

МОЖЛИВЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ СИТУАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ «УПРАВЛІННЯ ТЕП» З ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА

Юлія Писаренко, Катерина Мелкумян, Олександр Коваль

Для забезпечення оптимального функціонування створюваних складних об'єктів нової техніки та інформаційних систем є актуальним розробка принципів та методів побудови апаратних комплексів з урахуванням специфіки перебігу життєвого циклу певної техно-екологічної події. В даній роботі приділено увагу подальшому розвитку методологічного підходу створення ситуаційного центру на основі моделі гео-інформаційної системи з використанням технопарку робототехнічних систем з елементами штучного інтелекту, що реалізує програмний комплекс зв'язку безпілотного транспорту широкого призначення у середовищі міста з базою, сприяє скороченню витрат та періоду кризових ситуацій, в яких доступ людей-експертів обтяжений, дуже небезпечний або принципово неможливий. Розроблено статут спортивної федерації безпілотної авіації спортивного та інженерно-конструкторського спрямування, що об'єднує спортсменів, тренерів, спортивних суддів, спеціалістів та аматорів установ, організацій та відомств, зацікавлених у розвитку спорту безпілотної авіації, і шоу аеробатики БПЛА. Розроблено багаторівневу схему архітектури побудови мережі регіональних ситуаційних центрів. До центрального ситуаційного центру (ЦСЦ) з регіональних надходить уся інформація про пересування БПЛА містом, до нього через інтернет надходять усі запити на виконання БПЛА тих чи інших дій. Тут відбувається обробка цієї інформації та прийняття рішень, тут же розгорнуті всі необхідні для зв'язку сервіси. Регіональні ситуаційні центри, що знаходяться в захищеному периметрі, ведуть радіообмін з БПЛА в зоні їх дії, здійснюють управління на своїй ділянці за загальним задумом, продиктованим ЦСЦ, ведуть обчислення, зберігають тимчасову інформацію і мають функціонал для автономного управління рухом та виконання запитів у разі втрати зв'язку з ЦСЦ.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат (БПЛА), техно-екологічна подія, штучний інтелект (ШІ), ситуаційний центр, інформаційне сховище.

To ensure the optimal functioning of the complex objects of new technology and information systems being created, it is important to develop the principles of building hardware complexes taking into account the specifics of the cycle of a techno-ecological events. In this work, attention is paid to the further development of the methodological approach to the creation of a situational center based on a model of a geo-information system using a technopark of robotic systems with elements of AI, which implements a software complex of communication of unmanned transport of general purpose in the city environment with the base, helps to reduce costs and during crisis situations in which the access of expert people is difficult or fundamentally impossible. The charter of the sports federation of unmanned aviation of the sports and engineering direction has been developed, which unites athletes, coaches, sports judges, specialists and amateurs of organizations interested in the development of the sport of unmanned aviation and aerobatics shows. A multi-level architecture scheme for building a network of regional situational centers has been developed. Information about the UAVs movement in the city is sent to the central situational center (CSC) from the regional ones, all requests for UAVs to perform certain actions are sent to it via the Internet, this information is processed and decisions are made here, and all necessary communications are deployed here services regional situational centers, located in the protected perimeter, conduct radio exchange with UAVs in their area of operation, manage their area according to the general plan dictated by the CSC, have functionality for autonomous traffic control and execution of requests in case of loss communication with the CSC.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), techno-ecological event, artificial intelligence (AI), situation center, information storage.

Вступ

Очевидно, що місто майбутнього – це розумне місто, місто, яке в режимі реального часу в автоматичному режимі керує більшістю процесів, що відбуваються в його надрах, і робить це оптимально. Місто, де безпека піднята на новий рівень, а доступ до інформації є благом цивілізації, міські послуги, будь-які необхідні людині речі максимально прості. Тож як це місто регулюватиме роботу БПЛА, які зараз стрімко розвиваються? Адже очевидно, що зі збільшенням кількості БПЛА, якщо вони почнуть брати на себе рутинні функції працівників, нам знадобиться якась система управління, яка гарантуватиме безпеку та мінімальну аварійність їхньої роботи, регулюватиме рух, зможе прокласти спеціальні повітряні маршрути, спростити використання БПЛА, стандартизувати їх, гармонійно інтегрувати БПЛА в структуру міста, поставити їх на службу загальному благу. Розглянемо більш детально проблеми, з якими ми вже потихеньку стикаємося, застосовуючи БПЛА. Зрозуміло, що дрон, оснащений хорошою камерою та засобами передачі зображень, який ширяє перед вікном чиєсь спальні, є недопустимим і незаконним. Безпілотний кур'єр, який несе важкий пакет, точно не повинен летіти над дитячим садком або над скупченням людей, адже в разі аварії її, наслідки можуть бути надто серйозними. З огляду на це, під час переходу до масового застосування БПЛА, вимагається обов'язкове регулювання їхнього руху, сертифікації, точної побудови маршрутів та сповіщення в реальному часі сервісів smart city. БПЛА, сертифіковані для використання в місті, мають бути здатними швидко передавати управління відповідному спеціалістові, або автоматизованій міській системі для вирішення різноманітних позаштатних ситуацій та допомоги міським службам.

БПЛА, які постійно ширяють туди-сюди, звісно, мусять одночасно виконувати щось корисне й для міста, що безпосередньо служило б загальному благу. Наприклад, пасивний або активний збір

даних для моніторингу, пошук людей, сміття, будь-чого, що потребує втручання, забезпечення зв'язку, пошук того, що важко знайти за допомогою звичайних стаціонарних камер. Дійсно, було б дивно не використати можливості літаючих камер, які знімають місто з нових ракурсів. Має бути чітко регламентоване використання каналів зв'язку для управління БПЛА, різноманітних протоколів, спеціального програмного забезпечення. Компоненти розумного міста мають працювати як злагоджений механізм і не заважати одна одній. Для вирішення описаних вимог автори дослідження пропонують створити мережу регіональних ситуаційних центрів (РСЦ), а власне наземних станцій покриття певної території, які здійснюють комплексний контроль руху БПЛА на ньому. Ці станції мають бути підпорядковані центральному ситуаційному органу (ЦСК), який буде центром ухвалення рішень і основним сховищем інформації.

Постановка задачі

Існуючі проблеми: необхідність сертифікації руху БПЛА з метою його регулювання та запобігання несанкціонованим діям. Внаслідок цього необхідно будувати повітряні траси з формалізацією їх призначення з урахуванням адаптивного управління динамікою руху; можливість автоматичного перемикавання дистанційного керування у разі виникнення аварійної ситуації: втрата сигналу від БПЛА на базі, передача даних самим БПЛА про його передаварійний стан, перехоплення БПЛА, протоколи оформлення перешкод/поломок, урахування погодних радіоперешкод; автоматизований збір даних у процесі моніторингу для навчання нейронних мереж і після отримання нових знань з метою подальшого прогнозування, пасивний збір інформації для конкретних цілей; вибір каналу зв'язку та протоколу передачі даних між тріадою «наземна станція зберігання інформації» + «борт БПЛА» + «особа, що ухвалює рішення».

Запропоноване рішення

Запропоновано основи принципів створення та наповнення технопарку безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Описано бізнес-процес реєстрації БПЛА в технопарку роботів ситуаційного центру. Застосування атрибутів (тегів) до БПЛА підвищить ефективність підбору відповідного пристрою з комплектацією, що відповідає поставленому завданню. Пропонується організувати регіональні ситуаційні центри, які координуватимуть роботу державних систем, систем життєзабезпечення міст, приватних служб з одного боку та БПЛА з іншого як виконавців. Наведено приклад автоматичного підбору БПЛА для оперативного вирішення поставленої задачі.

Постановка проблеми дослідження

Система має базуватися на класифікації БПЛА під час реєстрації та на основі функції відповідності БПЛА конкретному завданню, ключових характеристик БПЛА, часу, необхідного для виконання завдання, відстані до завдання та політики щодо залучення БПЛА до таких завдань, аби обрати ті пристрої, які можуть швидко виконувати завдання. Запропоновано функцію класифікації конкретного БПЛА за завданнями. Функція враховує конфігурацію БПЛА. Для кожного завдання експерти та автоматизація підбирають ваги, які вказують на те, наскільки великий вплив тих чи інших типових модулів на виконання конкретного завдання, і для кожного БПЛА в базі даних зберігається інформація про те, чи враховує БПЛА певну характеристику, чи є відповідний модуль. Для актуалізації підходу до професійного навчання сьогодні одним із головних є завдання створення інтерактивних макетних навчальних систем у реальному фізичному просторі. Описано склад базового лабораторного стенду, його комплектацію та систему керування мобільним модульним роботом, що сприяє оволодінню основними функціями БПЛА або мобільної роботи наземної бази.

Принципи реалізації регіональних ситуаційних центрів

На рис. 1 наведена багаторівнева схема архітектури побудови такої системи [1-6]. Є центральний ситуаційний центр, в якому розгорнуто ЦОД з усім необхідним функціоналом для обробки інформації в реальному часі та її збереження (SQL-сервери, файлові сервери, сервери зберігання даних, сервер синхронізації часу тощо).

Центральний ситуаційний центр (ЦСЦ) отримує всю інформацію про пересування БПЛА містом з обласних ситуаційних центрів, отримує всі запити на виконання БПЛА тих чи інших дій через Інтернет, тут обробляється ця інформація й ухвалюються рішення, і всі служби, необхідні для зв'язку розгортаються тут. Регіональні ситуаційні центри (РСЦ), розташовані в охоронюваному периметрі, одночасно безпосередньо здійснюють радіообмін з БПЛА в районі їх дії, керують своїм районом згідно з генеральним планом, продиктованим ЦСЦ, виконують усі необхідні розрахунки, зберігають тимчасову інформацію. і мають функціонал для повністю автономного керування трафіком і виконання запитів у разі припинення зв'язку з РСЦ. Тож БПЛА, пролітаючи через місто, постійно перебуває в зоні дії одного або кількох РСЦ, які контролюють його рух, і, завдяки роботі ЦСЦ, може керуватися за єдиним планомом. Розроблено схему взаємодії частин описуваної системи (сама система, БПЛА, різні зацікавлені сторони). Таким чином, держава, служби smart city, приватні особи та бізнес звертаються до РСЦ безпосередньо до ЦСЦ із будь-якими запитами та завданнями, а РСЦ дає відповіді, координує, контролює, керує та у разі необхідності обирає конкретного виконавця.

Вам потрібно сфотографувати точку на карті, дізнатися про поточний стан будівлі, мосту або щось пошукати? Нема проблем. БПЛА, пролітаючи повз, виконують роботу, не відхиляючись від маршруту. Вам необхідна термінова допомога міської служби? РСЦ візьме під контроль найближчі БПЛА та допоможе, а коли заряд закінчиться, він відпустить використані БПЛА та візьме під контроль нові, які мають заряд. Є проблеми з БПЛА? Автоматика РСЦ та відповідні спеціалісти бачать це в режимі реального часу та одразу включаються в роботу із усунення проблеми. Вам потрібно виконати якесь цивільне завдання? РСЦ вказує, які БПЛА приватних осіб, що наразі перебувають у готовності, можуть це виконувати. І саме пасивний обмін інформацією з БПЛА в режимі реального часу сам вирішує багато проблем, забезпечує законність використання БПЛА.

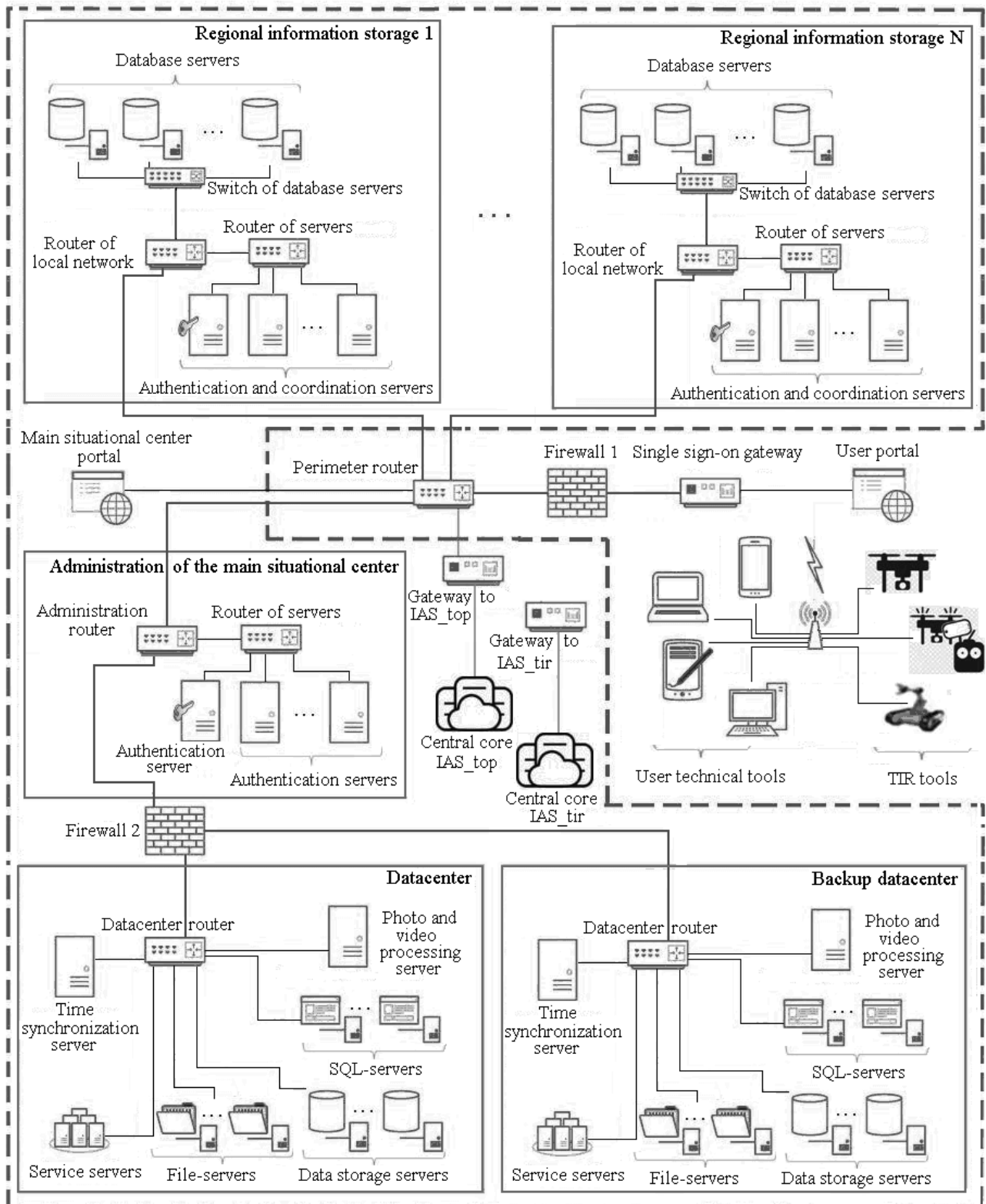


Рис. 1. Структура накопичувача інформації інтелектуальної системи контролю техно-екологічних подій.

Водночас система має базуватися на класифікації БПЛА, яка проводиться під час реєстрації, і на основі функції відповідності БПЛА конкретному завданню, ключових характеристик БПЛА, часу, необхідного для виконання завдання, відстані до місця його виконання та політики щодо залучення БПЛА до вирішення таких завдань, вибрати пристрої, які можуть швидко виконувати завдання. Після цього має здійснитися перехоплення контролю або передача вказівок на виконання нового завдання з подальшим поверненням до попереднього, якщо воно було.

Автоматизована процедура вибору конкретного БПЛА для виконання конкретного замовлення, конкретного завдання

У роботі запропоновано функцію класифікації (1) конкретного БПЛА за всіма завданнями певної предметної області, які є в базі даних, позначаються як k . Пропонується така функція вибору:

$$F(k, \alpha, \beta) = \sum_i^N \sum_j^{M_j} \alpha_i^k \cdot \beta_{ji}^k \cdot T_{ji} \xrightarrow{\text{max}} \text{var} \quad (1)$$

Функція враховує конфігурацію БПЛА. Таким чином, для виконання кожного завдання експертами та автоматикою підбираються вагові коефіцієнти, які вказують, наскільки великий вплив тих чи інших типових модулів на виконання конкретного завдання (α і β), і для кожного БПЛА в базі даних зберігається інформація про те, чи враховано певну характеристику, чи є відповідний модуль. Опис параметрів функції вибору наведено в табл. 1

Таблиця 1. Параметри функції вибору.

Параметр	Опис
α_i^k	ваговий коефіцієнт функціонального призначення i -го типу компонентів БПЛА для k -го завдання
β_{ji}^k	ваговий коефіцієнт функціонального призначення j -го екземпляра i -го типу компонентів БПЛА при, $j=1, \dots, M_j$, M_j – кількість j -х екземплярів i -го типу в обладнання
T_{ji}	(0 або 1) – ознака наявності i -го екземпляра j -го типу компонентів БПЛА (0 або 1) – ознака наявності i -го екземпляра j -го типу компоненти БПЛА
\aleph	набір конкуруючих зразків екземпляра i -го типу компонентів для k -го завдання

Водночас для первинної експертної оцінки БПЛА здійснюється експертиза конфігурації із внесенням у разі необхідності нових модулів до бази даних. Використовуючи цей підхід, здатність певних БПЛА виконувати поточне унікальне завдання може бути розрахована динамічно з урахуванням тегування критичних характеристик, таких як, наприклад, здатність або нездатність БПЛА зависати. Описано процес реєстрації БПЛА в ЦСК способом, близьким до маркування.

ЦСЦ аналізує характеристики БПЛА і на їх основі визначає коефіцієнти α і β для конкретного завдання, розраховує функцію вибору, а її результат фіксує в базі даних, а також у паспорті БПЛА, який видається користувачеві.

Необхідною умовою експлуатації придбаного нового БПЛА в зоні, контрольованої РСЦ, має бути його класифікація, реєстрація та можливе встановлення програмного (ПЗ) чи спеціальних програмних модулів, що забезпечують інтеграцію БПЛА до РСЦ. А власник БПЛА отримує на нього паспорт, може вказати свої побажання щодо використання свого майна в структурі розумного міста, всі ж необхідні дані про них заносяться до бази.

В результаті власник БПЛА отримає:

- паспорт приладу;
- державну підтримку;
- карти польотів в реальному часі та все необхідне програмне забезпечення для відстеження роботи вашого БПЛА;
- загальні правила руху БПЛА з урахуванням виконання законодавства та вимог розумного міста, держави в цілому;
- правила участі в процесах, що відбуваються в межах розумного міста.

Лабораторний стенд

Опановано нові інформаційні технології та елементи робототехнічних систем у Київському національному університеті імені Т.Г. Шевченка та в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; на деяких кафедрах запроваджено цикл дисциплін, присвячених сучасній інтелектуальній робототехніці. А саме розробка програмних та програмно-технічних комплексів з

використанням моделей наземного, повітряного та підводного базування. Сьогодні завдання створення інтерактивних макетних навчальних систем у реальному фізичному просторі є одним із головних в оновленні підходу до професійної підготовки.

Визначено мету командних спортивних змагань БПЛА: вдосконалення інженерних технологій БПЛА та їхнього застосування в ігровому форматі командних спортивних змагань. Стратегічна мета: розвиток позашкільної STEM-робототехніки (UAV) в Україні в умовах воєнного стану. Практичне завдання: будівництво модульної інфраструктури центрального тренувального полігону для міжнародних змагань з БПЛА.

Висновки

У статті запропоновано основи принципів створення та наповнення технопарку БПЛА. Описано бізнес-процес реєстрації БПЛА в робототехнічному парку регіонального ситуаційного центру з метою відстеження їх руху. Розроблено класифікацію БПЛА для подальшого тегування в системі, що дозволить підвищити ефективність пошуку необхідного для поставленої задачі пристрою, який генерується зовнішньою системою. Запропонований метод дозволяє аналізувати характеристики БПЛА та підбирати БПЛА для вирішення поставлених завдань з урахуванням потреб замовника та умов експлуатації БПЛА. Тож у даному дослідженні: 1) отримала подальший розвиток концепція інтелектуальної системи контролю техноекологічних подій у сфері застосування БПЛА для моніторингу техноекологічних подій; 2) в межах проведеної роботи запропоновано методіку організації регіональних ситуаційних центрів системи управління техноекологічними подіями з використанням БПЛА; 3) розроблено та формалізовано автоматизовану процедуру отримання базового комплексу компонентів БПЛА для конкретного замовлення та ситуації (техноекологічної події); 4) на основі нейромережевого підходу проведено апробацію процедури інтелектуалізації обробки даних для оптимальної конфігурації БПЛА для конкретного завдання в Західночеському університеті в Пльзені, Київському національному університеті імені Т.Г. Шевченка та в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Розроблено основні вимоги до площі лабораторного стенду. Створенню таких навчальних комплексів передують розробка моделей і методів вирішення завдань 4D зйомки місцевості мобільним роботом і синтезу інформації, які максимально наближають навчальні комплекси до реальних установок, забезпечують уніфікацію різномірної аудіовізуальної інформації та дозволяють користувачам системи набутти правильних і стабільних навичок. Розроблено статут спортивної федерації безпілотної авіації спортивно-інженерного спрямування. Відповідні пропозиції внесені до проекту Постанови Верховної Ради України про стан готовності системи освіти до протидії та подолання реальних і потенційних загроз національній безпеці та національним інтересам України в умовах зовнішніх і внутрішніх викликів.

Література

1. Pisarenko J., Melkumyan E. Структура інформаційної мережі «CONTROL_TEA» для UAV Applications // 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD-2019 Proceedings, 2019, 2019
2. Pysarenko V., Gulchak O., Pisarenko J. Technology for Improve the Safety of Ships from Methane Emissions Using UAVs // 2020 IEEE 6th наукової конференції International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control, MSNMC-, 2020, 93-96.
3. Melkumian K., Pisarenko J., Коваль А. Організація регіональних виробничих центрів Intelligent System «CONTROL_TEA» використовуючи UAVs // 2021 IEEE 6th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development, APUAVD-2021 Proceedings, P. 37-40.
4. В. Г. Писаренко, С. В. Корнеєв, Ю. В. Писаренко. Методи та засоби дослідження техно-екологічних подій // Тези 17-ої Міжнародної Кравчука (19 – 20 травня 2016 р., Київ, НТУУ «КПІ»). Том 1. Диференціальні та інтегральні рівняння, їх застосування. К.: НУТУ «КПІ». Том 1. 2016. С.226-229.
5. Писаренко, Ю. В. (2006) Віртуальне проектування інтелектуалізованих роботів для розвідки та нейтралізації небезпечних екологічних подій. Автореферат дис. канд. техн. наук: 05.13.06. НАН України, Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова. Київ.
6. Писаренко, В.Г., Писаренко, Ю.В., Остапенко, В.О., Чумаков, В.Г., Коваль, О.С. (2019) Про засоби 3D-навчання «УПРАВЛІННЯ_ТЕП». Комп'ютерна математика. 1. 49-55. [Online]. Available: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/161932/06-Pisarenko.pdf?sequence=1>.

References

1. Pisarenko J., Melkumyan E. The Structure of the Information Storage «CONTROL_TEA» for UAV Applications // 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD-2019 Proceedings. – 2019. – P. 274 - 277.
2. Pysarenko V., Gulchak O., Pisarenko J. Technology for Improve the Safety of Ships from Methane Emissions Using UAVs // 2020 IEEE 6th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control, MSNMC-2020 Proceedings. – 2020. – P. 93 - 96.
3. Melkumian K., Pisarenko J., Koval A. Organization of Regional Situational Centers of the Intelligent System «CONTROL_TEA» using UAVs // 2021 IEEE 6th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development, APUAVD-2021 Proceedings. – 2021. – P. 37 - 40.
4. V. G. Pisarenko, S. V. Korneev, Yu. V. Pisarenko. Methods and methods for investigating techno-ecological approaches // Abstracts of the 17th International Scientific Conference named after Academician Mikhail Kravchuk (May 19-20, 2016, Kiev, NTUU “KPI”). – K.: NTUU “KPI”. – Volume 1. – 2016. – P. 226 – 229.
5. Pisarenko, J. V. (2006) Virtual design of intelligent robots for reconnaissance and neutralization of dangerous environmental incidents. Abstract of the thesis. Ph.D. technical Sciences: 05.13.06. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Cybernetics named after V. M. Hlushkova. Kyiv.
6. Pisarenko, V.G., Pisarenko, Yu.V., Ostapenko, V.O., Chumakov, V.G., Koval, O.S. (2019) About 3D learning tools “CONTROL_TEE”. Computer mathematics. 1. 49-55.

Про авторів:

Писаренко Юлія Валеріївна¹,

Кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
лабораторії систем віртуального оточення для організації наукових досліджень
Кількість публікацій в українських виданнях: 110.
Кількість зарубіжних публікацій: 10.
Індекс Хірша: 4.
<http://orcid.org/0000-0001-8357-8614>

Мелкумян Катерина Юріївна²

Доцент (кафедра технічної кібернетики,
кафедра інформаційних систем та технологій)
Кількість публікацій в українських виданнях: 36.
Кількість зарубіжних публікацій: 3.
Індекс Хірша: 2
<https://orcid.org/0000-0002-0666-5009>

Коваль Олександр Сергійович^{1,2},

Асистент (кафедра технічної кібернетики,
кафедра інформаційних систем та технологій),
молодший науковий співробітник відділу
математичних проблем прикладної інформатики.
Кількість публікацій в українських виданнях: 20.
Кількість зарубіжних публікацій: 4.
Індекс Хірша: 2.
<https://orcid.org/0000-0002-9265-2748>

Місце роботи авторів:

¹*Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України,*
03187, місто Київ, проспект академіка Глушкова, 40,
факс: +38(044)526-41-78,
телефон: +38(044)526-20-08,
e-mail: incyb@incyb.kiev.ua

²*Національний технічний університет України*
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
03056, місто Київ, проспект Перемоги, 37,
факс: +38(044)204-97-88,
телефон: +38(044)204-94-94,
e-mail: mail@kpi.ua

Прізвища та ініціали авторів і назва доповіді українською мовою:

Писаренко Ю.В., Мелкумян Є.Ю., Коваль О.С.
«Можливе застосування регіональних ситуаційних центрів інтелектуальної системи
«УПРАВЛІННЯ_ТЕП» з використанням БПЛА».

Прізвища та ініціали авторів і назва доповіді англійською мовою:

Pisarenko J.V., Melkumyan E.Yu., Koval A. S.
«Probable use of regional situational centers of the intellectual system «Control_TEE» using UAVs»

Контакти для редактора: Писаренко Юлія Валеріївна, старший науковий
співробітник Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України,
e-mail: pisarenkojv@gmail.com, телефон: +38(067)596-08-57