

16. Patent Ukrainy № 118044 na vynakhid za zaiavkoiu na vynakhid a201604086 vid 14.04.2016 / Sposib vymiriuvannia kontsentratsii rehovyny. MPK G01N 29/00. Pohrebennyk V.D., Podolchak I.I. 12.11.2018. Biul. № 21. (in Ukrainian)

UDC 628.4: 504

**METHODS OF CONSTRUCTION OF THE COMPUTER SYSTEM
MONITORING OF HOUSEHOLD WASTE**

V. D. Pohrebennyk, I.I. Koval

*National University "Lviv Polytechnic",
130, Hen. Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine
vpohreb@gmail.com*

The methods of construction of a computer system monitoring of household waste based on environmental monitoring of the water environment, atmospheric air, soils, filtrate and hazardous waste have been developed. The main stages of waste monitoring and the minimum frequency of measurements of surface and groundwater and landfill gas parameters have been determined. A new method for measuring the concentration of a substance has been suggested, which is to measure the time parameters of pulsed ultrasonic signals in controlled and n-reference substances, which is characterized by high accuracy.

Keywords: *computer system, monitoring, statistical processing of information, household waste.*

*Стаття надійшла до редакції 22.02.2018
Received 22.02.2018*

УДК 65.011.56.001.12

ВИЯВЛЕННЯ ДРОНІВ НА ВИЗНАЧЕНІЙ ТЕРИТОРІЇ

І.В. Бережний, А.Й. Наконечний

*Національний університет «Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери 12, Львів, 79013, Україна*

У статті розглядаються і аналізуються різні сучасні методи виявлення дронів, які базуються на різних фізичних принципах перетворення і оброблення сигналів. Пропонується система ідентифікації дронів, в основу роботи якої покладений аналіз сигналів вібрації і коливань корпусу. Робота системи базується на обробці сигналів у часо-частотній, вейвлет області. Після ідентифікації дрона наводиться метод створення завад та перехоплення, для подальшого його знешкодження.

Ключові слова: виявлення квадрокоптера, знешкодження квадрокоптера, вібрація тіла дрона, ідентифікація дрона.

Постановка проблеми. Сьогодні існують різні підходи для знешкодження безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Таким чином, для виявлення і знешкодження дронів можна класифікувати декілька напрямків. Перший базується на оцінці вібрації і коливанні корпусу. Другий на створенні завад та розкодуванні управляючих сигналів, інший на використанні чергових дронів, які можуть знаходитись у повітрі і знищувати інші БПЛА. Звукові підходи можуть бути зашумлені іншими звуками в шумних середовищах, мають обмежений діапазон і не можуть виявити дрони, які використовують методи шумоподавлення. Виявлення БПЛА, які пов'язані з використанням відеокамер, вимагають якісного освітлення, потребують високої якості та підтримки ультрависокої роздільної здатності для виявлення дронів на великій відстані. Термальні і ІЧ-камери для зйомки на великі відстані є надмірно дорогими і мають обмежене охоплення, що приводить до труднощів з їх встановленням. Радіочастотні методи, базуються на використанні активної радіолокації, вводять постійні радіочастотні перешкоди, що можуть перешкоджати роботі інших обладнань. Геофетчинг корисний для запобігання проходу безпілотних літальних апаратів у фіксовані райони, відомі як заборонені, однак це вимагає від виробників встановлення необхідного програмного забезпечення. Використовуються також інші дрони, щоб вистежити несанкціоновані безпілотні літальні апарати і навіть навчаються орли, які повинні атакувати і виводити з ладу безпілотні літальні апарати. Однак ці стратегії зазвичай припускають, що присутність дрона вже виявлено. Дана робота спрямована на розробку систем виявлення безпілотних літальних апаратів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогоднішній день виявлення безпілотних літальних апаратів виконується, з використанням або мікрофону, або камери, або радару. Кожен підхід має свої обмеження. Звукові під-

ходи можуть бути зашумлені іншими звуками в шумних середовищах, також мають обмежений діапазон і не можуть виявити дрони, які використовують методи шумоподавлення [1]. Підходи, засновані на використанні камер, вимагають хороших умов освітлення, також існує необхідність камер високої якості з ультрависоким дозволом для виявлення дронів на великій відстані. Термальні і ІЧ-камери для зйомки на великі відстані є надмірно дорогими і мають обмежений направлений простір. Радіочастотні методи локації, базуються на активній радіолокації, вводять радіочастотні перешкоди, що може перешкоджати роботі обладнання. Геофетчинг корисний для запобігання проходу безпілотних літальних апаратів в фіксовані райони, відомі апріорі як чутливі [4], однак вимагає від виробників встановлення специфічного програмного забезпечення. Основна складність виявлення таких апаратів полягає в тому, що вони можуть діяти локально, на невеликих висотах і є недосяжними для виявлення радіолокаційними станціями. Таким чином, для пеленгування дронів повинні використовуватися інші принципи виявлення.

Мета дослідження – розроблення системи ідентифікації дронів у контрольованому просторі на базі використання сучасних технологій та методів обробки сигналів, в основу роботи яких покладений аналіз сигналів вібрації і коливань корпусу. Робота системи базується на обробці сигналів у часо-частотній, вейвлет області, що дозволяє підвищити інформативність сигналів та одночасне їх фільтрування тобто зменшення впливу різного типу зовнішніх шумів та завад.

Виклад основного матеріалу дослідження. У найбільш наближеній до розгляду відомій системі [3] досліджується аеродинаміка і механізми управління рухом БПЛА, які базуються на забезпеченні ідентифікації двох основних типів руху корпусу безпілота: зміщенні корпусу та його вібрації.

Розглядувана система включає ряд різних одночасно працюючих алгоритмів для виявлення присутності дрона як від вібрації корпусу, так і від його зміщення. При цьому використовуються недорогі програмно-орієнтовані радіостанції (SDR) для підслуховування каналів Wi-Fi, які застосовуються для зв'язку з контролером. Крім того в системі передбачається відокремлення виявлення сигналів дронів від інших мобільних бездротових пристроїв на відстані до сотень метрів та пеленгування безпілотних літальних апаратів, які здійснюють зв'язок на інших частотах, з метою одночасного виявлення декількох дронів. Показано, що безпілота вібрує на частоті роботи пропелера, а зміщення корпусу викликають корельовані зміни в радіочастотному сигналі. Модель такої системи враховує впливи обох типів руху корпусу дрона на радіочастотний сигнал. Для цього пропонуються алгоритми виявлення дронів, які використовують як частотне представлення для виявлення вібрації корпусу в радіочастотному сигналі, так і часо-частотне для виявлення зміщень. З огляду на це для оцінки вібрації корпусу безпілота використовується перетворення Фур'є, а для оцінки його зміщення – вейвлет перетворення, яке, як відзначається, зберігає локальну інформацію як в часовій, так і в частотній

областях. Коли безпілотник знаходиться у повітрі то вібрація корпусу дрона відбувається безперервно в певному діапазоні частот. З іншого боку сигнали отримані від дронів можуть мати як різні величини, так і різні частоти. БПЛА створюють різні типи зсуву корпусу залежно від механізмів їх управління, а також фізичних характеристик (ваги, конструкції і т. д), однак стверджується, що форма сигналу зміщення корпусу дрона змінюється незначно, що дозволяє ефективно використовувати вейвлет перетворення. Отримані коефіцієнти вейвлет перетворення дають частинну інформацію про місце розташування і тривалість кожної події зсуву корпусу дрона. Наведений в роботі [3] алгоритм для визначення наявності дрона, початково передбачає збирання даних з декількох джерел, які відносяться до оцінки зміщення корпусу дрона і його вібрації, а потім ці джерела доказів об'єднуються з утворенням бінарного класифікатора. Структура, яка реалізує даний алгоритм наведена на рис. 1.

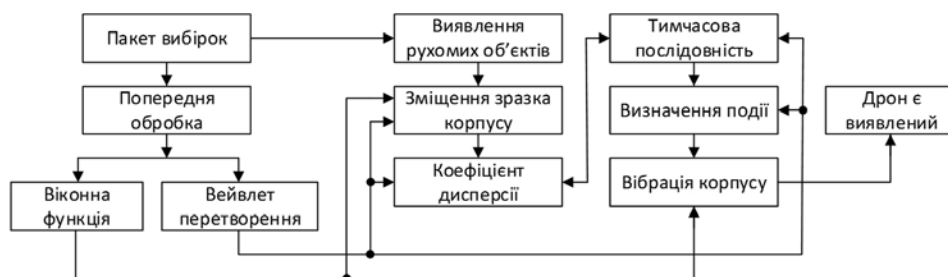


Рис.1. Узагальнена структура реалізації алгоритму

В кожному часовому вікні даної структури збираються різні форми даних. Рішення про наявність дронів приймаються на основі отриманих підтверджень, представлених у кожному вікні. В подальшому дані підтвердження сортуються на основі їх унікальності і представляються як підпис виявлення безпілотних літальних апаратів. Усі підтвердження лінійно об'єднані для остаточного виявлення дрона. Таким чином, в наведеній структурі робиться висновок про присутність безпілотника лише тоді, коли підтверджені усі форми доказів.

В наведеному способі виявлення дронів є суттєвий недолік, який полягає в тому, що для оцінки вібрації корпусу безпілотника пропонується використання перетворення Фур'є. Зрозуміло, що сигнал вібрації є періодичним і містить вищі гармонічні складові, крім того він може мати зміщення, величина якого залежить від віддалі місця розташування. Таким чином, для перетворення і обробки такого сигналу в даній роботі пропонується також використання вейвлет перетворення. При цьому остаточне твердження про наявність дрона запропоновано констатувати на основі оцінки взаємного вейвлет перетворення.

Запропонована ідентифікація та знешкодження дронів. У запропонованій роботі розглядається підхід для виявлення присутності дрона шляхом ідентифікації та аналізу сигналів від двох основних типів руху корпусу безпі-

лотника, а саме зміщення і вібрації корпусу викликаного обертанням гвинтів. Після ідентифікування БПЛА в повітряному просторі вживаються заходи для його знешкодження. Для цього може використовуватися один з двох наступних методів. Перший базується на створенні завад на частотах які використовують дрони. Таким чином БПЛА втрачає контакт з керуючим пристроєм та не може здійснювати будь яких дій. Проте, такий метод може вивести з ладу прилади які попадають в радіус дії такої системи. Другий підхід базується на перехопленні БПЛА через вплив на керуючий сигнал, який надсилається самим контролером. При дослідженні обміну інформації дрона з його контролером, була виявлена вразливість протоколів передачі даних між програмним забезпеченням та дроном. Використаний WEP (Wired Equivalent Privacy) інтерфейс забезпечує обмін пакетів для БПЛА [5]. WEP інтерфейс практично не має захисту, отже може бути атакований з зовні. Після перехоплення пакетів, хВее процесор обробляє їх та розшифровує, а потім підміняє дані, які відповідають за керуючий пристрій та надсилає ці модифіковані пакети дрону, який в свою чергу переключається на управління до заданого керуючого пристрою. В цьому випадку система здійснює керування дрона незалежно від його початкового контролера, оскільки тепер всі пакети будуть потрапляти спершу на хВее процесор, а потім на сам дрон, що дозволить вивести БПЛА з ладу, або знешкодити його.

Обчислення широкосмугової взаємної вейвлет функції. Необхідно відзначити, що середовища, з яких надходять сигнали дронів, передбачають певну нестационарність. Використання кореляційної або когерентної обробки таких сигналів протягом інтервалів спостереження суттєво покращує коефіцієнт передачі всієї системи обробки сигналів. Проте тривалі інтервали спостереження, з іншого боку, приводять також до нестационарності або часозмінного спектра в сигналах, що спостерігаються. Застосування вейвлет теорії для аналізу сигналів для вищезгаданих областей в багатьох випадках є дуже ефективним. Відзначимо, що вейвлет теорія може поширюватися не лише на представлення областей перетворення сигналів, а й на функції їх обробки. З огляду на це подання обох сигналів у вейвлет області дозволяє суттєво збільшити інформацію про аналізовані сигнали, а обчислення їх взаємних залежностей дає додаткову інформацію, яка є корисною при виявленні дронів у просторі. Таким чином, обчислення широкосмугової взаємної вейвлет функції двох змінних (ШВВФ) є корисним і доцільним. При цьому ШВВФ (2) можна розглядати як одну із форм подання функцій двох змінних (1), яка представляє кореляцію між одним сигналом і масштабованою та зміщеною версією іншого сигналу. Представлення двох сигналів в вейвлет області відносно базової вейвлет функції g створює дві групи коефіцієнтів вейвлет перетворення $W_g r_i(a, b)$, які представляють вхідні сигнали $r_i(t)$ для $i = 1, 2$.

$$(W_g r_i)(a, b) = \langle r_i, g_{a,b} \rangle = |a|^{-1/2} \int r_i(t) g^*((t-b)/a) dt. \quad (1)$$

Таким чином, тепер обидва прийнятих сигнали зображені у вейвлет області. Обчислення виконується наступним чином:

$$\begin{aligned} ШВВФ &= \langle r_1(t), r_2(t) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{da}{a^2} \int_{-\infty}^{\infty} \langle r_1, g_{a,b} \rangle \langle g_{a,b}, r_2 \rangle db = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{da}{a^2} \int_{-\infty}^{\infty} [W_g r_1(a, b)] [W_g r_2(a, b)]^* db. \end{aligned} \quad (2)$$

Якщо обидва сигнали однакові, то їх малохвильові перетворення будуть суміщені. У даному випадку отримана оцінка ШВВФ знаходиться у початковому плані масштаб - зміщення.

Якщо узагальнено трактувати ШВВФ (замість її оцінки лише в одній точці $S = 1, \tau = 0$, де параметр “ s ” є часовим масштабом, а параметр “ t ” є часовим зміщенням) у малохвильовій області, то необхідно для розширення трактування розглядати $r_2(t)$ як функцією S і τ . З огляду на це отримаємо заміну представлення ШВВФ (3) через функції малохвильових перетворень двох отриманих сигналів:

$$ШВВФ(S, \tau) = W_{r_2} r_1\left(\frac{1}{S}, \frac{\tau}{S}\right) = \frac{1}{c_g} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{da}{a^2} \int_{-\infty}^{\infty} [W_g r_1(a, b)] [W_g r_2(Sa, Sb - \tau)]^* db. \quad (3)$$

Таким чином, ШВВФ двох невідомих сигналів може бути обчислена в області малохвильових перетворень. Якщо r_2 задовольняє вимоги, встановлені для базових функцій, то ШВВФ представлятиме малохвильове перетворення відносно нової базової малохвильової функції r_2 і одночасно виражатиметься як дія деякого інтегрального оператора на два сигнали малохвильових перетворень.

Структурна схема формування ШВВФ, яка наведена на рис.2, повністю відображає її відтворення у малохвильовій області. В наведеній структурі обидва сигнали, які подані в часовій області $r_1(t)$ і $r_2(t)$, зазнають малохвильового перетворення відносно вищезгаданої базової малохвильової функції $g(t)$. Далі здійснюється масштабування S і зміщення τ одного з перетворень, яке розглядається як базове (аналогічно масштабуванню і зміщенню базової функції при звичайному малохвильовому перетворенні) в малохвильовій області. Завершуються перетворення перемноженнями і підсумовуваннями в двовимірному просторі.

Отже, часові і просторові виміри невіддільні в даній структурі і при цьому будується багатовимірне просторово-часове малохвильове перетворення, яке може характеризувати як короткотривалі (перехідні) нестационарності сигналу (дві функції в (a, b) плані), так і просторову структуру (ШВВФ в $(S$ і $\tau)$ плані). Ключовим для нового багатовимірного малохвильового перетворення в рівнянні (3) є те, що воно представляє дві двовимірні функції в одну двовимірну функцію так, що розмірність при цьому не збільшується.

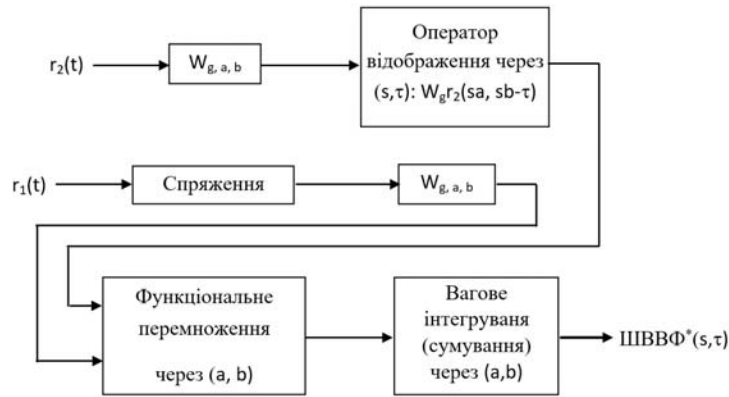


Рис. 2. Формування ШВВФ у вейвлет області

Розроблена структура на основі сформульованого малохвильового простору ШВВФ може мати широке застосування. При цьому два малохвильові перетворення разом (взаємно) обробляються для формування нової функції двох змінних або малохвильового перетворення. Коли згадані два малохвильові перетворення виконуються відносно тієї самої базової малохвильової функції, тоді взаємне малохвильове перетворення вказує рівень спорідненості між двома оригінальними малохвильовими перетвореннями або сигналами. Спорідненість може існувати з різних причин і кожне застосування може приводити до різних пояснень цієї спільності. Прикладом спорідненості між двома малохвильовими перетвореннями або сигналами є випадок, при якому два приймачі спостерігають спільне джерело сигналу. Величина взаємного малохвильового перетворення матиме пік, який буде вказувати на цю спорідненість. Можуть спостерігатися багатократні спорідненості сигналів, які будуть формувати піки при взаємному малохвильовому перетворенні (рис. 3).

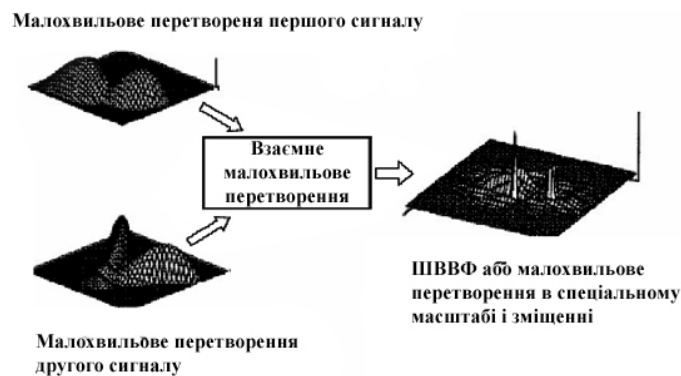


Рис.3. Взаємне вейвлет перетворення

Таким чином, розглянуте представлення ШВВФ в малохвильовій області, порівняно з традиційним зображенням ШВВФ в часовій області, отримує ряд позитивних властивостей:

- коли два малохвильові перетворення, що обробляються, взяті відносно однієї базової малохвильової функції, то взаємне малохвильове перетворення визначає ступінь кореляції між двома оригінальними малохвильовими перетвореннями або сигналами, або ж локалізує джерела цих кореляцій;
- взаємне малохвильове перетворення відображає два прийняті сигнали в просторове малохвильове перетворення або ШВВФ, при цьому перші два перетворення здійснюються в масштабованому і зміщеному просторі відносно параметра часу; масштаб і зміщення такого взаємного малохвильового перетворення представляють просторові параметри (кут і діапазон або діапазон і швидкість); важливою особливістю є те, що просторові характеристики ШВВФ дають можливість оцінювати нестационарні перехідні (швидкоплинні) сигнали;
- в представленій таким чином ШВВФ суттєво покращуються роздільна здатність і коефіцієнт передачі в просторовій області малохвильового перетворення з одночасним забезпеченням ефективної реалізації структури такого формування; взаємне малохвильове перетворення забезпечує часомасштабне представлення як проміжне, яке може бути дуже корисним для обробки деяких змішаних даних або алгоритмів обробки в нейронних мережах [6].
- нове формування ШВВФ інтерпретується як взаємний малохвильовий спектр.

Результати досліджень. В даній статті представлена система виявлення присутності дронів, яка базується на ідентифікації та оцінці взаємного малохвильового спектра, що визначається на основі отриманих інформацій про вібрацію корпусу дрона і його коливання, які передаються від безпілотного літального апарата. Враховуючи, що чутливість виявлення БПЛА сягає сотень метрів, розроблена можливість забезпечити фільтрування отриманих сигналів від впливу різного типу завад та шумів.

В роботі проводились дослідження модельованих сигналів у середовищі Matlab R2016a. На виході антенного приймача знімалися сигнали, рівень яких відповідав знаходженню дрона в навколишньому середовищі на відстанях від 50 до 250 метрів. Інформативними сигналами, які виявлялися та досліджувалися, були сигнали вібрації корпусу дрона та сигнали його коливання. В результаті досліджень виконувався пошук та оцінка максимального піку значень взаємного малохвильового перетворення, який знаходився в діапазоні від 0 до 10 Гц для коливання корпусу та від 30 до 50 Гц для вібрації дрона і підтверджував наявність в повітряному просторі безпілотного літального апарату. Необхідно відзначити, що виявлення безпілотника досягалось у 97% навіть при рівні завад у вхідних сигналах до 30%. Однією

з особливостей пеленгування дрона є обмеження часу його виявлення. З огляду на це на вимірювання та оброблення сигналів виділялося не більше 5 секунд.

Висновки. В даній статті представлена система виявлення присутності дронів, яка базується на ідентифікації та оцінці взаємного малохвильового спектра, що визначається на основі отриманих інформацій про вібрацію корпусу дрона і його коливання, які передаються від безпілотного літального апарата. Враховуючи, що чутливість виявлення БПЛА сягає сотень метрів, розроблена можливість забезпечити фільтрування отриманих сигналів від впливу різного типу завад та шумів.

Використання малохвильової області для перетворення вхідних сигналів забезпечує високу ефективність фільтрування та ідентифікації сигналів, суттєво покращує роздільну здатність і коефіцієнт передачі в просторовій області малохвильового перетворення. Пасивний приймач для обробки прийнятих сигналів від рухомого джерела відрізняється відносно невисокою вартістю, швидкістю обробки сигналів та високою завадостійкістю. Остання характеристика дозволяє досягати високої точності виділення аналізованих сигналів, яка дещо зменшується зі збільшенням віддалі до безпілотника.

Подальша робота в цьому напрямку буде направлена на дослідження перехоплених пакетів даних, їх розшифрування і обробку та підмін. Іншим напрямком досліджень розглядається можливість одночасного виявлення кількох дронів в одному і тому ж повітряному просторі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наконечний А.Й. Цифрова обробка сигналів: навч. посібник / А.Й. Наконечний, Р.А. Наконечний, В.А. Павлиш – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 368с.
2. R. Abileah, P. A. Fox, and J. W. Maresca Jr. Detection of low observable objects in clutter using non-coherent radars, Feb. 23 2018. US Patent 9,268,008.
3. DroNet '16 Proceedings of the 2nd Workshop on Micro Aerial Vehicle Networks, Systems, and Applications for Civilian Use, Singapore, 2016.
4. Berger et al. Signal processing for passive radar using of dm waveforms. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, pages 226–238, 2010.
5. Buonanno et al. Wifi-based passive bistatic radar by using moving target indicator and least square adaptive filtering. In IEEE International Symposium on Phased Array Systems & Technology, pages 74–179, 2013.
6. F. Colone et al. A multistage processing algorithm for disturbance removal and target detection in passive bistatic radar. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, pages 698–722, 2009.

REFERENCES

1. Nakonechnyi A.I. (2010). Tsyfrova obrobka syhnaliv: navch. posibnyk / Nakonechnyi A.I. Nakonechnyi R.A., Pavlysh V.A. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky– 368s. (inUkrainian)
2. R. Abileah, P. A. Fox, and J. W. Maresca Jr. (2018). Detection of low observable objects in clutter using non-coherent radars, Feb. 23. US Patent 9,268,008. (in English)
3. DroNet '16 Proceedings of the 2nd Workshop on Micro Aerial Vehicle Networks, Systems, and Applications for Civilian Use, Singapore, 2016. (in English)
4. Berger et al. (2010). Signal processing for passive radar using of dm waveforms. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, pages 226–238. (in English)
5. Buonanno et al. (2013). Wifi-based passive bistatic radar by using moving target indicator and least square adaptive filtering. In IEEE International Symposium on Phased Array Systems & Technology, pages 74–179. (in English)
6. F. Colone et al. (2009). A multistage processing algorithm for disturbance removal and target detection in passive bistatic radar. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, pages 698–722. (in English)

UDC 65.011.56.001.12**IDENTIFICATION OF DRONES IN A DEFINED TERRITORY**

A. Nakonechnyy, I. Berezhnyi

*National University “Lviv Polytechnic”
12, S.Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine*

Different modern methods of detecting drones, which are based on various physical principles of signal transformation and processing, have been examined and analyzed. The system of identification of drones has been suggested, the basis of which is the analysis of signals of vibration and oscillations of the body. The work of the system is based on the processing of signals in time-frequency, wavelet area. After the identification of the drone, a method of creating the interference and its interception, to further eliminate it, has been presented.

Keywords: *detection of quadcopter, neutralization of quadcopter, vibration of the body of the drone, identification of the drone.*

Стаття надійшла до редакції 22.02.2018

Received 22.02.2018

UDC 628.4: 504

**METHODS OF CONSTRUCTION OF THE COMPUTER SYSTEM
MONITORING OF HOUSEHOLD WASTE**

V. D. Pohrebennyk, I.I. Koval

*National University "Lviv Polytechnic",
130, Hen. Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine
vpohreb@gmail.com*

Research Methodology. The principles of complexity, reliability and scientific objectivity have been the methodological basis of the study, having already grounded on the priority of sustainable development. To identify the degree of the topic elaboration there have been included some general scientific methods – comparison, analysis, synthesis, which have made it possible to isolate the most significant in the selected editions and series created of computer systems for monitoring household waste, and ensured the integrity of the problem considered.

Results. In the research, the methods of constructing computerized monitoring systems for household waste have been isolated and analyzed, and it has been emphasized on its distinction from environmental monitoring. The indicator of the level of ecological safety of the region, the structure of household waste monitoring and a new method for determining the concentration of a substance have been suggested.

Novelty. The scientific novelty of the obtained results is that the methods of constructing monitoring systems that extend and enrich the presentation of waste monitoring have been suggested; the essential components of its concept of sustainable development have been explored and elucidated. The novelty of the method for determining the concentration of a substance has been confirmed by the patent of Ukraine for the invention.

Practical Significance. Waste monitoring systems are part of an integrated waste management system, which has a remarkable scientific and practical value for reducing the environmental impact of waste, improving the population and reducing the annual waste of recycled raw materials. Factual findings of the article can be used in the introductory courses on the environmental technologies.

UDC 65.011.56.001.12

IDENTIFICATION OF DRONES IN A DEFINED TERRITORY

Nakonechnyy A., Berezhnyi I.

*National University "Lviv Polytechnic" 12, S.Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
andrnakon@gmail.com*

Research Methodology. The research methodology is to obtain an approach to detect the presence of a drone by identifying and analyzing signals from the two

main types of motion of the UAV body, namely the hull displacement and the hull vibration caused by the rotation of the screws and subsequent processing of these signals and filtering noise. After the UAV is identified in the airspace, measures are taken to neutralize it, using the method of intercepting control or creating noise at the control frequencies.

Results. The suggested system for detecting the presence of drones, based on the identification and assessment of the mutual wavelet spectrum, has been determined on the basis of the information received about the vibration of the drone hull and its vibrations, which are transmitted from the unmanned aerial vehicle.

Novelty. The use of a small-field region for the conversion of input signals provides high efficiency of filtering and identification of signals, significantly improves the resolution and transmission coefficient in the spatial region of the small-field conversion.

Practical Significance. This development significantly reduces the price of the drone identification system. Also, the system has the ability to effectively identify a large number of drones at the same time.

UDC 517.11

ORDERING BY BINARY-POSITIONAL LOGICAL OPERATIONS

V.K. Ovsyak¹, O.V. Ovsyak², J.V. Petruszka³, M.A. Kozelko¹

¹ *Ukrainian Academy of Printing*

19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine ovsyak@rambler.ru

² *Kyiv National University of Culture and Arts*

36, Shchorsa St., Kyiv, 01133, Ukraine ovsjak@ukr.net

³ *Ivan Franko National University of Lviv,*

1, Universytetska St., Lviv, 79000, Ukraine
julja-petrushka@rambler.ru

Research Methodology. The methodology of mathematical logic and the theory of sets have been used in the research.

Results. The most significant theoretical result is the creation of a new methodology, which is based on the introduction of positions in the binary Cartesian product of sets. The operations of mathematical logic and algebraic methods of description of algorithms based on mathematical logic do not take into account the positions. New operations of α -, β -, $\alpha\beta$ -conjunction (disjunction) and positional inverting have been defined, which take into account the positions. The properties of these operations have been formulated and proved. The mutual unambiguousness has been established between the classical operations of conjunction (disjunction) and the operations of α -, β -, $\alpha\beta$ -conjunctions (-disjunctions). The ordering of formulas by