

	БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ ИНСТИТУТ ПО РОБОТИКА България, София 1113, ПК 79, ул. “Акад. Г. Бончев”, Бл.2, тел. (+359 2) 8703361, 4053055, факс: (+359 2) 4053061	
---	--	--



БЪЛГАРСКА
АКАДЕМИЯ
на НАУКИТЕ
— 1869 —

ОЦЕНКА НА РИСКА ПРИ БЕДСТВИЯ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ДИСТАНЦИОННО- УПРАВЛЯЕМИ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ

Автореферат

инж. Стефан Христозов
Ръководител: Доц. Д-р Пламена Златева
Консултант: Доц. Анастас Маджаров

за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“
в област на висшето образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика,
по докторска програма „Приложение на принципите и методите на
кибернетиката в различни области на науката“

17 МАРТ 2023 Г.

Дисертационният труд е с обем 130 стр., съдържа 43 фигури, 11 таблици и се състои от 4 глави. Използваната литература включва 122 заглавия.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширен семинар на секция „Мехатронни био/технологични системи“, проведен на 07.03.2023 г., съгласно заповед № 29/23.03.2023 г. на директор на ИР-БАН. Съставът на научното жури е определен със Заповед № ... г.:

Вътрешни членове

1. Доц. Мая Димитрова
2. Доц. Снежана Костова

Резервен вътрешен член

Проф. Таньо Танев

Външни членове

1. Проф. Николай Личков
2. Полк. проф. Петър Христов
3. Полк. доц. Светослав Славов

Резервен външен член

Доц. Владимир Сербезов

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 01.04.2023 г. в 13.00 часа в зала „...“ на ИР-БАН.

Материалите по защитата са на разположение на интересувалите се в канцеларията на ИР-БАН

Автор: Стефан Иванов Христозов

Заглавие: Оценка на риска при бедствия чрез използването на дистанционно-управляеми летателни системи

Тираж 5

Излиза от печат на 18.3.2023 г.

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

A/C	BC	Aircraft. Въздухоплавателно средство
ANSP	ДАНО	Air Navigation Service Provider. Доставчик на АНО
C4I		Command, Control, Communications, Computers, Intelligence. Командване, Управление, Комуникации, Компютри, Разузнаване
CU	СУ	Control Unit. Станция за управление
D/SAA		Detect & Avoid/Sense & Avoid. Система за откриване и избягване на сблъсък
FMEA		Failure Modes & Effects Analysis. Анализ на режими на неизправност и последиствия.
FTA	АДО	Fault Tree Analysis. Анализ на дърво на отказите.
HRM	ЦМР	Holistic Risk Model. Цялостен модел на риска.
IoFT		Internet of Flying Things. Интернет на летящите неща.
IoT	ИН	Internet of Things. Интернет на нещата.
JARUS		Joint Authorities on Rulemaking for Unmanned Systems. Съвместни органи за създаване на правила за безпилотните системи
OSO		Operational Safety Objective. Цел на оперативната безопасност.
RPA	ДУВС	Remotely Piloted Aircraft. Дистанционно управляемо въздухоплавателно средство
RPAS	ДУАС	Remotely Piloted Aircraft System. Дистанционно управляема летателна система
SMS	СУБ	Safety Management System. Система за управление на безопасността.
SORA		Specific Operations Risk Assessment. Специфична оценка на експлоатационния риск.
TLOS		Target Level of Safety. Целево ниво на безопасност
UA	БВС	Unmanned Aircraft. Безпилотен въздухоплавателно средство
UAS	БАС	Unmanned Aerial System. Безпилотна летателна система
UTM		Unmanned Aerial Systems Traffic Management. Управление на въздушното движение от БАС.
VLOS		Visual Line of Sight. В линията на пряка видимост
VSD	ЦЧД	Value Sensitive Design. Ценностно-чувствителен дизайн
	ЛТХ	Летателно-техническите характеристики

УВОД

Актуален въпрос е намирането на подходящ начин за изготвянето на оценка на риска от бедствия и търсенето на съвременни решения за тази оценка. Безпилотните летателни системи (БЛС) са една от най-обещаващите технологии за оптимизиране на операциите при бедствия. Но тяхното използване на театъра на събитията също представлява риск, който трябва да се оцени. Тези операции са повеждани над големи пространства с голям брой участници от множество административни структури.

Докато оперират с БЛС, спасителните служби не трябва да бъдат освобождавани от всякакви задължения по осигуряване на собствената безопасност и тази на други хора. Точно обратното, те трябва подсигурят, че всички рискове са отстранени и че няма застрашени. **Целта** е да се разгледат предизвикателствата пред осигуряването на безопасността при операции с БЛС и да се предложи аналитичен метод за анализ на рисковете, свързани с употребата им и отношението им към останалите участници на сцената на бедствието като останат ползите им като алтернативно средство за събиране на информация в изпълнение на мисии при оценка на риска от бедствия.

Обект на изследването са дистанционно-управляеми летателни системи (БЛС, ДУЛС) като **технически средства** и **екипите** от оператори, които могат да бъдат допуснати безопасно за себе си и околните да работят на място при внезапно възникнали бедствия, съобразявайки се с климатични условия, релеф и други възможни теренни ограничения и летателно-техническите характеристики.

В Глава I – Анализ на предизвикателствата и приложенията на БЛС, те се описват като съвкупност от системи (система от системи) с висок интегритет от няколко сегмента: летателен апарат или по-известен като дрон (летателна платформа с полезен товар; станция за управление (СУ) и обмен на телеметричната информация). Системата за свързка за осъществяване предаването на командите към летателния апарат и за получаване на данни в реално време или такива събрани на борда за определен дискрет от време.

БЛС са изградени от механични, софтуерни, хардуерни и мрежови компоненти и са предназначени: да събират данни при измервания (в контекста на различни задачи), да задействат някои изпълнителни механизми и т.н.

В зависимост от предназначението, летателните комплекси могат да бъдат проектирани на базата на различни видове летателни апарати, като например: фиксирано крило, носещ винт, наклоняем ротор, вентилатор и т.н.

БЛС могат да бъдат класифицирани по много начини според спектъра от задачи, които трябва да изпълняват: според приложението им и т.н. В зависимост от конкретните задачи, стоящи пред БЛС, и ограничения (технически, човешки, природни и други) се поставя изискване за избор на подходящата летателна

платформа. В глава I е предложена класификация, според необходимостта на настоящето изложение.

В Глава II – Анализ на съществуващите модели за оценка на риска са разгледани съществуващите методики за оценка на риска в традиционната авиацията, а след това за безпилотните системи. Направено е сравнение между методиките за традиционната, тяхната приложимост, и безпилотна авиация и са отразени техните предимства като са подробно разгледани и аналитичните механизми, които ги съставляват. В общия случай това са качествени методики за оценка на риска и са подходящи за развитието на политики и процедури в отделните организации. Приложими са и на ниво национална програма.

В първите моменти на бедствието, става обръквачо за неопитен човек да реши, каква БАС може да бъде разгърната или каква задача за изпълнение да му бъде възложена. За да се изпълни мисията по най-безопасния и най-успешен начин, в Глава III – Разработване на аналитичен метод за оценка на риска се обсъжда и модел за вземане на решения. Този модел е в помощ на служителите от защита на населението в ранния стадий на реакция. Няколко ограничения се считат за входни данни. От една страна са съществуващите „външни“ фактори, или метеорологични условия (скорост на вятъра, мъгла, облачно покритие и т.н.). От друга страна е налице известна корелация с някои „вътрешни“ характеристики като типа на БВС и техните летателни характеристики (скорост на срыв, радиус на завой, издръжливост на полета и т.н.), техническите параметри на полезния товар (разделителна способност, точност, тежест.). Предложеният метод отчита тези варианти на входни данни и предлага на операторите на БВС да използват конкретен летателен апарат и съответното оборудване за постигане на оптимална ефективност по време на спасителната операция.

Предложена е архитектура на информационна система за наблюдение на всички споменати входни данни. Допълнително се включва наблюдение на текущия въздушен трафик в реално време за полета. Изградената информационна система наблюдава изменението на входните данни и взема решение за оптимално и ефективно използване на разполагаемите средства по време на реакция на бедствие или авария. По същество, тази информационна система притежава всички характеристики, определящи я като Интернет на летищата неща (Internet of Flying Things.), термин взет от (1). Същественото в нея е, че структурата и ще търпи изменения при отчитане на ограничения, въведени при процедури за сертифициране на летателните апарати, с цел безучастното им използване по време на бедствия и аварии. Следователно трябва да се положат усилия към хармонизиране на всички тези дейности и технологии, с цел да се гарантира безопасността.

В Глава IV – Анализ на отговорността и внедряване на модела се разглежда и механизъм за проследяване на отговорността и се извършва ценностно-

чувствителен дизайн. Методът се оптимизира, като се предлага да се въведе още една итерация в алгоритъма на информационната система. Проведено е изследване за проследяване на отговорността преди внедряването в по-сложната система на авиационна безопасност.

Целта е да се предложи нов аналитичен метод за оценката на риска от операции с БАС, основан на алгоритми, подходящи за вграждане в по-всеобхватен информационно-летателен комплекс на високо ниво, с регистриране на преценени входни параметри, отчитащи летателно-техническите характеристики на БАС, техните движения на театъра на бедствията, локалните климатични и теренни фактори. Той се основава на направен анализ на възможностите им за безопасно и ефикасно използване по време на мисии при бедствия. Предлага се и модел за проследяване на отговорността още в проектирането, както на отделната система, така и нейното приложение в аналитичния метод. За реализиране на целта се поставят следните **задачи**:

- Дискутиране и класификация на съществуващите БАС;
- Проучване на особеностите на съществуващите БАС и добрите практики на употреба;
- Проучване и анализ на моделите за оценка на риска и безопасността на БАС;
- Оценка/анализ на предимствата и недостатъците на съществуващите моделите за оценка на риска;
- Разработване на аналитичен модел с размита логика за определяне на ефективността на БВС използван за оценка на риска при бедствия;
- Подготовка, избор и окомплектовка на БАС за провеждане на теренното изследване, събиране и обработка на данни за валидиране на разработените модели с реални експериментални данни;
- Предлагане на архитектура на високо ниво на електронна система за следене на всички променливи като част от системата за управление на въздушното движение от БАС;
- Предлагане на механизъм за проследяване на отговорността и ценностно-чувствителен дизайн по отношение на БВС, като критерии за оптимизиране на системата в етап на проектиране;
- Формулиране на изводи и препоръки.

Работната хипотеза е да се покаже след задълбочени изследвания, анализи и практически изследвания, че БВС, при специфичните условия на бедствия, може да се ползват безопасно за ефективна оценка на риска, при допускане, че рисковете свързани с тяхната употреба на театъра на събитието са добре идентифицирани и смекчени.

Получените резултати (i) ще подпомогнат организирането и провеждането на по-успешни и безопасни мисии, които да подпомагат работещите в сферата на извънредните ситуации за намаляване на нежеланите последиствия от бедствия, превенция и защита на населението и (ii) могат да бъдат интегрирани в аналитичен алгоритъм към по-голяма система за управление на трафика от БЛС.

Настоящата работа има за цел да разработи и внедри инструмент за оценка на риска като допълнително ниво за безопасност. Въпреки, че за пълнота да има включване на сигурността и киберсигурността като проблеми, те остават извън текущото проучване. Не се разглеждат и механизми за защита на лични данни на трети лица в разработваната информационна система.

Отчита се влиянието на редица фактори върху успеха на операция с БЛС като например техническата поддръжка и човешкия фактор като част от барьерния модел в анализа. Те, обаче, са включени за пълнота и не се разглеждат в детайл.

БЛС ще бъдат повлияни изключително от нивото на услуга, което се доставя от външни доставчици – навигация, комуникация и контрол и т.н. Тук отново са разгледани за пълнота, добавени са към моделите без да се навлиза в конкретните системи.

ГЛАВА I – АНАЛИЗ НА ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВАТА И ПРИЛОЖЕНИЯТА НА БЛС

1.1. АНАЛИЗ НА РАЗЛИКИТЕ МЕЖДУ БЛС – ДУЛС – ДРОН

Термините безпилотно въздухоплавателно средство (БВС) или дистанционно управляемо летателно средство (ДУВС) се използват за описание на самото въздухоплавателно средство, докато терминът безпилотна летателна система (БЛС) или дистанционно управляема летателна система (ДУЛС) обикновено се използва за описание на цялото работещо оборудване, включително самолет, станцията за управление, от която се управлява апаратът, и линията за данни.

1.2. АНАЛИЗ И ИЗВЕЖДАНЕ НА КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ НА БЛС

При въвеждането и обсъждането на една технология се започва от по-абстрактен и се преминава към по-конкретен поглед. Това се прави, за по-добра проследяемост на понятията, така че да е възможно сравнение и/или привеждане в съответствие с други технологии. Освен това БЛС оперират като част от по-големи авиационни системи.

Като всеки летателен апарат БЛС са субект и на метеорологичните явления в атмосферата, голям брой системи обезпечаващи полета са зависими от тях (2). На по-късен етап всички това е от особено значение при направеният тук анализ с метода на HRM, тъй като в него се дефинират ограничения (баристри) за настъпването на инцидент на технологично, организационно или процедурно ниво (3).

По същество, БЛС включват самите летателни апарати, които за да могат да функционират се нуждаят от редица други компоненти. Следователно, има взаимодействия между всеки един от тях, като някои от тях ще бъдат доставяни от алтернативен доставчик на външни услуги. Такава система би представлявала спътниковата навигация, както и ОВД и т.н. Фигура 1 показва БЛС като по-голяма система.

- Въпреки че долният слой включва СУ, той е заменяем в смисъл, че БЛС би следвало да може да превключва между множество СУ. Освен това, тя не е задължително да е в зоната, засегната от разрушителното събитие.
- БВС е представен в средния слой на Фигура 1. Всички системи в летателния апарат могат да работят самостоятелно, с изключение на С2 към СУ и от външните доставчици.
- В най-горния слой са външни услуги. БЛС може да превключва между различни комуникационни доставчици и между наличните GNSS.



ФИГУРА 1 БАС КАТО СИСТЕМА ОТ СИСТЕМИ И ОТНЕСЕНИ КЪМ ЗАВИСИМОСТТА ОТ ИНФРАСТРУКТУРА (4)

Това е опростена представа за БАС и работата им и в представения модел са отразени само основните понятия. Възможно е да се добавят допълнителни разработки, които да останат с него.

Тъй като функционално, два въпроса са от съществено значение, при използването на БВС, а именно: (i) неговото събиране на данни от околната среда; (ii) обратно им предаване към станцията. Концепцията за полезен товар е важна – става дума за определяне на типа данни, които БАС може да събира и да предава.

1.3. КЛАСИФИКАЦИЯ И КАТЕГОРИЗАЦИЯ НА БАС

Всеки тип има уникални възможности в различна оперативна среда. Докато малките хели- и мултикоптери са по-добри при проникването в гъсти, градски зони на бедствие, по-големите самолетни апарати са по-добре пригодени за наблюдение на широки площи, като наблюдение на голяма площ.

Категоризацията улеснява комуникацията задавайки единна рамка обединяваща организации от различен тип – военни, полиция, служби за реакция при бедствия и т.н. Категориите започват с класове на излетно тегло. След това тези класове са разбити на база максимална височина на полета, радиус на използване и оперативната (бойната) единица, в чийто състав влизат. Такова разбиване може лесно и бързо да се пренесе като добра практика в други структури.



ФИГУРА 2 ЛЕТАТЕЛНО-ТЕХНИЧЕСКИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (АТХ) (5)

ТАБЛИЦА 1 ПРЕДЛОЖЕНА КЛАСИФИКАЦИЯ ЗА БАС

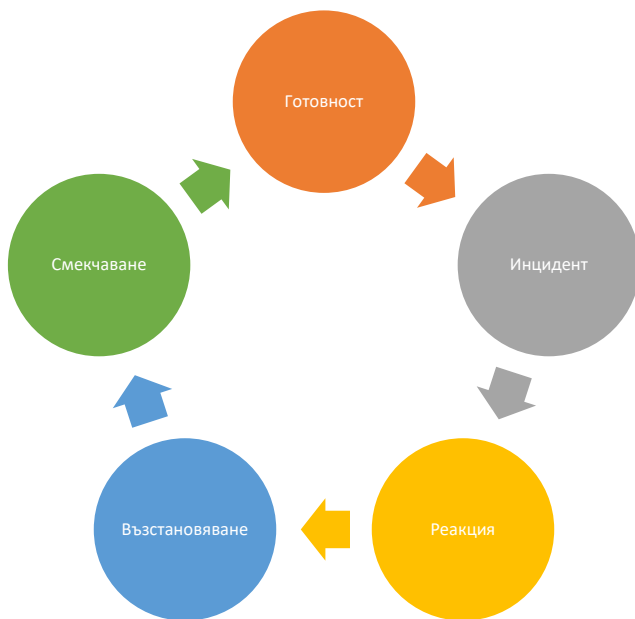
Клас:	Категория/клас според ІА 2019/947:		В състава на:	Височина на полета:	Радиус на използване:
Клас І (до 150 kg)	Микро (< от 2 kg) (А1)	C0 250 g C1 900 g	Разчет или самостоятелен оператор	до 650 m	до 5 km
	Мини (от 2 до 20 kg) (А2)	C2 4 kg C3 25 kg	Взвод, отделение (ръчно изстрелване)	до 1000 m	до 25 km
		Специфична	Рота (система за изстрелване)	до 1650 m	до 50 km
	Малки (> от 20 kg) (А3)	C4 25 kg			
Клас ІІ (от 150 до 600 kg)	Тактически	Сертифицирана	Тактически формирования	до 3300 m	до 200 km
Клас ІІІ (над 600 kg)	MALE	Сертифицирана	Оперативна/ТВД	до 15 000 m	над 200 km
	HALE	Сертифицирана	Стратегическа /Национална	до 21 450 m	над 200 km
	Ударен/Боев	Сертифицирана	Стратегическа /Национална	до 21 450 m	над 200

От друга страна, съществува и класификация наложена от ААБЕС. Летателните апарати са разделени на следните категории: „неограничена категория“ (малък риск – зелено), „специфична категория“ (среден риск – жълто) и „сертифицирана категория“ (висок риск – червено).

Категоризацията на БАС ще спомогне за установяване на сертификация и стандарти, приложими към някои подгрупи БАС. Допълнително това ще повлияе върху подбора на личния състав и квалификационните изисквания към операторите/пилотите на системите. Общата терминология и методиката на групиране на средствата ще послужи както в контекста на съвместните операции, така и за нуждите на гражданските власти при определяне на стандарти по

отношение на оборудването, летателната годност и изискванията към обучението (6). За държава като България едно такова съвместяване на обучението на представители на различни служби (военни, полиция, пожарна и т.н.) е удачно поради изключителното припокриване на задачите, които изпълняват и участието във взаимни учения за реакция при бедствия (7), (8), (9).

1.4. БЕДСТВИЯ И РАЗРУШИТЕЛНИ СЪБИТИЯ



ФИГУРА 3 ФАЗИ НА ГОТОВНОСТ И РЕАКЦИЯ НА ИНЦИДЕНТ

Бедствията могат да бъдат или причинени от природата, например земетресения, наводнения или урагани, или причинени от хора, като аварии на електроцентрали, разливи и изпускане на газ или фабрични експлозии. **Болестите** могат да бъдат локални, например причинени от замърсена вода или глобални, като огнища на епидемични вируси.

Както при природни бедствия, така и при антропологичните бедствия, често имаме физическо унищожаване на ключова инфраструктура и логистични елементи, което от своя страна значително блокира обществото, както и помощта, свързана със самото бедствие (10). За да смекчи този ефект, човек може да избере да разчита на по-малко зависими от инфраструктурата решения като БАС. Друг проблем при бедствията е малката наличност или дори пълната липса на персонал. Създава се цяла каскада от събития, които дава отражение в множество обществени системи (11). Бизнесите може да не работят: (i) в резултат на по-ниска наличност на персонал; (ii) или поради прекъсване на услуги; (iii) или поради прекъсвания в

комуникационните системи. Обичайно е доставките да са възпрепятствани по време на бедствие.

Най-честите и/или най-популярните начини на употреба на БАС при бедствия са: Разузнаване и картографиране; Анализ на структурата и целостта на сгради и съоръжения; Откриване и наблюдение на горски пожари; ЯХБЗиЕ; Операции по търсене и спасяване; Поместване на откриващо устройство на мястото на бедствието за да се откриват хора или животни по време на земетресение или лавина; Логистична подкрепа; Временна инфраструктура;

1.5. КОНТЕКСТНО ОСЪЗНАВАНЕ И ИНФРАСТРУКТУРНА НЕЗАВИСИМОСТ

БАС са способни ефективно да изграждат ситуационна осведоменост, поддържано не само от вградени сензори и софтуерни алгоритми, но и от наземни/спътникови услуги. В допълнение към по-техническия термин „осъзнаване на контекста“, което означава способността на техническото образование да усети текущата ситуация и да адаптира съответно поведението си, тук се разбира – способност да се установи адекватно текущата ситуация, без непременно да се предприемат съответните действия (12), (13).

1.6. ОПАСЕНИЯ ЗА БЕЗОПАСНОСТТА

В изследвания (14) и (15) се описват опасенията за безопасността. Като в (14) е предаден разговор с пилоти участващи в операции за намаляване на въздействието от бедствия. Те подчертават, че съвместните операции с ниското прелитане на БАС значително повишава риска от сблъсък с друг пилотируем апарат. Те обясняват, че под височина от 150 m трафикът остава значителен: военни, полиция, медицински хеликоптери, друга авиация. Техните притеснения са отразени, а следните мерки под формата на новоразработени процедури и изисквания може да ги облекчат – БАС дават предимство на всички други ВС, минимално ниво на компетентност за пилоти на БАС, кампании за повишаване на вниманието за пилоти и оператори, операции само във видимия обзор (VLOS).

ВС, безпилотни или пилотни, винаги ще са изложени на риск от сблъсък с въздушни препятствия като кабели за високо напрежение, високи сгради, други ВС и телефонни стълбове и кранове, най-вече когато оперират на ниски височини и в тесни пространства. За да се избегнат подобни видове инциденти БАС трябва да се екипират най-малко с някакъв вид технически средства – система с предварително известни карти с препятствия, стробо светлини, или система за избягване на сблъсък (D/SAA). Пилотът на БАС също трябва да може да комуникира с другите ВС и РВД, въпреки че подобна инфраструктура се изгражда и поражда нов ред въпроси (19).

Метеорологичната обстановка – например турбулентните ветрове може да направят маневрирането на малки БАС изключително трудно. Операциите на ниски височини и в тесни пространства в такива ветрове може да завършат със сблъсъци,

катастрофи и падащите БАС може да ударят хората на земята (15). Като добавка въртящите витла могат да причинят нараняване.

Поради характеристиките и ограниченията на БАС, всички рискове трябва да се намаляват за достигане поне на еквивалентно ниво на безопасност от преди интеграцията. Където е необходимо правилата трябва да се изменят и трябва да са пропорционални на класификацията и мястото на използване на БАС. Минимално ниво на безопасност на летателната годност се базира на оценка на риска, трябва да се обмисли използването на сертифицирани компоненти в съответствие със стандарта авиационната индустрия (4).

В оптималния вариант при внедряването на БАС в общото въздушно пространство, новите правила не трябва да добавят ново ниво на усложнение за пилотируемите полети. Като общо правило операциите с БАС не трябва нито да блокира въздушно пространство, нито да изисква допълнителни процедури или оборудване от пилотната авиация (4).

1.7. ИЗВОДИ ПО ГЛАВА I

БАС са напълно нов вектор на развитие на способности, обхващащ няколко сфери на приложение, налагащи свои ограничения: от технологии (телекомуникации и автономни изчисления), през съображения на оперативните единици (организация, планиране на мисиите и споделени отговорности за риска) до въпроси относно готовността на персонала (квалификация, сертифициращи и бриветиращи процедури), като всичко това предполага висока степен на проследимост на отговорността за приложение; това ще създаде добра основа за установяване на стандарти за отчетност в бъдеще.

Използването на БАС има много предимства за службите осигуряващи спешна медицинска помощ. Те ще могат да доставят едновременно информационна поддръжка (осведоменост за ситуацията в реално време или в почти реално време) и помощна подкрепа (например – спускане на животоподдържаща екипировка) по иновативен, гъвкав, икономически ефективен (20) и ефикасен начин (21).

За операции, провеждани във въздушното пространство с трасета и зони за съвместни полети на гражданска и държавна авиация, категоризацията на БАС ще спомогне за установяване на технологични и организационни сертификати и стандарти, приложими към някои подгрупи БАС. За необходимостта от успешна реакция при бедствия и разрушаващи събития БАС ще трябва да бъдат осигурени със колаборативни системи за откриване и избягване на сблъсък или да са участник в системите за управление на трафика за да се осигури безопасността на останалите летателни апарати в зоната на действие (22).

Общата терминология и методиката на групиране на средствата ще послужи както в контекста на съвместните операции, така и за нуждите на гражданските власти при определяне на стандарти по отношение на оборудването, проектирането,

летателната годност и изискванията към обучението (6). За държава като България едно такова съвместяване на обучението на представители на различни служби (военни, полиция и т.н.) е удачно поради изключителното припокриване на задачите, които изпълняват и участието във взаимни учения за реакция при бедствия.

Допълнително това ще повлияе върху подбора на личния състав и квалификационните изисквания към операторите/пилотите на системите (23). Употребата на БАС включва задълбочено познание на подсистемите на БАС и оперативната (заобикалящата ги) им среда. За да могат служителите да оперират ефективно и да използват пълните възможности е необходима устойчива програма за обучение на пилоти и управленски персонал.

Технологията е сравнително нова; все пак различните институции често клонят към използване на БАС в различни мисии, въпреки че законодателството, по отношение на БАС, все още не е достатъчно зряло (24).

Спасителните служби не трябва да бъдат освобождавани от всякакви задължения по осигуряване на собствената безопасност и тази на други хора. Точно обратното, те трябва подсигурят, че всички рискове са отстранени и че няма застрашени. Някои рискове свързани с оперирането на БВС са добре известни. Една система за докладване на инциденти и „почти инциденти“ трябва да извърви дълъг път до създаването на необходимата прозрачност и аналитичност. Поставянето на идентификация на всяко БАС и неговия пилот оператор ще позволи да се проследи обратно до потребителя причината за инцидента.

Основните проблеми по време на разрушително събитие са: (i) ниска или никаква инфраструктурна наличност; (ii) подготвен или пострадал персонал; (iii) понижена оперативност на бизнес системата; (iv) проблеми с доставките на оборудване; (v) логистични проблеми за доставяне на оборудване, храна, лекарства и помощни стоки на правилното място и (vi) липса на възможности за наблюдение за изграждане на пълна картина на последните от разрушителното събитие и точните нужди (11). Всичко това ясно показва, че решения, които не зависят или по-малко зависят от стандартната инфраструктура и по-малко зависят от човешки оператори, могат да бъдат от голяма помощ за въпроси (i), (ii) и (iii). БАС като решение имат огромен потенциал да помогнат при решаването на проблеми (iv) и (v). Освен това, когато те са оборудвани със подходящия полезен товар по отношение на сензорите и могат да работят с малка човешка намеса, всички проблеми (i) до (vi) могат да бъдат решени. Това може да се ползва в национални, институционални и регионални актове като (9) и (25).

ГЛАВА II – АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ МОДЕЛИ ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА

Пилотната авиация по света се радва на най-добрите рекорди по безопасност, които е имала като брой на инциденти и брой жертви. Нещо повече – в изследването поръчано от ААБЕС за социалното възприемане на услугите свързани с градската въздушна мобилност (26) хората са споделили, че очакват същите нива на безопасност от новата въздушна мобилност по отношение на доставките с БАС и въздушните таксите (27). Истината е, че рисковете в текущата авиация са управлявани внимателно, систематично и проактивно от всеки участник в индустрията. Това първо трябва да се изгради за новонавлизащите участници в лицето на БАС и въздушните таксите (28).

Настоящите авиационни системи предполагат всички участници да са подходящо обучени и цялото оборудване да отговаря на сертификационни и общоприети стандарти. Тези твърдения не могат да се отнесат със същата сила за операциите с БАС в днешно време (6) (29).

2.1. ПРИНЦИПИ НА СИСТЕМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА

Системата за управление на безопасността (Safety Management System (SMS)) е това, което помага да се осигури авиацията да остане безопасна, осигурявайки цялостен и организационен подход за управление на риска. Тъй като процесите на SMS са толкова критични за днешната авиация, последващият предложен метод ще трябва да се пресече по много точки. Много хора в нововъзникналата индустрия на БАС не са дори запознати с SMS ако нямат предишен опит в авиацията.

Наръчникът за управление на безопасността на ИКАО (30), описва политики, които всяка страна член трябва да институционализира като част от цялостна система за управление на безопасността. **SMS е набор от бизнес и управленски процеси** приоритизиращи безопасността. Съществуват четири общи компонента, макар детайлите да варират значително според организацията, в която се прилагат.

1. Политика по безопасност: Това са документираните процеси, методи и стандарти за осигуряването на оперативна безопасност, държейки хората отговорни и осигурявайки способности за докладване на своите притеснения за безопасността без страх от ответна реакция.
2. Управление на риска: оценка на заплахите, опасностите, рисковете и мерките за намаляване, особено когато се променят правилата или начините на работа. **Често това е качествен процес включващ експерти в областта.** В идеалния вариант този процес трябва да е последователен и повторям, така че различни хора извършващи анализа да достигнат до подобни заключения.

3. Осигуряване на безопасност (Assurance): осигурява съответствие с политиките, процедурите и правилата чрез одити на безопасните практики, преглед на грешките и инцидентите и използване на събраната информация и анализи.
4. Разпространение на безопасността: позволява и насърчава такава култура, осигурявайки необходимото обучение и разпространявайки научените уроци и добри практики.

Една от потенциалните слаби връзки в повечето SMS е, **докато се събира информация** на няколко етапа от операцията. А в случай на оценка на риска на изцяло нови процеси и процедури, може да няма налична информация, която да се ползва за основа (31). Такъв е случая с ползвателите на БАС. За тях все още не съществува информация, която да позволява количествен анализ. В наръчника на ИКАО е отбелязано „Отсъствието на качествена основополагаща информация може да доведе до прилагане на **качествени методи**“. Дори с налична информация, за да се анализира вероятността от риск, процесът на определяне на сериозността му се основава на **качествени категории**.

С въвеждането на системи, които проследяват поведението и записват инцидентите с БАС, каквато би била UTM (32), се дава възможност за набирането на голямо количество информация, както по отношение на БАС, така и по отношение на изгълбнението и поведението на всеки един участник.

2.2. РИСК

ТАБЛИЦА 2 МАТРИЦА ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА НА ИКАО

Вероятност на риска	Сериозност на риска				
	Катастрофално А	Опасно В	Значително С	Минорно D	Пренебрежимо Е
Често 5	5A	5B	5C	5D	5E
Случайно 4	4A	4B	4C	4D	4E
Откъслечо 3	3A	3B	3C	3D	3E
Малко вероятно 2	2A	2B	2C	2D	2E
Много малко вероятно 1	1A	1B	1C	1D	1E

Дефиницията на риск в Таблица 2 е комбинацията от честотата (вероятността) нещо да се случи и асоциираното му ниво на сериозност. Тя изисква определянето на два параметъра, сериозност и вероятност, за да се оцени риска от операция с БАС. Цялостният модел на риска предлага фокусиране върху анализа само на категориите уязвимости, които са фатални за трети участници.

Тъй като двете оси най-често са дефинирани **качествено**, експертите в областта оценяващи дадена операция може да достигнат до различни оценки за еднакви факти и информация. При уповаването на фактори като цена, сложност или удачност на взетите мерки, някои (повечето) участници може да склонят да нагодят оценката си така, че операцията да попадне в зона с по-нисък риск, вместо в жълтата зона, където трябва да се предприеме действие по намаляване на риска (33) и (34).

От друга страна, запитани да оценят нова операция, за която участниците нямат нито информация, нито опит, може да се получи тенденция да се изместване в по-консервативна посока. Това би дало резултат в червената зона.

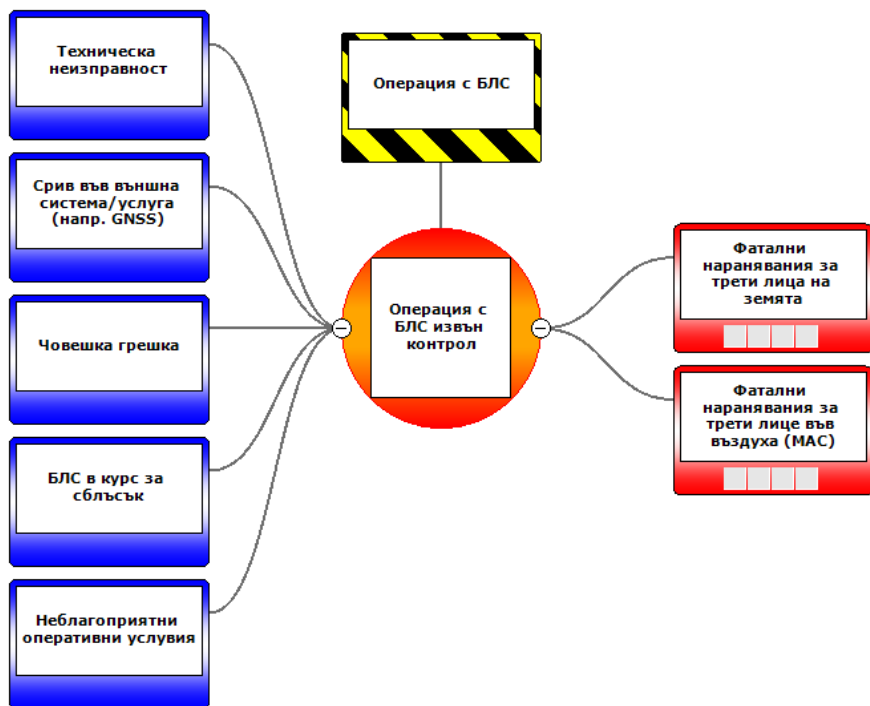
Измерването по оста за сериозност на риска изисква внимателно обмисляне на опасните ефекти, които трябва да се измерят. Изброяване на броя ранени или убити, сериозност на нараняването или щета.

Моделите на риска, осигуряващи **количествени методи** за оценка на риска са мощни инструменти, но не и без забележки. Трудностите в комуникацията асоциирани с количествените оценки на риска са типични поради фундаменталните разлики между количественото изражение на риска във формата на вероятност и сериозност и както и по-общия качествен подход за всеки индивид в своето разбиране за риск (35).

Неизвестните в пълнотата са тези въведени при опит да се моделира комплексна реалност. Типични модели като Анализ на режими на неизправност и последствията (Failure Modes and Effect Analysis – FMEA) и Дърво на отказите (Fault Tree Analysis – FTA) не илюстрират напълно сложността на реалните случаи или сценарии. Включените сценарии в операциите с БАС са изключително сложни поради естеството на авиационната система, средата на опериране на БАС и особено текущия пример на разглеждане – бедствия и разрушителни събития (36). Удачно е да приемем, че евентуална **количествената** оценка на рисковете включени в тези операции ще се обект на неизвестност в пълнотата (35).

2.3. ЦЯЛОСТЕН МОДЕЛ НА РИСКА (HRM)

HRM е развит за да поддържа оценката на риска от операция на БАС. HRM осигурява основна рамка за идентифициране на опасностите, заплахите и съответните приложими при операции с БАС ограничения на уязвимостите и заплахите (37).



ФИГУРА 4 ГРАФИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА „BOWTIE“ НА ЦЯЛОСТНИЯ МОДЕЛ НА РИСКА СПОРЕД JARUS (38)

На Фигура 4 е показван HRM модела с идентифицирани категории опасност, заплахи и уязвимости. Той моделира асоциирания риск за дадена операция на БЛС чрез следните стъпки:

- 2.3.1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА УЯЗВИМОСТТА (HARMS)
- 2.3.2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ОПАСНОСТТА (HAZARDS)

SORA установява (38), че единствената опасност, отнесена към операциите с БЛС, която може да доведе до всяка от двете категории уязвимости е „Операция с БЛС извън контрол“. Терминът „Операция с БЛС извън контрол“ се дефинира като операция, която се провежда извън одобрения обхват/диапазон за конкретната БЛС. Това е много по-широка концепция отколкото чистата загуба на управление на БВС.

- 2.3.3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ОСНОВНИТЕ ЗАПЛАХИ (THREADS)

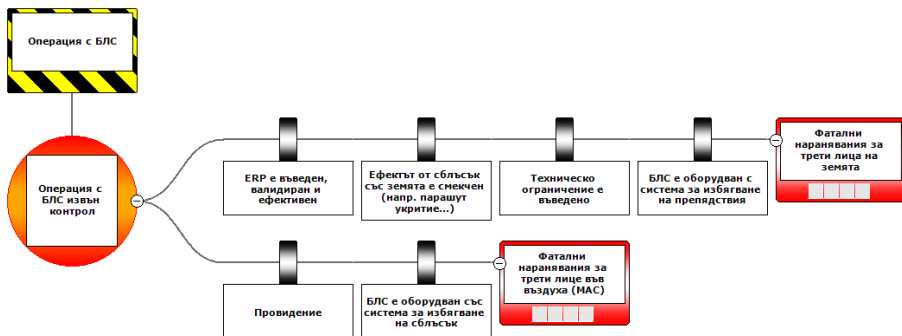
Заплаха се дефинира като събитие, което при липса на подходящите бариери може да доведе до опасност (Операция с БЛС извън контрол).

- 2.3.4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА СРЕДСТВАТА ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА РИСКА

Средствата за намаляване на риска може да се добавят по различни начини (на етап **проектиране** или **оперативно използване**), според природата на уязвимостта, която се контролира.

2.3.5. НАМАЛЯВАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ ОПАСНОСТ ЧРЕЗ ОГРАНИЧЕНИЯ НА УЯЗВИМОСТИТЕ

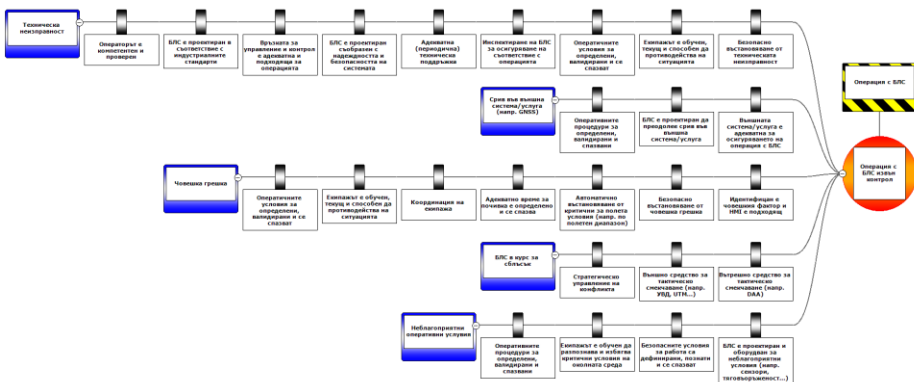
От дясно на диаграмата, представена във Фигура 5 са идентифицирани ограниченията на уязвимостите. Всяка от тези уязвимости може:



ФИГУРА 5 ПРЕДСТАВЯНЕ НА ВЪЗМОЖНИТЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА УЯЗВИМОСТИТЕ (ПРЕДПРИЕТИТЕ МЕРКИ) (38)

2.3.6. НАМАЛЯВАНЕ НА ВЕРОЯТНОСТТА ОТ ОПАСНОСТ ЧРЕЗ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ЗАПЛАХАТА

От ляво на диаграмата представена във Фигура 6 възможните ограничения на заплахите са идентифицирани и асоциирани с петте основни категории заплахи на HRM модела от Фигура 4.



ФИГУРА 6 ПРЕДПАЗНИ БАРИЕРИ ИЛИ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ЗАПЛАХИТЕ (38)

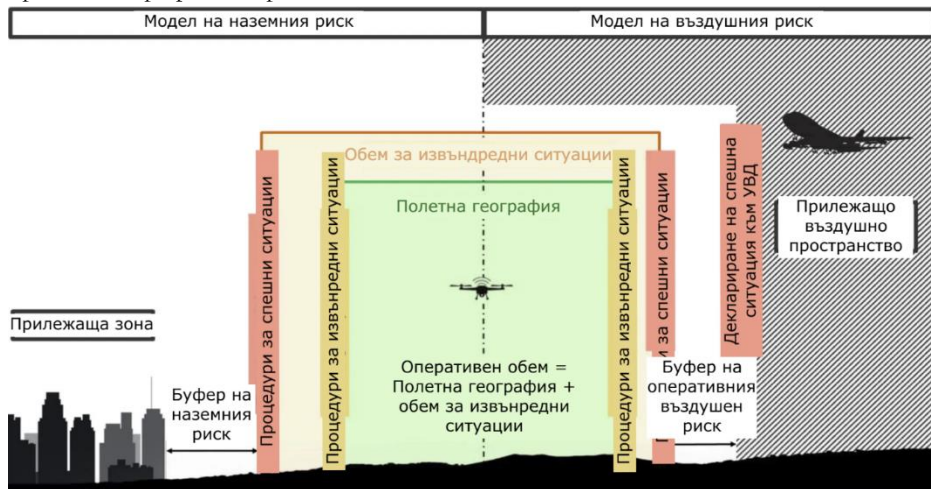
2.4. ОЦЕНКА НА СПЕЦИФИЧНИЯ ОПЕРАТИВЕН РИСК JARUS SORA (38)

SORA е насочена предимно към категория „Специфична“ на операциите с БЛС и се извлича от прилагането на пропорционалния подход, базиран на риска. SORA не може да послужи за пълна интеграция на всички видове БЛС във всички класове въздушно пространство. Налага се адаптиране на методиката в SORA към конкретен потребителски БЛС или театър на приложението му.

Методиката се основава на принципа на разглеждания HRM, използван за оценка на различните заплахы, свързани с дадена операция. В крайна сметка, целта е да се сведе до минимум общият риск от изпадане на БЛС в състояние на загуба на контрол, което би довело до вреда на трети страни във въздуха или на земята (17).

2.4.1. СЕМАНТИЧЕН МОДЕЛ

За да се улесни ефективната комуникация на всички аспекти на SORA, методологията изисква стандартизирано използване на терминологията за етапите на операциите, процедурите и оперативните обеми. Семантичният модел осигурява последователна употреба на термини за всички потребители на SORA. Фигура 7 предоставя графично представяне на модела.



ФИГУРА 7 ГРАФИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА СЕМАНТИЧНИЯ МОДЕЛ НА SORA (38)

2.4.2. ВЪВЕДЕНИЕ В ПОНЯТИЕТО ИНТЕГРИТЕТ (INTEGRITY)

- 1) За правилното разбиране на процеса SORA е важно да се въведе основната **концепция за стабилност** (Robustness). Всяко представено смекчаване на риска или постигане на цел за оперативна безопасност могат да бъдат демонстрирани при различни **нива на стабилност**. SORA предлага три различни нива на стабилност: ниско, средно и високо, съизмерими с риска.
- 2) Определянето на стабилността се постига, като се използват **нивото на интегритет** (т.е. повишаване на безопасността), осигурено от всяко смекчаване, както и **нивото на осигуряване** (Assurance, т.е. метод на

доказване), че заявената безопасност е постигната. И двете са основани на риска.

- 3) Общите указания за нивото на осигуряване (Assurance) са дадени по-долу:
 - Ниско ниво на осигуряване е, когато кандидатът просто декларира, че е постигнато необходимото ниво на интегритет.
 - Средно ниво на осигуряване е, когато заявителят представи доказателства в подкрепа, че е постигнато необходимото ниво на интегритет. Обикновено това се постига чрез изпитване (пример за технически смекчавания) или чрез доказателство за опит (пример за смекчаване, свързано с хора).
 - Високо ниво на осигуряване е, когато постигнатият интегритет е приемлив за компетентна трета страна.

По своята същност SORA представлява един хибрид между система за управление на безопасността, сертификационни спецификации (39), оперативен наръчник и т.н. В организация с добре разработени, и въведени и спазвани политики и процедури, голяма част от качествената оценка на SORA би влезнала в документацията за акредитация пред властите.

2.5. ИЗВОДИ ПО ГЛАВА II

Необходим е постоянен, повторям и съразмерен подход към оценката на риска в операциите с БАС и методически насоки, развити в SORA се приемат за нормативен еталон от националните авиационни власти и авиационни организации в редица държави. В исторически план се ползват субективни, качествени критерии в процеса на одобрение.

Рамката, предложена от ИКАО (30), моделите разработвани от ЕВРОКОНТРОЛ (40), (41) (34), и моделите на риска SORA (38) могат да се насложат един към друг и да позволят развитието на нова SMS по различни начини:

1. Модел на риска оценява всяка операция преди да се състои, извеждайки разнообразни резултати и осигурявайки функционалност за управление на риска за безопасността по систематичен начин. Във всяка юрисдикция, всички внедрени рисковни хипотези трябва да използват единен базов модел, така че резултатите генерирани от различните служби да са съвместими, повторяеми и сравними един с друг. Това фундаментално изискване осигурява политиката авиационна по безопасност да се прилага сред всички аспекти.
2. Отделен оператор може да внедри вътрешен модел на риска, за да спомогне процеса за планиране на полет и да повиши вероятността за одобрение без последващи модификации. Или обработката на полетния план може напълно да интегрира модел на риска в информационната си системата, за да предостави и двете способности наведнъж.
3. Информационна услуга за анализ на първопричината, е отговорна за проследяването и докладването на полети, осъществявани с по-високо ниво на

риск от предвиденото. Подобна услуга идентифицира леки девиации, водещи към предстоящи откази или набор от опасности неправилно оценени в модела на риска. Вzeti заедно, тези информационни способности осигуряват авиационна безопасност на много високи нива, тъй като тази услуга може да обработват и обобщават големи количества информация, да идентифицират основните фактори на риска преди да настъпи опасно събитие. Информацията, събрана от работещ модела за управление на риска са допълва, като навигационна и телеметричната информация, се събира, съхранява и обработва или от самостоятелно изградена отделна услуга за запис, или от една от услугите описани в предния параграф UTM, или и от двете.

4. Обобщената информация, събрана от система за оценка на риска позволява, позволява вземането на управленски процедурни решения, които да почиват върху цялостното разбиране за операцията. Събраната информация е и основа за обучение от грешките, включвайки най-добрите практики и неспирно образование, което се случва в силна култура на безопасност (40).

Количествената оценка в контекста на информационни способности за авиационна безопасност на БАС на този етап е обект на големи неизвестни в пъланотата, моделирането и стойностите на параметрите. Заключениеето е, че оценката на вероятността е желателно да е с качествен характер, както е приложима SORA (42).

Рамката предложена от ИКАО е анализирана успоредно с методологията SORA. Двата механизма за оценка на риска не се изключват, а дори напротив се допълват (23). SORA дава една подробна и разбита на малки стъпки пътна карта, която операторът на БАС да може да ползва и да изгради операциите си около концепцията за опериране. Ако е добре развита тази документация, изготвена веднъж може да послужи за интегрирането и във политиката на компанията/организацията и да стане част от SMS (42), (31).

Разбира се SORA, като една качествено изготвена оценка на риска, на моменти предпочита да остане по дадени проблеми консервативна (43). Друг недостатък е, че интерпретацията на едни и същи понятия и положения също е може да варира много, а трябва този процес на оценка на риска да протича в постоянен диалог с властите и да има еднакво разбиране от всички участващи страни и експерти (44).

Един нов метод за ползване на множество входни данни и даващ разнообразие от изходи на математически модел за оценка на риска, може да е по-приспособим за дългосрочните нужди, отколкото да се правят опити да се вмъкне съществуващ инструмент за оценка на риска.

ГЛАВА III – РАЗРАБОТВАНЕ НА АНАЛИТИЧЕН МЕТОД ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА

След като технологията на БАС е достъпна за търговски и държавни нужди, не е изненадващо, че тя се употребява от служителите на пожарна безопасност и защита на населението. Това формира широк кръг заинтересовани страни, които трябва да синхронизират политиките и процедурите си по отношение на използването на БАС, когато оперират съвместно, по едно и също време на едно и също място. Тези процедури се разработват и прилагат поетапно, започвайки най-напред от авиационните власти, чиято основна задача е да осигуряват безопасността и сигурността на авиационната система, през ДАНО (35), които трябва да имат реално-временна картина на оперативната ситуацията във въздуха, и се стигне до оперативни служби за реакция, до различните структури в общинската администрация.

3.1. МЕТОД НА ИЗСЛЕДВАНЕТО:

Тук се предлага оценка на ефективността (успеха от мисията) като функция на минимизирането на заплахите и последствията (т.е. намаляване на риска) при операция с БАС. Резултатите от тази оценка са очертани като логическо дърво. Също така е представена релевантността на използваемостта на конкретна безпилотна система. По-нататък този алгоритъм може да бъде допълнително разширен, подобно на изследването на (45), с резултатите от използването на флотилия от БАС или тяхното съвместно действие – *Swarming*, както и с обогатяването му и усложняването му за нуждите на (иновативната) въздушната мобилност и свързаност. Резултатът дава представа за способностите на БАС и техния полезен товар от сензори в началото въз основа на експертно мнение. (46). В последствие, ще бъде допълнено от създаването на библиотека с проведените мисии и резултатите от тяхното провеждане.

Предвидено е текущият анализ, без да е ограничаващ, да послужи най-вече на службите за защита на населението, вземащи решение за: 1) Придобиване, внедряване и експлоатация на нови платформи и полезен товар; 2) Ръководители отговорни за управление на бедствия.

3.2. ЦЕЛ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Предложеният модел на риска би следвало преди всичко да осигури необходимата информация за всеки полет, необходима на по-широк кръг заинтересовани страни и участници в авиационната система. Тя трябва да е съпроводена с насоки и контекст за разбиране на нивата на риска в мисиите, докато се осигуряват мерките за реакция при бедствия, така че да се вземе информирано решение (ръчно или автоматично) дали да се осъществи полет, който да е успешен и няма да застраши безопасността на останалите участници или трети страни.

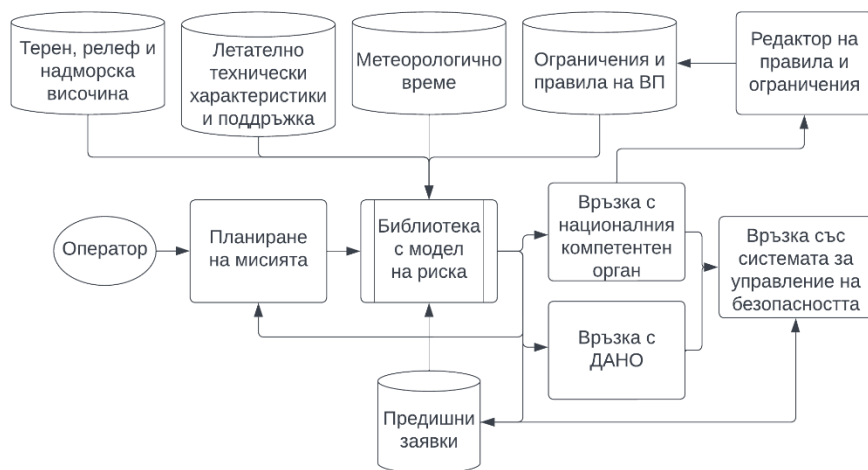
Входове на модела са естеството на мисията (полетния план), очакваните условия (метеорологично време, състоянието на въздушното пространство, и т.н.) Изходи са набор възможни стойности и насоки, идентифициращи най-важните фактори и оформящи тези оценки (47).

Явно е необходимостта на широк кръг участници в предложената система и тяхната свързаност към нея.

3.3. ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

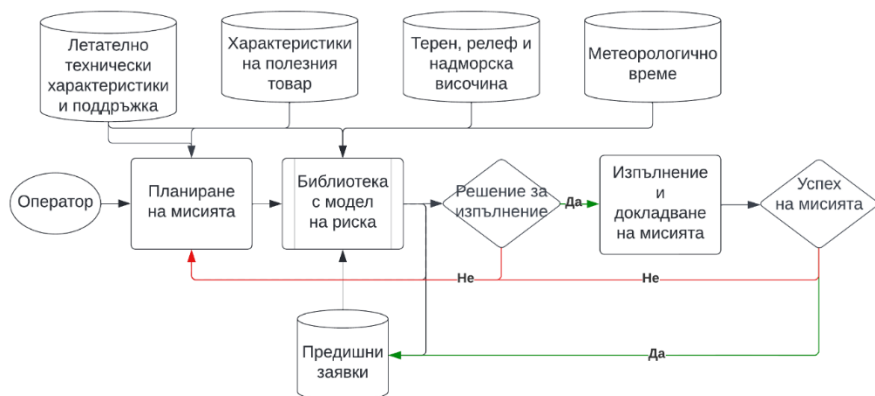
Веднъж установен този модел ще осигурява големи количества информация за анализираните и същинските рискове за мисията, за да може да се итерира и да подобри характеристиките си. Развитието на бъдещи версии ще се води в голяма степен от информацията показваща взаимовръзките между входове и несъобразените фактори на риска. Ще се ръководи и от оперативните нужди на ползватели и участници, включително конкретни нужди или критерии, позволяващи необходимото регулаторно съответствие.

3.3.1. АРХИТЕКТУРА И АНАЛИТИЧЕН МЕТОД



ФИГУРА 8 АРХИТЕКТУРНА ДИАГРАМА НА АЛГОРИТЪМ НА РИСКА („С БИБЛИОТЕКА НА МОДЕЛА НА РИСКА“) (48)

Предложената архитектура, показана на Фигура 9, съответства на избрана платформа за провеждането на полети в самото начало на бедствието, докато се установи нужната яснота за ситуацията и започне работа по смекчаване на въздействието.



ФИГУРА 9 ПРЕДЛОЖЕН ОПРОСТЕН АЛГОРИТЪМ (47) (49)

Методът благоприятства достъпа до лесно постижими данни и променливи, позволява на всеки да внедри **краткосрочно** модела. Това ще даде на операторите и регулаторите отговорни за днешните мисии с БАС да имат споделен поглед над нивата на безопасност и факторите на риска от техните полети. Използвайки познанието от HRM, бъдещите източници на информация и други техники за моделиране, лесно може да се разшири настоящия модел за да улавя усложнения за факторите на риска.

Събраната информация ще послужи за бъдещи подобрения за изготвянето на евентуални по-нататъшни модели: добавяйки променливи, променяйки отношения между тях и т.н. Това ще направи предположния модел итеративен и ще се осъвременява и проследява във версиите, както всеки друг софтуер.

3.4. МЕТОДИ – МОДЕЛ ЗА ИЗБОР НА БАС В СПЕЦИФИЧНИ УСЛОВИЯ

ТАБЛИЦА 3 ХАРАКТЕРИСТИКИ НА РАЗЛИЧНИТЕ БАС

Тип на БАС	Маса	Надморска височина	Полезен товар
Фиксирано крило	25 kg	150 m	ЕО
	25-150 kg	3000 m	IR
Носещ винт	Над 150 kg	Над 3000 m	ЕО/IR

Предлага се опростен модел, като се дават само основните характеристики на БАС, полезния товар и изискването за успешна мисия като функция на безопасността. Като изход от модела се препоръчва на служителите, пристигнали на бедствието да използват конкретна БАС и оборудване. Този съвет се основава на предишна налична информация, която може да бъде резултат от мерки, исторически

събрана информация и неин априорен анализ, субективни свидетелства, евентуални противоречия и оценки, направени от самите експерти.

Поради диаметрално противоположните им ЛТХ се предвиждат два основни типа летателни апарати – фиксирано крило и носещ винт/ове по отношение на скоростта и гъвкавостта, съответно на маневреността. След това процесът на подбор следва масата на ВС, като критерий за устойчивост на вятър и способността на платформата да достигне по-високи оперативни височини и да носи по-големи полезни товари за продължителен период от време. Следващата характеристика е типа на полезния товар, който отговаря на метеорологичните условия – EO, IR или мултиспектрална камера (EO/IR).

ТАБЛИЦА 4 ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МИСИЯТА

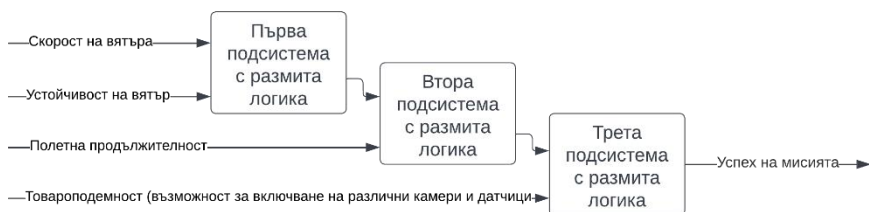
Терен	Метеорологично време		Ъгъл на обзор	Изисквания към мисията
Градски Планина Обикновен	Видимост	Вятър	Точност Покритие	Скорост Маневреността
	Ясно	Ниско		
	Мъгла	Среден		
	Облаци	Високо		

Определянето на конкретното искане за селекция започва с оперативната зона, в която ще се използва БАС. Вятърните и климатични ефекти са описани, както следва: три скорости на вятъра – ниски, средни и високи и три метеорологични явления. Процесът продължава с изискванията към мисията, като по-висок ъгъл на проследяване или по-голяма точност и скорост на БАС спрямо маневреността.

3.5. МОДЕЛ С РАЗМИТА ЛОГИКА ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА И ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА БАС

Преработвайки логиката за вземане на решение описана в (50) и (45), подобно на изследването (51), привлечените специалисти са поканени да опишат оперативните условия и изисквания за операцията, а именно предварителното картографиране и търсене на оцелели и вторично такова – всяко от които очаква компромис между по-голям ъгъл на наблюдение или по-голяма точност и по-бързо търсене с по-голяма скорост или маневреност – Таблица 4; с характеристиките на БАС и полезния товар от Таблица 4.

Предложеният модел с размита логика е проектиран като тристепенна йерархична размита система с предварително дефинирани четири входа. На всяко ниво включва една размита логика подсистема с два входа. В модела са дефинирани и две междинни езикови променливи, както съответно са изходите на първата и втората размити подсистеми.



ФИГУРА 10 ЙЕРАРХИЧНА РАЗМИТА СИСТЕМА НА ТРИ НИВА (47) (49)

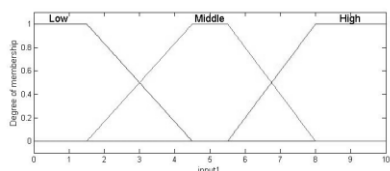
В разработения модел с размита логика входните езикови (лингвистични) променливи (четирите входни и двете междинни променливи) се описват с три размити променливи: „Ниски - Low”, „Средни - Middle” и „Високи - High” нива. Всички входни променливи се оценяват в интервала $[0, 10]$, използвайки трапецовидни функциите на принадлежност.

Изходът на система с размита логика „Степен на успех на мисията по оценка на риска при бедствие от конкретен БАС” е описан от пет размити променливи: „Много ниски - Very low”, „Ниски - Low”, „Средни - Middle”, „Високи - High” и „Много високи - Very high” нива. Нивата на „Степента на успех на мисията” се оценяват в интервала $[0, 100]$, използвайки триъгълни функциите на принадлежност. Входните и изходните функции на принадлежност са показани на Фигура 11 и Фигура 12.

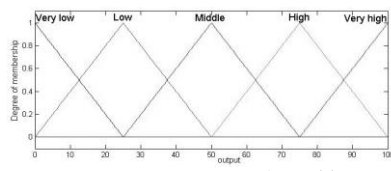
Стойността на успех е критерий за безопасността на вземане на окончателно решение относно избора на БАС за работа при бедствие. По-високата стойност съответства на по-голямата вероятност за успешното представяне на БАС.

Качествените показатели са по-скоро от количествени стойности, които обикновено са представени от езикови променливи. Информацията и решението са тясно свързани и съществуват различни методи за вземане на решение въз основа на несвързана информация.

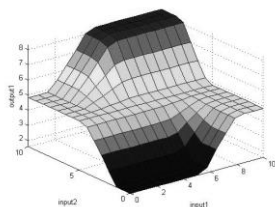
Правилата за изводите в размитата логическа система се дефинират чрез клауза „IF - THEN“. Номерата на правилата на базата знания за всяка една от размитите логически подсистеми са 9.



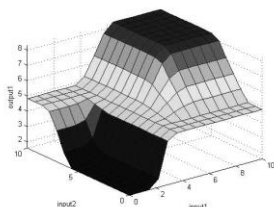
ФИГУРА 11 ФУНКЦИИ ЗА ЧЛЕНСТВО НА ВХОДНИТЕ ПРОМЕНЛИВИ (47) (49)



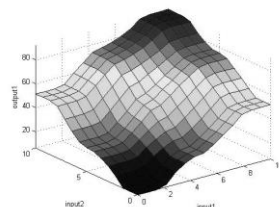
ФИГУРА 12 ФУНКЦИИ ЗА ЧЛЕНСТВО НА ИЗХОДА НА РАЗМИТАТА СИСТЕМА (47) (49)



ФИГУРА 13
ПОВЪРХНОСТИ НА
ПОДСИСТЕМАТА
РАЗМИТА ЛОГИКА 1 (47)
(49)



ФИГУРА 14 ПОВЪРХНОСТИ
НА ПОДСИСТЕМАТА
РАЗМИТА ЛОГИКА 2 (47)
(49)



ФИГУРА 15
ПОВЪРХНОСТИ НА
ПОДСИСТЕМАТА
РАЗМИТА ЛОГИКА 3 (47)
(49)

Размитата йерархична система е проектирана в среда на Matlab, използвайки Fuzzy Logic Toolbox. Трите размити подсистеми са изградени в системата за размити намерения тип Mamdani. Съответните повърхности в 3D за трите размити логически подсистеми са дадени на Фигура 13, Фигура 14, Фигура 15.

Резултатите показват, че Симулация 4 има най-високата стойност на „Степента на успех на мисията при бедствие от конкретен БАС” според входящите данни. Наредените от намаляване на степента на природен риск симулации са 3, 1, 2, съответно. оценката на степента на успех е най-ниска за симулацията 5.

ТАБЛИЦА 5 РЕЗУЛТАТИ ОТ СИМУЛАЦИЯТА

Критерий	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Изход
Симулация 1	8	9	7	6	77
Симулация 2	6	5	5	7	61
Симулация 3	9	8	6	8	82
Симулация 4	7	10	8	10	94
Симулация 5	6	4	3	6	49

3.6. ТЕРЕНИ И ОКОЛНАТА СРЕДА НА БЕДСТВИЯТА

Като тип летателни апарати БАС винаги ще бъдат обект на метеорологичните и екологичните условия. Тежките атмосферни условия (като силен вятър или заледяване) могат да преустановят използването им за неопределен период от време, докато микро-поривите могат да причинят повреда дори на самолетите от гражданското въздухоплаване. Също така, факторите на околната среда играят роля в ефективността на датчиците. Димът от пожар или пепелта замъгляват сензорите ограничавайки техните характеристики.



ФИГУРА 16 ТЕРЕН КВАРТАЛ
„ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН” – КРАЙГРАДСКИ
ТЕРЕН



ФИГУРА 17 ТЕРЕН Ж.К. МЛАДОСТ
– ГРАДСКИ ТЕРЕН



ФИГУРА 18 ТЕРЕН С. МУСАЧЕВО –
СЕЛСКИ РАЙОН С ГОЛЕМИ ОТКРИТИ
ПЛОЩИ И ТЕРМИЧНИ ТЕЧЕНИЯ



ФИГУРА 19 ТЕРЕН ЯЗ. БЕАМЕКЕН –
ПЛАНИНСКИ ТЕРЕН



ФИГУРА 20 ТЕРЕН С. СЛАКОВЦИ –
СЕЛОТО ИМА СОБСТВЕНА ПИСТА ЗА
ИЗЛИТАНЕ И КАЦАНЕ



ФИГУРА 21 ТЕРЕН „ЦИГОВ ЧАРК” –
ПЛАНИНСКИ ТЕРЕН

3.6.1. ТЕРЕН И ГРАДСКИ ПЕЙЗАЖ

Проведени са изпитания на описаните по-долу терени, като предварително са зададени характеристики за оценка като: Релеф, Застрояване, Площ.

3.7. ИЗБОР И ОКОМПЛЕКТОВАНЕ НА БВС ЗА ПРАКТИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

В хода на работа е установен работен контакт с „Централен авиомоделен клуб“, Зона Б-5 гр. София. Възможността да се работи върху толкова много платформи (i) повиши значително възможностите за анализ на техните летателни характеристики, (ii) да се работи с реални модели, (iii) натрупа се познание в областта.



ФИГУРА 22 T-REX 450 ХЕЛИКОПТЕР



ФИГУРА 23 T-REX 600
ХЕЛИКОПТЕР



ФИГУРА 24
DEPRON TRAINER
САМОЛЕТ



ФИГУРА 25 Balsa
PT-40 САМОЛЕТ



ФИГУРА 26 LIAM
ELECTRIC GLIDER



ФИГУРА 27 SMARTFABLAB
PINNWAК 450 CAMERA DRONE



ФИГУРА 28 ТЕКСТОЛИТЕН
ZMR250

3.8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЗА ИЗБОРА НА БВС В СПЕЦИФИЧНИ УСЛОВИЯ

Разгледана е единствена платформа, чийто характеристики са вход в алгоритъм за оценка на риска и определяне на ефективността от използване на БАС. Допълнителен анализ може да се направи за паралелната употреба на няколко БВС, летящи по предварителен маршрут. Числеността може допълнително да увеличи възможностите за изпълнение на задачата, но да повиши риска от употреба на БВС.

Компютърната симулация потвърди ефективността на предложения размит модел за оценка на риска. В това изследване априори се разполага с исторически данни и ЛТХ на БАС, с които го оценяваме. Предложеният набор от параметри и размити набор от правила са в много начална стъпка в нашите изследвания. Проучването може да се разшири по входни параметри и ще направи комплекса правила много по-сложен.

Моделът успешно може да се включи в информационна система за цялостно определяне на ефективността и безопасността на различните БВС, използвани в мисии за оценка на риска при бедствия.

3.9. ИЗВОДИ ПО ГЛАВА III

Принос е, че тя предоставя буквена класификация, като основа за моделиране на качествени показатели, на база разсъждения за ЛТХ на БВС и мнението на експерти, като резултата от тази класификация се ползва за вход в предложени **модел с размита логика**.

Предложеният тук модел за оценка на риска осигурява основа за измерване на разнообразие от фактори, сред които са екипажа, летателната платформа и оперативна среда. Предимството е, че ще може да се внедри в процеси, които получили напълно автоматизирана система ще изпълнява преди, по-време на и след полет. Моделът решава два проблема, първо изяснява реалния риск зад мисиите с БАС, участващи в някой стадий от полета, второ осигурява измеримост и запис на характеристиките на проведените мисии и събира исторически данни (31).

Избраният модел трябва да остане достатъчно гъвкав и конфигурируем в операциите с БАС. Целта е да има система, която да се поддържа на високо ниво на автоматизация и дигитализация, гъвкава в архитектурата и на този етап да не е прекалено изискваща.

Предложените системни решения целят да облекчат човека-оператор при вземането на решения. Те стъпват на технологии и алгоритми, които, обаче, не са тествани досега и трябва да се проявява здравословен скептицизъм при внедряването им в авиационна среда. След всяка следваща итерация на тези системи ще се появяват по-добри, по-бързи и по-сигурни решения, следящи все повече параметри и извеждайки само необходимото на оператора за да може той да съдейства най-ефективно.

В този тип технологии вече е изключен варианта за извършването на дейност без съдействието на компютри и обмен на информация между множество устройства (БАС) едновременно без дори да е необходима речева комуникация – Internet of Flying Things.

Предложеният аналитичен модел е възможност да се отнеме голяма част от натоварването на операторите по отношение на авиационната безопасност като се използват голям брой дигитални данни и анализира тяхното влияние върху безопасността.

ГЛАВА IV – АНАЛИЗ НА ОТГОВОРНОСТТА И ВНЕДРЯВАНЕ НА МОДЕЛА

4.1. ОПИСАНИЕ НА ИЗВАДКАТА И ОБОСНОВКА.

Безпилотните въздухоплавателни системи изискват обучени оператори и обслужващ персонал и вече изграждат репутация за употреба при бедствия и разрушителни събития. Внедряването на такава технология в операциите на реакция при бедствие и разрушително събитие може да изглежда като логистично и дори регулаторно предизвикателство, което властите да не искат да поемат и това трябва да се има предвид.

Спешните служби могат и ще използват потенциала на БВС в различни случаи и как ще ги ползват зависи от фазата на бедствието – Смячаване, Готовност, Ответна реакция, Възстановяване, показани на Фигура 3, от нивото на ситуационна осведоменост в това време, от нивото на риск и типа използван БВС. БВС имат приложение във всички четири етапа, въпреки че в момента се ползват изключително в етапа на реакция.

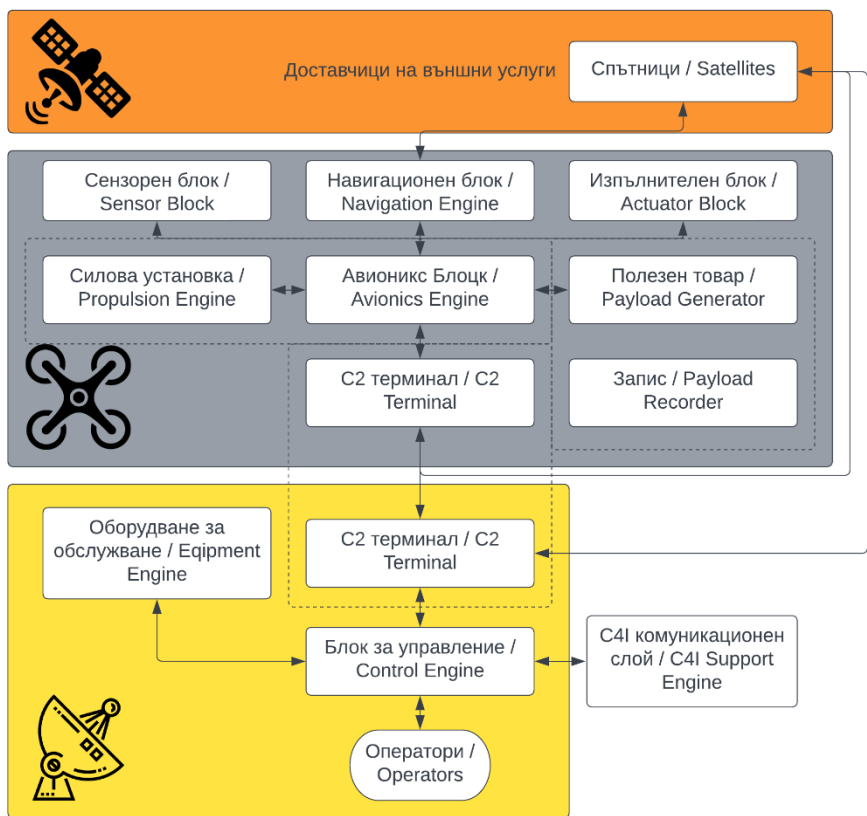
4.2. ОТЧЕТНОСТ И ЦЕННОСТНО-ЧУВСТВИТЕЛЕН ДИЗАЙН

Отчетността е ключова ценност в това по отношение на взаимоотношенията между две или повече партии (заинтересовани страни), при които едната страна носи отговорност за изпълнението по отношение на определена цел и използването на ресурси за постигането на тази цел. Трябва да се отбележи, че отчетността е желана ценност, като се предполага, че тя адекватно балансира техническите характеристики спрямо съответните обществени очаквания, според Ценностно-чувствителния дизайн (Value-Sensitive Design – VSD). VSD отчита човешките ценности принципно и изчерпателно, като представляват стойности като нефункционални изисквания, които трябва да бъдат интегрирани в процеса на проектиране.

Следователно отговорността се отнася до ситуация, при която една страна има задължение, а друга страна, оценява изпълнението на това задължение и евентуално дори налага санкции. Това изисква ясни очаквания и споразумения между страните.

При разглеждането на БАС има много заинтересовани страни (още в началото на изпълнението на мисиите), а съответните отговорности и задължения не са толкова добре дефинирани, колкото е необходимо за отчетността. Това прави сложно, установяването ѝ с нужната проследяемост в тази област. Следователно е необходимо да се разберат зависимостите между подсистемите (като се вземе предвид, че технологията на безпилотните системи включва, както автоматизирано, така и човешко вземане на решения), както и да се набележат адекватно тези зависимости от съответните актови роли и от ролеви връзки.

4.2.1. РЕФЕРЕНТНА АРХИТЕКТУРА



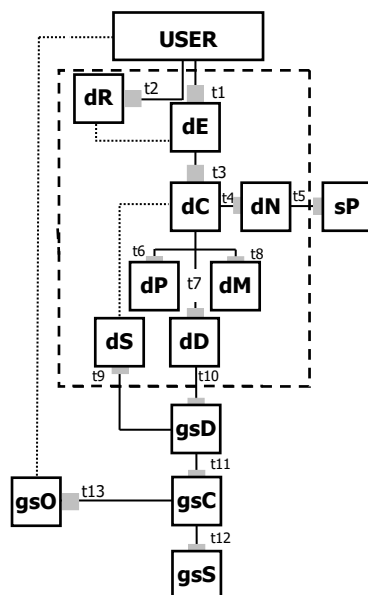
ФИГУРА 29 РЕФЕРЕНТНА АРХИТЕКТУРА

4.2.2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ НА РОЛИТЕ НА УЧАСТНИЦИТЕ

Избрана е моделираща перспектива. Референтната архитектура от Фигура 29 (по-специфична за технологиите) трябва да ограничава нашите модели на по-високо ниво. Затова тук се планира всеки обект върху съответната роля.

Придържайки се към моделирането на роли и транзакции, се предвиждат две основни конструкции за моделиране, а именно:

- **обекти**, с участието на определени роли;
- **транзакции**: транзакцията е крайна последователност от действия за координация между двама участника, отнасящи се до един и същи производствен факт. Актьорът, който започва транзакцията, се нарича инициатор . Основната цел на инициатора на сделка е да има нещо, извършено от другия актьор, който следователно се нарича изпълнител.



ФИГУРА 30 МОДЕЛ НА РОЛЕВИ ЕДИНИЦИ ОТ РЕФЕРЕНТАТА АРХИТЕКТУРА (52)

На Фигура 30: (i) потребителят е представен като правоъгълник отгоре; (ii) субектите (ролите) се представят като наименувани полета; (iii) съответните транзакции се представят като пълтни линии с етикети, съответстващи на номерата на транзакциите (виж по-горе); (iv) малките сини кутии в единия край на всяка твърда линия показват кой е изпълнителят на конкретната сделка; (v) пунктирните линии показват непряка връзка между две единици (например: за да се поддържа дневник на командните, е необходимо да се генерират команди); (vi) накрая, пунктираният правоъгълник очертава онези обекти, които са вътре в БВС.

Реализираната идентификация на ролите и трансакциите на актьорите, както и съответният анализ, който ги представя (въз основа на референтната архитектура), е полезна основа за разсъждения по отговорност. Въпреки това, както вече беше споменато е важно да имаме конкретен фокус върху бедствията.

4.2.3. АНАЛИЗ ПРЕЗ ПЕРСПЕКТИВАТА НА ОТГОВОРНОСТТА

Очаква се, че всяка конструкция/поддръжка/оперативна повреда ще бъде лесно проследима и подлежаща на докладване, което ще доведе до съответна отговорност. Това би могло да се отнася и до отговорността за задействане на системата за прекратяване на полета, ако се появи повреда, това би довело до шансове за нараняване на хората на земята.

Алгоритмите и тяхното въздействие върху функционирането на БЛС трябва да бъдат проучени внимателно, за да се разбере процесът на вземането на решения.

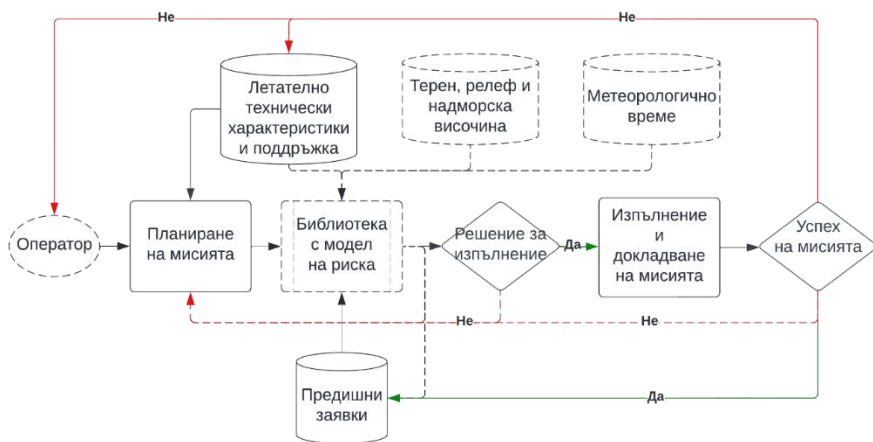
Също така трябва да се проследи отказът на компонентите. Следователно регистрирането на взаимодействията между компонентите е типична задача, която трябва да бъде осъществена с цел одит на историята и определяне на отговорността. (52).

При справянето с отговорността по отношение на мисиите, трябва да разграничим два вида основни положения:

- i. ситуации, в които вземането на решения е в ръцете на хората;
- ii. ситуации, при които вземането на решения е (частично) оставено в „интелигентни“ системи, които се очаква да допринесат за постигане на човешки/бизнес цели.

По-лесно е да се преодолее (i), тъй като с (ii) трябва да приеме адекватна проследимост на изискванията, които са гарантирани по време на процеса на проектиране и внедряване.

VSD предоставя поглед върху последиците от отговорността по отношение на мисиите при бедствия и е изобразен на Фигура 31. Както се вижда от фигурата: (i) по време на проектирането се уточнява какво се желае по време на работа (ii) ако наблюдаваното изпълнение съответства на желаното, тогава мисията на БАС е успешна, (iii) в противен случай желаното изпълнение не е постигнато и съответната отговорност трябва да бъде взета под внимание и това би било възможно само ако стойността на отговорността е отразена в дизайна, така че потребителят да може ефективно да проследи какво се е случило и да идентифицира отговорния/те актьор/и.



ФИГУРА 31 ПОСЛЕДИЦИ ЗА ОТГОВОРНОСТТА (52)

4.3. СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ВЪЗДУШНОТО ДВИЖЕНИЕ

Управление на въздушното движение на БАС – UTM (54) се появява в контекста на все повече и повече безпилотни апарати, летящи на различни височини, нуждаещи се от своя страна от адекватно УВД (55). Това все пак поражда напрежение с настоящите ДАНО, отнасящи се предимно до пилотирания въздушен трафик (56). Въпреки че широко се твърди, че пилотираните летателни апарати трябва да имат приоритет пред безпилотните мисии, в момента липсват адекватни правила, разпоредби и стандарти в тази посока (57) и (58).

4.3.1. АКТУАЛНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРЕД ВЪЗДУШНОТО ДВИЖЕНИЕ

Качествата на УВД се измерват по отношение на: (i) капацитет на системата – обозначаване на теоретичния максимален дебит, поддържан от стандарта за сепарация между въздухоплавателните средства; (ii) пропускателна способност – скоростта на действителния поток по време на работа; (iii) ефективност – колко близо е реалната операция до постигането на идеален полет. Освен това, свалянето на пилота от борда води до нови предизвикателства по отношение на настоящите потоци на УВД.

Имайки предвид всички тези предизвикателства, свързани с УВД, както и проблемите, причинени особено от работата на БАС, става ясно, че цялата система за въздушно движение трябва да претърпи адекватна еволюция или дори революция. Със сигурност е не само предизвикателство да се въведе такава система, но и да се валидира правилно по отношение на оценката на процесите и оценката на резултатите, без да се изпускат показателите и целевите нива за безопасност. И накрая, счита се за важно наличието на гъвкава и базирана на ефективността рамка, която да поеме развиващата се индустрия на UTM (52).

4.3.2. ВНЕДРЯВАНЕ НА UTM

Повечето настоящи УВД системи по същество използват глас (с хора зад тях в реално време) при предоставянето на своите услуги и такова обслужване е в състояние само частично да покрие действителните нужди на БАС. Следователно UTM има потенциала да предложи по-добро обслужване в полза на всички заинтересовани страни, главно защото в основата му е автоматизирано облачно (IT понятието) обслужване (55) и (59). Всъщност се очаква облачно базираното обслужване да бъде особено полезно на ниска надморска височина (VLL), където има покритие осигурено от мобилните мрежови оператори. Обединеният начин на предоставяне на услуги е ключов въпрос в това отношение, както и оперативната съвместимост.

В същото време, дори широкото възприемане на UTM не би означавало директна смяна на от УВД към UTM, тъй като авиацията има консервативни основи. Очаква се РВД да продължи да обработва пилотиран въздушен трафик и ще разчита

на интерфейси за програмиране на приложения като пилюз за пренасочване на БАС към UTM, за да ги обслужва.

И накрая, мащабируемостта, устойчивостта и оперативната съвместимост също са ключови въпроси: (i) От съществена необходимост е тестването на UTM решения в реалния трафик, включващ различни пилотирани и безпилотни самолетни системи (60). (ii) Решаващо е установяването на надеждно и стабилно UTM обслужване в полза на всички съответни заинтересовани страни (61). (iii) Силно желателно е такова обслужване да бъде устойчиво срещу разрушителни събития. (iv) Счита се за изключително важно да се гарантира, че всички участници, инфраструктура и устройства адекватно „говорят помежду си“ като основна гаранция за безопасност (61).

Не на последно място, едно конкретно предизвикателство е ясно да се дефинират отговорностите и задълженията на всички заинтересовани страни по отношение на безопасността. UTM екосистемата ще разчита на по-голяма цифровизация и по-високи нива на автоматизация в сравнение със съвременните услуги за въздушно движение (22).

4.3.3. БЪДЕЩИ ПЕРСПЕКТИВИ

Визията за бъдещето по отношение на въздушния трафик е насочено хармонизиране между УВД и UTM. Огромен брой нови заинтересовани страни, непознати преди за авиацията или нейните процедури за стандартизация и надзор, трябва да бъдат взети предвид в момента:

- Дава се по-висок приоритет на пилотирания въздушен трафик от съображения за безопасност.
- Възможността за ефективно управление на БАС, летящи на ниска надморска височина, като се разчита основно на IoT, ги поставя в контраст с по-големите БВС и пилотирани самолети, които се нуждаят от „класическа“ наземна поддръжка (1).
- Правомощията за вземане на решения (Authority) също са проблем, защото пилотът не е сигурно, че те ще работи адекватно във всяка ситуация с БВС.
- Отговорността и отчетността също трябва да се вземат предвид, защото е отворен въпрос кой трябва да носи отговорност, ако се случи нещо лошо, причинено от БАС или UTM (22).

Тези въпроси/проблеми могат да бъдат отразени в съответните искове (включващи бъдещи перспективи), както следва:

- Интеграцията на УВД-UTM е неизбежна, като същевременно силно желателно е, че: (i) безопасността на хората остава основен приоритет; (ii) Настоящите улеснения на въздушното движение се разширяват, за да обхванат IoT и свързаните технологии; (iii) Въвежда се широко одобрена „таксономия на въздухоплавателните средства“.

- Необходими са нови международни норми и разпоредби, които да покриват изчерпателно всички възможни типове ситуации, отнасящи се до правото за вземане на решения (53).
- Необходими са строги международни механизми, включващи разследване и проследимост, за ефективно налагане на отчетност, що се отнася до въздушния трафик.

4.4. ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ИЗВОДИ ПО ГЛАВА IV

Използван е подход „средна точка“, според който за първи път се идентифицират съответните технически компоненти и след това на тази основа се получава съответния независим от областта на приложение **модел на роли/взаимоотношения**. След това е разглеждана областта на приложение (а именно: бедствие) и анализирана използваемостта на БАС от тази гледна точка. Моделът е допълнен чрез проучване, свързано с тази работа. Въпреки че се стига до положителна оценка за използваемостта на безпилотните апарати в мисиите при бедствия, трябва да се признае, че участието на много подсистеми повдига загриженост по отношение връзката между тях и кой е отговорен за правилността на извършените операции, в случай на претърпян неуспех. Отговорността се отнася и до отговорност за действията.

Счита се за особено полезно, направеното разложение на „технологичната система“, за да се разбере как подсистемите в разглеждана референтна архитектура на БАС биха повлияли на цялостното поведение на отговорността при изпълнение на мисия за спасяване. Отказът на един отделен компонент може да доведе до цялостна повреда и деградация на системата. Следователно, е необходима яснота по отношение на функционирането и очакванията, които се отнасят до подсистемите. Заинтересованите страни трябва да изградят надеждна система, в която отговорностите да бъдат добре дефинирани и съгласувани. Затова се предлага и механизъм за координация (22).

Тъй като се отнася до мисиите при действия при бедствия, отговорността се счита за от решаващо значение, тъй като последиците от евентуален провал могат да бъдат много отрицателни (като: пропуски в безопасността, компромиси с личния живот, неправилен анализ и т.н.) и това изисква адекватни механизми за определяне кой е отговорен (в случай на неуспех) (52).

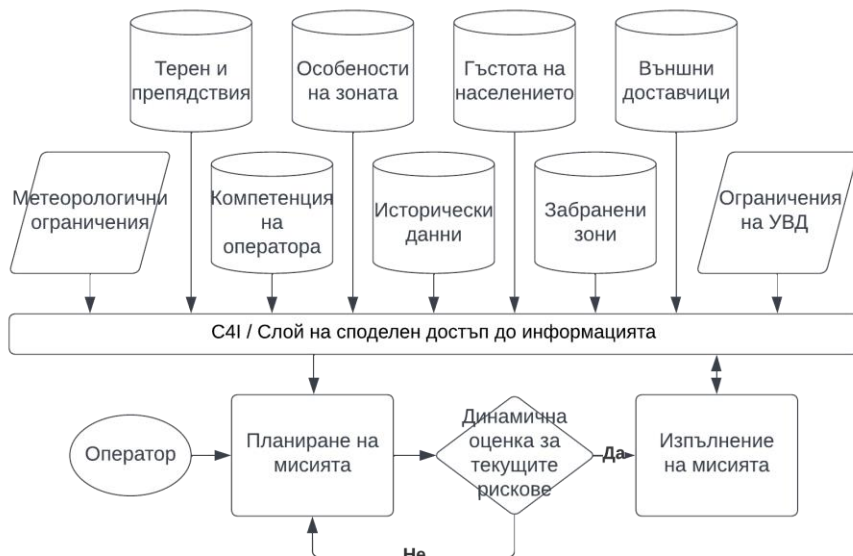
Принос е, че се предоставя адекватна основа за моделиране на разсъждения за ценности (включително отговорност) и такава мотивация се прави изрично, особено в областта на авиационната безопасност при бедствия.

Анализирани са предизвикателства, но също така са обсъдени въпроси, свързани с изпълнението, и е представена визия за бъдещето.

Поради нарастващото си значение за обществото UTM трябва да бъде по-добре регулиран и управляван, в синхрон с УВД. Въпреки че UTM е в състояние

ефективно да поддържа БАС, адекватната интеграция остава предизвикателство. Това подчертава значението на анализа на настоящите предизвикателства, свързани с въздушното движение, като се засягат проблемите с прилагането.

Всички внедрени модели на данни трябва да използват еднаква основна рамка за пълнота при изчисленията. Практически, че всички услуги ще трябва да се допитват до идентични източници на информация – т.е. изискване за оперативна съвместимост. Във Фигура 32 това се изобразява като „С4И / Слой на споделен достъп до информацията“. При внедряването всяка служба може да се свърже самостоятелно с необходимите доставчици на информация или да подаде свой достъп до данни, според изискванията на рамката.



ФИГУРА 32 АРХИТЕКТУРНА ДИАГРАМА НА ЦЯЛОСТНИЯ МОДЕЛ (22)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И НАСОКИ ЗА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

ПРЕДИМСТВА И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРИ УПОТРЕБАТА НА БАС ПРИ БЕДСТВИЯ

Идентифицирани са силните страни на БАС. Една разумно избрана платформа може да отговори на целевите изисквания в много отношения, осигурявайки също така разширяване на съществуващите системи чрез трансфер на данни, наблюдение и допълнителна гъвкавост спрямо други технологии (наблюдението би било много по-ефективно от въздушна гледна точка); това би освободило допълнително персонал и техника за други задачи.

В допълнение, БВС могат да редуцират излагането на хората на ненужна опасност. Те функционират в среди опасни за населението. БВС позволяват оценяване на повредени сгради и здания опасни за работниците, инженерите и застрахователните агенти.

- БАС повишават ефективността на спасителните екипи. В добавка към облекчаването на участниците от някои от най-опасните задължения, БВС могат да изпълняват рутинни и мръсни задачи за да позволят на спасителните екипи да се фокусират на по-важни теми.
- БВС предлагат уникални възможности за полет на ниски височини, недостъпни за пилотната авиация.
- Технологията на БАС е с изключителна развръщаемост. БАС, особено малките модели, могат да бъдат стартирани от различни среди без необходимост от писта. Добре позиционирани БАС могат да излетят минути след бедствието и да прелетят под облачното покритие (50).
- БАС са икономически ефективни. Въпреки че стабилна БАС система може да изиска значителни първоначални капиталови вложения, БАС все пак остават по-евтини от пилотната авиация за проектиране и експлоатация (51).

Технологията е сравнително нова; все пак различните институции често клонят към използване на БАС в различни мисии, въпреки че законодателството, по отношение на БАС, все още не е достатъчно зряло (24). Освен това, ноу-хау и изисквания за използване на БАС понастоящем се разглеждат от службите за спешна помощ и работниците за помощ при бедствия в контекста на ограниченото използване на БАС в спасителните операции (62). Макар да има общо-европейски регламенти все още **липсва нужната хармонизация и стандартизация**. Трябва да се направи нов анализ (gap analysis) от перспективата на тези пропуски.

Допълнително това ще повлияе върху **подбора на личния състав и квалификационните изисквания** към операторите/пилотите на системите (23). Употребата на БАС включва задълбочено познание на подсистемите на БАС и

оперативната (заобикалящата ги) им среда. За да могат служителите да оперират ефективно и да използват пълните възможности е необходима устойчива програма за обучение на пилоти и управленски персонал. Нужно е да се разработят подробни учебни програми за повишаване на общата компетенция на заинтересованите страни.

МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА И РАЗМИТ МОДЕЛ

Освен рамката, предложена от ИКАО е анализирана и разгледана методология SORA. Двата механизма за оценка на риска не се изключват, а дори напротив се допълват. SORA дава една подробна и разбита на малки стъпки пътна карта, която операторът на БАС да може да ползва и да изгради операциите си около концепцията за опериране. Ако е добре развита тази документация, изготвена веднъж, може да послужи за интегрирането и във политиката на компанията/организацията и да стане част от SMS (86), (28).

Барьерните модели, вкарани в модела „Боутай“, като основа за моделиране на безопасността и риска. Моделът „Боутай“ може да се използват не само да се оцени и управлява риска по време на конкретна операция с БАС, но и да се подчертаят мерките по безопасност в съответния случай, с други думи необходимите дейности по управление на риска, необходими за получаването на позволение за изпълнението на конкретни видове операции с БАС в гражданското ВП.

Количествената оценка в контекста на БАС на този етап е обект на големи неизвестни в пъланотата, моделирането и стойностите на параметрите. Заключениеето на тази оценка на вероятността е желателно да е с качествен характер, както работи SORA 2.0.

Разбира се, SORA също не е сребърен куршум и като една качествено изготвена оценка на риска, на моменти предпочита да остане консервативна. Друг недостатък е, че интерпретацията на едни и същи понятия и положения може да варира много, а основно очакване е този процес на оценка на риска да протича в постоянен диалог с властите и да има еднакво разбиране.

МОДЕЛ ЗА АНАЛИЗ НА РИСКА И UTM

Предложеният аналитичен метод за оценка на риска осигурява основа за измерване на разнообразие от фактори, според които са екипажа, летателната платформа и оперативната среда. Предимството е, че ще може да се внедри в процеси, които полу- или напълно автоматизирана система ще изпълнява преди, по време на и след полет – например UTM система. Методът решава два проблема, първо изяснява реалния риск при мисиите с БАС случващи се днес с хора, участващи в някой стадий от полета, второ осигурява измеримост и запис на характеристиките на проведените мисии и събира исторически данни (123).

Разработеният метод трябва да остане достатъчно гъвкав и конфигурируем в операциите с БАС. Целта е да има система, която да се поддържа на високо ниво на

автоматизация (автономност) и дигитализация, гъвкава в архитектурата и на този етап да не е прекалено изискваща.

Предложените информационни системи целят да облекчат човека-оператор. Те стъпват на технологии и алгоритми, които не са тествани досега и трябва да се проявява здравословен скептицизъм при внедряването им в авиационна среда. След всяка следваща итерация на разработка, тези системи ще се появяват с по-добри, по-бързи и по-сигурни решения, следящи все повече параметри и извеждайки само необходимото на оператора, за да може той да действа най-ефективно.

В този тип технологии вече е изключен варианта за извършването на дейност без съдействието на компютри и обмен на информация между множество устройства (БАС) едновременно без дори да е необходима речева комуникация – Internet of Flying Things.

При провеждането на придобиване на способности осигурени от БАС следва да се даде приоритет на развитието на мрежовите способности, което ще позволи да се разпространи информация и до най-ниските нива. Това ще позволи и за постигане на информационното превъзходство при провеждане на операции (63), (1). БАС биха били основен фактор при изграждане и развитие на единна информационна среда за стратегическите, оперативните и тактическите цабове. БАС съществено ще допринесат за създаване на всеобща информационна среда, чрез компилиране на информацията от сензорите и даване на възможност за използване на създадената мрежа за въздействие. Това ще позволи и по-голяма динамика при разпределение на силите (51) (13).

ОТЧЕТНОСТ И ОТГОВОРНОСТ

Счита се за особено полезно, направеното разложение на „технологичната система“ (от техническа гледна точка и след това от гледна точка на ролите и взаимоотношенията), за да се разбере как подсистемите в разглеждана референтна архитектура на БАС биха повлияли на цялостното поведение на отговорността при изпълнение на мисия за спасяване. Отказът на един отделен компонент може да доведе до цялостна повреда и деградация на системата. Следователно, е необходима яснота по отношение на функционирането и очакванията, които се отнасят до подсистемите. Заинтересованите страни трябва да изградят надеждна система, в която отговорностите да бъдат добре дефинирани и съгласувани.

ПРИНОСИ

Научно-приложни приноси:

1. Технологията на БАС и нейното приложение в операциите по време на бедствия и разрушаващи събития е анализирана концептуално и класифицирана по нов начин, обхващащ както оперативните единици, които биха се ползвали от БАС така и рамката на ААБЕС, която се основава на риска от определени БВС.
2. Основни модели за качествена оценка на риска в авиацията (62) и конкретно в БАС (72) са разгледани в детайл и дефрагментирани за анализ. На тяхна база е разработен аналитичен метод, който позволява да се внедри в бъдеща система за управление на въздушното движение от БАС.
3. Разработеният аналитичен метод е дискутиран в работната група към Съвместните власти за нормотворчество в безпилотните системи (JARUS) за допълнително развитие на документа SORA – версия 2.5. Той ще се възприеме без съществена редакция от ААБЕС като допустима мярка за съответствие за оценка на риска от операции в специфична категория БАС.
4. Предложен е нов ценностно-чувствителен метод съобразен с отчетността (accountability) при проектиране и анализ на системата на БАС през перспективата на авиационната безопасност при действия по време на бедствия. Анализът е включен като източник в работата на група WK76044 към ASTM International за документ Standard Practice for Exercising a Contextual Framework for Increasingly Autonomous Aviation Systems.

Приложни приноси:

1. Синтезирана е архитектура на информационна система тип „Интернет на летящите неща“ (IoFT - Internet of Flying Things) за обработка на големи данни, в която е вграден слой на предложения в дисертационния труд аналитичен метод за оценка на рисковете.

АНОТАЦИЯ

Предпоставка за тази разработка е все по-широката употреба на безпилотни летателни системи (БЛС) от различни индустриални потребители и служби, свързани с реакцията и оценката на риск при бедствия. Това е нововъзникваща и бързоразвиваща се концепция. Широкото приложение на БЛС е доказателство, че те са добро допълнение към инструментариума на различен тип специалисти, каквито са службите за реакция при бедствия.

Актуалността на предложеният анализ дава инструментариум за експертиза в една бързо развиваща се сфера на авиацията, като целта е повишаване на безопасността и ефективността при тяхното използване по време на бедствия. Според начина им на приложение те срещат различни предизвикателства и към тях са отправени различни изисквания.

БЛС естествено допълват традиционните процедури и методи за операции при бедствия, включващи хора и техника, помагайки да се подсигури по-безопасно, бързо и ефективно изпълнение. Тази разработка може да се ползва и от други заинтересовани експерти в развитието на национални и наднационални документи, както и в сферата на сертификацията на тези летателни системи и тяхната безопасна интеграция в въздушното пространство.

Целта е да се разгледат предизвикателствата пред осигуряването на безопасността при операции с БЛС и да се предложи аналитичен метод за анализ на рисковете, свързани с употребата им и отношението им към останалите участници на сцената на бедствието като останат ползите им като алтернативно средство за събиране на информация в изпълнение на мисии при оценка на риска от бедствия.

Получените резултати от аналитичния метод за анализ служат за организиране и провеждане на по-успешни и безопасни операции, ще улесняват работещите при изготвянето на оценка на риска от бедствия, съответно за по-обективна оценка на щетите от нежеланите последствия. Предложеният от автора алгоритъм дават метод за оценка на рисковете. Предлаганият модел е приложим към бъдеща система за обслужване и управление на движението от БЛС.

БЛС могат да бъдат класифицирани по много начини, според широкия спектър от задачи, които трябва да изпълняват. Използвани са и класификации, основани на техни технически характеристики, като подемна сила, излетна маса и др.

В обхвата на изследването е разгледана употребата на БЛС от гледна точка на спасителните служби и с отчитане на всички оперативни и технически съображения свързани с безопасността. Разработката включва обзор на потенциални решения и модели.

ANNOTATION

A prerequisite for this development is the increasingly widespread use of unmanned aerial systems (UAS) by various industrial users, as well as services related to disaster response and risk assessment. It is an emerging and rapidly developing concept. The use of drones by hobbyists and professionals such as photographers, surveyors and insurance companies are now well established. Their widespread use is proof that they are a good addition to the toolkit of a variety of professionals, such as those used by disaster response services.

The relevance of the proposed analysis provides a toolkit for expertise in a rapidly developing field of aviation, with the goal of increasing safety and efficiency in their use during disasters. According to their application, they face different challenges and different demands are placed on them.

Various UAs naturally complement traditional disaster operations procedures and methods involving people and equipment, helping to ensure safer, faster and more efficient implementation. This development can also be used by other interested experts in the development of national and supranational documents, as well as in the field of certification of these flight systems and their safe integration in the airspace.

The aim is to examine the challenges of ensuring safety in UAS operations and to propose an analytical approach to analyse the risks associated with their use and their relationship to other participants in the disaster scene, while remaining their benefits as an alternative means of gathering information in performance of disaster risk assessment missions.

The results obtained from the analytical approach to analysis serve to organize and conduct more successful and safer operations, will facilitate workers in preparing disaster risk assessment, respectively for a more objective assessment of damage from unwanted consequences. The analysis made, as well as the algorithm proposed by the author, provide a method for assessing risks in a rapidly developing field of unmanned aviation. The proposed model is applicable to a future service and traffic management system by UAS.

UAs can be classified in many ways according to the wide range of tasks they have to perform or according to their application (civilian and military). Classifications based on their technical characteristics, such as lift, take-off mass, payload, etc., have also been used.

In the scope of the study, the use of UAs from the point of view of the rescue services and taking into account all operational and technical considerations related to safety and personal space is considered. The development includes an overview of potential solutions and models.

СТАТИИ И ПРОЕКТИ

1. Hristozov, S. Total Hazard and Risk Assessment for RPAS Technology. 6th International Conference on Application of Information and Communication Technology and Statistics in Economy and Education, VHCC, 2019, ISSN:2367-7643, 385-390 2019
2. Zlateva, P., Hristozov, S., Velez, D.. A Fuzzy Logic Approach for Drone Capability Analysis on Disaster Risk Assessment. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII, 3/W8, ISPRS, 2019, ISSN:1682 1750, DOI:<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W8-485-2019>, 485-489 2019
3. Hristozov, S., Zlateva, P.. Concept Model for Drone Selection in Specific Disaster Conditions. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, XLII, 3W4, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 2018, ISSN:1682 1750, DOI:<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-245-2018>, 245-249 2018
1. Национална научна програма „Сигурност и отбрана“, приета с РМС № 731 от 21.10.2021 г. и съгласно Споразумение № Д01-74/19.05.2022 г.