

УДК 004.94:658.01

д.т.н., проф. Шворов С.А. (НУБіПУ)
к.т.н. Комарчук Д.С. (НУБіПУ)
Охріменко П.Г. (НУБіПУ)
Чирченко Д.В. (НУБіПУ)

ПОБУДОВА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІСЦЕВОСТІ НА БАЗІ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Розглянуті сучасні методи моніторингу місцевості. Сформульовані основні задачі системи моніторингу та проведено обґрунтування застосування безпілотних літальних апаратів для вирішення цих завдань. Проаналізовано перспективність використання нейромережових структур для розпізнавання образів. Синтезовано відповідний багатопаровий перцептрон та обґрунтовано можливість його використання в системах моніторингу місцевості на базі БПЛА.

Ключові слова: система моніторингу, безпілотні літальні апарати, нейронна мережа, перенавчання.

Актуальність дослідження. Система моніторингу місцевості (СММ) відноситься до класу великих систем. Вона характеризується складністю виконуваних завдань і функцій, наявністю управління, розгалуженістю інформаційної мережі та інтенсивними потоками інформації. Процес збору, передачі, обробки інформації та контролю за місцевістю є головною метою функціонування СММ, якій підпорядковані цілі функціонування складових її підсистем. Характерним для СММ є наявність взаємодії із зовнішнім середовищем і функціонування в умовах впливу випадкових факторів, що надає певний вплив на виконання завдань СММ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що одним із шляхів вирішення проблеми підвищення ефективності обробки інформації СММ є широке використання сучасного науково-методичного апарата синтезу функціональної структури складної системи. Однак, на даний час у відомій літературі [1-4] не достатньо повно розглянуті

методи моніторингу місцевості за допомогою БПЛА та питання функціонального синтезу СММ.

Метою дослідження є обґрунтування функціональної структури СММ на базі БПЛА.

Основні матеріали дослідження. Одним із напрямків вирішення проблеми підвищення ефективності СММ є розробка та широке застосування нових методів та систем моніторингу.

Система моніторингу місцевості – це інформаційна система, яка здатна в оперативному режимі надавати відомості про зміни на певних площах контрольованої території.

У залежності від оглядовості (розміру контрольованої системою території) розрізняють СММ локального, регіонального та національного (або транснаціонального) рівнів. Всі вони зазвичай, складаються з наступних підсистем: отримання інформації; обробки та аналізу інформації; розповсюдження інформації [5].

Для отримання інформації широко використовуються технології та методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). З метою обробки та аналізу інформації використовуються географічні інформаційні системи (ГІС), а для її розповсюдження – технології Internet та спецзв'язку.

Дистанційне зондування Землі (Remote Sensing of Earth) – це отримання інформації про об'єкти на земній поверхні, а також про процеси та явища, що відбуваються на нашій планеті у відсутності безпосереднього контакту з об'єктами дослідження, тобто “здалеку”. В залежності від способу розміщення реєструючих пристроїв методи ДЗЗ поділяються на наземні, авіаційні та космічні, але всі вони мають одну спільну рису: одержання інформації відбувається шляхом реєстрації електромагнітного випромінювання (ЕМВ), що відбивається або випромінюється земною поверхнею. При цьому, методи ДЗЗ, як і всі інші методи отримання інформації, мають свої обмеження та переваги, а також характеризуються певною точністю. До переваг методів ДЗЗ перш за все слід віднести те, що отримання інформації відбувається бездеградаційним шляхом, тобто без будь-якого втручання в об'єкт дослідження. По-друге: методи ДЗЗ характеризуються великою обзорністю (здатністю одночасно отримувати інформацію з великих площ), що дозволяє виявляти та досліджувати явища та процеси, які неможливо спостерігати з невеликої відстані. По-третє: різноманітні сенсори, що використовуються в системах ДЗЗ, здатні реєструвати ЕМВ у багатьох діапазонах спектру – видимому, інфрачервоному, мікрохвильовому та радіодіапазоні, що значно підвищує їх інформативність та розширює коло вирішуваних задач [5].

Важливим напрямом використання технологій ДЗЗ є моніторинг місцевості контрольованих територій за допомогою спеціальних авіаційних методів ДЗЗ та супутникової зйомки з високою просторовою розрізненістю. Засобами спостереження космічного базування, авіаційними та безпілотними літальними апаратами здійснюється спостереження в певній смузі. Воно носить глобальний характер і може бути як оглядовим, так і детальним і забезпечує видачу на пункти контролю (ПК) радіолокаційного, фото або телевізійного зображення району поверхні Землі, а також зображення району поверхні Землі в діапазоні теплового, інфрачервоного або ультрафіолетового випромінювання. Розглянуті засоби спостереження мають різні можливості по виявленню та супроводу об'єктів спостереження (по дальності виявлення, по роздільній здатності та точності визначення координат, за кількістю одночасно супроводжуваних об'єктів спостереження, за можливостями роботи в різних метеоумовах і часу доби).

Безперервність моніторингу і своєчасність виявлення діючих різних об'єктів спостереження досягається в СММ комплексним використанням різноманітних засобів моніторингу, розподілом і узгодженням їх зусиль по часу роботи, по рубежах, смугах, зонах, районах та об'єктах спостереження. Результатом вирішення розглянутої задачі є виявлення об'єктів спостереження, які можуть бути рухливими, нерухомими, точковими і майданними.

Збір, зберігання і обробка даних про об'єкти спостереження, безперервний супровід рухомих і нерухомих об'єктів в межах району відповідальності є для СММ базовим завданням, що охоплює всі її рівні.

Дані про об'єкти спостереження в СММ передаються у вигляді формалізованих і неформалізованих повідомлень. Збір інформації передбачає її прийом, накопичення й подальше використання для обробки. Обробка інформації передбачає її сортування за різними ознаками, приведення до виду, зручному для використання у вирішенні завдань управління.

У СММ обробка інформації про рухомі об'єкти спостереження спрямована на представлення в реальному часі руху у вигляді трас (вторинна обробка) або узагальнених трас (третинна обробка) в заданій системі координат.

Обробка інформації про нерухомі об'єкти спостереження, що отримана за даними засобів аерокосмічного зондування поверхні Землі включає в себе технічну, оперативну і повну обробку.

Технічна обробка пов'язана з накопиченням даних та їх сортуванням. Оперативна обробка передбачає дешифрування даних і прив'язку їх до координат місцевості. Повна обробка, крім накопичення, сортування та дешифрування, передбачає додатково інформаційно-аналітичну обробку даних посадовими особами за напрямками інформаційної роботи. У результаті повної обробки даних про нерухомі об'єкти спостереження повинна бути отримана інформація щодо дислокації (координат) об'єктів спостереження, їх характеристик і дії (функціонування).

Дані космічної зйомки забезпечують максимальне покриття, а актуальність існуючих даних – не завжди на високому рівні у зв'язку із запізненням їх обробки. Для деяких територій дані космічної зйомки доводиться довго очікувати. Технології аерофотозйомки і повітряного лазерного сканування володіють високою точністю, але середнім покриттям. Їх застосування вимагає великих фінансових витрат. Використання БПЛА виправдане у випадку, коли необхідно швидко отримати точні дані на невеликій площі території. До того ж, собівартість аерофотозйомки з БПЛА на порядок нижче, в порівнянні із застосуванням малої авіації, що для деяких проектів, безперечно, є важливим аргументом.

Аерофотозйомка місцевості – це отримання знімків з повітря і подальша їх обробка різними методами. Досвід застосування аерофотограметричних методів показує їх високу ефективність у порівнянні з традиційними методами, що забезпечує зниження трудомісткості і термінів виконання завдань моніторингу. В якості альтернативи авіаційній і супутниковій зйомкам в останні роки активно застосовуються дистанційно пілотовані літальні апарати із засобами спостереження.

Автоматична навігація і позиціонування забезпечують політ за маршрутом, утримання висоти, повернення в точку запуску, що дозволяє ефективно відстежувати різні зміни на контрольованій місцевості. Зйомки з БПЛА забезпечують оперативне проведення моніторингу місцевості та здійснювати контроль за об'єктами, що пересуваються.

За таких обставин надзвичайно актуальними стають розробка та впровадження ефективних, економічно вигідних систем моніторингу місцевості на основі даних аерофотознімків з БПЛА за короткий термін.

На даний час широко застосовується метод моніторингу місцевості, який базується на картографічній основі контрольованої території та огляду місцевості [6]. Обстеження території зазвичай проводиться шляхом візуального спостереження за місцевістю та подальшим нанесенням ситуації на картографічну карту. Недоліком такого методу є його великозатратність та наявність людського фактора, який призводить до значних похибок. Звичайні аерофотозйомки, які виконуються на малих висотах, належать до складних технологічних процесів. Традиційно їх виконують за допомогою носіїв фотоапаратури, таких як літаки (АН-2), літаки-лабораторії аерофотозйомки (АН-26), гелікоптери (МІ-6) і т.п. Однак, висока ціна цих робіт, необхідність наявності близько розташованого аеродрому і обмежена висота польоту (більше 200 м) таких засобів робить їх недоступними для більшості завдань моніторингу місцевості. Таким чином, вищезгадані недоліки підвищують вартість аерофотозйомки та зменшують рентабельність. Зазначимо, що відношення якості/ціна у більшості випадків при аерофотозйомці є визначальною.

Поставлена задача вирішується за допомогою спеціального методу, який включає визначення ділянки місцевості, її аерофотозйомку та аналіз фотознімків. Фотографування визначеної поверхні проводиться з висоти від 50 до 200 м за допомогою дистанційно пілотованого літального апарату, з можливістю одержання знімків з високою роздільною здатністю. Протягом всього польоту фотоапарат проводить серії знімків, що забезпечує їх перекриття для подальшої обробки. Знімки завантажуються у ПЕОМ з відповідним програмним забезпеченням [7]. Плановість зйомки досягається системою стабілізації, яка утримує БПЛА в горизонтальній площині, запобігаючи обертанню і пікіруванню апарату. Після зйомки апарат повертається в точку старту для проведення посадки.

Розглянемо вирішення наступного завдання: дано знімки однієї і тієї ж території, що зроблені в різний час. Передбачається, що деяка (у відсотковому співвідношенні невелика) частина території за час, що минув між зйомками, зазнала зміни. Потрібно визначити ділянки змін.

Хід вирішення: на основі отриманої пари послідовних знімків будується регресія – по першому знімку формується значення другого знімку. Умова зміни незначної частині території, дозволяє сподіватися, що:

формування другого знімка по першому може бути досить точним;

ті ділянки, для яких помітно значне розходження сформованого і реального значень і є зміною ділянки.

Регресія будується за допомогою нейронних мереж. Дані, що призначені для обробки, зберігаються в проєкті GRASS, а використані знімки – у MODIS.

Розпізнавання образів включає в себе ряд етапів:

1. Сприйняття образів (технічне вимірювання).
2. Попереднє опрацювання отриманого сигналу (фільтрація).
3. Виділення потрібних характеристик (індексація).
4. Класифікація образу (прийняття рішення).

На першому етапі для сприйняття образів використовуються два канали – червоний (1) і ближній інфрачервоний (2).

На другому етапі здійснюється нормування вихідних значень до діапазону зміни функції активації (0, 1).

Третій та четвертий етапи розпізнавання образів, як правило, об'єднуються у системі розпізнавання образів (СРО), яка і є головним елементом такого інтелектуального комплексу. Алгоритм синтезу СРО полягає у виконанні наступних кроків:

1. Отримання тренувальної вибірки.
2. Вибір способу представлення даних та значимих характеристик.
3. Розробка класифікуючого критерію.
4. Навчання СРО.
5. Перевірка якості роботи з можливістю повернення до кроку 2 (або навіть і до кроку 1).

Для розпізнавання образів будується багатошаровий перцептрон, який бере на вході значення першого і другого каналів попередніх знімків, а на виході повертає передбачувані значення першого і другого каналів для наступних знімків.

В якості функції активації нейронів використовується функція сигмоїдального типу:

$$f(u) = 1 / (1 + \exp(-u)). \quad (1)$$

Для роботи з нейронними мережами, у першу чергу через швидкість роботи, доцільно використовувати пакет AMORE, в якому є декілька пакетів, що дозволяють створювати багатошарові мережі.

Відповідно до рекомендацій [7, 8] нейронна мережа створюється наступним чином. Оскільки даних для навчання є достатня кількість (близько 700 тис. пікселів), то і кількість нейронів задається відносно великою. Спочатку створюється мережа досить великих розмірів – з двома прихованими шарами по 20 і 10 нейронів у кожному (2-20-10-2); функція

активації для всіх нейронів вибирається як сигмоїдальна (логістична). Навчання мережі здійснюється протягом 500 ітерацій. На навчальній множині налаштовуються ваги мережі.

Навчання мережі здійснюється відповідно до алгоритму [9].

У ході експериментів найбільш вдалою мережею виявилася мережа з одним прихованим шаром і п'ятьма нейронами в ньому. У результаті навчання цієї мережі була досягнута помилка на навчальній множині: 0.0188, що відповідає встановленим умовам.

Після навчання мережі здійснюються розрахунки, подаючи в навчену мережу дані першого знімка. Перш, ніж порівнювати створені нейронною мережею растри з реальними знімками, їх потрібно денормувати [7].

У підсумку отримуємо два растри, в яких містяться значення для першого і другого каналу відповідно, що передбачені нейронною мережею. На основі порівняння безпосередніх значень отриманих растрів і знімків визначається різниця між зформованим значенням і реальним знімком. При цьому яскраві ділянки будуть відповідати великим по модулю значенням різниці, бліді ділянки – невеликим. Виходячи із цього, можна в автоматичному режимі розрізнити місця пересування контрольованого об'єкта, подати сигнал тривоги на пункті контролю, а за допомогою програмного забезпечення ГІС відобразити координати рухомого об'єкта.

Висновок. Таким чином, в порівнянні з існуючими методами моніторингу території, запропонований метод має більш високу оперативність та точність отримання результатів спостереження. При цьому в автоматичному режимі визначаються координати нових об'єктів, про що негайно сигналізується на засобах відображення інформації. Загальна вартість СММ значно менша, в порівнянні з традиційними методами моніторингу, та більш зручніша у застосуванні на пунктах контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Идея, алгоритм, решение: Принятие решений и автоматизация. – М.: Воениздат, 1972. – 326 с.
2. Романов А.Н., Фролов Г.А. Основы автоматизации систем управления: Построение АСУ. – М.: Воениздат, 1971. – 247 с.
3. Липаев В.В. Проектирование математического обеспечения АСУ (системотехника, архитектура, технология). – М.: Сов. радио, 1977. – 400 с.
4. Общесистемное проектирование АСУ реального времени /С.В. Володин, А.Н. Макаров, Ю.Д. Умрихин, В.А. Фараджев. Под ред. В.А. Шабалина. – М.: Радио и связь, 1984. – 232 с.
5. Трускавецький С.Р. Можливості супутникової зйомки в ідентифікації зернових культур харківської області / Трускавецький С.Р., Коляда Л.П., Шерстюк О.І. // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2013. – Вип. 15. – С. 178-183.
6. Балюк С.А. Методичні рекомендації щодо стану зрошуваних земель та сільськогосподарських культур на базі аерофотозйомки / С.А. Балюк, М.О. Солоха / /Заверше ні наукові розробки – 2013 [за ред. С.А. Балюка]. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2014. – 44 с.
7. Нейросетевая обработка данных в ГИС Grass и R [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/grass-neuro-r.html>.
8. Фукунава К. Автоматическое распознавание образов / К. Фукунава. – М.: Наука, 1979. – 367 с.
9. Шворов С.А. Нейромережеве розпізнавання оптичних образів у системах спеціального призначення / Шворов С.А., Штепа В.М., Засць Н.А. // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2014. – № 45. – С. 102-108.

Рецензент: д.т.н., проф. Сбітнев А.І., провідний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

д.т.н., проф. Шворов С.А., к.т.н. Комарчук Д.С., Охріменко П.Г., Чирченко Д.В.
**ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МЕСНОСТИ НА БАЗЕ БЕЗПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Рассмотрены современные методы мониторинга местности. Сформулированы основные задачи системы мониторинга и проведено обоснование применения беспилотных летательных аппаратов для решения этих задач. Проанализированы перспективность использования нейросетевых структур для распознавания образов. Синтезирован соответствующий многослойный перцептрон та обоснована возможность его использования в системах мониторинга местности на базе БПЛА.

Ключевые слова: система мониторинга, беспилотные летательные аппараты, нейронная сеть, переобучение.

**Prof. Shvorov S.A, Ph.D. Komarchuk D.S., Ohrimenko P.G., Chyrchenko D.V.
BUILDING MONITORING SYSTEMS BASED ON AREA OF UNMANNED AERIAL
VEHICLES**

Modern methods of monitoring areas. The main tasks of monitoring and the substantiation of the use of unmanned aerial vehicles to meet these challenges. Analyzed the prospects of the use of neural network structures for pattern recognition. It synthesizes the corresponding multi-layer perceptron is the basis to justify its use in the monitoring area based on the UAV.

Keywords: monitoring system, unmanned aerial vehicles, a neural network, retraining.

