

## ПЛАНУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ПРИСТРОЇВ НА МНОЖИНІ ОБ'ЄКТІВ ПРИ СХЕМІ ЕЛЕМЕНТАРНОЇ ОПЕРАЦІЇ «ОДИН ОБ'ЄКТ – К ПРИСТРОЇВ»

Ананко Р.В., аспірант кафедри систем автоматизованого управління

Лабуткіна Т.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри систем  
автоматизованого управління

*Дніпровській національного університету імені Олеся Гончара, Україна*

Сьогодення відзначено бурхливим розвитком складних багатоелементних динамічних систем і потребою розвитку задач керування їх функціонуванням. До різновидів таких систем можна віднести систему  $N$  пристроїв (будемо вважати їх однотипними), які у загальному випадку можуть змінювати своє розташування і орієнтацію у просторі. Пристрої здійснюють операції (будемо вважати й їх однотипними) на множині з  $M$  об'єктів, які у загальному випадку також змінюють своє розташування у просторі. Будемо вважати, що ці операції реалізуються дистанційно (пристрій, якій здійснює операцію, і об'єкт, над яким ця операція виконується, можуть бути розташовані на допустимій для виконання операції відстані один відносно одного). Прикладами таких операцій можуть бути названі далі: 1) дистанційний контроль технічного об'єкту, 2) операція періодичного отримання інформації від об'єкту, якій її накопичує (або данні про його власний внутрішній стан, або зібрана ним інформація про зовнішнє середовище); 3) операції уточнення поточних параметрів траєкторного руху, якщо рух у своїй основі носить періодичний характер, а низка параметрів такого руху має повільний тренд до змін; 4) інші варіанти. Множина об'єктів, над якими виконуються операції, може бути також складною технічною системою, а об'єкти спостереження – її елементарними складовими (або незв'язаними між собою механічно, або – її рухомими вузлами). Особливість описаної динамічної системи в тому, що якщо брати один пристрій і один об'єкт, то для цієї пари можна виділити інтервали часу, коли пристрій може виконувати операції з цим об'єктом (інтервали доступності об'єкту до реалізації операції), а може не бути доступним (інтервали недоступності до операції). Доступність може визначатися суто механічним розташуванням пристроїв, які здійснюють операції. Також

доступність і недоступність можуть бути пов'язані із тим, що наявні фізичні перешкоди реалізації операції, або об'єкт або пристрій можуть бути у стані, коли операцію проводити неможна (наприклад, знаходитися у неактивному стані).

Для описаних систем задача керування функціонуванням системи може передбачати планування застосування пристроїв, які здійснюють операції, у тому числі, з врахуванням необхідності швидких змін планів у залежності від поточних зміни системи пристроїв, які реалізують операції, і множини об'єктів, на якій ці операції реалізуються. Схожа узагальнена задача розглядалася у роботі [1], була згадана як можливе узагальнення окремих задач у роботі [2], досліджувалася для окремих випадків – задач спостереження орбітальних об'єктів в навколоземному космосі антенними пристроями (оптичними або радіолокаційними) наземного базування [3], космічного базування (встановлених на космічних апаратах) [4], а також для задач спільного застосування з цією метою наземних і космічних засобів спостереження [2], а також у інших роботах. У всіх перелічених роботах постановка задачі передбачувала, що кожна елементарна операція реалізується за схемою «один об'єкт – один пристрій, якій здійснює операцію». Але представляє інтерес і така постановка задачі, коли схема елементарної операція інша «один об'єкт –  $k$  пристроїв, які одночасно реалізують цю операцію». Така модифікація постановки задачі необхідна, наприклад, якщо реалізується спостереження множини об'єктів за схемою, коли декілька рознесених у просторі пристроїв здійснюють спостереження одного об'єкту. Такий підхід до реалізації спостережень може у певних випадках надати більш повну інформацію (і за меншій інтервал часу), ніж можна отримати при застосуванні одного пристрою (сам метод отримання і обробки інформації може бути принципово відмінним від схеми спостережень «один об'єкт – один пристрій»).

Мета даної роботи – розвиток швидких (маловитратних за часом, адаптивних до використання у динамічних системах в реальному часі їх функціонування) методів планування застосування  $N$  пристроїв для реалізації операцій на множині  $M$  об'єктів при схемі елементарної операції «один об'єкт

–  $k$  пристроїв». У тому числі – модифікації цих методів для таких випадків: 1) застосовується тільки описана схема елементарної операції («жорстка» вимога реалізації); 2) названа схема переважна, але можливі варіанти зменшення заданого (бажаного) максимального числа  $k$  для окремих операцій («м'яка» вимога реалізації). Запропоновані модифікації централізованого методу планування (планування для всій системи в цілому при одночасному розгляді всій системи і при повній вхідній інформації для планування).

Вхідними даними для складання централізованого плану є множина пристроїв, які реалізують операції, множина об'єктів, над якими реалізуються операції, та визначені інтервали часу доступності кожного об'єкту для реалізації операції цим простом. При плануванні вважається, що на кожну операцію за схемою «один об'єкт –  $k$  пристроїв» витрачається однаковий час (максимально можливий для всій множини пристроїв і об'єктів час переходу від одної операції до іншої внесений до часу виконання операції). Комплекс узагальнених вимог до плану операцій враховує такі фактори, які можуть бути застосовані при формуванні комплексного критерію оцінки плану: 1) бажано провести як можна більше операцій з кожним об'єктом (окремий варіант – бажана кількість операцій обмежена зверху), 2) бажаний відносно рівномірний розподіл між об'єктами кількості виконаних системою операцій; 3) бажано для кожного об'єкту рівномірно рознести у часті операції на інтервалі планування; 4) бажано проведення операції при умовах (специфічних для конкретних випадків), які найбільш сприяють якості проведення операції; 5) як окремий випадок умов забезпечення якості операції у випадку сформульованої вище «м'якої» вимоги реалізації (переважної до інших вимог якості) розглядається кількість пристроїв  $k$ , які використовуються при конкретній реалізації.

Етап, якій передують безпосередньо етапу планування за запропонованим методом – складання зведеного плану доступності об'єктів для виконання з ними операцій. У зведеному плані як структурна одиниця фігурує інтервал часу, коли об'єкт доступний для операції хоч би одному пристрою (назвемо ці інтервали інтервалами доступу системи до об'єкту). Інтервали доступу системи до об'єкту складаються з інтервалів, протягом кожного з яких об'єкт незмінно доступний до реалізації операцій  $n$  пристроям з  $N$  пристроїв, що входять до

системи (назвемо кожний з таких інтервалів інтервалом незмінного рівню доступності). На двох сусідніх інтервалах незмінного рівню доступності об'єкту кількість пристроїв, яким доступний об'єкт для реалізації операцій, – відмінна на одиницю.

Етап планування реалізується кроками (кроку дорівнює черговий інтервал часу одної операції, на які розподілений відрізок часу, для якого реалізується планування). На кожному кроці для кожної групи з  $k$  пристроїв обирається об'єкт, з яким виконується операція. Правила прийняття рішення на кожному кроці враховують сформульовані вимоги до реалізації плану, результати планування на попередніх кроках і можливості для реалізації операцій, які залишилися. Тобто, можна говорити, що безпосередньо планування реалізується «за один прохід» послідовності покрокового прийняття рішень. При цьому отримані результати і можливості, які залишилися, розглядаються для всій системи в цілому.

Перевірка методів реалізована для узагальненої системи (інтервали часу, на яких об'єкти доступні пристроям, генеруються при заданих законах розподілу випадкових величин і межах варіювання параметрів), а також для окремого випадку – для супутникової системи спостереження орбітальних об'єктів (космічних апаратів і об'єктів космічного сміття) при варіюванні даних про множину орбітальних об'єктів і орбітальне угруповання, яке реалізує спостереження.

### Література

1. Лабуткина Т.В., Хлапони́на А.В., Лукьяненко А.Г., Мартынов В.В. Комплекс неитерационных методов планирования операций, реализуемых множеством динамических средств на множестве динамических объектов. // Тези доповідей Десятої міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ITMM'2018», 27–29 березня 2018 р, м. Дніпро. – С. 108.
2. Лабуткина Т.В. Неитерационные методы планирования комплексного использования наземных и космических средств наблюдения орбитальных объектов. // Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Прогресивна техніка, технологія і освіта» 19-22 червня 2018 року, м. Київ, Україна. – Т. 2 - С. 219-222.
3. Лабуткина Т.В., Здор А.С., Голубина Е.А., Новак А.Н. Неитерационные методы планирования наблюдения из наземных станций многоэлементного множества

орбитальных объектов. // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. Збірник наукових праць. Том XVII 2015 С. 62-78.

4. Лабуткина Т.В., Скородень Я.А., Борщева А.В., Тихонова А.А. Неитерационный метод планирования наблюдения орбитальных объектов с космического аппарата // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. 2016. Том XXI. С. 53-69.

## PLANNING OF APPLICATION OF THE SYSTEM OF DEVICES ON A SET OF OBJECTS FOR THE SCHEME OF ELEMENTARY OPERATION "ONE OBJECT - K DEVICES"

Ananko Ruslan, Labutkina Tetiana

**Abstract.** Centralized methods of planning the use of N devices for the realization of operations on a set of M objects with the scheme of the elementary operation is "one object – k devices" are proposed. Methods include modifications for the following cases: 1) only the described scheme of elementary operation is applied ("rigid" requirement); 2) the named scheme is preferred, but there are possible options of reducing the specified (desired) maximum number k for individual operations ("soft" requirement). Methods suitable for multi-elements dynamic systems in real time of their operation. Under planning conditions, the device system and the set of objects are multi-element. Planning methods belong to the category of "fast" methods, which suitable for dynamic multi-element systems in real time of their operation. The verification of the methods is implemented for the generalized system and for the particular case of the satellite system of observation of orbital objects.

**Keywords:** system of devices, set of objects, planning of operations, satellites of observation of orbital objects.

### References

1. Labutkina T.V., Hlaponina A.V., Lukyanenko A.G., Martynov V.V. Kompleks neiteratsionnykh metodov planirovaniya operatsiy, realizuemykh mnozhestvom dinamicheskikh sredstv na mnozhestve dinamicheskikh ob'ektov. // Tezy dopovidei Desiatoi mizhnarodnoi naukoivo-praktychnoi konferentsii «Informatsiini tekhnolohii v metalurhii ta mashynobuduvanni. ITMM2018», 27–29 bereznia 2018 r, m. Dnipro. – S. 108.
2. Labutkina T.V. Neiteratsionnyie metodyi planirovaniya kompleksnogo ispolzovaniya nazemnyih i kosmicheskikh sredstv nablyudeniya orbitalnyih ob'ektov. // Materialy XIX

Mizhnarodnoi naukovo-praktychna konferentsii «Prohresyvna tekhnika, tekhnolohiia i osvita» 19-22 chervnia 2018 roku, m. Kyiv, Ukraina. – T. 2 - S. 219-222.

3. Labutkina T.V., Zdor A.S., Golubina E.A., Novak A.N. Neiteratsionnyie metodyi planirovaniya nablyudeniya iz nazemnyih stantsiy mnogoelementnogo mnozhestva orbitalnyih ob'ektov. // Systemne proektuvannia ta analiz kharakterystyk aerokosmichnoi tekhniky. Zbirnyk naukovykh prats. Tom XVII 2015 S. 62-78.

4. Labutkina T.V., Skoroden Ya.A., Borscheva A.V., Tihonova A.A. Neiteratsionnyiy metod planirovaniya nablyudeniya orbitalnyih ob'ektov s kosmicheskogo apparata // Systemne proektuvannia ta analiz kharakterystyk aerokosmichnoi tekhniky. 2016. Tom XXI. S. 53-69.