

Проф. др *Бобан МИЛОЈКОВИЋ**
Криминалистичко-полицијска академија, Београд

UDK – 355.404.4 : 351.74

Примљено: 25.12.2015.

Оптимизација модела малих беспилотних летелица за потребе полиције¹

***Апстракт:** Полицијско поступање у високо ризичним задацима као што су хапшење опасних криминалаца, решавање тактичких ситуација, неутралисање терористичких група, екстрадиција, обезбеђењештићених личности и објеката од посебног значаја, успостављање нарушеног јавног реда, заштита и спасавање људи и материјалних добара од природних и техничких опасности и други посебни безбедносни задаци, захтевају хитно доношење ефективних и ефикасних одлука које, између осталог, зависе од брзих и тачних података о геопростору у реалном времену. Једна од сврсисходних могућности обезбеђења наведених података су управо мале беспилотне летелице.*

С тим у вези, у раду је поред појмовног разграничења, области примене, концептуалних решења, упоредне анализе тактичко-техничких карактеристика и тенденција даљег развоја малих беспилотних летелица, дата њихова оптимизација за потребе полиције, и то летелица које су доступне у оквиру националног капацитета – државног и приватног сектора.

У раду је посебно апострофирана потреба за већим интересовањем полиције за презентовану технологију будућности, која укључује сва модерна достигнућа аеронаутике, роботике и еле-

* E-mail: boban.milojkovic@kpa.edu.rs

¹ Рад је резултат истраживања на пројекту *Управљање полицијском организацијом у спречавању и сузбијању претњи безбедности у Републици Србији*, који финансира и реализује Криминалистичко-полицијска академија у Београду, циклус научних истраживања 2015-2019. године, и пројекта *Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавања* (43007), који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарних истраживања за период 2011-2015. године.

тронике, али и перманентно и све веће интересовање припадника организованог криминала и терористичких организација за њене велике могућности.

Кључне речи: *дрон, беспилотни аеровидео и аерофотограмметријски системи, подршка одлучивању, високо ризичне полицијске акције, интервенције и операције, метод аналитичких хијерархијских процеса.*

Увод

Данас се за најразличитије потребе савременог човека користе беспилотне летелице. Већи број тих летелица намењен је за потребе система одбране и безбедности, а нешто мањи број за потребе привреде, науке, спорта, забаве и др. На настанак беспилотних летелица утицале су нарасле војне потребе с почетка 20. века и све донедавно биле су резервисане искључиво за војне примене у „непријатељском“ окружењу, у реонима високог ризика за летелице са пилотском посадом због присуства снажних артиљеријско-ракетних јединица, али и за коректуру артиљеријске ватре, ласерско озрачивање циљева ради напада вођеним пројектилом и као оружје избора у борби против терориста. При томе, те летелице морају задовољити строге захтеве као што су аутономија лета, минимална електромагнетска емисија током мисије, отпорност на ометање и неповољне метео услове и др., што све утиче на њихову високу цену израде.

У протеклих десетак година се за ванвојне потребе све више користе мале беспилотне летелице (у даљем тексту МБЛ) опремљене најсавременијим аеровидео, термовизијским и аерофотограмметријским камерама са променљивом оптиком и стабилизацијом, ГПС навигацијом и контролом летења израђеним у варијанти мултикоптера, летећег крила или минијатурних авиона и хеликоптера. Те летелице могу летети према унапред задатим координатама – аутономни лет (програмирана путања) и командовани лет (аутопилотом), до самосталног повратка на место полетања. И поред завидне технологије, МБЛ у цивилној примени немају веома строге захтеве за разлику од војних, тако да је њихова цена приступачнија. Експлоатација МБЛ је значајно исплативија од упо-

требе стандардних летелица са пилотом (Тирнанић, 2001). Најчешће области њихове примене су видео надзор у реалном времену, снимање одређених објеката, појава и процеса у геопростору, и пренос ТВ слике – интерактивних панорама, или за једноставно фотографисање из ваздуха и са земље.

Све то довело је до појаве већег броја фирми које се баве продајом, склапањем, сервисирањем, изнајмљивањем или пружањем услуга коришћења МБЛ за потребе појединих привредних делатности као што су транспорт, надзор инфраструктурних објеката, геодетска снимања, научна истраживања елемената садржаја геопростора, затим за потребе филмске индустрије, маркетиншких агенција, музичких спотова, спортских и музичких манифестација, промоцију туризма, развоја недовољно развијених подручја и др. (Драгићевић et al., 2010; Милојковић et al., 2010). То значи да су створене неслућене могућности за унапређење стваралачких активности човека, али и деструктивних, противзаконитих активности, што је постало нови безбедносни изазов за полицијску организацију. Поред тога, дошло је до постепеног интересовања полиције за коришћење МБЛ (слика 1), посебно у ризичним ситуацијама које захтевају правовремено доношење одлука заснованих на сврсисходним подацима о безбедносно интересантним објектима и појавама у геоспростору (Милојковић, 2007; Милојковић, Маринковић, 2007; Вулетић et al., 2009; Милојковић, Млађан, 2010; Милојковић, 2014).



Слика 1 – Мале беспилотне летелице коришћене за потребе полиције²

² Извор: <http://www.uavglobal.com>; <http://www.avinc.com>; <http://www.futurecrimes.com>, доступно 24. 9. 2015.

Прецизније речено, МБЛ је могуће за потребе полиције користити током припреме, организације и извођења полицијских интервенција, акција и операција у сложеним безбедносним, временским и геопросторним условима, односно, за потребе израде планова обезбеђења, процене броја окупљених грађана (маса) и праћења правца њиховог кретања код мирних и противзаконитих – рушилачких демонстрација и спортских манифестација високог ризика, у руковођењу интервенцијом ради успостављања нарушеног јавног реда на градским трговима, спортским, културним, туристичким, политичким и другим манифестацијама, за процену угроженог геопростора природним и техничким опасностима, праћење простирања пожара, хемијске контаминације или плавног таласа, праћење тока интервенције специјализованих јединица цивилне заштите и ватрогасно-спасилачких јединица, процену штете и анализу учинка спроведених мера заштите и спасавања људи, материјалних и културних добара и животне средине, при изради материјалних доказа у криминалистичкој обради (нпр. код већих саобраћајних незгода, пожара и експлозија), затим при лишењу слободе опасних криминалаца, решавању талачких ситуација и отмици ваздухоплова на „отвореном“ и „полуотвореном геопростору“, контроли прелажења и дубинског обезбеђења државне границе у условима кријумчарења, трговине људима и ирегуларних миграција (нпр. мигрантске кризе каква је тренутно у јужноевропском геопростору), контроли и регулисању саобраћаја, ради информисања јавности итд.

Међутим, МУП Републике Србије не располаже МБЛ за наведене намене. Стога је циљ рада да се, након неопходних теоријских елаборација третиране проблематике, методом вишекритеријумске оптимизације до сада коришћених модела МБЛ у националном оквиру дође до избора најоптималнијег модела који би могао да у одређеној мери задовољи наведене потребе полиције.

Појмовна разграничења, концепти и тенденције даљег развоја МБЛ

Национални позитивно-правни прописи не препознају беспилотну летелицу, већ беспилотни ваздухоплов као ваздухоплов чији лет контролише рачунар који се налази у ваздухоплову или

чијим летом даљински управља оператер на земљи.³ У научно-стручној литератури беспилотна летелица се дефинише као „даљински командовани летећи робот са аутоматским управљањем, који се користи као платформа за ношење специфичног корисног терета као што су камере, сензори, комуникациона или нека друга опрема и наоружање“ (Велимировић et al., 2013: 285). При томе, користе се сводни термини беспилотна возила (UAV), даљински управљане летелице (RPA) или летелице без пилота са роботским системом управљања (UAS), који се разврставају на већи број подмодалитета.⁴ За третирану тематику МБЛ се може дефинисати као беспилотни ваздухоплов одређених перформанси и са сврсисходном опремом мисије, даљински управљив од стране оператера или електронског подсистема који обезбеђује да он лети самостално по унапред програмираној путањи. Такође, потребно је разликовати МБЛ и „drop“, који подразумева самоуправљиву наоружану беспилотну летелицу (UCAV).

Начелно, ванвојни концепт МБЛ односи се на самосталну беспилотну летелицу која се лансира ради снимања одређеног геопростора и контролише помоћу рачунара интегрисаног у летелици, даљинском контролом или мануелном контролом (слика 2.1), и на систем заснован на беспилотној летелици, контролној станици, радио вези за комуникацију са летелицом, софтверу за терен и биро и остали прибор (слика 2.2) (Аџемовић, Миленовић, 2014: 103).⁵

³ Члан 3, став 4 *Закона о изменама и допунама Закона о ваздушном саобраћају*, Службени гласник РС, бр. 45/2015.

⁴ Тако се, на пример, користи подела МБЛ на војне, мини, тактичке беспилотне летелице малог, средњег и великог домета, затим према роду војске, према перформансама, према водећим светским произвођачима (САД и Израел као највећи светски произвођачи МБЛ), летелице за аерофотограметријски премер, интелигентне мале беспилотне летелице за картирање и инспекцију и др.

⁵ Начелно, концепт система МБЛ за војне потребе чине две до три летелице и једна земаљска станица са следећим елементима: летне платформе (модуларна структура од карбонских композита, управљачко-навигациона електроника са ГНСС и инерцијалним позиционирањем, управљачки видео командни систем, дневни и ноћи систем електро-оптике) и земаљске станице (управљачко-навигациона станица лета, систем визуелног мониторинга лета, комуникациони систем преноса команди и слике, систем за планирање и пост процесирања извршене мисије).



Слика 2.1-2.2 – Концепт мале беспилотне летелице

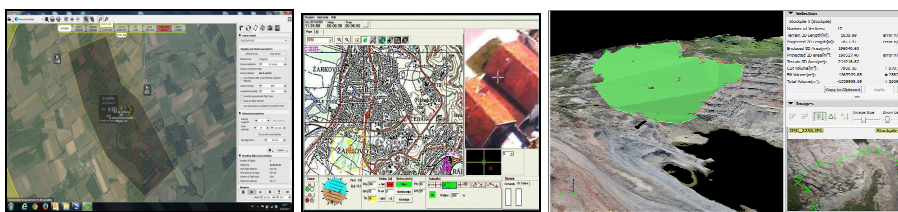
Да се ради о релативно софистицираној технологији, говори и чињеница да су пројектанти предвидели могућност лансирања МБЛ са земље, односно уређене или неуређене полетно-слетне стазе (тврда подлога, бетонска или травната) вертикалним полетањем, бацањем из руке, са лансера и катапулта на земљи, из контејнера на приколици или колима, са подвеза ловца бомбардера и са носача авиона), као и могућност слетања стајним трапом, на труп, једноставним хватањем рукама, слетање уз помоћ падобрана и ваздушног јастука, уз помоћ зауставне мреже и др. (слика 3).



Слика 3 – Техничка решења лансирања мале беспилотне летелице⁶

Такође, професионалне МБЛ имају могућност планирања мисије снимања, пренос команди и слике и могућност накнадне обраде снимљеног материјала уз помоћ наменског хардверско-софтверског окружења (слика 4).

⁶ <http://www.uavglobal.com>; <http://www.livona.com>; <http://onedrone.com>, доступно 13. 11. 2015.



Слика 4 – Кориснички интерфејс софтверских решења за планирање лета, управљање малом беспилотном летелицом и обраду снимака⁷

У развоју и производњи МБЛ предњаче САД (према неким подацима око пет милијарди долара улагања за 2014. годину), затим Израел, Русија, Француска, Велика Британија и Немачка. Начелно, поједине компаније које их производе раде двонаменску варијанту – цивилну и војну, тако да егзистира велики број модела од којих су неки доступни у слободној продаји, па их лако могу набавити терористи и припадници организованог криминала (Синковски, Петровић, 2006).

Тенденције даљег развоја МБЛ иду у следећем правцу: смањење димензија (ка нано димензијама), производња вишенаменске (универзалније) летелице са интегрисаним камерама и радарима, за коришћење у лошим метео условима (екстремно ниске или високе температуре, магла, мећава, облачност), уз повећање робусности и отпорности на пад, слетање, пресретање и ометање, повећање тежине опреме мисије, истрајности лета и оперативне крстареће брзине и аутономије лета, за рад у условима густо пошумљеног и испресецаног земљишта, брже изменљивости режима летења и др. Неки од најновијих вишенаменских модела МБЛ приказани су на слици 5.



Слика 5 – Модели неких од најсавременијих малих беспилотних летелица⁸

⁷ [http:// www.livona.com](http://www.livona.com); <http://www.vti.mod.gov.rs>, приступљено, доступно 23. 10. 2015.

Злоупотреба, заштита и ограничења у примени МБЛ

Доступност МБЛ са квалитетним летним карактеристикама, моторима који могу подићи повећи терет, у који се укључују и камере, бројни сензори или чак убојито оружје, даје реалну могућност припадницима организованог криминала и терористичких организација да употребе та средства за своје противправне намере.

Наиме, у светским али и домаћим продавницама, односно приватним фирмама за фото и видео технику, појавиле су се аматерске беспилотне летелице развијене у пројектним бироима појединих компанија или на факултетима за аеро-космонаутику, електронику, телекомуникационе, информационе, фото и видео технологије. Те летелице се продају у киту или у унапред залемљеним сетовима, а склапају се на принципу „уради сам“. Софтвер је израђен на основу програма отвореног кода, што значи да је доступан свакоме ко се разуме у програмирање. На тело летелице може да се причврсти мањи терет, као што је минијатурна видеокамера, и обезбеди линк на мониторинг уређаје. Најраспрострањенији модел наведене летелице производи се у варијанти квадрикopter-играчке, односно као летелице са четири елисе и са вертикалним полетањем и слетањем (може се користити за уличне трке и ваздушне борбе са виртуелном муницијом и ракетама). Њоме се управља преко ајфон (iPhone) или ајпод (iPad) компјутера, у који је инсталиран одговарајући програм (компјутер у ајподу претвара снимак у позадину виртуелне игре, тако да корисник може да виртуелно напада на било који циљ који је камера евидентирала). Летелица је модуларног типа и може се саставити у више облика. Модуларни систем такође омогућава лаку замену делова уколико се летелица поквари или оштети приликом играња.⁹

Поред забаве, врло сврсисходна област примене МБЛ је надзор и снимање неприступачног геопростора до кога је тешко доћи пешке, или мочварног земљишта, бара, густе шуме, стене, или када је потребан ортофото снимак за пројектовање или картирање.

⁸ <http://www.uavglobal.com>; <http://www.vitalykuzmin.net>; <http://www.onedrone.com>, доступно 13. 11. 2015.

⁹ Више о томе: <http://www.ardrone.parrot.com/parrot-ar-drone/usa>

То говори да данас сваки мало имућнији грађанин може да купи МБЛ и користи је за забаву, али и за друге намене у зависности од тога коју опрему угради у летелицу. Тако, на пример, МБЛ типа мултикоптер, поред фото и видео опреме за снимање безбедносно забрањених зона од значаја за одбрану и безбедност земље и повреду приватности, може да има гимбал (наменски носач опреме за снимање) способан да носи експлозив од неколико килограма, па је самим тим потенцијално средство терористичке претње.¹⁰

Све то поставља и питање одбране од таквих напада, где тренутно не помажу у довољној мери радарни или други сензори у војсци и полицији. Самим тим, оправдани су захтеви да се у оквиру противтерористичких дејстава размишља и о таквим противмерама (које би, између осталог, подразумевале конструкцију ласерског противоружја или ометача радио фреквенција). Ти захтеви су хитни, јер постоје отворене и скорашње претње припадника исламског тероризма по велике европске градове, и не би требало чекати да дође до таквих напада.

Затим, постоји проблем заштите сопствених летелица у војсци и полицији јер су сигнали између њих и земаљских команди и даље „отворени“. За њихово незаконито пресретање могу се користити програми купљени у компјутерским радњама или преко интернета (нпр. софтвери намењени „скидању“ музичких и видео-садржаја из интернет саобраћаја или за снимање сателитских ТВ и радио програма). На тај начин могуће је пресретање сателитске комуникације, односно пријем сателитског ТВ сигнала помоћу кога могу да се гледају снимци који су слати у оперативни центар, што све спада у домен „сајбер-ратовања“.

¹⁰ МБЛ се, осим у специјализованим продавницама, могу купити преко овлашћених дистрибутера, уз претходну најаву, или се могу изнајмити. Цене су у паду, па се сад већ могу купити за 600 долара и мање, у зависности од конструкције и квалитета. Више о томе: <http://www.onedrone.com/store/top-brands/dji-innovations/copters-and-frames>

Гимбал најновије верзије може да носи 8 kg, има три осе и батерију за два часа рада. Доступан је по цени од 2.000 еура.

Више о томе: <http://www.rcavioni.com/multirotor/286/octocopter-dji-spreading-wings-s1000-detail>

Такође, развијају се и системи за електронско ометање помоћу микроталаса који не дозвољавају компјутеру летелице да прати команде из центра за управљање летом, као и пријем ГПС сигнала. Довољно дуго ометање везе и блокирање ГПС сигнала доводи до тога да летелица насумично лети, односно да, када је програм пред завршетком, а програмирана путања остаје без ГПС података и инерционо самонавођење по објектима буде блокирано, летелица почне да кружи бесциљно док не остане без горива и пада.

Заштита МБЛ је могућа у одређеној мери, али није једноставна и јефтина. Она би у случају МБЛ захтевала њихово приземљење и уништење ватреним дејством или самоуништење путем програма уграђеног у компјутер летелице, измену појединих делова на уређајима земаљских станица, шифровање сигнала и др.

На крају, требало би навести и проблеме техничке несавршености концептуалног нивоа МБЛ у домену безбедности снимања из ваздуха. Наиме, тренутни системи безбедног управљања МБЛ нису у стању да се интегришу са осталим корисницима ваздушног геопростора, и то због немогућности да се повинују правилима у критичним ситуацијама и недостатка стандарда и препоручене праксе специфичне за беспосадне ваздухоплове и њихове системе. Стога је развијање система за управљање беспосадним ваздухопловима основ за решавање проблема пловидбености, кадровског лиценцирања, стандарда за раздвајање и др. (Васиљевић, Васиљевић, 2015: 213).

Стога је, због наведених проблема, употребу беспилотних летелица у националном оквиру држава недавно нормативно регулисала *Законом о изменама и допунама Закона о ваздушном саобраћају*.¹¹ Тиме се по први пут регулише употреба све популарнијих МБЛ. Предвиђају се стриктније контроле за летелице које се користе за снимање изнад насеља. Тако ће власници убудуће морати да региструју летелице на основу геометријских и летних способности, како би се утврдила њихова намена. Директорат за цивилно ваздухопловство ће правилником прописати које то услове мора да испуни одређена летелица тог типа да би била регис-

¹¹ Сл. гласник РС, бр. 45/2015.

трована, односно до ког нивоа и за које потребе ће моћи да се користе летелице које се неће регистровати.¹² За војску и полицију не важе наведене одреднице, али и они ће морати да пријављују Директорату сваку употребу МБЛ, како је то и до сада чињено.

Такође, потребно је законски уредити процедуру када органи безбедности користе МБЛ ради прикупљања доказа и других информација за потребе истраге. Према неким законодавствима, изузеци се могу направити у пограничном подручју у борби против ирегуларних миграција и кријумчарења, у случају непосредне животне угрожености, као и против конкретних особа или организација о чијој умешаности у терористичке претње органи безбедност прибаве поуздане доказе који се могу употребити на суду.

Основне карактеристике МБЛ коришћених у Србији

Беспилотне летелице су по први пут употребљене у геопростору претходне Југославије, током деведесетих година прошлог века. Тада су НАТО снаге употребиле извиђачке (шпијунске) летелице изнад Босне и Херцеговине, Српске Крајине и Србије (АП Косово), као и приликом бомбардовања 1999. године када је један број тих летелица оборен.

Последњих десетак година у Србији је приметан релативан пораст употребе МБЛ. Типове до сада коришћених МБЛ можемо сврстати у три групе: мултикоптери, беспилотни аерофотограметријски системи и војне тактичке беспилотне летелице малог димензиона.

У оквиру групације мултикоптери, од којих неки имају и до дванаест мотора и елиса, данас постоји одређен број модела који су у оперативној употреби појединих приватних фирми у Србији. Оно што није у довољној мери познато јесте да ли се, како и колико та технологија користи са „друге стране закона“.

То показује квалификациона утакмица за првенство Европе у фудбалу између Србије и Албаније (14. 10. 2014), која је прекинута после „улетања“ квадрикоптера марке Фантом (тип Phantom 2 Vision+) (слика 6.1), популарног кинеског произвођача DJI

¹² *Правилник о беспилотним ваздухопловима*, Сл. гласник РС, бр. 108/2015, ступио на снагу 1. 1. 2016.

Innovations, којом су управљали шиптарски екстремисти. Летелица је носила заставу Велике Албаније, а могла је и експлозивну направу, у ком случају би последице на стадиону са државним званичницима и преко 30.000 гледалаца биле катастрофалне. Након тога, забележена је употреба сличних летелица ради изазивања немира и пометње на фудбалским утакмицама у неким европским градовима.

Мултикоптер Phantom 2 Vision+ поседује камеру којом може да снима из ваздуха око сат времена, а контролише се преко iPhone или наменског контролера. Захваљујући конструкцији снима у три осе, са камером унапређене оптике, која снима са широким углом и у запису високе резолуције са 30 слика у секунди. Брзина којом лети је око два километра на сат, а све што снима може директно бити приказано на телефону. Снимљен видео може да се гледа на кациги за пројекцију виртуелне реалности, која се купује посебно. Према интернет понудама, може се купити у Београду, Загребу, Љубљани, Софији, Букурешту и другим градовима (цена је око 1.200 долара), а у Србији се нуде и услуге изнајмљивања.

Крајем 2015. године у Србији се по први пут појавила МБЛ „eXom“ у категорији квадрикоптера, која уствари представља интегрисани систем за картирање и надзор, швајцарске производње (слика 6.2). Летелица је опремљена интегрисаном камером која може да снима фотографије резолуције од 1 mm/pixel на дистанци од 6 m од објекта или 1 cm на дистанци од 60 m од објекта, видео снимак резолуције 1280x720 pixelsa и термовизијски приказ резолуције 80x60 pixelsa. До сада је коришћена за пробна снимања.

Сексакоптер приказан на слици 6.3 доступан је на нашем тржишту услуга снимања из ваздуха неколико година. У оквиру опреме мисије има аеро видео камеру која прави видео и фотографске снимке високе резолуције из ваздуха и са тла, а уз помоћ wireless видео линка омогућује директан пренос снимка и управљање летом и снимањем. Носач камере је професионални гимбал са жirosкопом, стабилизован апсорберима (наменским амортизерима) и напредним системом за управљање у све три осе. Управљање летелицом врше минимум две стручне особе, прва пилотира, а друга снима. Преузимање снимљеног материјала може бити

непосредно по обављеном послу ако је поверљивог садржаја, или након обрађеног снимка у студију.¹³

Презентовани модел сексакоптера, као и одређени број других модела мултикоптера, интензивно се користе у Србији за потребе видео снимања.



Слика 6.1, 6.2, 6.3 – Модели мултикоптера коришћени за снимање у геопростору Србије

Другу групу летелица представљају беспилотни аерофотограметријски системи (БАС) којима располаже неколико приватних фирму у Србији, у области геоматике.¹⁴ Области примене БАС-а су: инспекција дивље градње, градилишта, депоније, рудници са површинском експлоатацијом, затим осматрање саобраћајница, шумских и пољопривредних комплекса и геопростора захваћених елементарним непогодама, као и извођење геодетских снимања и других услуга (Аџемовић, Миленовић, 2014: 105).

У последњих пет година у Србији је коришћено неколико модела БАС-а, а најчешће швајцарска летелица „eBee“. Ради се о БАС-у базираном на летећем крилу у које је уграђена моћна камера за аерофотограметријско снимање, односно за добијање ортофото снимака који могу да буду у видљивом делу спектра (RGB) или близу инфрацрвеном делу спектра (NIR). Летелица полеће једноставним бацањем у ваздух из руке, а слеће сама на исто место где је полетела, при чему је могуће слободно приземљење на труп

¹³ Више о томе: <http://www.aerovideo.org>

¹⁴ Геоматика је млада научна дисциплина настала крајем 70-их година прошлог века, а изучава алате и технике које се користе у геодезији, даљинској детекцији, географским информационим системима (ГИС), глобалним навигационим сателитским системима (ГНСС) и сродним облицима за картирање Земљине површи.

или једноставно хватање летелице рукама, и то на врло малом геопростору. Контрола руте снимања заснива се на ГНСС систему смештеном, заједно са контролама комплетног система, у посебном коферу. Снимљени материјал бежично се преноси у командни систем тако да је омогућено праћење у реалном времену. Са камером високе резолуције 16 MP, „eBee“ може да снима слике терена резолуцијом од 3 до 30 cm/piksel, односно максималне хоризонталне тачности 5 cm. Области од 1,5 km² до 10 km² могу бити картиране у једном лету, у зависности од резолуције слике и висине лета. Софтверски пакет „eBee“ укључује 3D модел терена (потпуно аутоматизована обрада 3D модела терена софтвером Postflight Terra). Након иницијалне провере података на терену (контрола преклапања делова терена и ортомозаик) мале резолуције, 3D модел терена аутоматски добија прецизно геореференциран ортомозаик и дигитални модел висина (DMT). За специјалне потребе корисника врши се даља оптимизација модела.¹⁵

Наведени модел МБЛ коришћен је у акцијама заштите и спасавања од катастрофалних поплава у Србији у мају 2014. (за праћење плавног таласа, процену дела геопростора који је захваћен тим последицама које имају потенцијал да наставе даље угрожавање људи и материјалних добара, процену настале штете, израду пројектне документације за санацију порушених објеката итд.).¹⁶

Trimble UX5 је врхунски БАС (слика 7.2), снажнији и бржи у односу на друге моделе, што му омогућава да сними већу површину у истом временском периоду (50 минута), при брзини од 80 km/h. Тело летелице израђено је од графитних влакана, што јој даје високу отпорност и стабилност, односно поуздан лет при великим брзинама ветра (до 18 m/s), или чак јачој киши, када други системи морају да се приземље. Има сопствене софтвере за терен и накнадну обраду фотографија високог квалитета у варијанти RGB и NIR. До сада је коришћен за пробна снимања.

¹⁵ Више о томе: [http://www.sensefly.com/drones\[/signoff\]](http://www.sensefly.com/drones[/signoff])

¹⁶ Поред донаторског снимања фирме „Ливона“ из Београда, и стручњаци ЈКП „Воде Војводине“ су користили сопствену летелицу „eBee“.

„Маја“ је је тип БАС-а који су конструисали стручњаци београдске фирме за геоматику „GeoInfostrategies“ (слика 7.3) и знатно је јефтинији у односу на стране моделе. Може да лети брзином до 65 km/h, истрајност лета јој је 60 минута, а оперативна даљина снимања 12 km. Поуздана је при јаком ветру и киши. Коришћена је за аерофотограметријско снимање одређеног броја насеља у Србији.



Слика 7.1, 7.2, 7.3 – Модели БАС-а коришћени за снимање у геопростору Србије

Војска Србије (ВС) развија сопствене тактичке МБЛ малог и великог домета, али је набавила и стране моделе. Мини тактичка беспилотна летелица кратког долета „Врабац“ (слика 8.1), модел који је конструисао тим од десет стручњака ВТИ током две године, извршио је пробни лет октобра 2009. године, у трајању од 22 минута. Летелица је намењена за прикупљање података на тактичком нивоу извиђањем на даљинама до 10 km за потребе обавештајно-извиђачких јединица ВС. Летелица је способна да носи до 1,3 kg укупне масе корисног терета (дневна или ноћна камера на стабилисаном платформи). Предвиђено је да се „Врабац“ може користити у војне сврхе, а велику примену би нашао и у цивилном сектору – за извиђање терена приликом поплава и пожара, надгледање далеководна или контролу саобраћаја, и то у лошим метеоро условима. Летелица би требало да буде део јединственог војног командно-информационог система на тактичком нивоу, и као сензор требало би да шаље слику тамо где се командује. „Врабац“, који је произведен у ваздухопловном заводу „Мома Станојловић“, јефтинији је од сличних производа из света, али је још увек у развоју,

односно, према неким подацима, у току је његова доградња у варијанти „Врабац 2“.¹⁷

„Орбитер“ је израелска МБЛ коју је ВС набавила крајем 2008. године (слика 8.2). Тешка је свега девет килограма и полеће са лансера, односно катапултира се помоћу затезне гуме. Може да носи користан терет тежине 1,5 kg, да лети брзином до 120 km/h, истрајност лета јој је 90 минута, а оперативна даљина снимања 15 km. На земљу се враћа падобраном, а има и ваздушни јастук који амортизује удар. На летелицу се, по потреби, може монтирати дневна или ноћна камера, која се користи и за извиђање кроз облак или маглу. Камере се могу усмеравати у свим правцима, није неопходно да летелица надлеће циљ. „Орбитер“ је најефикаснији са висина до 700 m, али може да лети и на висинама од 5.000 m, као и у врло неповољним метео условима. Систем подразумева комплет од 2+1 летелице и једне контролне станице. Код нас је коришћена и за ванвојне потребе.



Слика 8.1 и 8.2 – Модели војних МБЛ коришћени за снимање у геопростору Србије

Методолошки оквир оптимизације модела МБЛ за потребе полиције

У поступку долажења до оптималног модела МБЛ за потребе полиције у националном оквиру коришћена је *метода аналитичких хијерархијских процеса*, као врста егзактне научне методе (Tuba et al., 2013). У примени те методе разликујемо четири фазе: 1) структурирање проблема; 2) прикупљање података; 3) оце-

¹⁷ Више о томе:

<http://www.vti.mod.gov.rs/index.php?view=actuality&type=projects&category=1&id=71#sthash.YDcregNH.dpuf>

њивање релативних тежина, и 4) одређивање решења проблема (Милојевић, 2010).

Да би се извршила оптимизација модела МБЛ и дошло до „редоследа погодности“ МБЛ за потребе полиције, утврђени су и рангирани по степену тежине следећи критеријуми на основу којих ће се тај редослед формирати: 1) Универзалност опреме за снимање (боље су рангиране МБЛ које могу да врши снимање којим се добијају фото и видео снимци, ортофото снимци, термални снимци и дигитални модел површина, као носиоци геопросторних података од значаја за подршку одлучивању у полицији); 2) Економичност (боље су рангиране МБЛ које имају нижу цену коштања и мањи број послужиоца, што је у складу са рестриктивним финансијским средствима којима се располаже); 3) Климоробусност опреме мисије (боље су рангиране МБЛ које могу да лете при ниским и високим температурама, при јаком ветру и јакој киши, што одговара реалним условима обављања полицијских послова); 4) Летне могућности (боље су рангиране МБЛ које имају боље летне карактеристике које се односе на дуже време, већу брзину и висину лета, као и на већу дужину оперативног домета, што је потребно да би се добили геопросторни подаци метрички тачни или у реалном времену); 5) Мобилност техничког решења (боље су рангиране МБЛ које могу да носе тежу опрему мисије, које су лакше и мањих димензија, што их чини једноставнијим за транспорт и монтирање), и 6) Организациони проблеми (боље су рангиране МБЛ за које је могућа обука и техничка подршка овлашћеног дистрибутера).

За део процена релативних тежина критеријума оптимизације, као и за одређивање релативних тежина појединих алтернатива по конкретном критеријуму, коришћен је метод искуствене генерализације (Милојевић, 2010: 27).

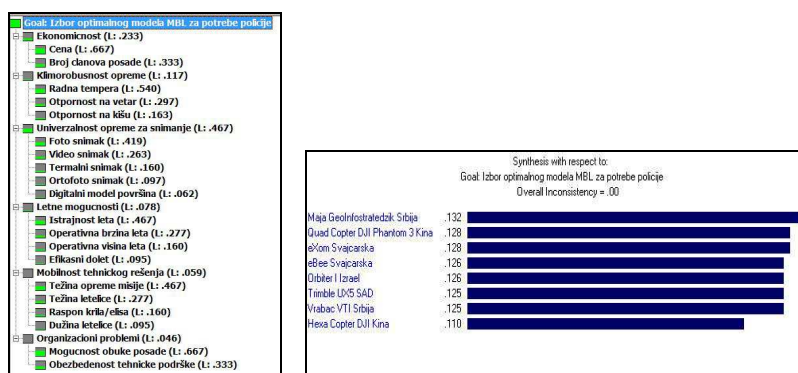
Подаци и прорачуни урађени су уз помоћ одговарајућег софтвера¹⁸.

¹⁸ Реч је о програмском пакету Expert Choice 2004 (Expert Choice 2004 Enterprise 11.1 Build 903.05), програмске куће Expert Choice, Inc.

Резултати и дискусија

У складу са изабраним методом, најпре је израђен модел (урађено је структурирање проблема – постављање критеријума у хијерархијски однос и одређивање алтернатива, где су алтернативе модели МБЛ), прикупљање података и одређивање релативних тежина по којима је извршена оптимизација, при чему су релативне тежине за наведене критеријуме одређене на основу емпиријских података и искуствено. Добијени редослед преведен је помоћу скале „девет тачака“ у релативне тежине за сваки критеријум. Те релативне тежине приказане су шематски, у виду „хијерархијског дрвета“ (слика 9.1)

Након развијања модела, извршена је анализа оптимизације по сваком критеријуму појединачно, да би се на крају, изналажењем композитног нормализованог вектора добијених решења по сваком критеријуму оптимизације, дошло до коначног решења оптимизације модела МБЛ. Коначно рангирање МБЛ добијено је синтезом резултата по појединим критеријумима, уз поштовање раније одређених релативних тежина које су додељене сваком критеријуму, и приказано је у виду графика на слици 9.2.



Слика 9.1 и 9.2 – „Хијерархијско дрво“ оптимизације и редослед МБЛ ранжираних по свим критеријумима

На основу добијених и визуализованих резултата оптимизације добијен је ранг МБЛ по коме је летелица „Маја“ на првом месту, што се може правдати пре свега ниском ценом, високом

универзалношћу опреме мисије и климоробусним показатељима. Међутим, тај модел се не производи серијски код нас, већ је могућа само услуга снимања. Друго место деле квадрикоптери „Fantom“ и „eXom“, али модел „Fantom“ не може да лети у неповољним метео условима и не може да снима термовизијске и метрички тачне снимке. Стога модел избора МБЛ за потребе полиције постаје летелица „eXom“. Њене одлике су највећа универзалност опреме мисије, добра робусност и безбедност летења у свим метео условима, али и нешто већа цена.

Закључак

Развој савремених технолошких достигнућа у аеро индустрији допринео је нагло повећању масовности примене МБЛ. Томе је допринела и њихова економичност јер су израђене од нано и композитних материјала, троше неупоредиво мању енергију за лет и рентабилне су јер не изискују трошкове одржавања и плате летачком и пратећем особљу. Поред наведеног, отпорност при паду и заштита пилота, занемарива чујност и радарски одраз, употреба у отежаним метео условима, све ниже цене и многе друге квалитативне предности, учинили су да МБЛ буду све приступачнији за компаније и грађане.

Имајући у виду чињенице да Војска Србије располаже страним МБЛ, да ради на развоју сопствених модела, као и да развијене светске полицијске организације користе МБЛ ради повећања ефективности и ефикасности у раду, нужно се намеће потреба већег интересовања наше полиције за презентовану технологију будућности. Иако употреба МБЛ у полицији Србије није још увек заживела, надамо се да ће званичници МУП-а Републике Србије временом препознати погодности које пружа њихова употреба. Допринос томе могу у одређеној мери дати и резултати добијени овим истраживањем.

С тим у вези, намећу се следећи закључци:

1. Потребно је набавити барем један модел МБЛ типа „eXom“ (у основној верзији), који је модел избора у добијеној оптимизацији.
2. Покренути иницијативу да се преко стручњака Војнотехничког института развије летелица за потребе полиције по моделу МБЛ „Маја“ коју су пројектовали и саставили домаћи стручњаци.
3. На основу искуства појединих страних полицијских организација набавити одређен број МБЛ и пробно их тестирајући у различитим линијама рада.
4. Наставити са истраживањем развоја метода оптимизације који, иако није идеалан, може значајно помоћи у процесу унапређења система набавке неопходних и скувих техничких средстава за потребе полиције.

Литература

1. Аџемовић, Љ., Миленовић, В., (2014). Беспилотни аерофотограметријски системи, *Геодетска служба*, 43 (117), стр. 102-108.
2. Драгићевић, С., Милевски, И., Новковић, И., Милојковић, Б., (2010). Природни услови као ограничавајући фактор развоја пограничног простора Србије и Македоније, *Гласник Српског географског друштва*, 90 (4), стр. 29-44.
3. <http://www.aerovideo.org>, доступно 15.9.2015.
4. <http://www.avinc.com>, доступно 24. 9. 2015.
5. <http://www.futurecrimes.com>, доступно 24. 9. 2015.
6. <http://www.livona.com>, доступно 23. 10. 2015.
7. <http://www.vti.mod.gov.rs>, доступно 23. 10. 2015.
8. <http://www.onedrone.com>, доступно 13. 11. 2015.
9. <http://www.rcavioni.com>, доступно 24.11.2015.
10. <http://www.sensefly.com>, доступно 5.9.2015.
11. <http://www.uavglobal.com>, доступно 13. 11. 2015.

12. <http://www.vitalykuzmin.net>, доступно 13. 11. 2015.
13. Милојковић, Б., (2007). Савремени геотопографски материјали за потребе полиције – карактеристике и начин коришћења, *Безбедност*, 49(4), стр. 108-139.
14. Милојковић, Б., Маринковић, Д., (2007). Системи за глобално позиционирање и њихов значај у откривању и доказивању кривичних дела, *Наука – Безбедност – Полиција*, 12 (2), стр. 41-59.
15. Милојковић, Б., Млађан, Д., (2010). Адаптивно управљање заштитом и спасавањем од поплава и бујица – прилагођавање поплавном ризику, *Безбедност*, 52 (1), стр. 172-237.
16. Милојевић, С., (2010). Оптимизација посебних облика наставе на Криминалистичко-полицијској академији, *Безбедност*, (52/3), стр. 172-237.
17. Velimirović, K., Krstajić-Gajić, Lj., Velimirović, N., (2013). Propulzija električne bespilotne letilice – poređenje Li-jon kobalt i Li-jon čelik fosfat akumulatora, *Zaštita materijala*, 54 (3), стр. 285-289.
18. Вулетић, Ж., Илић, А., Милојковић, Б., (2009). Модел геотопографског обезбеђења употребе јединица полиције при интервенцији на успостављању нарушеног јавног реда и мира у већем обиму, *Безбедност*, 50 (1-2), стр. 329-354.
19. Милојковић, Б., Алексић, В., Кицошев, С., (2011). Туристичко-картографска визуелизација Европског пешачког пута – деонице Е7 на планини Тари, *ТЕМЕ*, 35 (1), стр. 101-117.
20. Милојковић, Б., (2014). Геотопографско обезбеђење употребе јединица полиције у акцијама заштите и спасавања од поплава у мају 2014. године, *Безбедност*, 56 (3), стр. 6-31.
21. Синковски С., Петровић, Л., (2007). Беспилотне летелице као оружје терориста, *Безбедност*, 49 (2), стр. 266-280.

22. Тирнанић, С., (2001). *Беспилотне летелице*, Војноиздавачки завод, Београд.
23. Tuba, Z., Vidnyánszky, Z., Bottyán, Z., Wantuch, F., Hadobács, K., (2013). Application of Analytic Hierarchy Process in fuzzy logic-based meteorological support system of unmanned aerial vehicles, *Academic and Applied Research in Public Management Science*, 12 (2), стр. 221-228.
24. Vasiljević, D., Vasiljević, J., (2015). *Optimization of the elements of unmanned aircraft systems*, In *Procesiding, International scientific conference of IT and Business Related Research – Synthesis 2015*, Singidunum University in Belgrade, стр. 213-217.

Optimizing the Model of Small Unmanned Aerial Vehicles for Police Purposes

Abstract: *Police activities related to performing high-risk tasks such as arresting dangerous criminals, resolving hostage situations, neutralization of terrorist groups, extradition, VIP protection and protection of facilities of great importance, restoring public order, protection and rescuing persons and assets in natural and technical disasters, and other special security assignments all call for effective and efficient decision-making, which depends on prompt and accurate geospatial data in real time. Small unmanned aerial vehicles are one of the means of securing the required data.*

The paper therefore offers theoretic delineation, areas of implementation, conceptual solutions, comparative analyses of tactical-technical characteristics and tendencies of further development of small unmanned aerial vehicles, followed by a proposal as to how to optimize them for police purposes. This implies the use of vehicles which are available within the national capacities both within the public and the private sectors.

The paper emphasises the need for the police to show greater interest in the presented technology of the future which

encompasses all state-of-the-art achievements of aeronautics, robotics and electronics, but it also stresses that members of organised crime gangs and terrorist groups have been taking a keen interest in the unthought-of possibilities brought about by this technology.

Keywords: *drone, unmanned aerial video and photogrammetry systems, support to decision-making, high-risk police actions, interventions and operations, method of analytical hierarchical processes.*