

Izdvajanje režima praznog hoda motora sa unutrašnjim sagorevanjem na osnovu audio zapisa

Marko Milivojčević, Emilija Kisić, Dejan Ćirić

Apstrakt—U ovom radu je predstavljen postupak za prepoznavanje i izdvajanje režima praznog hoda motora sa unutrašnjim sagorevanjem putničkih vozila na osnovu audio zapisa prikupljenih na ulazu u podzemnu garažu. Analiza audio zapisa je realizovana u vremenskom domenu, kako bi se omogućila obrada signala sa što manjim zahtevima u pogledu potrebne procesorske snage akvizicionog sistema sa baterijskim napajanjem. Celokupan postupak prepoznavanja i izdvajanja audio zapisa koji odgovara režimu praznog hoda motora sa unutrašnjim sagorevanjem putničkih vozila realizovan je upotrebom programskog jezika *Python*. Cilj predstavljenog postupka je priprema velikog broja prikupljenih audio signala za dalju analizu i obradu u pogledu izdvajanja karakterističnih audio obeležja i upotrebu u obuci neuronskih mreža.

Ključne reči—akustičke karakteristike, audio zapis, vremenski domen, motori sa unutrašnjim sagorevanjem, akvizicija, *python*.

I. UVOD

Primene algoritama veštačke inteligencije na audio signale vremenom postaju sve brojnije. Klasifikacija zvukova, detekcija audio događaja i prepoznavanje audio scena su primeri zadataka koji se uspešno realizuju u praksi primenom mašinskog učenja. U tom kontekstu, mašinsko i duboko učenje se mogu koristiti za prepoznavanje vrste motora sa unutrašnjim sagorevanjem na osnovu zvuka koji motori generišu. Naime, zvuk ovih motora se razlikuje u zavisnosti od pogonskog goriva koje koriste motori (benzin ili dizel). Činjenica da ljudsko uvo na osnovu zvuka koji motor generiše može da prepozna o kojoj vrsti motora se radi, poslužila je kao osnovna ideja da se napravi sistem za automatsko prepoznavanje vrste motora na osnovu zvuka koji motori generišu.

U cilju realizacije jednog ovakvog sistema najpre je bilo potrebno napraviti akvizicioni sistem za prikupljanje audio signala koji će činiti bazu na osnovu koje će se sistem obučiti nekim od algoritama mašinskog/dubokog učenja. Kako bi se formirala kvalitetna baza audio signala, bilo je neophodno prikupiti veliki broj audio signala generisanih radom motora

sa unutrašnjim sagorevanjem putničkih vozila. Pomenuta banka uzoraka bi se koristila za dalju analizu i izdvajanje karakterističnih audio obeležja sa ciljem da se isključivo na osnovu akustičkih karakteristika odredi pogonsko gorivo. Pomenuti akvizicioni sistem koristi mikrofonski pozicioniran u oblasti ispod motornog prostora putničkog vozila [1, 2] nakon što se detektuje prisustvo vozila.

U prethodnim fazama ovog istraživanja su analizirani spektri signala audio zapisa koji potiču od motora pokretanih različitim pogonskim gorivima pri čemu je uzet u obzir položaj mikrofona iznad poklopca motora i u oblasti ispod motornog prostora [1]. Analiziran je i uticaj položaja mikrofona u oblasti ispod motornog prostora na karakteristiku audio zapisa, gde je utvrđeno da vremenski oblik signala minimalno varira bez obzira na tačku u kojoj je postavljen merni mikrofonski [2]. Ovo je omogućilo prikupljanje uzoraka bez obzira na položaj vozila u trenutku kada je ono detektovano i kada se zaustavi iznad mikrofona.

Osnovni zadatak akvizicionog sistema je prikupljanje audio zapisa motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji se nalazi u režimu praznog hoda tj. u neopterećenom režimu, što je detaljnije opisano u [3]. I pored velikog broja uspešno prikupljenih audio snimaka, u formiranoj bazi su se pojavili snimci sa događajima koji ne sadrže samo željeni režim rada motora već i druge modove rada motora. Zbog toga je bilo potrebno da se u okviru postojećih snimaka detektuje, a zatim i izdvoji režim praznog hoda motora sa unutrašnjim sagorevanjem, što predstavlja ključni motiv ovog rada. Kako je akvizicioni sistem baziran na baterijskom napajanju, radi svoje mobilnosti, cilj je bio napraviti što jednostavniji postupak koji bi zahtevao minimalnu procesorsku snagu. Na osnovu toga je doneta odluka da se postupak izdvajanja režima praznog hoda motora bazira na obradi audio signala u vremenskom domenu, odnosno na anvelopi signala.

Rad je podeljen u više poglavlja, gde su karakteristični slučajevi prikupljenih audio signala i metod njihove obrade prikazani u poglavlju gde je opisana metodologija. U poglavlju gde su opisani rezultati data je ilustracija uspešne detekcije promene režima rada motora samo na osnovu vremenskog oblika signala, kao i nove, izdvojene signale koji predstavljaju željeni režim rada motora. Zaključci istraživanja su sumirani u poglavlju koje sledi, iza kojeg je dat spisak korišćene literature.

II. PREGLED LITERATURE

Analiza dostupnih radova iz oblasti akustike koji za izvor zvuka imaju motore sa unutrašnjim sagorevanjem dala je kao rezultat podelu radova na nekoliko kategorija. Tako su

Marko Milivojčević – Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, odsek: Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Vojvode Stepe 283, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: markom@viser.edu.rs).

Emilija Kisić – Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, odsek: Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Vojvode Stepe 283, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: emilijai@viser.edu.rs).

Dejan Ćirić – Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mail: dejan.ciric@elfak.ni.ac.rs).

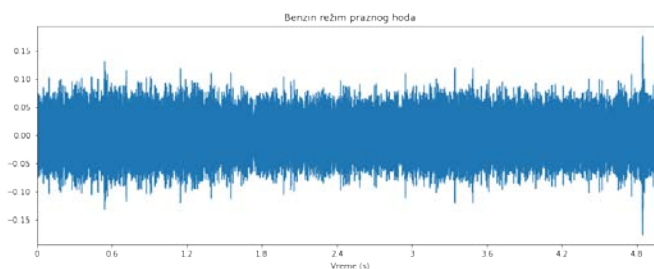
izdvojeni radovi koji za cilj imaju detekciju-monitoring buke i brojanje vozila u saobraćaju [4, 5, 6], zatim detekciju ili predikciju nepravilnosti rada motora vozila [7, 8, 9] i klasifikaciju vozila po kategorijama (putnička, teretna, motocikli) na osnovu zvuka [10, 11]. U većini ovih radova su razvijeni namenski akvizicioni sistemi sa određenim stepenom obrade prikupljenih audio uzoraka. Osnovna razlika takvih sistema i akvizicionog sistema koji je korišćen za prikupljanje uzoraka za ovaj rad je prvenstveno pozicija i kvalitet korišćenog mikrofona, kao i nivo obrade pojedinačnih prikupljenih uzoraka pre skladištenja na memorijski medij. Posmatrajući poziciju mikrofona moguće je uočiti da se u radovima čiji je predmet detekcija-monitoring buke kao i klasifikacija vozila u saobraćaju mikrofoni pozicioniraju pored saobraćajnice, dok se kod radova fokusiranih na detekciju nepravilnosti rada motora mikrofoni pozicioniraju u oblasti iznad motornog prostora, pri čemu je poklopac motora otvoren.

III. METODOLOGIJA

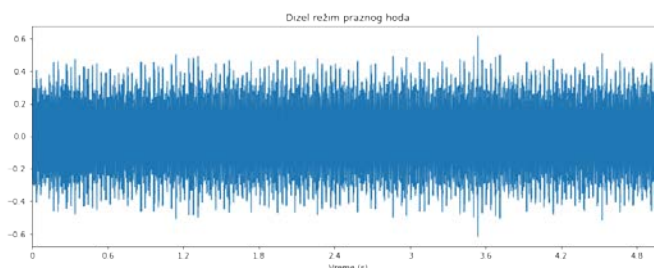
Za prikupljanje velikog broja audio zapisa motora sa unutrašnjim sagorevanjem razvijen je akvizicioni sistem koji funkcioniše autonomno. Sistem je u potpunosti mobilan jer je napajanje baterijsko, a prikupljeni zapisi se skladište na memorijsku karticu. Detekcija prisustva vozila iznad mikrofona je bazirana na ultrazvučnim senzorima koji mere rastojanje po vertikalnoj i horizontalnoj osi u različitim ravnim što onemogućava detekciju malih objekata tj. objekata koji nisu vozila. Dodatna provera, nakon detekcije ultrazvučnim senzorima, se realizuje uključanjem mikrofona i merenjem nivoa zvučnog polja. U sistemu je kreirana logika koja započinje snimanje audio zapisa tek ukoliko je detektovani zvuk iznad zadatog praga. Kako je mikrofoni pozicioniran na podlozi iznad koje se vozilo kratkotrajno zaustavlja dok vozač ne preuzme karticu za ulazak u podzemnu garažu i dok se ne otvori rampa, ekperimentalno je određen minimalni nivo zvučnog polja tj. prag. U sistemu je takođe definisano trajanje snimanja od 5 sekundi koje je određeno na osnovu empirijske procene zadržavanja vozila u režimu praznog hoda.

Inicijalno postavljanje sistema na ulaznu rampu podzemne garaže je pokazalo da sistem detektuje isključivo vozila i da se na audio zapisima nalaze samo signali koji potiču od motora sa unutrašnjim sagorevanjem, ali da vremena zadržavanja vozila iznad mikrofona znatno variraju. Za najveći broj vozila su dobijena dva audio snimka po vozilu pri čemu prvi snimak, bez izuzetka, predstavlja režim praznog hoda motora-stacionaran režim (Sl. 1 i 2), a drugi, odnosno u pojedinim slučajevima poslednji, snimak delimično sadrži režim praznog hoda motora nakon čega sledi povećavanje broja obrtaja radilice i režim delimičnog opterećenja motora u cilju ubrzavanja vozila (Sl. 3, 5 i 6). Na uzorku od 50 vozila ostali slučajevi nisu zabeleženi bez obzira na uticaj autoparionice koja se nalazila u neposrednoj blizini u nedeljenom zatvorenom prostoru. Dodatno je, paralelno sa autonomnim radom sistema, manuelno vođena evidencija tipa pogonskog goriva kako bi se uočila eventualna mogućnost greške tj. beleženja audio snimaka koji bi bili neupotrebljivi u odnosu na buku okoline koja je prisutna u zatvorenom prostoru i koja najvećim delom potiče od ventilacije garaže. Ovakav slučaj se nije dogodio u praksi

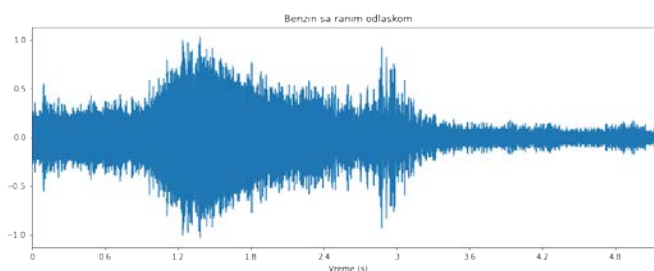
zbog pravilno podešnog praga koji uslovljava početak beleženja snimka. Posmatrajući vremenski oblik signala, na Sl. 3, 4, 5 i 6 može se uočiti snimljena buka tek nakon odlaska vozila.



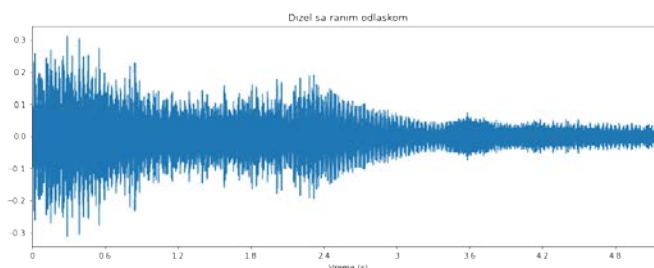
Sl. 1. Audio signal motora koji koristi benzin u praznom hodu, bez promene režima.



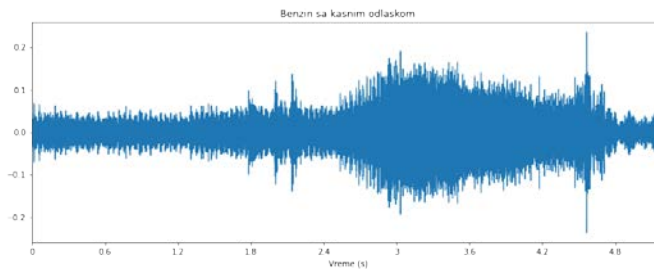
Sl. 2. Audio signal motora koji koristi dizel u praznom hodu, bez promene režima.



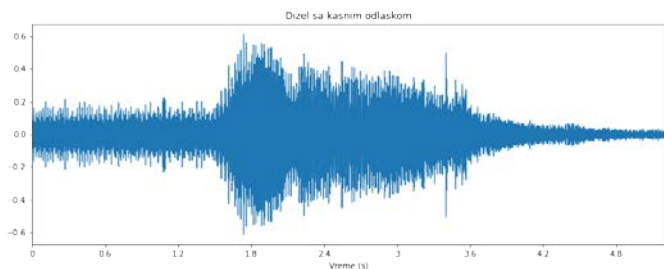
Sl. 3. Audio signal motora koji koristi benzin sa ranom promenom režima rada.



Sl. 4. Audio signal motora koji koristi dizel sa ranom promenom režima rada.



Sl. 5. Audio signal motora koji koristi benzin sa kasnom promenom režima rada.



Sl. 6. Audio signal motora koji koristi dizel sa kasnom promenom režima rada.

U cilju formiranja banke uzoraka audio snimaka stacionarnog režima rada motora i na osnovu analize vremenskog oblika signala kada vozilo odlazi, uočeno je da je moguće izdvojiti željeni režim rada „iscanjem“ dela snimka pre nego što vozilo krene da napušta poziciju tj. pređe u režim delimičnog opterećenja.

Uzimajući u obzir da se sistem napaja baterijski, da obradu celokupnog audio zapisa od 5 s radi u realnom vremenu i da se iz vremenskog oblika signala jasno mogu uočiti događaji, izdvajanje željenog režima rada je bazirano na vremenskom domenu radi smanjenja potrebne procesorske snage. Obrada u vremenskom domenu je podeljena u tri faze: formiranje anvelope amplitude signala, određivanje trenutka sečenja i isecanje signala do prethodno određenog trenutka.

Zvučni zapis motora je sniman u audio kvalitetu 48000 odbiraka u sekundi, 16 bita po odbirku, mono. Najbolje rezultate prilikom formiranja anvelope su dali parametri sa veličinom prozora gde se beleži maksimalna vrednost signala dužine 4000 odbiraka, a pomeraj 3000 odbiraka, tj sa preklapanjem susednih prozora od 1000 odbiraka. Dobijene anvelope su prikazane na Sl. 7 do 12.

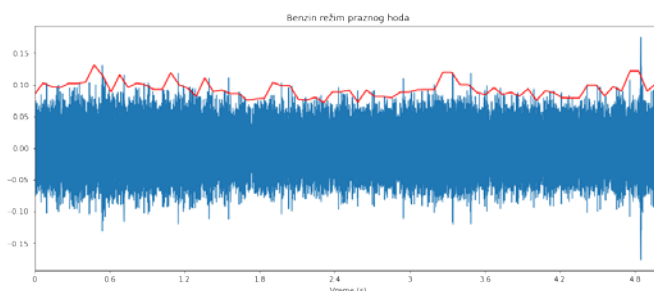
Kako bi se izdvojio samo stacionarni deo koji odgovara praznom hodu motora iz svakog snimljenog audio signala iz baze, bilo je potrebno odrediti prag (vremenski trenutak) nakon kojeg se nestacionaran deo signala odbacuje. S obzirom na prirodu problema, stacionaran deo signala se uvek javlja na početku signala (Sl. 9 do 12), tako da je bilo jasno da je prag potrebno naći u nekom trenutku nakon početka signala, odnosno u prvom trenutku kada signal prestaje da bude stacionaran. Kao što je gore već objašnjeno, slučajevi gde se prazan hod javlja kasnije (u sredini ili na kraju signala) ne postoje, tako da je bilo jasno da je potrebno odrediti samo jedan prag.

Na osnovu analize vremenskih oblika signala koji su snimljeni, došlo se do zaključka da u trenutku kada signal prestaje da bude stacionaran dolazi do naglog porasta njegove amplitude, a samim tim u tom trenutku dolazi i do veoma primetnog porasta njegove anvelope. Osnovna ideja za pronalaženje praga pomoću kojeg bi se izdvojio samo stacionaran deo signala jeste da se najpre odredi anvelopa signala kako je gore opisano, a zatim da se računa razlika između trenutne i prethodne vrednosti anvelope za sve vrednosti anvelope. Dok je signal stacionaran, očekivano je da razlika između trenutne i prethodne vrednosti anvelope bude mala. U trenutku kada signal prestaje da bude stacionaran, dolazi do skoka u anvelopi, što znači da razlika između trenutne vrednosti anvelope u trenutku kada je signal prestao da bude stacionaran i prethodne vrednosti anvelope dok je signal još uvek stacionaran mora biti znatno veća nego razlika između trenutne i prethodne vrednosti anvelope u trenucima dok je signal stacionaran. Prvi trenutak gledajući

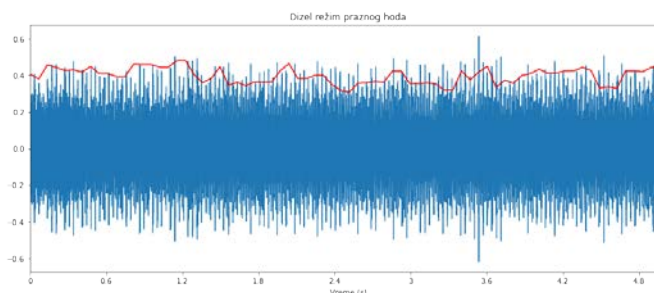
sa leva na desno (od početka do kraja signala) kada dođe do porasta razlike između trenutne i prethodne vrednosti anvelope bi trebalo da bude trenutak za postavljanje praga. Ukoliko signal anvelope označimo kao $Env(t)$, a vrednost praga kao t_L , prag možemo izračunati pomoću sledeće formule:

$$t_L = \min\{Env(t) - Env(t - 1) > 0.1\} \cdot \left(\frac{t_s}{N_f}\right) \quad (1)$$

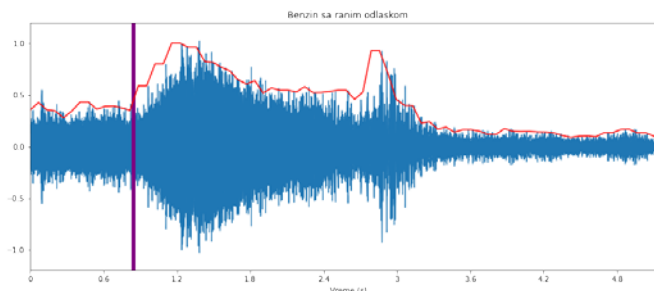
gde je sa t_s označeno trajanje celog signala, a sa N_f broj frejmova u kojima su računati maksimumi signala pomoću kojih je određena anvelopa signala. Vrednost 0.1 je određena empirijski. S obzirom na to da je potrebno postaviti prag u prvom trenutku nakon kojeg dolazi do skoka u amplitudi, gledajući od početka do kraja signala (sa leva na desno), potrebno je uzeti najmanju vrednost koja zadovoljava uslov $Env(t) - Env(t - 1) > 0.1$. Takođe, kako bi se dobio tačan vremenski trenutak za postavljanje praga, a uslov $\min\{Env(t) - Env(t - 1) > 0.1\}$ vraća frejm anvelope u kojem dolazi do skoka u anvelopi koji označava prelazak iz stacionarnog u nestacionaran deo signala, bilo je neophodno pomnožiti dobijenu vrednost frejma anvelope sa trajanjem celog signala i podeliti sa ukupnim brojem frejmova u anvelopi. Na ovaj način dobija se željeni vremenski trenutak za postavljanje praga t_L , odnosno trenutak do kojeg se nalazi stacionaran deo signala koji želimo da izdvojimo.



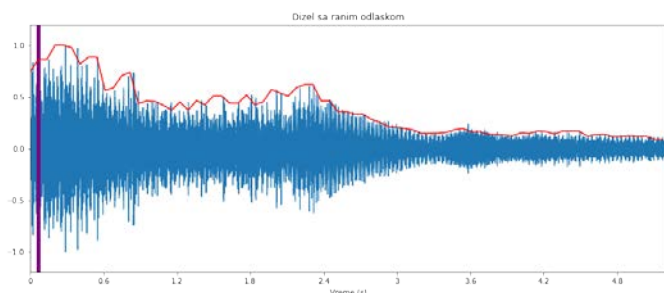
Sl. 7. Anvelopa audio signala motora koji koristi benzin u praznom hodu, bez promene režima rada.



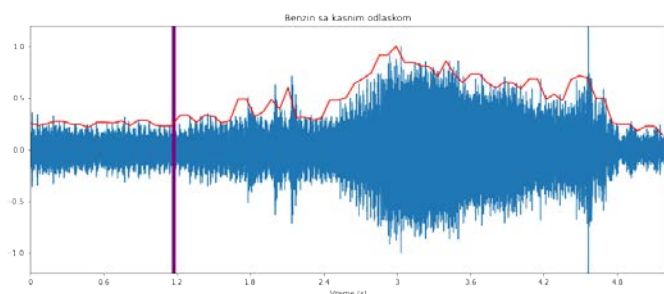
Sl. 8. Anvelopa audio signala motora koji koristi dizel u praznom hodu, bez promene režima rada.



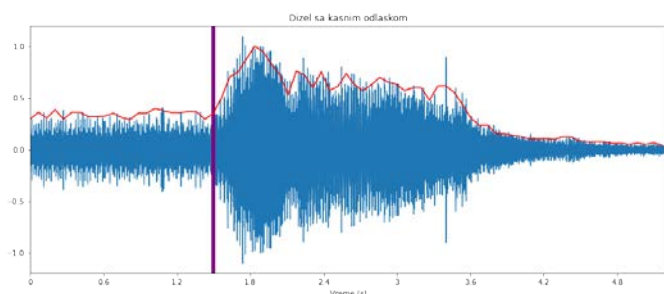
Sl. 9. Anvelopa audio signala motora koji koristi benzin sa ranom promenom režima rada (prag je označen vertikalnom linijom).



Sl. 10. Anvelopa audio signala motora koji koristi dizel sa ranom promenom režima rada (prag je označen vertikalnom linijom).



Sl. 11. Anvelopa audio signala motora koji koristi benzin sa kasnom promenom režima rada (prag je označen vertikalnom linijom).



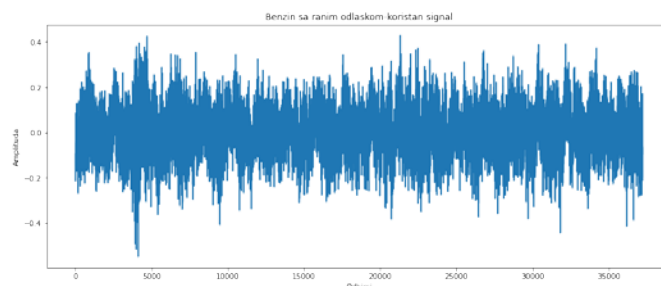
Sl. 12. Anvelopa audio signala motora koji koristi dizel sa kasnom promenom režima rada (prag je označen vertikalnom linijom).

Dobijeni vremenski trenuci koji označavaju prag (trenutak do koga se izdvaja deo signala praznog hoda motora koji se koristi za banku uzoraka) je na Sl. 9 do 12 označen ljubičastom vertikalnom linijom. Na snimljenim uzorcima gde nema promene režima rada motora, vremenski trenutak odsecanja nije mogao biti određen na opisani način. U tom slučaju, čitav audio zapis se koristi kao prazan hod motora i koristi se za dalje analize i obradu.

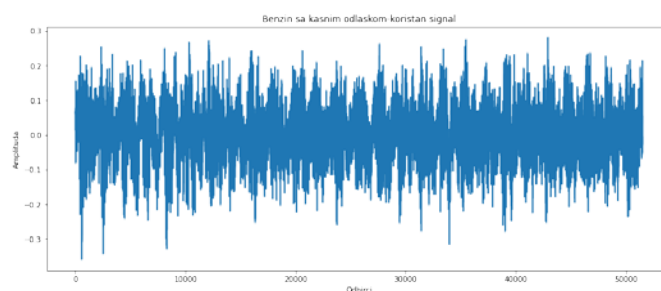
IV. REZULTATI

Obrada signala u vremenskom domenu, u vidu formiranja anvelope signala, kao i određivanje vremenskog trenutka kada je potrebno iseći signal na osnovu oblika anvelope, rezultirala je podatkom za svaki audio signal iz snimljene baze koji sadrži trenutak do kojeg je motor u režimu praznog hoda tj. do kojeg je signal stacionaran. Na osnovu tog podatka su iz postojećih audio zapisa upotrebom jednostavne funkcije izdvojeni željeni signali u celoj bazi. Izdvojeni signali su predstavljeni u wav formatu kao i originalni audio zapisi akvizicionog sistema. Radi ilustracije, vremenski oblici karakterističnih izdvojenih audio signala predstavljeni su na Sl. 13, 14 i 15. pri čemu se na horizontalnoj osi nalazi broj odbiraka. Na Sl. 13 je prikazan izdvojeni signal koji odgovara originalnom snimku motora koji koristi benzin sa ranim odlaskom vozila, dok je na Sl. 14. takođe prikazan snimak

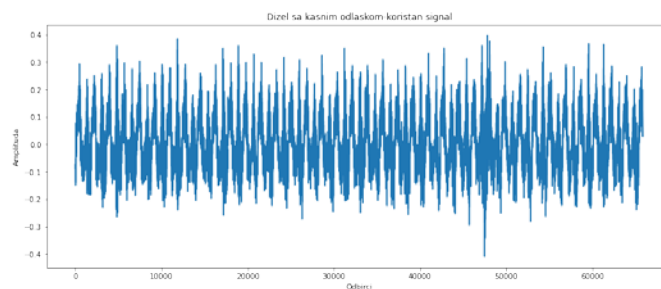
motora koji koristi benzin samo sa kasnijim odlaskom vozila. Posmatrajući vremenski oblik signala može se uočiti da su signali veoma slični pri čemu je jedina razlika u broju odbiraka tj. trajanju izdvojenog signala, što odgovara događajima vidljivim na Sl. 9 i 11.



Sl. 13. Izdvojeni audio signal motora koji koristi benzin u praznom hodu sa ranom promenom režima rada.



Sl. 14. Izdvojeni audio signal motora koji koristi benzin u praznom hodu sa kasnom promenom režima rada.



Sl. 15. Izdvojeni audio signal motora koji koristi dizel u praznom hodu sa kasnom promenom režima rada.

Na Sl. 15. je prikazan izdvojeni signal motora koji koristi dizel pri čemu je signal izdvojen za slučaj sa kasnijim odlaskom vozila (Sl. 12.). Za slučaj kada vozilo koristi dizel i kada se dogodio rani odlazak vozila gotovo na samom početku snimka, definisana tačka sečenja je takođe bila veoma blizu početka signala (Sl. 10.) što znači da nije detektovan dovoljno dugačak stacionarni režim rada motora, pa je odgovarajućom funkcijom provere trajanja stacionarnog režima ovaj snimak odbačen bez izdvajanja signala. Opisana metoda, odnosno obrada signala u vremenskom domenu dala je jako dobre rezultate, jer je omogućila da se iz svih audio signala iz baze izdvoje željeni, korisni delovi signala, koji predstavljaju prazan hod motora, na potpuno automatizovan način, što je i bio cilj ovog rada.

V. ZAKLJUČAK

Posmatrajući broj snimaka sa signalima koji predstavljaju isključivo režim praznog hoda vozila u odnosu na broj uzorkovanih vozila moguće je uvideti da je akvizicioni sistem prikupio barem jedan takav snimak za svako vozilo. Razvoj dodatne obrade zabeleženih signala, a koji ne predstavljaju isključivo režim praznog hoda motora u toku čitavog trajanja

snimka, doprinelo je povećanju broja željenih audio snimaka, odnosno uvećanju banke uzoraka. Akvizicioni sistem sa dodatnom obradom signala za izdvajanje stacionarnog režima rada motora je dao identične rezultate bez obzira na tip pogonskog goriva. Upoređujući izdvojene signale na Sl. 13, 14 i 15 sa signalima koji su izvorno snimljeni kao režim praznog hoda motora (Sl. 1 i 2) mogu se videti veoma male razlike koje su rezultat vremenskog skaliranja prilikom grafičkog prikaza, odnosno jedina suštinska razlika je u dužini trajanja originalnog signala i korisnog dela signala koji je izdvojen pomoću opisane metode.

Ovakav način prikupljanja audio uzoraka, uz dodatnu obradu signala predstavljenu u ovom radu, veoma efikasno formira veliku količinu "čistih" audio snimaka. Na ovaj način napravljena je kvalitetna baza audio signala što će u budućem radu omogućiti razvoj sistema koji će nekim algoritmom mašinskog učenja, odnosno nekom od metoda klasifikacije prepoznavati o kojoj vrsti motora se radi.

ZAHVALNICA

Prezentovano istraživanje je realizovano zahvaljujući gospodinu Neđi Petijeviću ispred firme Novi Dom doo u Beogradu koji je omogućio pristup ulaznoj rampi podzemne garaže uz poštovanje svih bezbednosnih procedura. Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] M. Milivojčević, F. Pantelić, D. Ćirić, "Comparison of frequency characteristic of sound generated by internal combustion engines depending on fuel," Proc. 26th Noise and Vibration, Niš, Serbia, pp. 115-120, 6-7 December 2018.
- [2] M. Milivojčević, F. Pantelić, D. Ćirić, "Pozicioniranje mikrofona prilikom snimanja audio karakteristika motora putničkih vozila" Proc. 63rd National Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering ETRAN, Srebrno Jezero, Serbia, pp. 58-62, 3-6 June 2019.
- [3] M. Milivojčević, D. Ćirić, "Izdvajanje značajnih akustičkih karakteristika motora sa unutrašnjim sagorevanjem" Proc. 64rd National Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering ETRAN, Belgrade, Serbia, 2020.
- [4] J. F. Forren and D. Jaarsma, "Traffic monitoring by tire noise," Proc. Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 177-182, 1997.
- [5] R. Lopez-Valcarce, C. Mosquera, R. Perez-Gonzalez, "Estimation of road vehicle speed using two omnidirectional microphones: A

maximum likelihood approach", *EURASIP J. Appl. Signal Process.*, p.1059, 2004.

- [6] B. Barbagli, G. Manes, R. Facchini, "Acoustic sensor network for vehicle traffic monitoring," Proc. 1st International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications, Venice, Italy, pp. 1-6, 24-29 June 2012.
- [7] V. Singh, N. Meena, "Engine fault diagnosis using DTW, MFCC and FFT," Proc. First International Conference on Intelligent Human Computer Interaction (IHCI 2009), Allahabad, India, pp. 83-94, 20-23 January 2009.
- [8] S. K. Lee, S. J. Kim, "Internal combustion engine sound-based fault detection and diagnosis using adaptive line enhancers," *Proc. Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 222, no. 4, pp. 593-605, Apr. 2008.
- [9] J.L. Firmino, J.M. Neto, A.G. Oliveira, J.C. Silva, K.V. Michina, M.C. Rodrigues, "Misfire detection of an internal combustion engine based on vibration and acoustic analysis," *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, no. 43, art. no. 336, 2021.
- [10] J. George, L. Mary, Riyas K S, "Vehicle detection and classification from acoustic signal using ANN and KNN," Proc. Int. Conf. on Control Communication and Computing (ICCC), pp. 436-439, 2013.
- [11] Y. Na, Y. Guo, Q. Fu, Y. Yan, "An acoustic traffic monitoring system: design and implementation," 2015 IEEE 12th Int. Conf. on Ubiquitous Intelligence and Computing and 2015 IEEE 12th Int. Conf. on Autonomic and Trusted Computing and 2015 IEEE 15th Int. Conf. on Scalable Computing and Communications and its Associated Workshops, pp. 119-126, 2015.

ABSTRACT

In this paper, procedure for recognition and extraction of idling mode of the internal combustion engines of passenger vehicles based on audio recordings acquired at the entrance of underground parking is presented. Audio recording analysis is carried out in the time domain in order to have signal processing with as little as possible requirements regarding necessary processing power of the acquisition system with battery power supply. Overall procedure for recognition and extraction of useful parts of audio recordings related only to idling mode of the internal combustion engines of passenger vehicles is realized using *Python* programming language. The main goal of the presented procedure is the preparation of large number of acquired audio signals for further analysis and processing in the context of extraction of characteristic audio features and application of these features in neural network training.

Extraction of the idling mode of the internal combustion engine based on the audio recording

Marko Milivojčević, Emilija Kisić, Dejan Ćirić