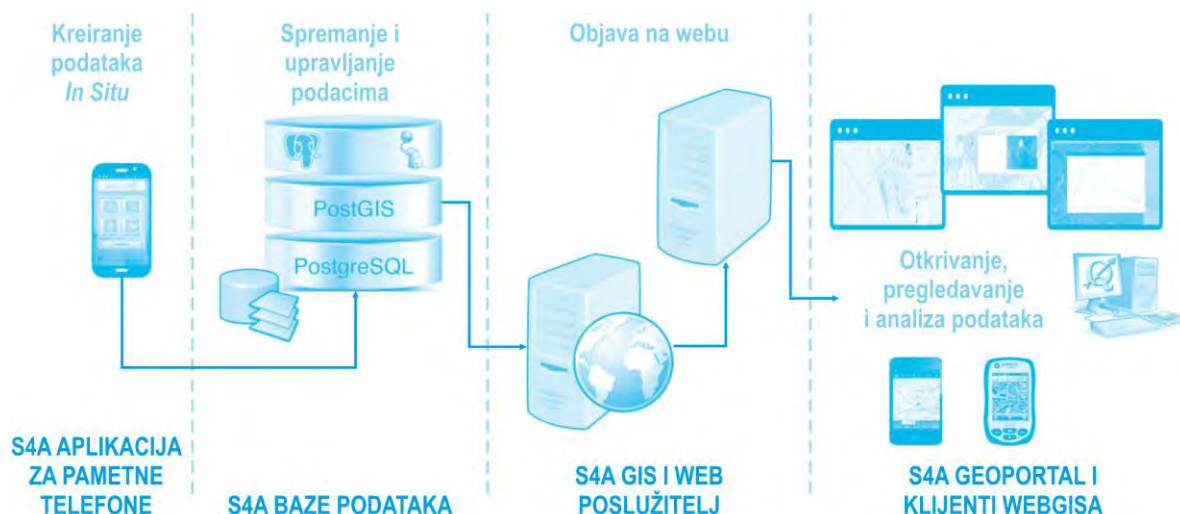
The S4A IKP is implemented based on four main components (Fig. 2):

- i) Smart APP,
- ii) S4A backend: GIS database and input components,
- iii) S4A Web GIS server,
- iv) Geoportal client application and other third party apps connecting to the S4A-IKP via service layer.

The input components comprise both the file system, loaded by researchers with input geospatial data they want to deploy on the Web, and *in situ* data created by the S4A smart application. These inputs are processed and loaded automatically in the geodatabase, implemented by PostgreSQL/PostGIS. The S4A smart application communicates with the geodatabase via the S4A backend component. The S4A geo web service ingests data from the geodatabase and deploys it on the Web with OGC services using GeoServer – open source implementation of a Web GIS server. In addition, the automatic creation and publication of metadata compliant with INSPIRE metadata regulation is implemented and will be described in detail later. The S4A geoportal allows data discovery, through the S4A catalogue of metadata generated and maintained by GeoNetwork open source, access to and analysis of the data available within S4A-IKP.

### 4.1 S4A Mobile Application

To collect *in situ* data, the S4A has developed a mobile application using smart technologies. These smart technologies are used to calibrate/validate products derived from satellite data or acquisitions by drones and/or to support the collection of *in situ* observations (human sensors) regarding crop status and development, as well as highlighting alert situations in Lombardy (Italy). A mobile application is a computer program designed to run on smartphones, tablet computers and other mobile devices. The one implemented in S4A is currently available for Android operating systems, versions 4.x, and can be freely downloaded from the Google play market. It allows registered users



Slika 2. Arhitektura visoke razine platforme informacija i znanja S4A

#### 4. Provedba

S4A IKP se provodi na temelju četiriju glavnih komponenta (sl. 2):

- i) S4A aplikacije za pametne telefone (*Smart APP*)
- ii) S4A baza podataka GIS-a i ulazne komponente
- iii) poslužitelj S4A Web GIS
- iv) aplikacija geoportala za klijenta i druge aplikacije s treće strane koje se povezuju s S4A-IKP-om putem sloja usluga.

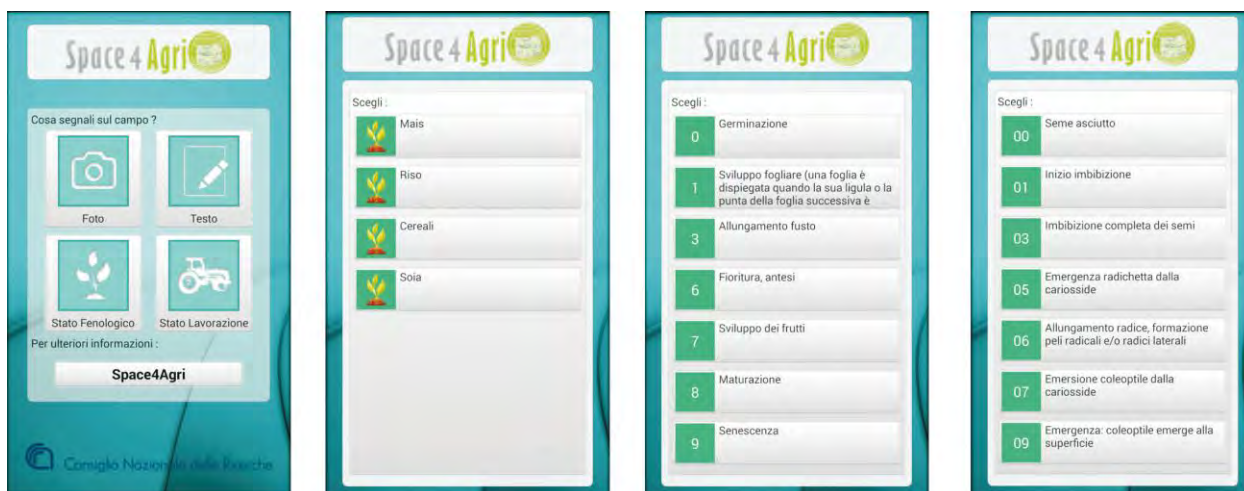
Komponente ulaza čine sustav datoteka koje su učitali istraživači s ulaznim geoprostornim podacima koje žele objaviti na internetu, kao i podatke *in situ* koje je proizvela pametna aplikacija S4A. Ti se ulazni podaci automatski obrađuju i učitavaju u bazi geopodataka, što provodi PostgreSQL/PostGIS. Pametna aplikacija S4A komunicira s bazom geopodataka putem pozadinske komponente S4A. Geo web usluga S4A uzima podatke iz baze geopodataka i objavljuje ih na internetu s uslugama OGC-a upotrebom GeoServera – slobodnog poslužitelja Web GIS-a. Također, provodi se automatsko izrađivanje i objavljivanje metapodataka u skladu s propisom metapodataka INSPIRE i bit će opisano kasnije. Geoportal S4A omogućuje pretraživanje podataka putem kataloga metapodataka S4A koji izrađuje i održava otvoreni izvor GeoNetwork, pristup podacima i njihovu analizu u okviru S4A-IKP-a.

##### 4.1. Prijenosna aplikacija S4A

Kako bi se prikupili podaci *in situ*, S4A je razvio prijenosnu aplikaciju utemeljenu na pametnim tehnologijama. Te se pametne tehnologije upotrebljavaju kako bi se kalibrirali/provjerili proizvodi dobiveni iz satelitskih podataka ili bespilotnih letjelica i/ili za podršku prikupljanju

opažanja *in situ* (ljudski senzori) koja se odnose na stanje i razvoj usjeva, kao i naglašavanje kritičnih situacija u Lombardiji u Italiji. Prijenosna aplikacija je računalni program za pametne telefone, tablete i druge prijenosne uređaje. Aplikacija koja se provodi u S4A dostupna je za operativne sustave Android, verzije 4.x, a može se besplatno preuzeti na *Google play market*. Omogućuje prijavljenim korisnicima izrađivanje informacija u obliku slobodnih tekstualnih opisa i/ili fotografija terena. Osim toga, poljoprivrednici i agronomi mogu označiti svoja polja s kategoriziranim informacijama kako bi odredili vrstu usjeva, fenološko stanje i oranje. Stanje usjeva određuje se odabirom oznaka poznate, široko upotrebljavanje agronomske ontologije – BBCH (Dal Monte i dr., 2010). To se postiže klikanjem na prikazane gumbе izbornika, počevši s prvim izbornikom, u kojem je moguće označiti tip usjeva (ruža, pšenica, kukuruz, soja, itd.) pa dvije razine hijerarhije BBCH prema dolje, u kojima je moguće označiti specifičnu fazu razvoja usjeva, opisane s više i manje detalja. U izborniku za oranje također se može označiti polje. Slika 3 prikazuje grafičko sučelje prijenosne aplikacije.

Prijenosna aplikacija razmjenjuje poruke s internetom putem pozadine S4A, koja učitava prikupljene podatke u bazu geopodataka i georeferencira ih povezujući koordinate i ID poljoprivredne parcele kojoj pripadaju geografske koordinate, nakon što korisnik potvrdi ili definira položaj GPS-a na karti prikazanoj na mobilnom uređaju ili ga popravi pomičući pokazivač na željeni položaj na prikazanoj karti. Budući da mobilne mreže često ne pokrivaju poljoprivredna polja, APP omogućuje pohranjivanje opažanja na pametnim uređajima i njihovo pregledavanje, poništavanje ili slanje poslužitelju onda kad se uređaj spoji na internet.



**Fig. 3** Screenshots of the S4A Mobile Application: from left to right, menu of types of information the user can collect (*Stato fenologico*, i.e. crop type, *Stato di lavorazione*, i.e. crop tillage, and *Segnalazione*, i.e. picture with free text); menu for selecting crop types; menu for selecting the first level of BBCH, and finally the second level of BBCH, where each status has a specific numeric coding.

**Slika 3.** Sučelje prijenosne aplikacije S4A: s lijeva na desno, izbornik tipova informacija koje korisnik može prikupiti (*Stato fenologico*, tj. tip usjeva, *Stato di lavorazione*, tj. oranje, i *Segnalazione*, tj. slika sa slobodnim tekstom); izbornik za biranje tipa usjeva; izbornik za biranje prve razine BBCH-a, i konačno druga razina BBCH-a u kojoj je svako stanje određeno specifičnim brojem.

to create information in the form of a free text description, and/or photograph of the terrain. Additionally, farmers and agronomists can tag their fields with categorized information to specify crop types, phenological status and field tillage. The crop status is specified by selecting tags from familiar, widely used agronomic ontology – BBCH (Dal Monte et al., 2010). This is done by clicking on the displayed menu buttons, starting with the root menu, where the type of crop (rice, wheat, corn, soy, etc.) can be selected, down two levels of the BBCH hierarchy, where a specific crop developing phase can be selected, described with high and low detail respectively. The crop tillage menu can also be displayed to tag a field. Figure 3 depicts screenshots of the mobile application graphic user interface.

The mobile application exchanges messages via the Internet with the S4A backend, which loads the collected data in the geodatabase and georeferences it by associating coordinates and the agro parcel ID to which the geographic coordinate belong, after the user confirms or defines the GPS position on the map displayed in the mobile device, or corrects it by moving the pin to the desired position on the displayed map. Since agro fields are often not covered by the cell network, the APP allows observations to be stored locally on the smart device and then reviewed, cancelled or sent to the server when the device is reconnected to the Internet.

## 4.2 GIS Database Deployed for *In-situ* Data

The underlying GIS database has been implemented using PostgreSQL with its PostGIS extension for spatial data management (Obe, 2011). The schema of the geodatabase designed and implemented to store data collected *in situ* is shown in Figure 4.

The *in situ* data collected is loaded in the geodatabase and uniquely associated with the author, or user, who in addition to registry information is identified by a profile providing their classification, role (regional operator, farmer, or researcher), workspaces and layers of interest.

The user can create three types of *in situ* data sets:

- Dataset of crop practices (CropPracticeSelected) which can be chosen from a predefined list (CropPractice)
- Dataset of crop phenological classifications (BBCH-Selected) which can be selected from a hierarchical agronomic ontology structured on three levels (the first level is the name of a crop type, the second and third levels, BBCH and BBCH2, describe the phenological stages of a crop type)
- Dataset of free text and pictures tags (InSituData).

All three kinds of *in situ* data sets are associated with a georeference position for a point measured by geographic

## 4.2. Baza podataka GIS-a za podatke *in situ*

Osnovna baza podataka GIS-a ugrađena je pomoću PostgreSQL-a i njegovog proširenja PostGIS za upravljanje prostornim podacima (Obe, 2011). Shema baze geodataka za pohranu podataka prikupljenih *in situ* prikazana je na sl. 4.

Podaci prikupljeni *in situ* učitani su u bazu geodataka i povezani s autorom ili korisnikom, koji se prepoznaje po zapisanim informacijama i profilu koji sadrži njihovu klasifikaciju, ulogu (regionalni operater, poljoprivrednik ili istraživač), radne prostore i slojeve interesa.

Korisnik može proizvesti tri tipa skupova podataka *in situ*:

- Skup podataka prakse usjeva (*CropPracticeSelected*), koji se može izabrati s unaprijed definiranog popisa (*CropPractice*)
- Skup podataka fenoloških klasifikacija usjeva (*BBCHSelected*), koji se može izabrati iz hijerarhijske agronomске ontologije strukturirane u tri razine (prva razina je ime tipa usjeva, dok druga i treća razina (BBCH and BBCH2) opisuju fenološka stanja tipa usjeva)
- Skup oznaka slobodnog teksta i slika (*InSituData*).

Sve tri vrste skupova podataka *in situ* povezane su s georeferenciranim položajem za točku mjerenu geografskim koordinatama. Pozadina S4A-a povezuje podatke *in*

*situ* (opažanja) sa specifičnim poljem (*Field*), identificirajući poljoprivrednu parcelu prikazanu u bazi podataka, ako su koordinate GPS-a unutar granica polja ili blizu njega (do 30 m). Ako se fenološka klasifikacija usjeva poveže s poljem, ona se također automatski povezuje s ciklusom usjeva (*CropCycle*) odgovarajućeg usjeva. Na taj se način u bilo kojem trenutku može utvrditi povijest ciklusa usjeva određenog polja.

## 4.3. Tok podataka i metapodataka u GDI-u

Predložena metodologija objavljivanja geoprostornih podataka i proizvodnja odgovarajućih metapodataka u okviru projekta S4A shematski je prikazana na sl. 5.

Skupovi geoprostornih podataka za oba proizvoda daljinskih istraživanja, kao što su NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), NDFI (Normalized Difference Flood Index) i vektorskih podataka prijenosne aplikacije S4A, poput opažanja *in situ* i podataka iz baze podataka Lombardijske agronomске uprave (SIARL) čine ulazne podatke. Skupovi podataka daljinskih istraživanja pohranjuju se u strukturu sustava datoteka na lokalnom poslužitelju, organiziranom u tematske mape, pri čemu svaka mapa predstavlja temu ili kategoriju koja na jedinstven način identificira skup podataka u okviru čitavog postupka.

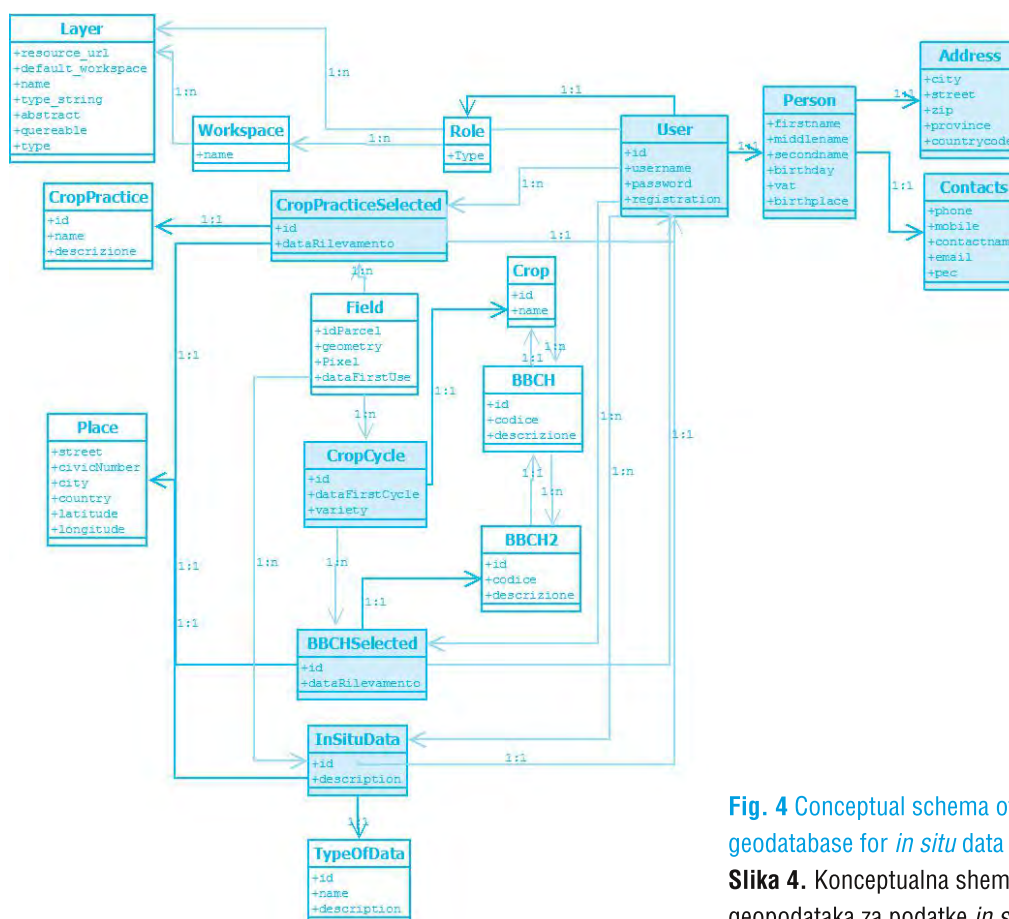
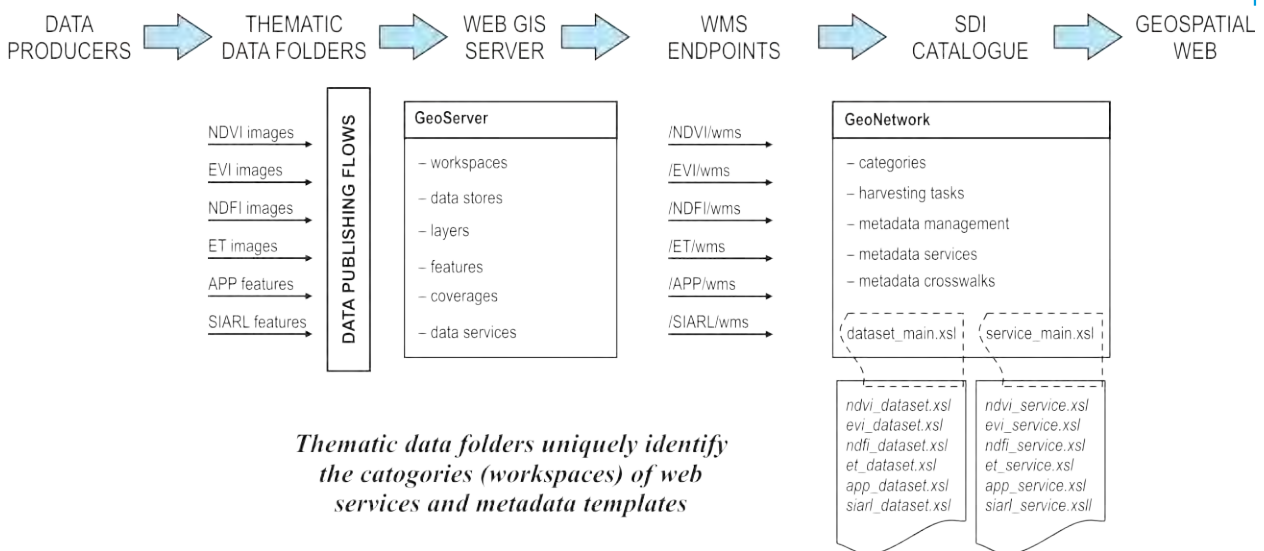


Fig. 4 Conceptual schema of the geodatabase for *in situ* data

Slika 4. Konceptualna shema baze geodataka za podatke *in situ*



**Fig. 5** Schema of the workflow of automatic data and metadata publication from WMS services endpoints deployed for each data theme and theme-specific comprehensive metadata record

coordinates. The S4A back end associates the *in situ* data (observations) with a specific field (Field), identifying an agricultural parcel represented in the geodatabase, if the GPS coordinates are within the boundary of the field or close to it (up to 30m). If a Crop Phenological classification is associated with a field, it is also automatically associated with the crop cycle (CropCycle) of the corresponding crop. Thus, the history of the field’s crop cycles can be ascertained at any time.

#### 4.3 Data and Metadata Workflows in Deployed GDI

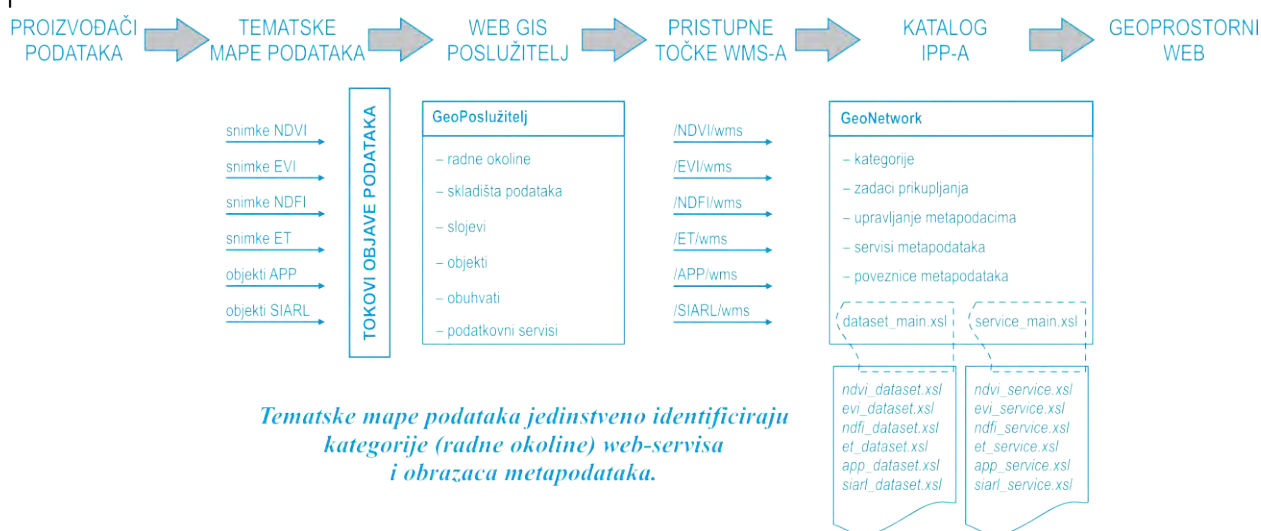
The proposed methodology for publishing geospatial data and generating the respective metadata designed within the Space4Agri (S4A) project is depicted schematically in Figure 5.

Geospatial datasets for both remote sensing products, such as NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), NDFI (Normalized Difference Flood Index), and vector data created by the S4A mobile application, such as *in situ* observations and data from the Agronomic Authority of Lombardy database (SIARL) are provided as inputs to the workflow. The remote sensing datasets are stored in a file system data structure on a local network data server, organized in thematic folders, where each folder represents a theme or category uniquely identifying a dataset within the entire workflow. This thematic folder structure is defined based on the domain knowledge of the data providers, so that each folder can be populated with geospatial data with a common category and format, and the naming convention of the folders and dataset files allows the semantic information for the

data contained to be identified. Furthermore, each folder contains a comprehensive metadata record, manually created, once and for all, for each data category according to the INSPIRE metadata regulation and its Italian extension. The data publishing flow is executed each time a new dataset is placed in a folder, creating or updating the corresponding data store and related layer on the Web GIS server within a predefined workspace. Each workspace deploys the dataset through the WMS service on the Web. In addition, the gap between data and metadata is bridged during the harvesting task, when each new layer is complemented by its metadata. Metadata are automatically extracted from a service capabilities document according to the OGC Web Service common specification, and extended by information from the comprehensive metadata template developed for each data theme. Metadata are stored, indexed and made available to internal and external users on the Web via graphic user interface and CSW APIs provided by GeoNetwork open source cataloguing software.

#### 4.4 Geoportal

The Customizable S4A geoportal was developed to allow personalized access to the S4A geospatial data of interest for each registered user group in the project. The geoportal interacts with OGC services as WMS, WMS-T and WFS. The WMS-T functionality is used to serve the statistical representation of vegetation indices data stored in remote sensing images (Fig. 6). The geoportal facilitates the process of analysing information derived from heterogeneous data sources, such as remote sensing, *in situ* and authoritative databases,



**Slika 5.** Shema toka automatskog objavljivanja podataka i metapodataka iz krajnjih točaka usluga WMS-a za svaku podatkovnu temu i sveobuhvatni zapis metapodataka specifičnih za određenu temu

Takva struktura tematskih mapa određuje se na temelju poznavanja domene pružatelja podataka, tako da se svaka mapa može napuniti geoprostornim podacima zajedničke kategorije i formata, a konvencija imenovanja mapa i datoteka omogućuje da se utvrde semantičke informacije za podatke. Nadalje, svaka mapa sadrži sveobuhvatan zapis metapodataka, ručno napravljen, za svaku kategoriju podataka u skladu s propisom metapodataka INSPIRE-a i njegovim talijanskim proširenjem. Tijek objavljivanja podataka izvršava se svaki put kad se novi skup podataka stavi u mapu, stvarajući ili ažurirajući odgovarajući spremnik podataka i sloj na poslužitelju Web GIS-a u okviru unaprijed određenog radnog prostora. Svaki radni prostor razvija skup podataka kroz internetsku uslugu WMS. Za vrijeme žetve premošćuje se jaz između podataka i metapodataka, kad svaki novi sloj dopunjuju njegovi metapodaci. Metapodaci se automatski izvlače iz dokumenta mogućnosti usluge u skladu sa zajedničkom specifikacijom *OGC Web Service* i proširuju se informacijama iz sveobuhvatne šablone metapodataka koja se razvija za svaku temu podataka. Metapodaci se pohranjuju, indeksiraju i stavljaju na raspolaganje unutarnjim i vanjskim korisnicima na internetu putem grafičkog korisničkog sučelja i CSW API-a koje omogućuje slobodni softver za katalogiziranje *GeoNetwork*.

#### 4.4. Geoportal

Prilagodljiv geoportal S4A razvijen je kako bi se omogućio personaliziran pristup geoprostornim podacima svakoj prijavljenoj skupini korisnika u projektu. Geoportal je povezan s uslugama OGC-a kao što su WMS, WMS-T i WFS. WMS-T se upotrebljava za statističko prikazivanje podataka o vegetaciji pohranjenih u

snimkama dobivenim daljinskim istraživanjima (sl. 6). Geoportal olakšava proces analiziranja informacija iz različitih izvora, kao što su daljinska istraživanja, in situ i službene baze podataka putem zajedničkog korisničkog sučelja za geografske, atributne i statističke prikaze.

Portal S4A može se upotrebljavati bez potrebe za prijavom. Međutim, osobe s određenim ulogama mogu pristupiti geoportalu s pridruženim profilima, analizirati ograničene informacije i izvesti određene operacije. Glavna novina geoportala su mogućnosti inteligentne prilagodbe. On omogućuje brz i automatiziran pristup te preuzimanje skupova geoprostornih podataka i vremenskih serija u okviru Web GIS-a projekta S4A i njihovo prikazivanje u željenom redoslijedu u korisničkom profilu. Također, omogućuje korisnicima pohranjivanje vlastite karte u pozadini i vizualizaciju zadanih aktivnih slojeva u mjerilu koje odgovara osobnim parametrima svaki put kad se spoje na geoportal s pomoću svojih osobnih podataka.

Ostale mogućnosti odnose se na lakoću interakcije za analiziranje podataka koji se odnose na slojeve: samo jedan klik na položaj na karti omogućuje korisniku započinjanje više prostornih upita svim aktivnim slojevima. Geoportal prepoznaje kad prikazani slojevi čine vremensku seriju koja ima povezane kontekstualne informacije, kao što je dugoročni prosjek istog parametra; u takvim slučajevima kod kojih se pretražuje vremenska serija za zadani položaj, rezultat se prikazuje u obliku grafova koji pokazuju vremenske varijacije parametra, kao i varijacije dugoročnog prosjeka istog parametra.

Naposlijetku, automatski procesi se aktiviraju svaki put kad se novi sloj (npr. sloj NDVI) doda u vremensku seriju, kako bi se usporedile vrijednosti trenutnog sloja s dugoročnim prosjekom istog parametra. Rezultat takve usporedbe je „promijenjena“ karta koja različitim



through a common user interface for geographic, attribute and statistical representations.

The S4A geoportal can also be used without the need for registration. However, specific roles can access the S4A geoportal with associated profiles, analyse restricted information and perform specific operations. The main novelty of the geoportal is its intelligent customization facilities. It allows the fast, automatic access and retrieval of geospatial data sets and time series served by the Web GIS of the S4A project, and presents them in the preferred order stored in the user profile. It also allows users to save their preferred background map and default active layers to be visualized with a scale appropriate to the personal bounding box, each time they connect to the geoportal with their credentials.

Other facilities are related with ease of interaction for analysing data associated with the layers: just one mouse click on a map position means the user can initiate multiple spatial queries to all active overlaid layers. The geoportal recognizes when the displayed layers constitute a time series that has associated contextual information, such as the long term average of the same parameter; in such cases, when the time series is queried for a given position, the result is reported in the form of graphs showing the time variation of the parameter in the queried position, along with the long term average variation of the same parameter.

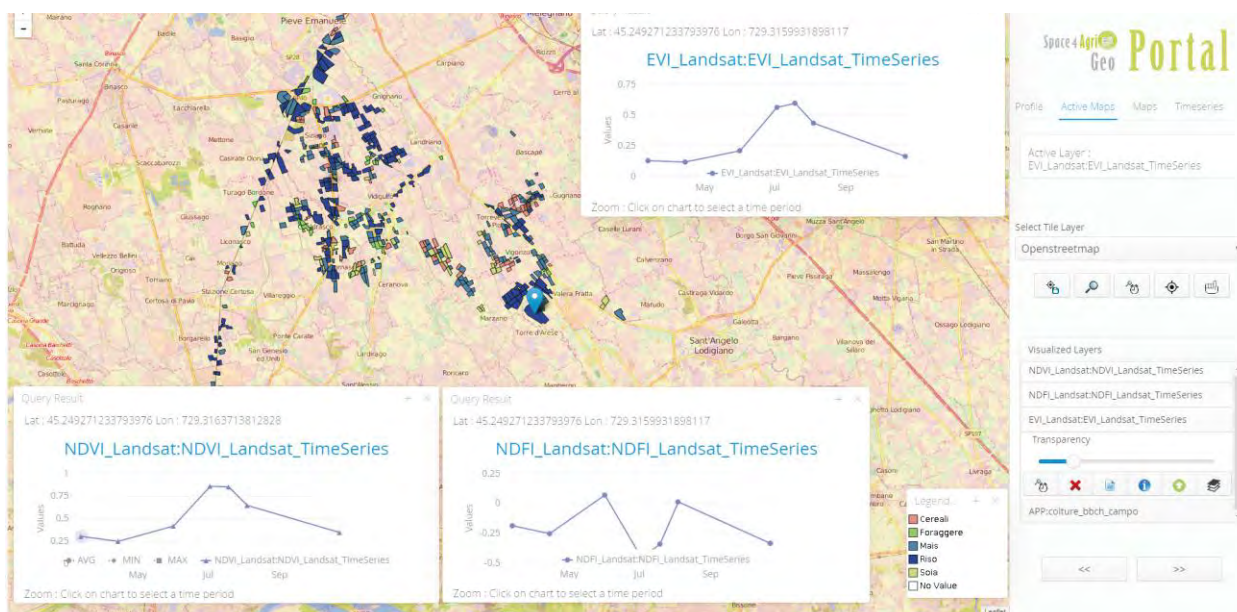
Finally, automatic processes are activated each time a new layer (e.g. an NDVI layer) is added to a time series, so as to compare the values of the current layer with the long term average of the same parameter. The result of the comparison is an 'alter' map which displays in different colours the regions that have the parameter values far above and far below the average, and which may hint at exceptions and anomalies in crop growth.

## 5 Results and Discussion

The S4A-IKP described in the paper fosters the application of Smart technologies for *in situ* observations performed by experienced operators collecting measurements, both qualitative and quantitative, using mobile devices. Observations are sent to the Space4Agri GDI for real-time publication on the Web. Information is disseminated to stakeholders in a personalized way, based on their interests, such as the type of crops they cultivate, the region where their estate is located, or the current season. Data processing involves the integration of heterogeneous products derived from remote observations and regional meteorological stations. Remote observations are used to identify potential crop anomalies (for instance, the presence of pathogens in

crops, or crop stresses), while data from the weather network is analysed in conjunction with field observations to produce additional information of interest to end users, such as forecast maps of crop phenology evolution given current meteorological conditions. The final goal of the S4A-IKP use case is the provision of relevant personalized information that is currently underutilized or not available publicly to farmers and the public through newsletters, bulletins or other means and practices. The approach presented has proved to support the claim in related research describing VGI as an appropriate source for geospatial systems when appropriate standardization is applied (Stančić et al, 2014).

Contextualizing and personalizing access to geospatial data is a promising future direction for many other application areas apart from agriculture. Search engine designers are also struggling to implement personalization in web searches, exploiting previous user queries so as to differentiate the results obtained for the same query by distinct users. Geographic contextual information from the user is in this respect an important dimension to take into account when asking for georeferenced resources, as in Google maps. Nevertheless, personalization must address privacy and protection issues. Within geoportals and SDIs, personalized access has not yet been introduced. So it remains an untapped research issue. Within S4A IKP, registered users can have distinct roles and needs, so they are associated with personal profiles through which, besides administrative information, they can specify preferences for specific thematic layers of S4A projects, in order to customize aspects of the geoportal upon logging in. Researchers may specify distinct layers of interest as the default to be displayed when they log in to the S4A geoportal depending on their research needs; for example, in order to train a remote-sensing classifier to generate early crop maps (Fontanelli et al., 2014), punctual *in situ* observations of crops, created by farmers using a smart application, can be used as true data by researchers. On the other hand, farmers may be interested in viewing local agro-information related only to their own propriety, and they may even want to prevent other farmers from viewing it. Thus, privacy levels of layers must also be implemented. Regional operators need to view at the regional scale agro-information that is relevant to taking decisions regarding the water supply (i.e. evaporative fraction maps), for sending field operators to verify anomalous crop conditions (*in-situ* observations indicating crop phenology anomalies), or for verifying discrepancies between earlier crop maps, generated by remote sensing researchers, and farmers' declarations loaded in the SIARL database. A second point for discussion is



**Fig. 6** Graphic User Interface of the S4A Geoportal, providing integration of geographic and statistical portrayals on geospatial information resources managed by S4A-IKP.

**Slika 6.** Grafičko korisničko sučelje Geoportala S4A koje omogućuje povezivanje geografskog i statističkog prikazivanja geoprostornih informacija kojima upravlja S4A-IKP

bojama prikazuje regije čije su vrijednosti znatno iznad i znatno ispod prosjeka i koje mogu uputiti na iznimke i anomalije u rastu usjeva.

## 5. Rezultati i rasprava

S4A-IKP opisan u ovom radu primjenjuje pametne tehnologije za opažanja in situ koja provode iskusni operateri koji prijenosnim uređajima prikupljaju kvalitativna i kvantitativna mjerenja. Ta se opažanja šalju prema Space4Agri GDI-u za objavljivanje na internetu u stvarnom vremenu. Informacije se prenose dionicima na personaliziran način, ovisno o interesima, na primjer tip usjeva koji obrađuju, regija u kojoj se nalazi njihov posjed ili trenutno godišnje doba. Obrada podataka uključuje povezivanje heterogenih proizvoda daljinskih istraživanja i regionalnih meteoroloških postaja. Daljinskim istraživanjima dolazi se do potencijalnih anomalija na usjevima (na primjer, prisutnost patogena ili stres usjeva), a podaci iz meteorološke mreže analiziraju se u kombinaciji s terenskim opažanjima kako bi se došlo do dodatnih informacija za koje su zainteresirani krajnji korisnici, poput prognostičkih karata promjene fenologije usjeva u danim meteorološkim uvjetima. Konačni scenarij primjene S4A-IKP-a je pribavljanje bitnih personaliziranih informacija koje se sada ne koriste u dovoljnoj mjeri ili koje nisu javno dostupne poljoprivrednicima i javnosti putem glasila ili drugih kanala. Pristup opisan u ovom radu podržava VGI kao odgovarajući izvor podataka za geoprostorne sustave kad se primijeni

odgovarajuća standardizacija (Stančić i dr., 2014).

Personalizacija pristupa geoprostornim podacima je obećavajući smjer razvoja poljoprivrede, ali i mnogih drugih područja primjene. Projektanti pretraživača također se bore s personalizacijom u pretraživanju interneta, upotrebljavajući korisnikove prijašnje upite kako bi mu dali rezultate različite od onih koje će na isti upit dobiti neki drugi korisnik. Geoinformacije od korisnika su važna dimenzija koju treba uzeti u obzir kad tražimo georeferencirane izvore, kao što je npr. Google Maps. U svakom slučaju, personalizacija se mora pozabaviti problemima privatnosti i zaštite. Personaliziran pristup još nije uveden u geoportale i SDI-e, pa ostaje kao istraživački problem za budućnost. U okviru S4A IKP-a, prijavljeni korisnici mogu imati različite uloge i potrebe, pa se povezuju s osobnim profilima kroz koje osim administrativnih informacija mogu odrediti prioritet određenim tematskim slojevima projekata S4A kako bi prilikom prijave na geoportal promijenili njegove određene dijelove. Istraživači mogu odrediti da se različiti slojevi od interesa prvi prikazuju nakon što se prijave na geoportal S4A, ovisno o svojim istraživačkim potrebama; na primjer, kako bi podesili daljinski klasifikator za stvaranje karata ranih usjeva (Fontanelli i dr., 2014), točna opažanja usjeva in situ koja obavljaju poljoprivrednici s pomoću pametnih aplikacija istraživači mogu upotrijebiti kao vjerne podatke. S druge strane, poljoprivrednici mogu zanimati lokalne agroinformacije koje se odnose samo na njihove posjede i možda žele onemogućiti drugim poljoprivrednicima da ih vide. Stoga

efficiency in accessing agro-information to match user personal preferences. Nowadays, most available geoportals are very slow, which discourages users. In order to perform personalized access to agro-information each time a registered user logs in to the S4A geoportal, a Get Capability request must be sent to the S4A Web GIS server, to obtain the current list of available layers to be filtered on the basis of user preferences. Since this operation may take several minutes, as we found with the current, though limited number of layers available (around 400), a background Web service has been designed that periodically performs the Get Capability request and stores the results in a database to be used by the S4A geoportal. The periodicity can be decided based on the frequency of updating the deployed layers, so as to minimize cases in which a currently logged-in user cannot see freshly loaded information of interest.

## 6 Conclusion and Future Steps

The S4A project designed and proposed an information and knowledge platform to support the agriculture sector at a regional level. The results represent a best practice prototype solution, which may form the basis for technology transfer in a real implementation setting, at the regional or national level, to support the agriculture sector. The beta version of the S4A-IKP is operational and currently in the testing phase. One of the next steps will be to introduce the S4A platform, and particularly the S4A smart application, to farmers and agriculture students in the region, as potential volunteer representatives, in order to provide an initial test-bed for the platform, in addition to supporting the educational process. A first-user evaluation of the proposed framework has been carried out by remote sensing experts using the platform, mainly researchers from the remote sensing institute of Italian Research Council in Milan (IREA), who discovered there were advantages in having their data published through a GDI node to facilitate their daily activities – so they tend to provide data for publishing on an almost daily basis. As an example, instead of searching for data in the data server file system (the IREA institute data server has a capacity of 100TB, of which over 90% is occupied by data), they can instead use the S4A SDI catalogue to search for interesting data and invoke OGC services to access data directly within the normal tools (e.g. GIS clients as QGIS) they use on a daily basis to carry out analyses. The S4A-IKP has shown a high potential for integrating geospatial and mainstream ICT in a common platform, while developing a complex information system for a specific domain, specifically, the agriculture sector. The data

available through the S4A platform may support regional administration significantly, as it distributes funds among farmers in the verification process. Farmers' declarations complement early-stage crop maps resulting from an analysis of heterogeneous data sources as remote sensing products (Fontanelli et al., 2014), *in situ* observations collected by mobile devices, and monitoring data such as meteorological information. The economic impact of the application of the novel workflows that can be implemented through the use of the IKP to carry out agronomic practices, administrative controls and decisions must be assessed in order to verify potential public sector savings, through its widespread adoption, and also to identify the gaps that still need to be filled and relative investments undertaken in order to move this IKP up to an operational service.

## Acknowledgments

The research described in the paper was carried out within the project SPACE4AGRI, jointly funded by Regione Lombardia and CNR, Convenzione Operativa n. 18091/RCC, 05/08/2013, and led by Pietro Alessandro Brivio. Gloria Bordogna was the principal investigator for the IKP design and development. Tomas Kliment developed the overall workflow for geospatial data and metadata deploy. Luca Frigerio developed both the Smart App and backend and the project personalized geoportal. The authors would like to acknowledge the remote sensing researchers Pietro Alessandro Brivio, Daniela Stropiana and Mirco Boschetti who contributed to define the use cases summarized in the paper as well as the functionalities of the Mobile App and geoportal, and Alberto Crema who tested the data and metadata publication workflow. The authors are also very grateful to the Ritmare Flagship Project, funded by the Italian Ministry of University and Research, for providing the EDI MD editor used to create representative metadata records for individual data themes in alignment with INSPIRE and RNDT metadata profiles, and to Alicia Pains who contributed with criticism to this paper.

In addition, Tomáš Kliment has received support from the European Union Seventh Framework Programme (FP7 2007-2013) under grant agreement n° 291823 Marie Curie FP7-PEOPLE-2011-COFUND (The new International Fellowship Mobility Programme for Experienced Researchers in Croatia - NEWFELPRO) during the manuscript preparation as a part of a project "Crosswalking the layers of geospatial information resources to enable a borderless geospatial web (BOLEG-WEB)" which has received funding through NEWFELPRO project under grant agreement n°3.

je potrebno ugraditi privatnost razina slojeva. Regionalni operateri na regionalnoj razini trebaju vidjeti agroinformacije bitne za donošenje odluka koje se odnose na opskrbu vodom (evaporative fraction maps), za slanje terenskih operatera kako bi potvrdili stanja anomalija (opažanja in-situ koja ukazuju na anomalije fenologije usjeva) ili za provjeru razlika između ranijih karata usjeva koje su izradili daljinski istraživači te deklaracija poljoprivrednika učitanih u bazu podataka SIARL.

Drugo pitanje za raspravu je učinkovitost pristupa agroinformacijama kako bi ih se povezalo s osobnim prioritetima korisnika. U današnje doba većina dostupnih geoportala vrlo je spora što odbija korisnike. Kako bi se omogućio personaliziran pristup agroinformacijama svaki put kad se korisnik prijavi na geoportal S4A, poslužitelju S4A Web GIS šalje se zahtjev Get Capability kako bi se dobio ažuran popis dostupnih slojeva koji će se filtrirati ovisno o njegovim prioritetima. Budući da taj korak može trajati nekoliko minuta, što smo utvrdili na broju sada dostupnih slojeva (oko 400), osmišljena je pozadinska usluga koja s vremena na vrijeme šalje zahtjev *Get Capability* i pohranjuje rezultate u bazu podataka koju upotrebljava geoportal S4A. Odluka o učestalosti tog slanja donosi se na temelju čestine ažuriranja slojeva kako bi se na najmanju moguću mjeru sveli slučajevi u kojima korisnik koji je prijavljen ne može vidjeti svježe informacije koje ga zanimaju.

## 6. Zaključak i budući koraci

U okviru projekta S4A predložen je IKP za podršku poljoprivrednom sektoru na regionalnoj razini. Rezultati čine prototip najbolje prakse koji može poslužiti kao temelj prijenosa tehnologije u stvarnim okolnostima na regionalnoj ili državnoj razini za podršku poljoprivrednom sektoru. Verzija beta S4A-IKP-a radi i trenutno je u fazi testiranja. Jedan od sljedećih koraka bit će predstavljanje platforme S4A poljoprivrednicima i studentima agronomije kao potencijalnim dobrovoljcima koji će provesti početno testiranje platforme. Procjenu predloženog okvira obavili su stručnjaci iz daljinskih istraživanja, uglavnom iz Instituta za daljinska istraživanja Talijanskog istraživačkog vijeć u Milanu (*Italian Research Council - IREA*), koji su otkrili prednosti objavljivanja podataka kroz čvor GDI-a kako bi olakšali svoje dnevne aktivnosti pa pružaju podatke za objavljivanje gotovo svakoga dana. Na primjer, umjesto traženja podataka u sustavu datoteka na poslužitelju podataka (IREA ima kapacitet od 100TB, od čega 90% zauzimaju podaci), mogu u katalogu S4A SDI tražiti zanimljive podatke i primijeniti usluge OGC-a kako bi pristupili podacima u okviru normalnih alata (npr. klijenti GIS-a kao QGIS) kojima se

koriste iz dana u dan. S4A-IKP pokazao je velik potencijal za povezivanje geoprostornog i općeg ICT-a na zajedničkoj platformi, razvijajući složeni informacijski sustav za određenu domenu, tj. poljoprivredni sektor. Podaci dostupni preko platforme S4A mogu značajno podržati regionalnu administraciju u procesu provjere s obzirom na to da ona poljoprivrednicima raspodjeljuje sredstva. Deklaracije poljoprivrednika dopunjuju karte ranog stanja usjeva koje nastaju analizom heterogenih izvora podataka kao proizvodi daljinskih istraživanja (Fontanelli i dr., 2014), opažanja *in situ* prikupljenih prijenosnim uređajima i podacima nadzora, kao što su meteorološke informacije. Gospodarstveni učinak primjene novog postupka koji se može provesti upotrebom IKP-a za poljoprivrednu praksu, administrativno upravljanje i odlučivanje mora se procijeniti kako bi se provjerile potencijalne uštede u javnom sektoru te utvrdile praznine koje je potrebno popuniti i ulaganjima koje je potrebno investirati kako bi ovaj IKP postao operativna usluga.

## Zahvale

Istraživanje opisano u ovome radu provedeno je u okviru projekta SPACE4AGRI, koji su zajednički financirali Lombardija i CNR, *Convenzione Operativa* n. 18091/RCC, 05/08/2013, a koji je vodio Pietro Alessandro Brivio. Gloria Bordogna bila je glavna istraživačica planiranja i razvoja IKP-a. Tomas Kliment je razvio cjelokupni tok geoprostornih podataka i metapodataka. Luca Frigerio razvio je Smart App, pozadinu i personalizirani geoportal projekta. Autori zahvaljuju istraživačima daljinskih istraživanja Pietru Alessandru Briviju, Danieli Stroppiani i Mircu Boschettiju, koji su pridonijeli definiranju scenarija primjene opisanoga u ovome radu, kao i funkcionalnostima prijenosne aplikacije i geoportala, te Albertu Cremi, koji je testirao objavljivanje podataka i metapodataka. Autori su također vrlo zahvalni projektu *Ritmare Flagship*, koji financira talijansko Ministarstvo sveučilišta i istraživanja (*Italian Ministry of University and Research*) na ustupanju uređivača EDI MD, kojim su izrađeni zapisi metapodataka pojedinih tema podataka u skladu s profilima metapodataka INSPIRE i RNDT, te Aliciji Painsi, koja je dala konstruktivnu kritiku ovoga rada.

Nadalje, Tomáš Kliment je u vrijeme pisanja članka ostvario potporu Sedmog okvirnog programa Europske unije (FP7 2007-2013) dodijeljenju sporazumom n° 291823 Marie Curie FP7-PEOPLE-2011-COFUND (Novi međunarodni program stipendiranja i mobilnosti za iskusne istraživače u Hrvatskoj - NEWFELRO) za projekt "Cross-walking the layers of geospatial information resources to enable a borderless geospatial web (BOLEGWEB)" koji se financira sporazumom NEWFELRO n°3.

## References / Literatura

- Acutis, M., Alfieri, L., Giussani, A., Provolo, G., Di Guardo, A., Colombini, S., ... Valor, E. (2014, November) An integrated and GIS-based decision support system for livestock manure management in the Lombardy region (northern Italy). *Land Use Policy*, 41, 149–162, ISSN 0264-8377.
- Boschetti, M., Nutini, F., Manfron, G., Brivio, P.A., Nelson, A. (2014, February) Comparative Analysis of Normalised Difference Spectral Indices Derived from MODIS for Detecting Surface Water in Flooded Rice Cropping Systems, *PLoS one*, 9, 2.
- Boschetti, M.; Stroppiana, D., Brivio, P. A., Bocchi, S. (2009) Multi-year monitoring of rice crop phenology through time series analysis of MODIS images. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 4643–4662.
- Charvat, K., Esbri, M.A., Mayer, W., Charvat, K., Campos, A., Palma, R., Krivanek, Z. (2014, May) FOODIE – Open Data for Agriculture. *IST-Africa Conference Proceedings*, IEEE, 1-9. ISBN 978-1-905824-43-4.
- Dal Monte, G., Epifani, C., Alilla, R., Godino, F., Gildi, G. (2010, June) Fenologia e cambiamenti climatici: le attività del progetto Agrosceari. *Atti del XIII Convegno nazionale di Agrometeorologia.*, 71-72. ISBN 978-8-855530-81-1.
- FAO, Food Agriculture Organization (2011) *Climate Change, Water and Food Security* by Turrall, H., Burke J., Faires, J.M. ISBN 978-92-5-106796-5.
- Fontanelli, G., Crema, A., Azar, R., Stroppiana, D., Villa, P., Boschetti, M. (2014, July) Agricultural crop mapping using optical and SAR multi-temporal seasonal data: A case study in Lombardy region, Italy, *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International*, 1489–1492.
- Han, W., Yang, Z., Di, L., Mueller, R. (2012, June) CropScape: A Web service based application for exploring and disseminating US conterminous geospatial cropland data products for decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*, 84, 111–123. ISSN 0168-1699.
- Honda, K., Ines, A. V., Yui, A., Witayangkurn, A., Chinnachodteeranun, R., & Teeravech, K. (2014, September) Agriculture Information Service Built on Geospatial Data Infrastructure and Crop Modeling. In *Proceedings of the 2014 International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing* (pp. 1–9) ACM.
- Jackenkroll, M., Weis, M., Gerhards, R. (2013) A spatial data infrastructure concept for precision farming tasks. In *GIL Jahrestagung* (pp. 139–142).
- Kaivosoja, J., Jackenkroll, M., Linkolehto, R., Weis, M., & Gerhards, R. (2014, January) Automatic control of farming operations based on spatial web services. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1000, 110–115. ISSN 0168-1699.
- Kliment, T., Bordogna, G., Frigerio, L., Stroppiana, D., Crema, A., Boschetti, M., Sterlacchini, S., Brivio, P. A. (2014, December) Supporting a regional agriculture sector with Geo & mainstream ICT – the Case study of space4agri project., *Agris On-line Papers in Economics and Informatics*, 6 (4), 69–80.
- Kresse, W., Fadaie, K. (2004) *ISO standards for geographic information*. Springer Science & Business Media.
- Lackóová, L., Halászová, K., Kliment, M., Urban, T. (2013) Wind erosion intensity determination using soil particle catcher devices. *Journal of Central European Agriculture*, 14, 4, 1364–1372. ISSN 1332-9049.
- Nash, E., Dreger, F., Swartz, J., Bill, R., Werner, A. (2009) Development of a model of data-flows for precision agriculture based on collaborative research project. *Computers and electronics in Agriculture*, Vol. 66, No. 1., 25–37.
- Norremark, M., Soegard, H. T., Griepentrog, H. W., Nielsen, H. (2007) Instrumentation and method for high accuracy georeferencing of sugar beet plants. *Computers and Electronics in Agriculture*, 56/2, 130–156.
- Obe, O., R., Hsu, S., L. (2011, April) *PostGIS in action*. Manning Publications Co., 520 ISBN: 978-1-935182-26-9.
- Oeke, E. C., Gerhards, R., Menz, G., Sicora, R. A., (2010, eds) *Precision crop protection; the challenge of heterogeneity*, Springer Verlag.
- Seelan, S. K., Laguetta, S., Casady, G. M., Seielstad, G. A. (2003) Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 88, 1–2, p. 157–169. ISSN 0034-4257.
- Stančić, B., Cetl, V., Mader, M. (2014) Testing the Potential of Volunteered Geoinformation in the Case of OpenStreetMap in Croatia. *Cartography & Geoinformation*, 13(22) 48–69.
- Whiteside, A. (2007) *OGC Web services common specification*. OGC document.

Online resource addresses to products described in the paper /

Mrežni resursi za proizvode opisane u članku

Space4Agri Catalogue discovery client: <http://155.253.20.86/geonetwork/>

Space4Agri Geportal: <http://155.253.20.86:8080/Space4AgriGeoPortal/>

Space4Agri Mobbile App: <https://play.google.com/store/apps/details?id=cnr.space4agri.app>