

IoT sistem za prikupljanje podataka o prehrambenim proizvodima

Nikola Đukić, Branislav Tejić, Srđan Tegeltija, Gordana Ostojić, Stevan Stankovski
Katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju / Departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment
Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija
nikoladj@uns.ac.rs, tejic@uns.ac.rs, srkit@uns.ac.rs, goca@uns.ac.rs, steva@uns.ac.rs

Sažetak—Praćenje prehrambenih poljoprivrednih proizvoda od same proizvodnje, pa do samog korisnika je od velike važnosti. Kvalitet proizvoda u velikoj meri zavisi od uslova mikro-klime (temperatura i vlažnost vazduha) i hemijskog sastava vazduha (koncentracije kiseonika, azota i ugljen-dioksida) u kom se proizvod nalazi, kroz čitav svoj životni ciklus. U ovom radu je opisan i realizovan sistem koji omogućava jednostavno praćenje parametara od interesa za prehrambeni proizvod kroz čitav životni ciklus proizvoda (tzv. “od njive, do trpeze”). Prikupljeni podaci se skladište lokalno i, ukoliko je moguće, sinhronizuju sa online bazom podataka. Prikupljene podatke može da koristi krajnji korisnik, proizvođač, prodavac ili osobe koje vrše transport i skladištenje proizvoda, kako bi unapredili kvalitet proizvoda.

Ključne riječi – IoT; Cloud; agriculture; product tracking; WSN;

I. UVOD

Kvalitet prehrambenih poljoprivrednih proizvoda je od velike važnosti, kako se ti proizvodi intezivno koriste u ljudskoj ishrani. Ukoliko se proizvod ne proizvede na odgovarajući način ili ukoliko se skladišti ili transportuje na neodgovarajući način, to može da ima značajan uticaj na kvalitet, cenu i ispravnost poljoprivrednog prehrambenog proizvoda. Sa druge strane, ukoliko bi imali informaciju o uslovima u kojima se nalazio poljoprivredni prehrambeni proizvod tokom čitavog svog puta “od njive, do trpeze”, mogli bi sa relativno velikom pouzdanošću da damo informaciju o očekivanom stanju proizvoda.

Parametri koji u značajnoj meri utiču na kvalitet poljoprivrednih prehrambenih proizvoda su: temperatura, relativna vlažnost vazduha, koncentracija kisonika u vazduhu, koncentracija ugljen-dioksida u vazduhu, vibracije... Kako bi se svi parametri od značaja pratili i čuvali, razvijen je IoT baziran sistem za praćenje parametara poljoprivrednih prehrambenih proizvoda tokom čitavog procesa od branja, skladištenja, prevoza i prodaje istog. Informacije o proizvodu su dostupne putem razvijenog veb servisa. Informacije se mogu prezentovati krajnjem korisniku preko odgovarajuće aplikacije (veb aplikacija, mobilna aplikacija...).

Krajnji korisnik ili kupac na taj način može imati tačnu informaciju o proizvodu. Proveriti da li je proizvod skladišten i transportovan na odgovarajući način.

Podaci se prikupljaju preko IoT sistema koji je našao svoju primenu gotovo u svakom aspektu čovekovog života. Generalno govoreći termin Internet of Things (IoT) se odnosi na međusobno umrežene svakodnevne uređaje, koji poseduju sopstvenu inteligenciju (upravljački program) [1]. Ti uređaji mogu imati direktan ili indirektan pristup internetu. U najvećem broju slučajeva uređaji IoT predstavljaju svakodnevne uređaje kao što su RFID (Radio Frequency Identifiers) tagovi, senzori, aktuatori, mobilni telefoni, itd. koji međusobno komuniciraju i saraduju kako bi postigli zajednički cilj [2]. IoT ima uticaj na gotovo svaki aspekt čovekovih aktivnosti: zdravstvo [3-6], kućna automatika [7-10], transport [11-14], pametni gradovi [15-18], industrija [18-20].

Posebno bitan aspekt ICT (Information and Communication Technologies), zauzima u poljoprivredi. Najbitniji deo ICT-a u poljoprivredi se koristi IoT. Gde se najčešće koristi kako bi se pratili parametri tokom razvoja poljoprivrednih proizvoda tzv. pametna poljoprivreda (smart agriculture). ICT se koristi u poljoprivredi kako bi proizvođači povećali prinose i kvalitet svojih proizvoda [21-25].

Ovaj rad je koncipiran u 4 poglavlja. Posle uvoda, poglavlje 1, u poglavlju 2, idejno rešenje, predstavljene su zahtevi za sistem koji je trebalo implementirati. U poglavlju tri, implementirano rešenje, opisana je implementacija rešenja. Objasnjeno je iz kojih delova se sistem sastoji, dat je opis implementacije za svaki od delova sistema. Poslednje poglavlje 4, čini zaključak gde je dat osvrt na implementirano rešenje, kao i planovi za budući razvoj sistema.

II. IDEJNO REŠENJE

Za potrebe praćenja stanja poljoprivrednih prehrambenih proizvoda potrebno je bilo razviti sistem koji bi omogućavao jasnu identifikaciju jedinice poljoprivrednog prehrambenog proizvoda i uvođenje proizvoda u sistem. Nakon što je proizvod uveden u sistem, potrebno je pratiti stanje proizvoda kroz kompletan životni vek proizvoda “od njive, do trpeze”. Kako bi praćenje bilo omogućeno, potrebno je postaviti

odgovarajuće IoT elemente sa odgovarajućim sensorima na adekvatna mesta tokom svih faza životnog ciklusa poljoprivrednog prehrambenog proizvoda.

Za potrebe eksperimenta bilo je potrebno razviti sistem koji se bazira na Raspberry PI računaru uz senzorsku ploču. Senzorska ploča treba da prati minimum četiri nezavisne komore (svaka komora ima zasebne parametre mikro-klime).

Sistem za prikupljanje podataka treba da ukoliko je internet veza dostupna da pošalje izmerene podatke o mikro-klimi na odgovarajući veb servis.

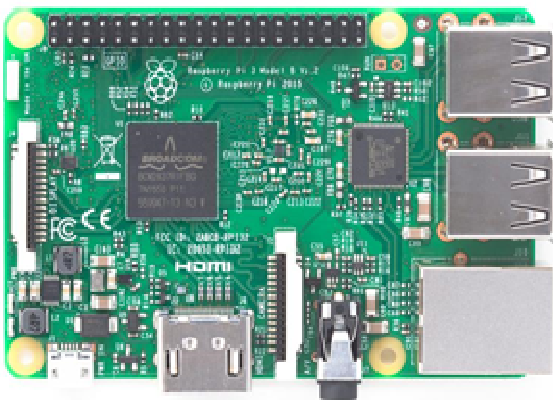
Ukoliko internet veza nije dostupna iz nekog razloga izmereni parametri mikro-klime se čuvaju lokalno. Kada internet veza postane dostupna ponovo podaci koji nisu poslani se šalju, odnosno vrši se sinhronizacija lokalne baze i baze na serveru. Sinhronizacija se vrši u jednom smeru samo. U slučaju da internet veza nije dostupna tokom celog perioda, podaci se mogu preuzeti u csv formatu, pomoću USB prenosive memorije i nakon toga obraditi, analizirati ili ručno poslati na veb servis.

III. IMPLEMENTIRANO REŠENJE

Implementirano rešenje sastoji se od centralne jedinice koju čini Raspberry Pi 3 model B+ računar i pripadajući uređaji, senzorske jedinice sa pripadajućim sensorima i veb servis za pristup veb bazi podataka.

A. Centralna jedinica

Centralnu jedinicu čini Raspberry Pi 3 model B+ računar. Računar je napravljen oko Broadcom BCM2837 SoC (System on Chip). Raspberry Pi 3 model B+ je prikazan na Sl. 1.

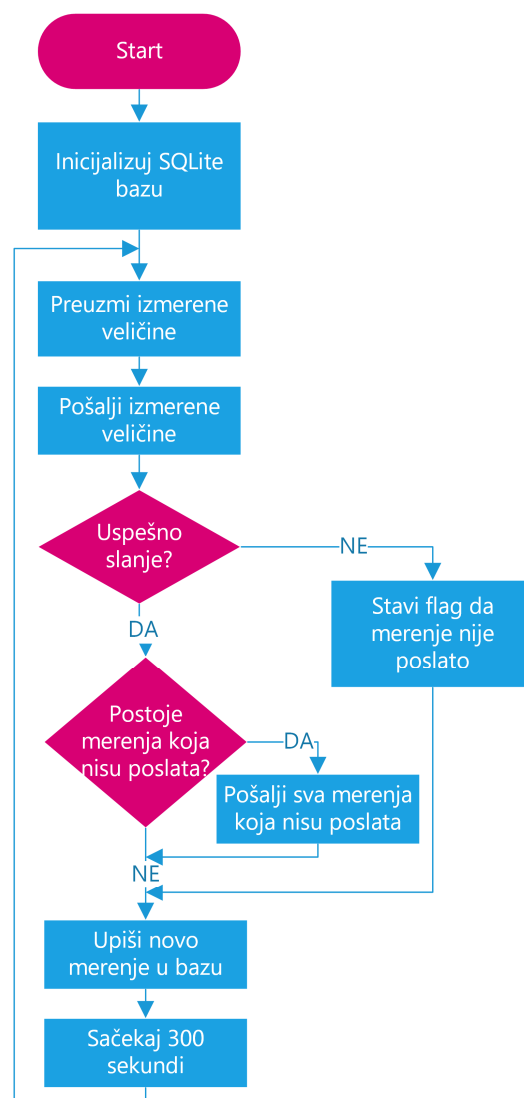


Slika 1. Raspberry Pi 3 model B+

Na računaru se nalazi četvorobjezgarni ARM Cortex-A53 procesor na 1200 MHz. Računar poseduje 1 GB LPDDR radne memorije, koja radi na 900 MHz. Radna memorija se deli sa GPU (Graphics Processing Unit). GPU čini Broadcom VideoCore IV. Četiri USB 2.0 porta, koja su povezana na jedno peto-portno USB čvorište na ploči (jedan port se koristi za Ethernet vezu). Za povezivanje sa uređajima za prikaz slike, Raspberry PI koristi HDMI i TRRS konektore. Raspberry PI poseduje i Ethernet port (brzina do 100 Mbit/s), pored Ethernet porta Raspberry PI ima mogućnost i bežične komunikacije

preko 2.4 GHz 802.11n. Takođe računar poseduje i Bluetooth 4.1 classic i Bluetooth Low Energy bežičnu komunikaciju. Poseduje GPIO header sa 40-pinova raznih namena), koje istovremeno koristi i za potrebe serijskih komunikacija (SPI, I2C, UART). Pored toga poseduje i HDMI, 3,5 mm analogni audio-video port, četiri USB 2.0 porta, Camera Serial Interface (CSI) i Display Serial Interface (DSI). Za skladištenje podataka se koristi odgovarajuća microSD memorijska kartica.

Na Raspberry Pi 3 se nalazi instaliran Microsoft Windows 10 IoT operativni sistem. Aplikacija je razvijena koristeći Visual Studio 2015 u C# jeziku, koristeći .NET 4.5 framework. Windows 10 IoT platforma je odabrana kako bi iskoristili prednosti koje nosi .NET framework, u smislu raspoloživih biblioteka i funkcionalnosti. Za skladištenje podataka lokalno na Raspberry Pi računaru korišćena je SQLite baza podataka. SQLite predstavlja bazu podataka za koju nije potreban server tzv. serverless baza podataka. SQLite baza podataka se pokazala kao idealno rešenje za sisteme za ograničenim resursima. Algoritam rada centralne jedinice je prikazan na Sl. 2.



Slika 2. Algoritam rada centralne jedinice

B. Senzorska jedinica

Senzorska jedinica sa pripadajućim senzorima periodično očitava merenja sa senzora koji su povezani na senzorsku jedinicu. Pored merenja potrebno je izmerenu veličinu konvertovati u odgovarajuće standardne jedinice. Nakon čitanja vrednosti sa senzora, senzorska jedinica vrši i proveru stanja senzora. Nakon izvršene dijagnostike i očitane vrednosti sa svih senzora, podaci se šalju putem UART komunikacije na centralnu jedinicu.

Na senzorskoj jedinici nalazi se Atmel Atmega 32 mikrokontroler, na koji su povezani senzori. Dva tipa senzora se koriste: analogni senzori čija vrednost se očitava putem A/D konvertora na samom mikrokontroleru i digitalni senzori čija vrednost se očitava putem digitalne komunikacije (I2C, 1-wire i SPI). Za svaki od analognih senzora se definiše opseg merenja i ukoliko je izmerena vrednost van opsega šalje se odgovarajuća greška za dati senzor. Za digitalne senzore važi isti princip, što se opsega merenja tiče. Pored toga pojedini digitalni senzori nude i mogućnost autodijagnostike senzora. Za potrebne testiranja korišćene su sledeći senzori:

- Temperatura vazduha i
- Vlažnost vazduha.

Nakon izvršenog merenja i dijagnostike senzora senzorska jedinica šalje podatke na centralnu jedinicu u sledećem formatu:

**FE.A.A.B.B.C.C.D.D.E.E.F.F.G.G.H.H.I.J.K.L.M.N.O.P
FF**

Gde su:

FE – početak poruke;

A.A – temperatura vazduha 1;

B.B – vlažnost vazduha 1;

C.C – temperatura vazduha 2;

D.D – vlažnost vazduha 2;

E.E – temperatura vazduha 3;

F.F – vlažnost vazduha 3;

G.G – temperatura vazduha 4;

H.H – temperatura vazduha 5;

I, J, K, L, M, N, O, P – statusi odgovarajućih senzora (0 – ukoliko je sve u redu, vrednost različita od nule ukoliko je došlo do neke greške),

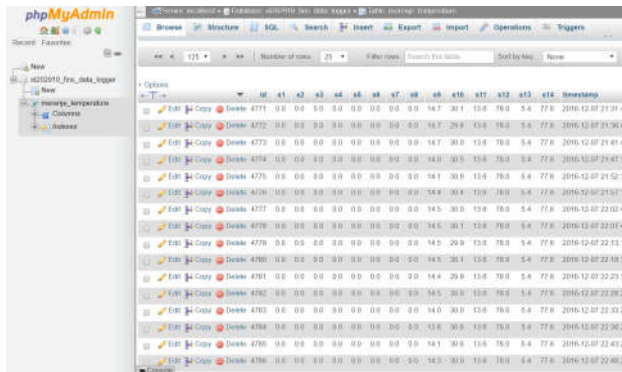
FF – Kraj poruke.

Sve izmerene vrednosti se šalju kao niz bajtova u heksadecimalnom formatu putem UART komunikacije.

C. Veb servis

Veb servis je razvijen koristeći php i MySQL bazu podataka. Pristup MySQL bazi ide kroz REST servis. Servis implementira sve standardne operacije nad bazom podataka tzv. CRUD (Create Read Update Delete). Izgled mySql baze

podataka i odgovarajuće tabele u phpMyAdmin panelu je prikazan na Sl. 3.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database. The main area displays a table with the following columns: ID, sensor type (e.g., 'Temperatura vazduha 1'), and several numerical columns representing sensor readings. The table contains multiple rows of data, each with a unique ID and corresponding sensor values. The interface includes navigation buttons like 'Edit', 'Copy', and 'Delete' for each row, and a search bar at the top.

Slika 3. Izgled veb baze podataka u phpMyAdmin-u

REST servis prihvata i vraća JSON objekte (Java Script Object Notation). Baza je implementirana za potrebe eksperimenta kao jedna tabela, gde su kolone: ID kolone, zatim izmereni podaci sa senzora i na kraju vreme merenja. Podatke u bazu je moguće ubacivati kao pojedinačna merenja ili kao skup pojedinačnih merenja (bulk insert). Takođe podatke iz baze je moguće uzimati kao pojedinačni zapis (pojedinačno merenje), moguće je preuzeti i čitavu tabelu ili kao merenja u okviru jednog perioda vremena gde se u okviru zahteva šalju vreme od kada i vreme do kada se žele merenja. REST servis omogućava straničenje (pagination) u slučaju da servis treba da vrati veliki broj zapisa. Pri vraćanju velikog broja stranica servis daje informaciju o broju zapisa po stranici, ukupan broj zahteva i trenutni indeks stranice sa zapisima.

ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je sistem za prikupljanje parametara o poljoprivrednim prehrambenim proizvodima korišćenjem Internet of things. Opisano rešenje pokazalo je da se sistem može uspešno koristiti za prikupljanje podataka o mikro-klimi prehrambenih proizvoda.

Prikupljeni podaci su dostupni za analizu od strane poljoprivrednih proizvođača, kupaca, prodavaca, itd. Analizom se može utvrditi da li je proizvod skladišten i transportovan na odgovarajući način. Takođe, mogu se utvrditi mesta u životnom ciklusu proizvoda gde se proizvod ne skladišti ili transportuje na odgovarajući način. Rešavanjem problematičnih mesta u lancu snabdevanja, moguće je obezbediti kvalitetniji, a samim tim i skuplji proizvod.

Za budući rad predviđena je nabavka senzora za merenje koncentracije kiseonika i ugljen-dioksida. Takođe, predviđena je i akcelerometar, kojim će se meriti vibracije tokom transporta proizvoda. Pored toga biće obezbeđena bežična mreža između centralne jedinice i više senzorskih jedinica. Dalji planovi predviđaju da svaka senzorska jedinica ima svoj jedinstveni identifikacioni broj, koji će u modifikovanoj bazi na serveru čuvati odgovarajuća merenja. Pored toga planirano je i praćenje proizvoda pomoću RFID ili 2D bar koda i na taj način će se u svakom trenutku znati gde se trenutni proizvod nalazi u lancu snabdevanja kao i koliko vremena je proveo i pod kojim uslovima tokom svake karike u lancu snabdevanja.

LITERATURA

- [1] F. Xia, L. Yang, L. Wang and A. Vinel, "Internet of Things", *International Journal of Communication Systems*, vol. 25, no. 9, pp. 1101-1102, 2012.
- [2] L. Atzori, A. Iera and G. Morabito, The Internet of Things: A survey, *Computer Networks*, Volume 54, Issue 15, 28 October 2010, pp. 2787-2805, ISSN 1389-1286
- [3] V. M. Rohokale, N. R. Prasad and R. Prasad, "A cooperative Internet of Things (IoT) for rural healthcare monitoring and control," 2011 2nd International Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology (Wireless VITAE), Chennai, 2011, pp. 1-6.
- [4] L. Catarinucci et al., "An IoT-Aware Architecture for Smart Healthcare Systems," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 2, no. 6, pp. 515-526, Dec. 2015.
- [5] C. Doukas and I. Maglogiannis, "Bringing IoT and Cloud Computing towards Pervasive Healthcare," 2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, Palermo, 2012, pp. 922-926.
- [6] S. M. R. Islam, D. Kwak, M. H. Kabir, M. Hossain and K. S. Kwak, "The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey," in *IEEE Access*, vol. 3, no. , pp. 678-708, 2015.
- [7] S. D. T. Kelly, N. K. Suryadevara and S. C. Mukhopadhyay, "Towards the Implementation of IoT for Environmental Condition Monitoring in Homes," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 13, no. 10, pp. 3846-3853, Oct. 2013.
- [8] M. Soliman, T. Abiodun, T. Hamouda, J. Zhou and C. H. Lung, "Smart Home: Integrating Internet of Things with Web Services and Cloud Computing," 2013 IEEE 5th International Conference on Cloud Computing Technology and Science, Bristol, 2013, pp. 317-320.
- [9] Rajeev Piyare, Internet of Things: Ubiquitous Home Control and Monitoring System using Android based Smart Phone, *International Journal of Internet of Things*, Vol. 2 No. 1, 2013, pp. 5-11.
- [10] M. Darianian and M. P. Michael, "Smart Home Mobile RFID-Based Internet-of-Things Systems and Services," 2008 International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, Phuket, 2008, pp. 116-120.
- [11] W. He, G. Yan and L. D. Xu, "Developing Vehicular Data Cloud Services in the IoT Environment," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1587-1595, May 2014.
- [12] L. Chunli, "Intelligent transportation based on the Internet of Things," 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECN), Yichang, 2012, pp. 360-362. doi: 10.1109/ICACTE.2008.180
- [13] H. Zhou, B. Liu, and D. Wang, Design and Research of Urban Intelligent Transportation System Based on the Internet of Things. In Y. Wang & X. Zhang (Eds.), *Internet of Things: International Workshop, IOT 2012*, Changsha, China, August 17-19, 2012. Proceedings (pp. 572–580).
- [14] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. 2014.
- [15] J. Jin, J. Gubbi, S. Marusic and M. Palaniswami, "An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 112-121, April 2014.
- [16] P. Vlacheas et al., "Enabling smart cities through a cognitive management framework for the internet of things," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 6, pp. 102-111, June 2013.
- [17] E. Theodoridis, G. Mylonas and I. Chatzigiannakis, "Developing an IoT Smart City framework," *IISA 2013*, Piraeus, 2013, pp. 1-6.
- [18] L. D. Xu, W. He and S. Li, "Internet of Things in Industries: A Survey," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233-2243, Nov. 2014.
- [19] F. Tao, Y. Cheng, L. D. Xu, L. Zhang and B. H. Li, "CCIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1435-1442,
- [20] F. Shrouf, J. Ordieres and G. Miragliotta, "Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm," 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Bandar Sunway, 2014, pp. 697-701.
- [21] A. McBratney, B. Whelan, T. Ancev, and J. Bouma. "Future directions of precision agriculture.", *Precision Agriculture* 6, no. 1 (2005): 7-23.
- [22] R. Gebbers, and V. I. Adamchuk. "Precision agriculture and food security.", *Science* 327, no. 5967 (2010): 828-831.
- [23] A. Camilli, C. E. Cugnasca, A. M. Saraiva, A. R. Hirakawa, and P. LP Corrêa. "From wireless sensors to field mapping: Anatomy of an application for precision agriculture.", *Computers and Electronics in Agriculture* 58, no. 1 (2007): 25-36.
- [24] Ji-chun Zhao, Jun-feng Zhang, Yu Feng and Jian-xin Guo, "The study and application of the IOT technology in agriculture," 2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology, Chengdu, 2010, pp. 462-465.
- [25] D. Yan-e, "Design of Intelligent Agriculture Management Information System Based on IoT," 2011 Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, Shenzhen, Guangdong, 2011, pp. 1045-1049.

ABSTRACT

Tracking agricultural products from their production at farm to end-buyer is of great importance. Quality and price of product greatly depends on state of micro-climate where agricultural product spent its lifetime. Parameters that influence quality of agricultural product are: air temperature, relative humidity of air, concentration of oxygen in air, concentration of carbon dioxide in the air... In this paper is described system that allows easily tracking and recording of relevant parameters of micro-climate of agricultural product through its complete lifespan (from field to fork). Data that has been gathered is stored locally on IoT system and if internet connection is available, data is synchronized with online database. Collected data is available for end-users, for food producers, for buyers, for people who conducts transportation of agricultural food product. At the end analysis of collected data can lead to better quality of agricultural food product.

IoT system for collecting data of food products

Nikola Đukić, Branislav Tejić, Srđan Tegeltija, Gordana Ostojić, Stevan Stankovski