

TEHNIČKO REŠENJE – PROTOTIP M85

MERNI SISTEM ZA PREDIKCIJU ZAGAĐENJA VAZDUHA U URBANIM SREDINAMA

Odgovorno lice: **dr Josif Tomić**
Autori rešenja: dr Josif Tomić, dr Milan Vidaković, dr Miodrag Kušljević, dr Vladimir Rajs,
dr Platon Sovilj, dr Zoran Mitrović.
Razvijeno u okviru projekata: IIR43008 i TR32019.
Godina: 2016.
Primena od: 1.3.2016. godine.
Ključne reči: predikcija zagađenja vazduha, SCADA sistemi, LabVIEW, vremenske serije, statistička analiza, Android.

1. Oblast tehnike na koju se realizovani prototip odnosi

Trenutno u svetu postoji veliki broj različitih vrsta mernih stanica za praćenje stanja zagađenja vazduha u urbanim sredinama. Te merne stanice najčešće obavljaju samo akviziciju mernih vrednosti sa senzora i njihovo skladištenje u bazu podataka. Obrada rezultata merenja kao i statistička analiza uglavnom se obavljaju na drugim mestima gde podaci pristižu preko različitih sistema za komunikaciju. Akvizicija mernih podataka se najčešće vrši on-line dok se obrada i statistička analiza vrše off-line. Za razliku od ovakvih mernih sistema ovaj realizovani uređaj omogućava akviziciju i statističku obradu izmerenih podataka u realnom vremenu a rezultati su trenutno dostupni svim korisnicima. Sistem daje predikciju zagađujućih materija u vazduhu korišćenjem ARMA modela. Ovo omogućava korisnicima da blagovremeno reaguju na pojavu opasnih koncentracija u vazduhu i da izbegnu ove lokacije. Prenos informacija u realizovanom smart SCADA sistemu obavlja se Modbus protokolom, što celom sistemu daje čvršću hijerarhijsku strukturu.

2. Realizacija

Razvijeni prototip ovog mernog sistema je realizovan na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na Katedri za električna merenja u čijoj laboratoriji je izvršena i verifikacija ovog uređaja.

3. Korisnici usluga

Razvijeni prototip ove merne stanice je u upotrebi na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na Departmanu za energetiku, elektroniku i telekomunikacije kao i na Departmanu za inženjerstvo zaštite životne sredine i tamo se koristi za edukaciju studenata iz više predmeta vezanih za električna merenja, električna merenja neelektričnih veličina kao i zaštitu životne sredine. Pošto su merni podaci javno dostupni preko Internet stranice, potencijalni korisnici su i svi ostali zainteresovani za stanje životne sredine.

4. Stanje u svetu

Poznato je da urbanizacija doprinosi klimatskim promenama. Urbana područja se uvećavaju svuda u svetu a sa njima i njihovo zagađenje. U Evropi na primer, više od 70% stanovništva živi u gradovima, gde saobraćaj, sagorevanje fosilnih goriva i industrijska proizvodnja prouzrokuju povišene koncentracije zagađivača vazduha. Ovo zagađenje vodi umnožavanju problema stanovništva kao što su: zdravstveni rizici, ubrzano propadanje zgrada i kuća, urušavanje istorijskih spomenika i znamenitosti i štete po vegetaciju u i oko gradova. Pojavljivanje smoga i dugoročne

prosečne koncentracije štetnih jedinjenja kao što su olovo, benzeni, benzopiren i čestične materije značajno se uvećavaju emisijama gasova iz drumskog saobraćaja, koji takođe doprinosi stvaranju više od polovine emisije azotnih oksida i 35% emisije isparljivih organskih jedinjenja. Dizel-motori putničkih i teretnih drumskih vozila ispuštaju veoma fine čestice koje su veoma štetne po zdravlje ljudi. Kod industrijskog zagađenja, koje je jedno od najvećih doprinosioca lošem kvalitetu vazduha, bitni faktori su visina fabričkih dimnjaka, pravac i brzina vetra. Primarni polutanti sa najdužim srednjim vremenom prisustva su kisela jedinjenja (sumpor-dioksid, azotni oksidi i amonijak) i aerosoli (prašina, teški metali i dugotrajni organski polutanti). Trenutno u svetu postoji veliki broj različitih mernih stanica za praćenje stanja životne sredine ali one najčešće obavljaju samo akviziciju mernih vrednosti sa senzora i njihovo skladištenje u bazu podataka. Takođe, ovi merni sistemi nemaju mogućnost predikcije (predviđanja) koncentracije zagađujućih materija u vazduhu u narednom periodu.

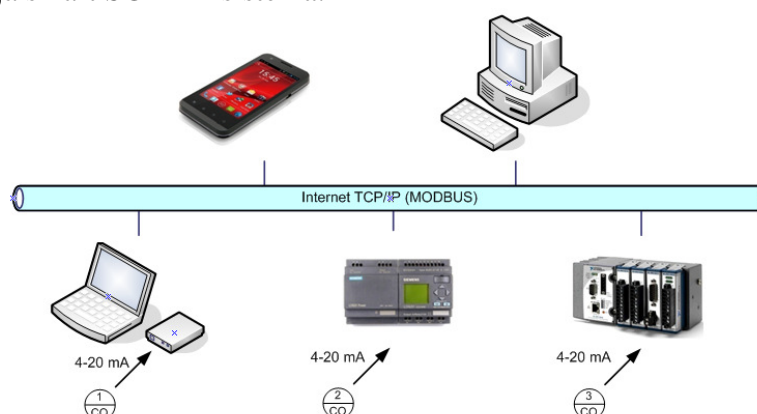
5. Tehnički problem

Kako se efekat globalnog zagrevanja odigrava širom planete, tako se svetska populacija suočava sa verovatno jednim od najvažnijih socijalnih i naučnih fenomena. Ovaj efekat zahteva masovnu koordinaciju inženjera i naučnika na globalnom nivou, kako bi se narastajući problem uspešno razrešio. Preduzimanje bilo kakve akcije zahteva precizna i tačna merenja parametara životne sredine u više desetina hiljada tačaka, postavljenih širom sveta. Izveštaj iz 2007. godine nedvosmisleno govori o tome da postoji trend globalnog zagrevanja vazduha i vode, primarno okeana. Ovaj efekat dovodi do topljenja lednika na polovima i do porasta nivoa mora a utiče i na sav biljni i životinjski svet. Za sav živi svet neophodno je da se održi balans između energije koju primi Zemlja od Sunca i energije koju Zemlja vraća natrag. Pošto je Zemlja hladnija od Sunca ona vraća energiju čije je zračenje na znatno većoj talasnoj dužini, primarno u infracrvenom spektru. Donji slojevi atmosfere absorbuju ovo zračenje i vraćaju ga natrag na Zemlju. Ova pojava se naziva efekat staklene bašte (*greenhouse effect*). Gasovi koji dovode do ovog efekta potiču prvenstveno od ljudskih aktivnosti, kao što su: sagorevanje fosilnih ostataka, masovna seča šuma, produkti sagorevanja u industrijskim postrojenjima i poljoprivredna proizvodnja.

6. Praktična realizacija merne stanice

Osnovni motiv razvoja ovog složenog smart SCADA sistema je realizacija merenja zagađujućih materija u vazduhu sa različitih vrsta mernih stanica i sa velikog broja mernih mesta. Takođe, sistem omogućava i davanje predikcije zagađujućih materija u vazduhu radi upozorenja stanovništva, kako bi ono bilo u mogućnosti da izbegnu lokacije sa potencijalno opasnim koncentracijama. U ovom slučaju pod terminom 'smart' smatra se da sistem ima neku vrstu inteligencije, jer ima mogućnost samostalne predikcije opasnih koncentracija zagađujućih materija u vazduhu i mogućnost samostalnog obaveštavanja građana. Korisnici ovog sistema moraju jedino da imaju neki od mobilnih uređaja koji rade na Android operativnom sistemu i za ovu priliku realizovanu aplikaciju u Java programskom paketu. U većini slučajeva merne stanice su realizovane od strane različitih proizvođača i ne moraju da budu između sebe kompatibilne. U ovom slučaju jedino je neophodno da sve merne stanice imaju mogućnost pristupa Internetu. Kao i svaki SCADA system i ovaj sistem je organizovan hijerarhijski. Na najnižem nivou nalaze se senzori zagađenja vazduha koji su strujnim petljama vezani za svoje akvizicione uređaje koji mogu biti: PLC uređaji, industrijski ili PC računari, mikroprocesori ili Laptop računari. Na supervizorskom nivou nalaze se PC računari i Android mobilni uređaji koji omogućavaju pregled trenutno izmernih vrednosti, ali daju i statističku analizu zagađujućih materija u vazduhu. Realizovani uređaj omogućava predikciju vrednosti zagađujućih materija u vazduhu, tako da je korisnicima omogućeno pravovremeno obaveštavanje o opasnim koncentracijama, koje se mogu očekivati na pojedinim područjima. U gradskim sredinama ova mesta, gde se mogu očekivati velike koncentracije su najčešće velike raskrsnice, gde veliki broj automobila stoji u mestu a motori su im

upaljeni. Za pojavu ovakvih potencijalno opasnih stanja potrebno je da se steknu i određeni meteorološki uslovi, kao što su: nizak vazdušni pritisak, magla, nedostatak strujanja vazduha i slično. Da bi se uspešno dala predikcija ovih koncentracija potrebno je uzeti veliki broj parametara u obzir kao i podatke sa velikog broja mernih mesta u gradu. Ovaj smart SCADA sistem je u mogućnosti da prihvati veliki broj mernih podataka sa različitih mernih stanica kao i da uradi složenu statističku analizu i da da predikciju vrednosti zagađujućih materija u vazduhu, za naredni period vremena. Za komunikaciju sa mernim stanicama izabran je Modbus protokol koji je pouzdan i ne zahteva kupovinu licence za svoj rad. Za realizaciju ovog smart SCADA sistema iskorišćen je LabVIEW programski paket sa DSC (Datalogging and Supervisory Control) modulom. Na Slici 1. prikazana je organizacija smart SCADA sistema.



Slika 1. Organizacija smart SCADA sistema

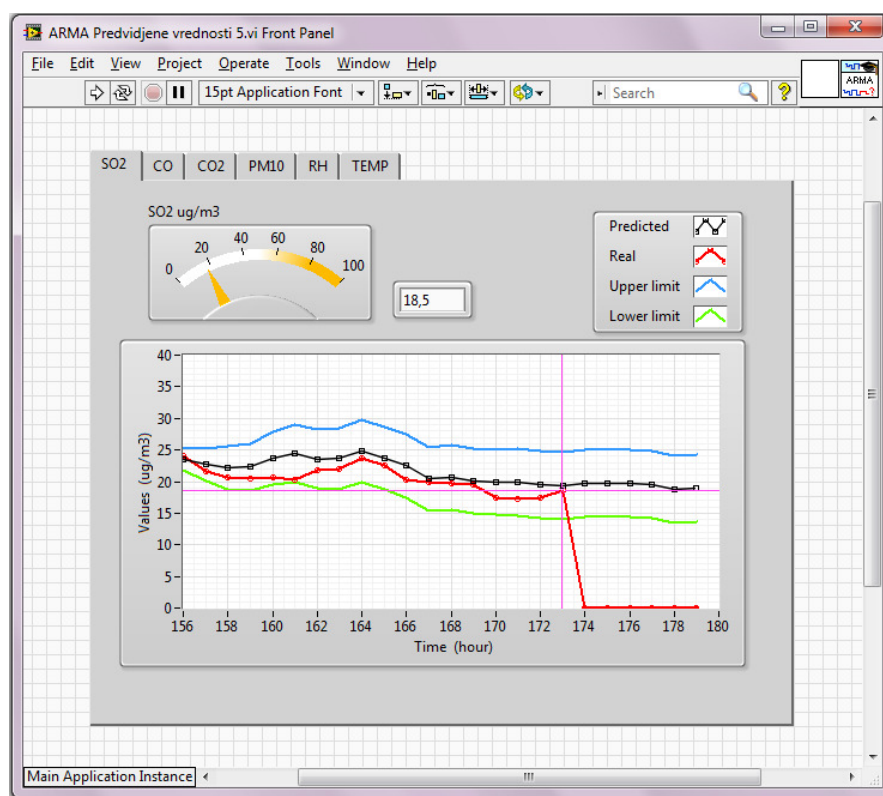
7. Statistička analiza izmernih podataka

Analiza vremenskih serija je statistička disciplina koja beleži najdinamičniji razvoj poslednjih decenija. Vremenska serija je uređeni niz opservacija, gde se uređivanje vrši s obzirom na vreme, u jednakim vremenskim intervalima. Kako je proces donošenja odluka često povezan sa predviđanjem budućih vrednosti promenljivih koje zavise od vremena, vremenske serije i njihova analiza predstavljaju pogodno sredstvo. Naime u ovom kontekstu predviđanje podrazumeva analizu istorijskih podataka i ekstrapolaciju istih u budućnosti, uz upotrebu odgovarajućeg matematičkog modela. Da bi se omogućio stohastički karakter budućih vrednosti, pogodno je da se pretpostavi da je vrednost vremenske serije u trenutku t realizacija slučajne promenljive $x(t)$. U tom kontekstu vremenska serija je realizacija familije slučajnih promenljivih koja se zove stohastički proces. Modeli linearnih vremenskih serija predstavljaju vrlo moćno sredstvo za predviđanje i donošenje odluka u različitim oblastima – ekologiji, ekonomiji, poljoprivredi, industriji, medicini... U praksi se pokazalo da veliki broj vremenskih pojava može da se modelira pomoću linearnih procesa. Rasprostranjenost i atraktivnost ovih modela je posledica njihove same strukture koja je lako razumljiva. Za razliku od regresionih modela koji razmatraju vezu između dve ili više različitih pojava, modeli vremenskih serija ispituju uticaj istorijskih vrednosti jedne pojave na njenu sadašnju i buduću vrednost. Ovakav pristup omogućava proučavanje ponašanja date pojave u vremenu i daje dobre rezultate posebno ako je dostupan veliki broj istorijskih podataka. ARMA (Autoregressive Moving Average) model se veoma široko koristi u oblasti vremenskih serija i za predikciju zagađenja vazduha i zaštitu životne sredine. Zbog toga je ovaj model izabran za predikciju zagađenja vazduha u ovom mernom sistemu i realizovan u LabVIEW programu.

8. Rezultati merenja

Ovde je prikazano jedno merenje u gradskoj sredini, gde je primarno zagađenje poticalo uglavnom od gradskog saobraćaja, odnosno motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Izabrane su glavne raskrsnice gde su u prethodnom periodu izmerene velike koncentracije zagađujućih gasova

koji dolaze iz auspuha motornih vozila. U okolini tih raskrsnica nisu postojali ostali izvori zagađenja koji bi dominantno uticali na merenja. Merene su koncentracije sledećih gasova u vazduhu: SO₂ sumpor dioksid, CO ugljen monoksid, CO₂ ugljen dioksid, PM10 čestice prašine (particulate matter), RH relativna vlažnost vazduha i temperatura vazduha. Merenja su vršena u dužem vremenskom periodu, sa intervalom uzorkovanja od jednog sata. Program za prihvatanje podataka sa mernih stanica i statističku analizu mernih vrednosti realizovan je u LabVIEW programskom paketu na PC računaru pod Windows operativnim sistemom. Prenos podataka sa mernih stanica do servera odvija se korišćenjem Modbus protokola, koji omogućava pouzdan i brz prenos podataka. Na Slici 2. prikazan je izgled HMI (Human Machine Interface) front panela na ekranu serverskog računara. Na njemu su date izmerene vrednosti parametara životne sredine u numeričkom i grafičkom obliku. Na grafiku su prikazane i četiri krive. Crvenom bojom je grafički prikazana koncentracija SO₂ gasa u poslednjih 18 sati, kao i trenutna vrednost u numeričkom obliku i na pokazivaču sa skalom. Crnom bojom je prikazana numerički sračunata predikcija koncentracije SO₂ gasa u poslednjih 18 sati, kao i predikcija vrednosti koncentracije gasa u narednih 6 sati. Zelenom i plavom bojom su grafički prikazane, numerički sračunate, očekivane donje i gornje granične vrednosti u periodu od 24 sata. Predviđanje koncentracije gasa u narednom periodu urađeno je korišćenjem ARMA modela, koji je realizovan u LabVIEW programu. Verovatnoća sa kojom je rađeno ovo statističko izračunavanje iznosi 95,75% (2σ). Na ovaj način, ukoliko bi se pojavile neke neočekivane visoke koncentracije zagađujućih materija u vazduhu, korisnici bi bili u stanju da preduzmu određene aktivnosti. Te aktivnosti se sastoje od izbegavanja tih lokacija kao i u korišćenju zaštitnih sredstava prilikom boravka na istim.



Slika 2. Izgled front panela HMI aplikacije

9. Android aplikacija

Android aplikacija nalazi se na najvišem hijerarhijskom nivou smart SCADA sistema i sa serverskim računarom komunicira preko Modbus protokola. Korisnici nisu u mogućnosti da podešavaju parametre merenja ali imaju mogućnost da preuzimaju vrednosti parametara životne

sredine u grafičkom i numeričkom obliku sa bilo koje merne stanice. Korisnici imaju mogućnost očitavanja predviđenih vrednosti zagađujućih materija u vremenu od narednih 6 sati. U skladu sa time moguće je da blagovremeno preduzmu odgovarajuće aktivnosti, kao što su: zaobilazanje lokacija sa velikim koncentracijama zagađujućih gasova kao i ostanak kod svojih kuća. Android aplikacija realizovana je u Java programskom paketu sa bibliotekom potprograma za Modbus protokol.

10. Zaključak

U ovom radu prikazana je praktična realizacija smart SCADA sistema, za praćenje parametara životne sredine, korišćenjem Internet tehnologija i velikih senzorskih mreža. U radu je prikazano rešenje koje se oslanja na postojeću tehnologiju, ali nudi i nadgradnju hardvera i softvera zahvaljujući prednostima korišćenja koncepta virtualne instrumentacije. Realizovani sistem vrši akviziciju signala sa senzora i matematičku obradu podataka a zatim smešta rezultate na hard disk računara. Merna stanica na serverskom nivou obavlja složenu statističku analizu mernih podataka i daje predikciju koncentracija zagađujućih materija u vazduhu. Statistička analiza izvršena je korišćenjem ARMA modela. Korišćenjem ARMA analize moguće je predvideti nepovoljne vremenske prilike i blagovremeno izvršiti određene akcije, kao što su: preusmeravanje saobraćaja u gradovima i zaustavljanje rada rafinerija i fabričkih postrojenja. Svi merni podaci kao i rezultati statističke analize mernih podataka u numeričkom i grafičkom obliku, trenutno su dostupni udaljenim korisnicima, jer se sva obrada i analiza vrše u realnom vremenu, na samoj serverskoj stanici. Korisnicima, stanovnicima gradova, na raspolaganju je Android aplikacija za mobilne uređaje koja im daje trenutne vrednosti zagađujućih materija u vazduhu kao i predikciju vrednosti u periodu od narednih 6 sati.

Ovo Tehničko rešenje publikovano je pod naslovom: *Smart SCADA system for urban air pollution monitoring*, u časopisu Measurement, ISSN: 0263-2241, pp: 138-146, decembra 2014. (ranga M22)

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA

MERNI SISTEM ZA PREDIKCIJU ZAGAĐENJA VAZDUHA U URBANIM SREDINAMA

Odgovorno lice: **dr Josif Tomić**
Autori rešenja: dr Josif Tomić, dr Milan Vidaković, dr Miodrag Kušljević, dr Vladimir Rajs,
dr Platon Sovilj, dr Zoran Mitrović.
Razvijeno u okviru projekata: IIR43008 i TR32019.
Godina: 2016.
Primena od: 1.3.2016. godine.
Ključne reči: predikcija zagađenja vazduha, SCADA sistemi, LabVIEW, vremenske serije,
statistička analiza, Android.

Mišljenje recenzenta

Merni sistem predstavlja realizaciju smart SCADA sistema korišćenjem Internet tehnologija i velikih senzorskih mreža. Ovaj merni sistem služi za praćenje parametara životne sredine. U suštini, realizovan je merni sistem koji omogućava akviziciju i statističku obradu izmerenih podataka u realnom vremenu. Rezultati merenja su trenutno dostupni svim korisnicima.

Merna stanica na serverskom nivou obavlja složenu statističku analizu mernih podataka i daje predikciju koncentracija zagađujućih materija u vazduhu. Statistička analiza izvršena je korišćenjem ARMA modela. Hijerarhijska struktura celog sistema realizovana je tako da se prenos informacija obavlja Modbus protokolom.

Android aplikacija za mobilne uređaje poseduje mogućnost predikcije u periodu od 6h vrednosti zagađujućih materija u vazduhu. Ovaj period je sasvim dovoljan da bi se blagovremeno uticalo na saobraćaj i rad fabrika koji su navedeni kao najveći izvori zagađenja u gradovima. Samim tim ovaj sistem se može koristiti za rad u relanom vremenu.

Izloženo tehničko rešenje je originalno i sadrži sve neophodne stavke uključujući pregled trenutnog stanja u svetu u datoj oblasti, opis svih tehničkih karakteristika uključujući i prikaz LabVIEW programa u kojem je realizovan prototip mernog instrumenta.

Na osnovu priložene dokumentacije za tehničko rešenje, predlažem Nastavno-naučnom veću Fakulteta tehničkih nauka-Univerzitet u Novom Sadu, da prijavljeno tehničko rešenje prihvati kao:

Tehničko rešenje – Prototip (M85)

Dejan Drajić

dr Dejan Drajić
Elektrotehnički Fakultet - Univerzitet u Beogradu
Bulevar kralja Aleksandra 73
11000 Beograd

U Beogradu, 15.9.2016. godine

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA

MERNI SISTEM ZA PREDIKCIJU ZAGAĐENJA VAZDUHA U URBANIM SREDINAMA

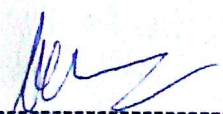
Odgovorno lice: **dr Josif Tomić**
Autori rešenja: dr Josif Tomić, dr Milan Vidaković, dr Miodrag Kušljević, dr Vladimir Rajs, dr Platon Sovilj, dr Zoran Mitrović.
Razvijeno u okviru projekata: IIR43008 i TR32019.
Godina: 2016.
Primena od: 1.3.2016. godine.
Ključne reči: predikcija zagađenja vazduha, SCADA sistemi, LabVIEW, vremenske serije, statistička analiza, Android.

Mišljenje recenzenta

Realizovani prototip predstavlja praktičnu realizaciju merne stanice za praćenje stanja životne sredine, korišćenjem savremenih mernih i informacionih tehnologija. Prikazano je rešenje koje se oslanja na postojeću tehnologiju, ali nudi nadogradnju hardvera i softvera zahvaljujući prednostima korišćenja koncepta virtualne instrumentacije. Praktično je realizovan merni sistem koji omogućava akviziciju i statističku obradu izmerenih podataka u realnom vremenu a rezultati su trenutno dostupni svim korisnicima. Sistem daje predikciju zagađujućih materija u vazduhu korišćenjem ARMA modela. Ovo omogućava korisnicima da blagovremeno reaguju na pojavu opasnih koncentracija u vazduhu i da izbegnu ove lokacije. Prenos informacija u realizovanom smart SCADA sistemu obavlja se Modbus protokolom, što celom sistemu daje čvršću hijerarhijsku strukturu. Merna stanica na serverskom nivou obavlja složenu statističku analizu mernih podataka i daje predikciju koncentracija zagađujućih materija u vazduhu. Korišćenjem ARMA statističke analize moguće je predvideti nepovoljne vremenske prilike i blagovremeno izvršiti određene akcije, kao što su: preusmeravanje saobraćaja u gradovima i zaustavljanje rada rafinerija i fabričkih postrojenja. Svi merni podaci kao i rezultati statističke analize mernih podataka u numeričkom i grafičkom obliku, trenutno su dostupni udaljenim korisnicima, jer se sva obrada i analiza vrše u realnom vremenu, na samoj serverskoj stanici. Korisnicima, stanovnicima gradova, na raspolaganju je Android aplikacija za mobilne uređaje koja im daje trenutne vrednosti zagađujućih materija u vazduhu kao i predikciju vrednosti u periodu od narednih 6 sati.

Predloženo tehničko rešenje je originalno. Tekst tehničkog rešenja sadrži sve potrebne komponente: kratak opis sa tehničkim karakteristikama, pregled stanja u svetu i detaljan opis samog tehničkog rešenja uključujući i prikaz LabVIEW programa u kojem je realizovan prototip mernog instrumenta. Na osnovu priložene dokumentacije za tehničko rešenje i ovde prethodno navedenih činjenica, predlažem Nastavno-naučnom veću Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu da prijavljeno tehničko rešenje prihvati kao:

Tehničko rešenje – Prototip (M85)



dr Miloš Živanov
Fakultet tehničkih nauka
Trg Dositeja obradovića 6
21000 Novi Sad

U Novom Sadu, 15.9.2016. godine



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01-сл

Ваш број:

Датум: 2016-09-01

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 23. редовној седници одржаној дана 28.09.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 11. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 11.2.2: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Доцент др Дејан Драјић, Електротехнички факултет у Београду
- Проф. др Милош Живанов, Факултет техничких наука у Новом Саду

Назив техничког решења:

"МЕРНИ СИСТЕМ ЗА ПРЕДИКЦИЈУ ЗАГАЂЕЊА ВАЗДУХА У УРБАНИМ СРЕДИНАМА"

Аутори техничког решења: Јосиф Томић, Милан Видаковић, Миодраг Кушљевић, Владимир Рајс, Платон Совиљ, Зоран Митровић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки