

Architecture and Models for System-Level Computer-Aided Design of the Management System of Energy Efficiency of Technological Processes at the Enterprise // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer International Publishing AG. – 2017. – Volume 689. – P. 538-558.

3. *Медиковський М.О., Цмоць І.Г., Цимбал Ю.В.* Інформаційно-аналітична система для управління енергоефективністю підприємств Львова // *Науковий економічний журнал "Актуальні проблеми економіки"*. – №1(175)2014. – Київ, 2016. – С.379-384.

4. Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління: монографія / *Медиковський М.О., Ткаченко Р.О., Цмоць І.Г., Цимбал Ю.В., Дорошенко А.В., Скорохода О.В.* – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 280 с.

5. Big Data for Data Warehousing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tcs.com/SiteCollectionDocuments/White-Papers/BFS-Whitepaper-Big-Data-Warehousing-0313-1.pdf>

6. Закон України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 34, ст.370.

7. Наказ Міністерства палива та енергетики України від 14.02. 2007 № 71 про затвердження «Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07>

8. The Internet of Things: A survey Luigi Atzoria, Antonio Ierab, Giacomo Morabitoc // *Computer Networks*. – Volume 54, Issue 15, October 2010. – PP.2787-2805

9. *Т. Теслюк, І. Цмоць, В. Теслюк, М. Медиковський, Ю. Опотяк* Architecture of the management system of energy efficiency of technological processes at the enterprise // *Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції "Комп'ютерні науки та інформаційні технології CSIT 2017"*, Львів, Україна, 05.09.2017 – 09.09.2017. – Том. 1. Львів: Вежа і Ко, 2017 – С. 429-433.

*Поступила 31.01.2018р.*

УДК 623.746. – 519

М.В. Коробчинський, Київ

### **ОБҐРУНТУВАННЯ УЗАГАЛЬНЮЮЧИХ ПАРАМЕТРІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ**

The article substantiates the generalization parameters (UP-parameters) of the information management system of a group of unmanned aerial vehicles (UAVs). In the future, this approach allows us to solve the problem of developing heuristic methods for constructing dependencies between individual parameters, which will be based on the declaration of those or other links with their further testing on computer models.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, generalizing parameters (UP-parameters), distributed dynamic control system, process of problem solving.

У статті обґрунтовуються узагальнюючі параметри (UP-параметри) інформаційної системи забезпечення управління групою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). В подальшому даний підхід дозволяє розв'язати задачу розробки евристичних методів побудови залежностей між окремими параметрами, котрі ґрунтуватимуться на декларації тих, чи інших зв'язків з подальшою їх апробацією на комп'ютерних моделях.

**Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, узагальнюючі параметри (UP-параметри), розподілена динамічна система управління, процес розв'язку задачі.

**Вступ.** Безпілотні літальні апарати (БПЛА) почали використовуватися досить давно і, в першу чергу, у військових цілях. Ця обставина була однією з причин того, що БПЛА тривалий час не знаходили широкого застосування у вирішенні завдань у цивільній сфері. Однак, останнім часом використання БПЛА у вирішенні задач господарської сфери стало звичайною справою.

Основою вирішення можливих господарських задач є обробка і аналіз образів різних типів, отримання яких доступно для таких апаратів, як БПЛА. Доцільність застосування БПЛА в області цивільної сфери в інтересах національної економіки України (далі – в області господарської діяльності) пов'язана з її розподілом у просторі і, в першу чергу, розподілом по великих площах. Така господарська діяльність може являти собою будівництво розподілених по великій території об'єктів, наприклад, будівництво доріг, будівництво розподілених на площинах будов, які ведуться одночасно по всій території. Особливість ведення таких робіт полягає в тому, що такі будівельні роботи ведуться по виділеній території одночасно. У цьому випадку, досить важливими завданнями є:

- визначення реального, поточного стану об'єктів будівництва;
- визначення стану об'єктів на територіях, які піддаються впливу природних факторів, наприклад, повеней, пожеж, землетрусів і т.д.;
- діагностика стану протяжних споруд, наприклад, трубопроводів різного призначення;
- вирішення окремих видів геодезичної розвідки на великих відстанях;
- аналіз стану фауни в окремих регіонах та інші завдання, які визначаються вимогами предметної області і ґрунтуються на аналізі образів.

**Виклад основного матеріалу.** Особливістю вирішення перерахованих завдань є розпізнавання виділених елементів образів, які відносяться до конкретних задач. У цьому випадку, не ставиться завдання повного розпізнавання образу або його елемента, а ставиться завдання розпізнавання тих чи інших особливостей відповідного елемента.

Більшість параметрів, які можуть використовуватися для вирішення завдань стосуються або характерних для великих поверхонь, які локально не розпізнаються, оскільки вони на рівні поверхні землі або невеликих висотах від поверхні можуть екрануватися іншими факторами, параметри яких під поверхнею землі досить інтенсивні. У цьому випадку, відповідні параметри

виявляються доступними для адекватної реєстрації тільки починаючи з певних висот.

На відміну від класичних задач розпізнавання, яке орієнтоване на використання окремих параметрів або на реалізацію певних оцінок розпізнаваних об'єктів, будемо називати цільовим розпізнаванням. Оскільки цільове розпізнавання, з точки зору алгоритмів, які його реалізують, є істотно більш простим завданням, то такі алгоритми можна реалізовувати безпосередньо на борту БПЛА, наприклад, в рамках спеціалізованих апаратних засобів. У цьому випадку, коло завдань, які можна вирішувати в режимі реального часу з використанням БПЛА істотно розширюється.

На основі використання образів можна вирішувати досить широке коло задач господарського значення. До важливого класу таких задач відносяться задачі діагностики. Їх можна розділити на наступні класи:

- діагностика окремих елементів розподілених об'єктів в цілому;
- діагностика, яка орієнтована на певні параметри або групу параметрів;
- діагностика аварійних ситуацій;
- загальна оцінка стану розподіленого об'єкта, що діагностується;
- виявлення критичних або небезпечних ситуацій на об'єкті моніторингу.

Завдяки використанню БПЛА, для вирішення задач діагностики, існує можливість спеціалізувати процес орієнтований на ту чи іншу задачу. Шляхом такої реалізації полягає в тому, що перед запуском БПЛА комплектується бортовим обчислювачем чи спеціалізованими блоками під визначену задачу. Це особливо важливо при вирішенні критичних завдань, до яких належать завдання виявлення аварійних ситуацій або завдання діагностування за обраними параметрами.

Слід зазначити, що така задача військового характеру, як радіаційна, хімічна та бактеріологічна розвідка повністю збігається з господарською задачею щодо визначення хімічно (радіаційно) активного зараження тих чи інших регіонів. У розряд господарських, ці задачі перейшли через те, що забруднення хімічне або радіаційне цілком може здійснюватися суб'єктами господарської діяльності.

Задачі діагностики елементів розподілених об'єктів відрізняються від завдань візуального моніторингу тим, що перші спрямовані на виявлення несправностей, розвиток яких може призвести до виникнення аварійних ситуацій [1]. Це зумовлює специфіку, яка полягає в тому, що виявлення тих чи інших значень параметрів має супроводжуватися додатковим аналізом динамічних характеристик відповідних параметрів. Тому, викликає необхідність циклічних вимірів відповідних параметрів, що стає можливим завдяки використанню БПЛА, оскільки останній може над певним об'єктом здійснювати повторні обльоти або польоти по колу, що ініціюється системою аналізу діагностичних параметрів. У разі виявлення ситуації на об'єктах, яка може інтерпретуватися як аварійна, результат такої інтерпретації, отриманий бортовими обчислювачами, може передаватися наземним станціям або

безпосередньо службам реагування на аварійні ситуації.

Завдання загальної оцінки стану розподіленої системи представляються актуальними, оскільки такі оцінки можуть бути різноплановими і вони можуть залежати від різних випадкових факторів. Ця обставина призводить до того, що необхідність проведення таких оцінок може виникнути в ситуаціях, які складно передбачити. Особливість оцінок загального стану розподіленого об'єкта полягає в тому, що в багатьох випадках вони повинні оновлюватися.

При цьому, виникають наступні можливості автоматизації процесу здійснення відповідних дій, які можуть реалізовуватися на основі дистанційного керування:

- запуск відповідних БПЛА використовуючи дистанційне керування;
- зміна траєкторії польоту, при реалізації обльоту розподіленого об'єкта;
- зміна в заданих межах завдання, яке вирішується в процесі моніторингу;
- повтор або доповнення рішення задачі моніторингу шляхом запуску додаткових БПЛА;
- зміна місця посадки БПЛА в залежності від виникаючих потреб, зміна способу посадки, якщо це обумовлюється умовами зміненого місця посадки і т.ін.

Важливою компонентою, яка забезпечує достовірність вирішення завдань моніторингу, є можливість реєстрації положення БПЛА в процесі виконання завдання моніторингу. Відповідні реєстратори є аналогом тих, що використовуються в авіації на літаках, керованих пілотами. Відмінність полягає в тому, що на реєстратор БПЛА пишуться тільки ключові сигнали і дані, які дозволяють ідентифікувати траєкторію польоту. Такі пристрої є додатковими для БПЛА і встановлюються на них у випадках, коли завдання верифікації даних є однією з ключових завдань.

Оскільки оцінки розподілених рухомих об'єктів є завданнями інтегральними, то може мати місце ситуація, коли необхідно її уточнювати шляхом додаткового виміру певних параметрів розподіленого рухомого об'єкту ( $RO$ ) або шляхом повторного аналізу візуального образу фрагмента  $RO$ . У цьому випадку, завдяки використанню БПЛА існує можливість повторного обльоту певних фрагментів  $RO$ . Більше того, якщо інтегральна оцінка експерту надається помилковою, то можна повторити цикл обльоту  $RO$  використовуваним БПЛА. Таким чином, можна досягти необхідного рівня адекватності інтегральних оцінок, що в більшості випадків є ключовим при вирішенні подібних завдань.

Інформаційна система забезпечення управління БПЛА ( $RO$ ) та забезпечення виконання ними поставлених задач є розподіленою інформаційною системою, оскільки кожний  $RO$  володіє власними обчислювальними ресурсами. На відміну від традиційних розподілених обчислювальних систем інформаційна розподілена система управління

групами  $RO$  є динамічною системою [2]. Оскільки, в рамках системи розв'язуються прикладні задачі різних типів, то динаміка розподіленої інформаційної системи ( $ISU$ ) визначається наступними факторами:

- просторовий розподіл окремих  $RO$ , котрі будемо також називати мобільними компонентами ( $MK$ ), в процесі роботи системи в цілому, міняють своє місце положення;
- в рамках різних  $MK$  розв'язуються різні задачі, які в цілому можуть складати для всієї розподіленої системи одну задачу;
- задачі, що розв'язуються в рамках окремих  $MK$ , можуть розв'язуватися в різні моменти реального часу функціонування всієї системи  $ISU$ ;
- розподіленість  $ISU$  може володіти централізованою синхронізацією розв'язування задач або функціонування системи в цілому;
- розподіленість  $ISU$  може суміщатися з функціональною синхронізацією функціонування всієї системи;
- різнотипна розподіленість  $MK$  в рамках  $ISU$ ;
- однотипність розподіленості  $MK$  в рамках  $ISU$ .

Система  $ISU$  використовує компоненти типу  $MK_i$  і орієнтована на широкий клас задач, тому вона в різних випадках повинна задовольняти різним по величині значенням критеріїв. Приведені вище фактори тісно зв'язані з можливими способами реалізації процесу розв'язку задач і, як наслідок, безпосередньо впливають на значення величин критеріїв, котрі будемо називати узагальненими параметрами ( $UP$ ), або  $UP$ -параметрами процесу розв'язку задач. Приймаючи до уваги специфіку способів розв'язування задач, яку, в основному, визначають мобільні компоненти, введемо  $UP$ -параметри, які мають загально прийняту інтерпретацію в теорії управління та в інших галузях технічних наук. До таких  $UP$ -параметрів відносяться наступні:

- управляємість процесом розв'язку задач ( $U$ );
- надійність функціонування цього процесу ( $N$ );
- безпека процесу розв'язку задач ( $B$ );
- міра виконаності поставленої задачі відповідним процесом її розв'язку ( $V$ );
- відмовостійкість процесу розв'язку задач ( $\Omega$ );
- діагностуємість процесу розв'язку задач ( $D$ );
- міра модифікуємості процесу розв'язку задач, чи самоадаптації цього процесу ( $A$ ).

В рамках приведених  $UP$ -параметрів процесу розв'язку задач системою  $ISU$  можна процес розв'язку задач формально представити у вигляді наступного співвідношення:

$$Z = f(U, N, B, V, \Omega, D, A).$$

Більш детально, для прикладу, проаналізуємо параметр управляємості

процесом розв'язку задачі ( $U$ ) з приведених  $UP$ -параметрів і розглянемо взаємозв'язок даного параметру з факторами, що впливають на можливі значення. Параметр управляємості, у відповідності з його визначенням в теорії автоматичного управління, представляє собою наступне [3 – 5]. Якщо результат управління позначити змінною  $y$ , то функцію управління в загальному вигляді можна представити у вигляді співвідношення:

$$y = f(x_1, \dots, x_n),$$

де  $x_1, \dots, x_n$  – управляючі параметри, а  $y$  – управляємий параметр, для спрощення, приймемо, що  $x_1, \dots, x_n$  відповідають одному інтегральному управляючому параметру  $x^*$ . В загальному випадку, управляємих параметрів може бути більше одного. В цьому випадку, можна записати:  $y = f(x^*)$ . Управляємість визначає величину зміни  $y$ , або  $\Delta y$  в залежності від зміни управляючого параметру  $\Delta x$ . Це можна записати у вигляді співвідношення:  $\Delta y = f(x + \Delta x) - f(x)$ . Тоді управляємість можна визначити як співвідношення  $\Delta y / \Delta x$ . У випадку управляємості обчислювальним процесом в якості  $\Delta x$  вибирається окрема функція в обчислювальному процесі, яка з точки зору обчислювального процесу не замінюється на інтервалі одного циклу функціонування і приймає участь у всьому процесі. В цьому випадку, змінюються тільки вхідні дані, які приводять до зміни  $\Delta y$  на фрагменті, де формується управляема величина, що можна представити у вигляді:

$$\Delta y = f(x_1, \dots, (x_i + k\Delta x), \dots, x_n) \text{ ,}$$

де  $k$  – кратність зміни  $\Delta x_i$ . Очевидно, що повинно виконуватися співвідношення  $\min(x_i) < k\Delta x < \max(x_i)$ . В загальному випадку, має місце наступне співвідношення:

$$\Delta y = f[(x_1 + \Delta x_1 k_1), \dots, (x_i + \Delta x_i k_i), \dots, (x_n + \Delta x_n k_n)] \text{ .}$$

Введемо позначення:  $\Delta x_i^* = \varphi(k_1 \Delta x_1, \dots, k_n \Delta x_n)$ . Тоді, управляємість по параметру  $y_i$  запишеться у вигляді  $\Delta y_i / \Delta x_i^*$ . Якщо розглядати загальну управляємість по всьому процесу, то вона характеризується величиною:

$$\Delta y^* = \psi(\Delta y_1, \dots, \Delta y_m), \text{ то } U = \Delta y^* / \Delta x^* \text{ .}$$

Для визначення границь змін цього параметру, необхідно задати границі зміни для управляючих параметрів, котрі описуються у вигляді:

$$(x_i^{\min} < x_i < x_i^{\max}) \vee (\alpha_i < x_i < \beta_i) \text{ .}$$

Тоді має місце співвідношення:

$$[\Delta y_i = f(x_i + \Delta x_i)] \& [(\Delta y_i \neq 0)] \rightarrow \Delta y_i \propto \Delta x_i \text{ .}$$

Позначимо границі визначення  $\Delta y_i$  для  $\Delta y_i^*$  співвідношенням:

$$[(x_i^{\max*} = k\Delta x_i + x_i) \& f(x_i + k\Delta x_i^*) \& (\Delta y_i^* = 0)] \rightarrow (U = 0) \text{ .}$$

Має місце співвідношення:

$$\{(x_i + k\Delta x_i) = \max(x_i) \& [(y_i^* + \Delta y_i^*) = \max(y_i^*)]\} \rightarrow (U = 1).$$

Таким чином,  $U[0,1]$  являється аргументованим, оскільки допускає наступну інтерпретацію. Якщо при максимальній зміні  $x_i$  зміна  $\Delta y_i^* = 0$ , то управляємість рівна нулю. Якщо  $\Delta x_i^*$  змінюється на максимальну величину або у випадку, коли  $(x_i^* + k\Delta x_i) = \max$ , то і  $\Delta y_i^*$  таке, що  $(y_i^* + \Delta y_i^*) = \max$ , то управляємість є максимальною і рівна одиниці.

**Висновок.** Приведений параметр, в цілому, характеризує такий об'єкт, як *ISU* включаючи *МК* і визначає задачі, розв'язання яких необхідне для створення *ISU*. А як що взяти за основу всі параметри, то достатньо складно їх буде привести до деякої єдиної системи вимірювань їх величин, що дозволило би говорити про можливість створення єдиної детермінованої моделі процесу функціонування *ISU*. Тому, виникає задача розробки евристичних методів побудови залежностей між окремими параметрами, котрі ґрунтуються на декларації тих, чи інших зв'язків з подальшою їх апробацією на комп'ютерних моделях. Евристичні залежності, які введені, можуть також досліджуватися на основі апроксимації відповідних залежностей засобами, котрі описують відповідні процеси на більш високому рівні їх інтерпретації.

Подальшим дослідженням буде розробка залежностей та доведення адекватності відповідних моделей, які описуватимуть кожен із запропонованих *UP*-параметрів процесу розв'язку задач системою *ISU* з використанням інтерпретаційні опису окремих компонентів розподіленої інформаційної системи управління БПЛА.

1. *Коробчинський М.В.* Проблемные вопросы организации управления групповым полетом беспилотных летательных аппаратов / М.В. Коробчинський // Зб. наук. праць інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова. – 2011. – №61. – С. 14-25.
2. *Коробчинський М.В.* Побудова динамічних структурних моделей розподіленої управляючої системи / М.В. Коробчинський // Зб. наук. праць інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова. – 2013. – №66. – С. 79-86.
3. *Артюшин Л.М.* Теорія автоматичного керування: [навч. посіб.] / Л.М. Артюшин, О.А. Машков, Б.В. Дурняк, М.С. Сівов. – Л.: УАД, 2004. – 272 с. – Бібліогр.: с. 270. – ISBN 966-322-001-5.
4. *Артюшин Л.М.* Теоретичні основи технічної кібернетики: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Л.М. Артюшин, Б.В. Дурняк, О.А. Машков, О.М. Плащенко. – Л.: УАД, 2004. – 130 с. – Бібліогр.: с. 126. – ISBN 966-322-007-04.
5. *Дурняк Б.В.* Системи оброблення та передавання інформації = Системы обработки и передачи информации: рос.-укр. тлумач. слов.: у 2 т. / [Б.В. Дурняк та ін.]. – Л.: Укр. акад. друкарства, 2006. – Т.2. [Р-Я]. – 2006. – Бібліогр.: С.411-425. – ISBN 966-322-032-5.

*Поступила 1.02.2018р.*