



UPOTREBA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA U PRAĆENJU I PROCENI HEMIJSKIH AKCIDENATA

Dalibor Kutnjak¹,
Dragan Vasiljević¹,
Aleksandar Đurić¹

¹Generalštab Vojske Srbije,
Neznanog junaka 38,
11000 Beograd, Srbija

Rezime:

Trend rasta prisutnosti bespilotnih vazduhoplova, kao elementa sistema zaštite životne sredine, usko prati razvoj više aspekata njihove operativne eksploatacije. Pre svega, razvoj se usmerava prema unapređenju njihovih taktičkih karakteristika: izdržljivosti u letu, operativnih sposobnosti, koje sve češće podrazumevaju i sposobnost detekcije opasnih materija u žarištu udesa, ali i niza drugih aspekata njihove integracije u sistem zaštite životne sredine. Sistem za praćenje i procenu hemijskih udesa sastoji se od bespilotnog vazduhoplova opremljenim detektorom opasnih materija i softverske aplikacije za praćenje i prognozu hemijske situacije pri udesima sa opasnim materijama. Namenjen je, kako vojnim, tako i civilnim organizacijama, s ciljem unapređenja sposobnosti kroz primenu adekvatnih metoda za upravljanje rizikom. Primenom navedenog sistema u akcidentnim situacijama smanjujemo vreme: procene efekata hemijskog udesa i reakcije na udes uz znatno umanjeње posledica po ljude i životnu sredinu.

Ključne reči:

bespilotni vazduhoplov, hemijski udes, praćenje i prognoza hemijske situacije.

1. UVOD

Obrada podataka o akcidentnim situacijama primenom informaciono-komunikacione tehnologije svodi se na prikaz kvantitativnih pokazatelja, a u fokus se stavljaju detektovane vrednosti „opasnih” materija, bez jasnih kvalitativnih pokazatelja i preporuka za primenu adekvatnih metoda za umanjeње posledica po ljude i životnu sredinu.

Upotrebom bespilotnih vazduhoplova kao elementa u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa unapredićemo sposobnosti kroz primenu adekvatnih metoda za upravljanje rizikom.

Otklanjanje posledica i sanacija štete od hemijskog akcidenta veoma su teški i zahtevaju dugotrajan proces, dok sprečavanje nastanka akcidenta zahteva kompleksne mere prevencije, razrađen informacioni sistem i adekvatne mere smanjenja negativnih posledica [1, 2].

Zakonska regulativa u Republici Srbiji (Zakon o zaštiti životne sredine, Sl. glasnik RS br. 135/2004 i Pravilnik o metodologiji za procenu opasnosti od hemijskog udesa i od zagađenja životne sredine, merama pripreme i merama za otklanjanje posledica, Sl. glasnik RS br. 60/94) definiše faze

Correspondence:

Dalibor Kutnjak

e-mail:

dalibor.kutnjak@vs.rs



postupanja kod akcidentnih situacija prema sledećem: prva faza – vreme pre nastanka udesa, kada je potrebno preduzeti sve preventivne mere da bi se sprečio udes; druga faza – vreme trajanja udesa, odnosno vreme kada je potrebno obezbediti spasavanje života i preduzeti mere zaštite najugroženijih; treća faza – vreme nakon udesa, kada se pruža prva medicinska pomoć u okviru zdravstvene službe i obezbeđuje opstanak u nepovoljnim uslovima, i četvrta faza – vreme posle udesa, kada se preduzimaju mere sanacije i otklanjanja posledica udesa.

Korišćenjem matematičkog modela koji je ugrađen u Privremeno uputstvo za procenu i prognozu hemijske situacije pri udesima s opasnim materijama, Generalštab VSCG 2004. godine, a koji čini sastavni deo softverskog paketa „HesPro” [3] za brzu procenu situacije kod hemijskih akcidenata, i uz pomoć podataka koje eksploatišemo iz geografskog informacionog sistema, obezbeđuju se uslovi za efikasnu upotrebu raspoloživih resursa.

Efikasnost u postupku prikupljanja, korišćenja, analizi neophodnih podataka i predviđanju događaja izazvanih akcidentnom situacijom uz istovremeno smanjenje rizika po ljudstvo i materijalna sredstva može se postići upotrebom bespilotnih vazduhoplova kao elementa u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa.

U ovom radu opisana je potencijalna upotreba bespilotnih vazduhoplova u svrhu praćenja i procene hemijskih udesa.

U cilju sagledavanja funkcionalnosti sistema za praćenje i procenu hemijskih udesa, autor ovog rada definisao je hipoteze prema sledećem:

Osnovna hipoteza:

Ho – Upotreba sistema za praćenje i procenu hemijskih udesa utiče pozitivno na efikasnost postupaka pri akcidentnim situacijama uz optimizaciju resursa i umanjenje rizika.

Posebne hipoteze:

H1 – Upotreba sistema za praćenje i procenu hemijskih udesa utiče negativno na efikasnost postupaka pri akcidentnim situacijama.

H2 – Upotreba bespilotnih vazduhoplova u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa umanjuje rizik za ljudstvo i materijalna sredstva.

H3 – Organizacija rada u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa umanjuje greške prouzrokovane ljudskim faktorom.

2. KARAKTERISTIKE HEMIJSKIH AKCIDENATA

Hemijski akcident jeste nekontrolisan događaj nastao prilikom procesa proizvodnje, transporta ili skladištenja opasnih materija u kojem je oslobođena određena količina hemijski opasnih materija u vazduh, vodu ili zemljište i to na različitom teritorijalnom nivou, što za posledicu može imati ugrožavanje života i zdravlja ljudi, materijalnih dobara i životne sredine [5].

Prema usvojenoj Direktivi Evropske zajednice, akcident predstavlja pojavu velike emisije, požara ili eksplozije nastalu kao rezultat neplanskih događaja u okviru neke industrijske aktivnosti koja ugrožava ljude i životnu sredinu, odmah ili nakon određenog vremena, u okviru ili van granica preduzeća, i to uključujući jednu ili više opasnih hemikalija.

Polazeći od navedenih pojmovnih određenja, a u cilju modeliranja akcidenata, potrebno je dobro poznavati njegove karakteristike prema sledećem: specifične – mogućnost nastanka, preventivne mere, obim mogućih posledica i način sanacije, nespecifične – nepredvidljivost u odnosu na vreme i vrstu, kao i mesto nastanka kada je reč o transportu.

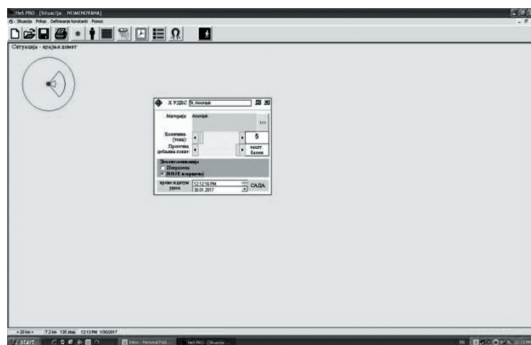
Hemijski akcident zahteva trenutno reagovanje prema ranije utvrđenim organizacionim merama i planovima. Usled nedovoljno potrebnih informacija i opreme za brzo reagovanje na proceni vrste i stepena opasnosti, povećava se prostorna ugroženost, obim posledica po ljude i životnu sredinu, kao i deminzija štete [4].

3. PROCENA UTICAJA HEMIJSKIH AKCIDENATA

Odgovor na akcident počinje onog trenutka kada se uoči prva manifestacija čije su posledice opasne po život i zdravlje ljudi, materijalna sredstva i životnu sredinu.

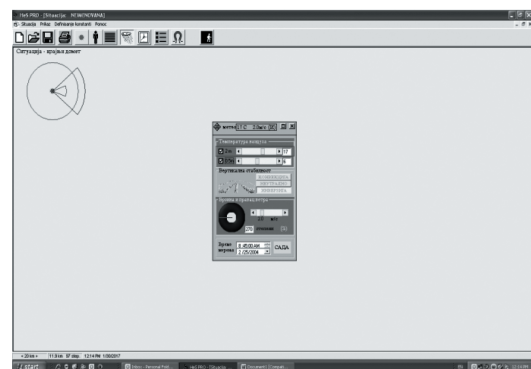
Postojeći softverski paket „HesPro” omogućuje generisanje podataka zauzimajući poznate elemente iz: evidencije o vrstama i količinama opasnih materija u proizvodnji, upotrebi, prometu, skladištenju i odlaganju, vreme udesa, meteorološke elemente koje dobijamo od hidrometeorološkog zavoda i tačno mesto određeno pomoću geografskog informacionog sistema [4].

Na osnovu evidencije o vrstama i količinama opasnih materija u proizvodnji, upotrebi, prometu, skladištenju i odlaganju, unose se početni elementi kako je prikazano na Slici 1.



Slika 1. Prikaz okruženja za unos početnih elementa u softverskom paketu „HesPro”

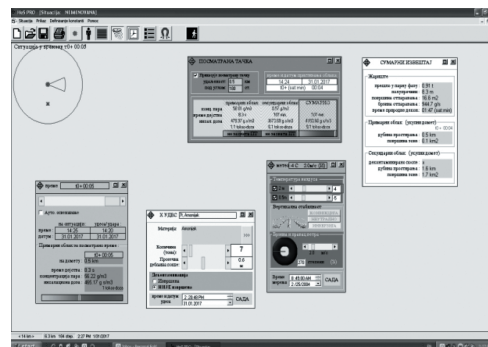
Na osnovu unetih podataka o vrsti i količini opasne materije i unetih meteoroloških podataka, dobijamo rezultate procene koji se odnose na posmatranu tačku. Prikaz okruženja za unos meteoroloških podataka dat je na Slici 2.



Slika 2. Prikaz okruženja za unos meteoroloških podataka u softverskom paketu „HesPro”

Aktiviranjem opcija u u softverskom paketu „HesPro” za grafički i sumarni prikaz možemo dobiti prikaz zona primarnog i sekundarnog oblaka opasne materije. Grafički prikaz teritorije zahvaćene oblakom opasne materije dat je na Slici 3.

Konfiguracija navedenog softverskog paketa podrazumeva manuelno unošenje podataka koji su neophodni za dalju analizu, što smanjuje vreme reakcije i podložno je greškama izazvanim ljudskim faktorom.



Slika 3. Grafički prikaz teritorije zahvaćene oblakom opasne materije u softverskom paketu „HesPro”

4. METOD PRIKUPLJANJA PODATAKA UPOTREBOM BESPILOTNOG VAZDUHOPLOVA

Jedan od načina za poboljšanje rada i povećanje brzine prikupljanja podataka u akcidentnim situacijama jeste angažovanje bespilotnih vazduhoplova kao dela opreme za brzo reagovanje na prikupljanju podataka od značaja, za pravilno donošenje odluke za upotrebu resursa.

Besposadni vazduhoplovi definišu se kao vazduhoplovne platforme bez ljudske posade, a vazduhoplovom upravlja pilot ili operator sistema besposadnih vazduhoplova sa zemlje posredstvom radio-veze ili računar koji se nalazi u samom vazduhoplovu [6].

Besposadni vazduhoplov nije moguće posmatrati kao poseban sistem, već on čini podsistem sistema za upravljanje besposadnim vazduhoplovima. Definicija koja daje širu sliku pojma besposadnih vazduhoplova data je u publikaciji NATO R&T organizacije [7] i glasi:

„Besposadni vazduhoplovi su motorne letelice bez ljudske posade, koje mogu biti upravljane na daljinu, poluautonomne i autonomne, ili mogu predstavljati kombinaciju navedenog i mogu nositi različite vrste tereta, što ih čini sposobnim za realizaciju zadataka u okviru dodeljenih misija unutar Zemljine atmosfere, u trajanju koje je u korelaciji s vrstom zadatka u okviru dodeljene misije.”

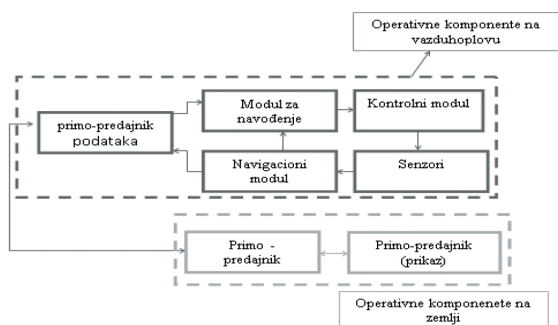
Kako bi pojam besposadnih vazduhoplova bio potpuno jasan, potrebno je definisati elemente tehničko-tehnološkog sistema u kojem oni čine samo jedan deo. Upotreba besposadnih vazduhoplova nije moguća bez:

- ♦ zemaljske kontrolne stanice za navođenje u kojoj se nalazi operator, uključujući i radno okruženje za operatora, samu stanicu i ostale podsisteme;
- ♦ vazduhoplovne platforme, sa teretom i bez tereta u funkciji njene misije;



- ♦ komunikacijskog sistema kojim pilot ili operater sistema besposadnih vazduhoplova distribuira naredbe prema vazduhoplovu i pomoću kojeg zemaljska kontrolna stanica prima povratni signal s podacima koje generiše oprema vazduhoplova i
- ♦ potrebne opreme čija je namena održavanje ili transport opreme.

Funkcionalna blok-šema sistema bespilotnih vazduhoplova data je na Slici 4.



Slika 4. Funkcionalna blok-šema sistema bespilotnih vazduhoplova

Softverska arhitektura letnog računara

Sama arhitektura programa rada letnog računara u osnovi se sastoji od petlje u kojoj se prvo obrađuju pristigle poruke (formatirane posebnim protokolom) sa zemaljske stanice (ZS) i šalju potvrde prijema nazad na zemaljsku stanicu. Poruke u opštem slučaju sadrže komande letelici u smislu promene stanja sistema ili su vezane za rad autopilota: promena moda rada autopilota, zadavanje moda brzine leta (predviđene su tri brzine: sporo krstarenje, brzo krstarenje i maksimalna brzina), promena zahtevane visine leta ili uređivanje niza putnih tačaka.

Bezbedan let bespilotnog vazduhoplova omogućen je korišćenjem podataka s letnih senzora prema sledećem:

Inercijalni senzor – daje ugaone brzine i translatorska ubrzanja. Ploča elektronike letnog računara predviđena je za ugradnju različitih inercijalnih senzora (zbog brzog razvoja sve tačnijih senzora manjih gabarita, cene i lakše dostupnosti).

GPS prijemnik – daje GPS poziciju, visinu, brzinu i kurs kretanja. Predviđen je uređaj koji radi na 1 Hz, a u kraćim intervalima pozicija se određuje inercijalnom navigacijom (koja je ionako već predviđena za slučaj da nema prijema GPS signala iz različitih razloga).

Pito elektronika – daje statički i dinamički pritisak, kao i temperaturu okolnog vazduha, na osnovu kojeg se izračunavaju pito brzina i visina leta.

Strujni senzor – daje trenutni napon baterije, kao i trenutnu jačinu struje na osnovu koje se izračunava ukupna potrošnja električne energije.

Komunikacioni sistem

Komunikacioni sistem je razdvojen na protok podataka i video-slike ka zemaljskoj stanici (*downlink*) i na primopredajni sistem (*uplink*) za komandovanje letelicom.

Prvi radi na 2,4 GHz pomoću multipleksiranog kodiranog ortogonalnog razdvajanja frekvencija (COFDM – Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexed) s kašnjenjem video-slike do 44 ms i prenosom podataka brzinom od 115 kbaud. Emitovani signal dodatno je kriptovan 128-bitnim sistemom AES (Advanced Encryption System).

U sebi poseduje i odgovarajuće filtere koji „odsecaju” krajeve frekventnog spektra, kako ne bi imali uticaja na GPS prijemnik. Snaga emisije kontroliše se posebnim prekidačem, kako bi na zemlji (tokom pripreme misije) i u neposrednoj blizini zemaljske stanice (do jednog kilometra) predaja radila sa 250 mW (radi štednje potrošnje baterije), a uključivanjem dodatnog pojačala snage veće od 1 W omogućio bi se link na krajnjem zahtevanom dometu.

Drugi smer linka (*uplink*) za kontrolu letelice je s frekventnim hoppingom i brzinom prenosa 115 kbaud. Primopredajne antene na letelici svesmerne su, a na zemaljskoj stanici predviđena je omnidirekciona antena za bliska rastojanja i usmerena antena velikog pojačanja koja omogućava i određivanje azimuta ka letelici (pozicioniranje) u slučaju odsustva GPS signala.

Zemaljska stanica

Zemaljska stanica je mobilna i prilagođena je za rad jednog operatera s potpunim funkcijama vežbovnog simulatora, pripreme misije, vođenje misije i naknadnu analizu misije. Posebna pažnja posvećena je automatizaciji i pojednostavljenju procedura (vezanih za rad s hardverom i softverskim funkcijama) pripreme, kako bi se smanjio rizik od greške operatera i ubrzala procedura pripreme misije. Samo vođenje svedeno je na minimum komandi kako bi se letelica dovela u željenu tačku, a najveći deo pažnje operatera usmeren je na samu svrhu misije: upravljanje elektrooptičkim senzorom i njegov monitoring.

Zemaljska stanica sastoji se od tri funkcionalne celine: komunikacionog sistem s antenama s usmeravanjem, primopredajnicima i konvertorima signala, računarskog bloka s potrebnim senzorima i bloka za neposredno komandovanje, vizuelizaciju i monitoring misije. Upravljački sistem s monitoringom i vizuelizacijom sastoji se od konzole s ergonomski raspoređenim neophodnim prekiđačima, tasterima i upravljačkom palicom elektrooptičke platforme, kao i na konzoli integrisanog rigidizovanog laptop računara za vizuelizaciju, monitoring, zadavanje komandi. Video-signal s letelice i prijemnika na zemlji preko razvodnika (*splitter*) distribuira se na laptop i na eksterni video-snimač (*DV recorder*).

Senzor

Uzimajući u obzir specifičnu namenu bespilotnog vazduhoplova u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa, pored navedenih komponenti čija je osnovna funkcija obezbeđenje stabilnosti u letu, isti je potrebno opremiti i senzorima za detekciju prisustva zapaljivih ili toksičnih masa. Jedno od rešenja može biti i opremanje bespilotnog vazduhoplova „SMART 3 CC” gas detektorima, prevashodno zbog karakteristika i dimenzija. Prikaz izgleda „SMART 3 CC” detektora dat je na Slici 5.



Slika 5. Prikaz izgleda „SMART 3 CC” detektora

SMART 3 CC gas detektori koriste se za detekciju prisustva zapaljivih ili toksičnih masa, ili za kiseonik, njegovo bogaćenje ili osiromašenje. Industrijski senzor (*Pellistor*) upotrebljen za detekciju zapaljivih gasova pokazuje odličnu linearnost i do 100% LEL, superiornu moć ponavljanja, kao i trajanje. Za detekciju otrovnih gasova Sensitron je izveo pouzdanu selekciju u izradi elektrohemijskih elemenata radi snabdevanja stabilnim i virtualnim jedinicama bez održavanja.

Detektori su dizajnirani da uvek obezbede 4–20 mA izlaznog signala. Prema opcionalnoj elektronskoj kartici

ST.S/IDI SMART 3 CC može komunicirati na serijskoj bus liniji RS 485 sa svim Sensitron IDI kontrolnim panelima. Druge opcionalne kartice dizajnirane su da obezbede detektor s otvorenim kolektorima ili relejnim izlazima preko kojih bi komunicirali s bilo kojim konvencionalnim kontrolnim panelom.

Tehničke karakteristike:

- ♦ element za učitavanje: NEMOTO PELLISTOR senzori i elektrohemijske mase;
- ♦ kontrolna jedinica: mikroprocesor 10 bit;
- ♦ vizuelna indikacija: LED;
- ♦ rezolucija (mikroprocesor): 1024;
- ♦ radna temperatura: od -10 do +55 °C;
- ♦ napajanje: 12–24 Vdc;
- ♦ težina: 700 gr;
- ♦ dimenzije: L=105, H=200, D=110 mm;
- ♦ relativna vlažnost: 20–90% Rh /40 °C.

5. FUNKCIONALNI MODEL PROCESA U SISTEMU ZA PRAĆENJE I PROCENU HEMIJSKIH UDESA

Funkcionalni model procesa u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa sastoji se od sledećih uzajamno povezanih i zavisnih faza prema sledećem: inicijalizacija, prijem podataka sa zemaljske stanice i slanje potvrde, akvizicija s inercijalnog senzora, akvizicija pozicije s GPS prijemnika, akvizicija podataka s pito senzora, akvizicija podataka sa senzora za detekciju prisustva zapaljivih ili toksičnih masa, inercijalna navigacija, izračunavanje željenog kursa, visine i brzine, stabilizacija i vođenje limiterom graničnih vrednosti, slanje signala, slanje parametara leta na zemaljsku stanicu, slanje parametara izmerenih vrednosti prisustva zapaljivih ili toksičnih masa, upis parametara leta na memorijsku karticu i upis detektovanih vrednosti zapaljivih ili toksičnih masa.

Inicijalizacija – podrazumeva pokretanje bespilotnog vazduhoplova, odnosno letnog računara sa zemaljske stanice i slanje potvrde prijema nazad na zemaljsku stanicu o spremnosti sistema za realizaciju misije.

Prijem podataka sa zemaljske stanice i slanje potvrde – poruke u opštem slučaju sadrže komande letelici u smislu promene stanja sistema ili su vezane za rad autopilota: promena moda rada autopilota, zadavanje moda brzine leta, promena zahtevane visine leta ili uređivanje niza putnih tačaka i zadavanje moda za aktivaciju detektora prisustva zapaljivih ili toksičnih masa.

Akvizicija s inercijalnog senzora – osnovna funkcija jeste davanje ugaone brzine i translatorskih ubrzanja. Ploča



elektronike letnog računara predviđena je za ugradnju različitih inercijalnih senzora (zbog brzog razvoja sve tačnijih senzora manjih gabarita i cene i lakše dostupnosti).

Akvizicija pozicije s GPS prijemnika – daje GPS poziciju, visinu, brzinu i kurs kretanja. Predviđen je uređaj koji radi na 1 Hz, a u kraćim intervalima pozicija se određuje inercijalnom navigacijom (koja je ionako već predviđena za slučaj da nema prijema GPS signala iz različitih razloga).

Akvizicija podataka s pito senzora – daje statički i dinamički pritisak, kao i temperaturu okolnog vazduha na osnovu kojeg se izračunavaju pito brzina i visina leta.

Akvizicija podataka sa senzora za detekciju prisustva zapaljivih ili toksičnih masa – daje podatke o prisustvu zapaljivih ili toksičnih masa.

Inercijalna navigacija – zadužena je za obezbeđenje neophodnih podataka o položaju letelice u prostoru, njenoj visini i brzini.

6. DISKUSIJA

Obradom i analizom podataka razrađena je mogućnost primene adekvatnih metoda u upotrebi bespilotnih vazduhoplova kao elementa u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa, pouzdanost, kvalitet i objektivnost dobijenih podataka za dalje upravljanje rizikom, krizom.

Daljim razvojem navedenog sistema u akcidentnim situacijama skratilo bi se vreme procene efekata hemijskog udesa i vreme reakcije na udes, uz znatno umanjeње posledica po ljude i životnu sredinu, a samim tim bi se detaljnije definisale mere koje je potrebno preduzeti radi otklanjanja nastalih posledica.

7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada usmeren je na upotrebu bespilotnih vazduhoplova u sistemu za praćenje i procenu hemijskih udesa, koja bi pozitivno uticala na efikasnost prikupljanja podataka pri akcidentnim situacijama, uz optimizaciju resursa i umanjeње rizika po život i zdravlje ljudi, materijalna sredstva i životnu sredinu.

Upotrebom ovog sistema prevazišli bi se problemi upotrebe postojećeg softverskog paketa „HesPro” jer bi se izbegla subjektivnost u merenju, unošenju i obradi neophodnih podataka za njegov rad, i bitno bi se skratilo vreme procene i prognoze posledica hemijskog udesa.

Dobijanjem objektivnih, pouzdanih podataka upotrebom bespilotnih vazduhoplova u realnom vremenu sa terena, žarišta hemijskog udesa, stiču se uslovi za

neophodnu pripremu i preduzimanje mera sanacije i otklanjanja posledica udesa.

LITERATURA

- [1] Allen, D. T., Butner, R. S., Industrial ecology, a chemical engineering challenge, Chem, Engng, Prog, 2002 98 (11), 40–45.
- [2] Markwile, J. T., Ryt, R. T., Hooten, M. M., Michel, D. I., Hobowskyj, I. Toxicity bioassays for ecological risk assessment in arid and semiarid ecosystems Rev, Environ, Contam, Toxicol, 2001, 168, 48–98.
- [3] Privremeno uputstvo za procenu i prognozu hemijske situacije pri udesima sa opasnim materijama, Generalštab VSCG, 2004. godine.
- [4] Veličković Z., Gigović LJ., Procena uticaja hemijskog akcidenta na stanovništvo i životnu sredinu.
- [5] Pravilnik o metodologiji za procenu opasnosti od hemijskog udesa i od zagađivanja životne sredine, merama pripreme i merama za otklanjanje posledica, „Sl. glasnik RS” br. 60/94.
- [6] Vasiljević, D., Vasiljević, J., „Optimizacija elementa sistema besposadnih vazduhoplova”, in Synthesis 2015 – International Scientific Conference of IT and Business-Related Research, Belgrade, Singidunum University, Serbia, 2015, pp. 213–217. doi: 10.15308/Synthesis-2015-213-217.
- [7] RTO – NATO Research and Technology Organization, compilation of edited proceedings of the „Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications” course, April 2000.