

СИНТЕЗ КОМПОНЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

У статті досліджується метод синтезу окремих компонент управляючої системи. У зв'язку з цим, проводиться аналіз системних параметрів з точки зору визначення їх значень на основі аналізу процесу функціонування всього комплексу динамічних об'єктів. Доводиться твердження про те, що синтез логічної моделі і структурної моделі не приводить до виникнення аномалій.

Ключові слова: інформаційна система, динамічний об'єкт, логічна модель, структурна модель, синтез.

The paper examines the method of individual component synthesis of control system. In this regard, we have conducted the analysis of system parameters in terms of defining their values based on the analysis of the functioning of the entire complex of dynamic objects. We have proved that the synthesis of a logic model and a structural model does not lead to anomalies.

Keywords: information system, dynamic object, logic model, structural model, synthesis.

1. ВСТУП

Сучасні тенденції науково-технічного прогресу впливають на розвиток високотехнологічних, інтелектуальних систем, які постійно ускладнюються. Переобтяження елементами, взаємозв'язками та обсягом інформації, яка циркулює в даних системах обумовлює розробку нових інформаційних технологій управління, контролю та діагностування. Під час функціонування складної інформаційно-технічної системи можуть виникати у непередбачений момент аномалії, події та різного роду розлади параметрів, що приводить до прийняття помилкових рішень або відмови всієї системи. Тому, постає сучасна науково-прикладна проблема, яка полягає у розробці інформаційної розподіленої функціонально стійкої системи управління динамічними об'єктами різного призначення.

Для формування інформаційної системи управління (ISU) використовуються структурні моделі (MS), логічні моделі (ML),

¹Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка, м. Київ

еволюційні моделі (*ME*) та інформаційні моделі (*MI*). Оскільки зміна функціональної стійкості системи (*FS*) проявляється по відношенню до розподілених динамічних об'єктів (*RRO*) у цілому, то виникає необхідність у розробці методу синтезу окремих компонентів *ISU*. Дані компоненти будимо розглядати в рамках окремих моделей. Одна із загально прийнятих інтерпретацій причин зменшення функціональної стійкості полягає у тому, що до них відносять виникнення несправностей в системі та дію зовнішніх факторів на відповідний динамічний об'єкт в процесі його функціонування. Прийmemo до уваги, що рівень абстракції опису системи в рамках різних моделей можна представити у вигляді співвідношення [1, 2]:

$$MS \Rightarrow ML \Rightarrow ME \Rightarrow MF \Rightarrow MI,$$

де \Rightarrow – означає перехід від моделі з вищим рівнем абстракції до моделі з нижчим рівнем абстракції опису управління, *MF* – модель, що вміщає описи фізичних процесів, які реалізуються при взаємодії динамічних об'єктів RO_i з оточуючим середовищем. Зміна рівня абстракції моделями *MS* і *ML* визначається тим, що в *MS* формуються ланцюги реалізації процесу управління на основі даних про наявність тих, чи інших зв'язків між компонентами, що відображаються вершинами графу, а у випадку *ML*, крім зв'язків між компонентами, аналізується логіка функціонування окремої компоненти та взаємозв'язок цієї логіки з іншими компонентами. Зміна рівня абстракції між логічною моделлю та еволюційною моделлю полягає у тому, що в еволюційній моделі визначаються зміни значень параметрів, які характеризують окрему компоненту з точки зору її функціональних можливостей. При цьому, відповідні параметри можуть використовуватися як критерії для вибору тих, чи інших функцій, або компонент з моделі *ME*. В *ME* зміни параметрів реалізуються на основі використання генетичних перетворень. Зміна значень параметрів може приводити до зміни значень логічних змінних, якщо в результаті такої зміни відповідна логічна змінна переходить в протилежну область інтерпретації. Параметри генетичних перетворень в *ME* визначаються на основі використання обслуговуючих функцій, що реалізуються у вигляді ймовірнісних функцій, або реалізуються на основі використання розмитих перетворень [2 – 4].

Актуальність. Серед невирішених проблем на сьогодні залишається задача синтезу окремих компонент інформаційних розподілених функціонально стійких систем управління динамічними об'єктами [5 – 7].

Тому, **метою статті** є розробка методу синтезу окремих

моделей, на прикладі MS і ML , розподілених функціонально стійких систем управління динамічними об'єктами.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розглянемо, яким чином відбувається синтез моделей MS і ML з метою більш повного опису процесів реалізації розв'язку задач управління в ISU . Для цього введемо декілька тверджень [5].

Твердження 1. Якщо в графі $G(E, V)$ існують виділені вершини e_i^y , то можна побудувати набір підграфів K_1, \dots, K_m , які представляють собою ізоморфізм графа $G(E, V)$.

Твердження 2. Розподіл $f_1 \geq f_2 \geq \dots \geq f_m$ побудований на основі $A_i(Pr_i)$ є графічний та приводить до структурної моделі MS , що описується графом $G(E, V)$, який має f фактор.

Твердження 3. Якщо $G(E, V)$ описує MS та формується на основі $A(Pr_i)$, то в $G(E, V)$ існують ланцюги, або шляхи $\omega_i = \{v_i^d \rightarrow \dots \rightarrow v_i^c\}$, для яких всі v_i^d і v_i^c , де $(v_i^d \& v_i^c) \in G(E, V)$. Наявність в $A(Pr_i)$ окремих кроків $\alpha_i(Pr_i)$, що можна записати у вигляді

$$A(Pr_i) = \{\alpha_1(Pr_i) \rightarrow \alpha_2(Pr_i) \rightarrow \dots \rightarrow \alpha_m(Pr_i)\}.$$

Будь-який синтез передбачає виділення спільних параметрів компонент чи інших факторів, на основі яких можна проводити синтез. У випадку MS і ML до таких спільних факторів відносяться:

зі сторони MS – ланцюги розв'язку задач, що формуються у наведеному графі $G_i(E, V_i)$. В ньому крім функцій навантаження параметрів управляємості (U) існує часова розмітка $T_i = \{t_{i1}, \dots, t_{im}\}$, яка реалізує синхронізацію процесів функціонування, що активізуються системою ISU в структурі RRS ;

зі сторони ML – компоненти є логічні рівняння, що описують логіку розв'язку задачі. Вони описуються за рахунок оперуючих логічних змінних x_i та часових міток часу t_i , які використовуються для синхронізації процесів функціонування системи ISU і мають вигляд логічної формули $\Lambda = [L_1(x_{11}, t_{11}), \dots, L_i(x_{ij}, t_{ij})]$.

У загальному випадку, синтезована модель $\mathfrak{Z} = \Phi(MS, ML)$ може бути представлена в наступному вигляді

$$\mathfrak{S} = \Phi[G(E, V, U, T), \Lambda(L_1(x_{11}, t_{11}), \dots, L_i(x_{ij}, t_{ij}))],$$

яку на більш детальному рівні можна представити у вигляді наступної системи співвідношень:

$$\mathfrak{S} = \Phi\{\omega_1(U_1(e_1, t_1)) * \dots * \omega_m(U_m(e_m, t_m)) * L_1(x_{11}, t_{11}) * \dots * L_i(x_{ij}, t_{ij})\}.$$

Розглянемо наступне твердження.

Твердження 4. Синтез MS і ML не приводить до структурних та логічних аномалій в синтезованій моделі \mathfrak{S} .

Прийmemo, що в $\Lambda[L_1, \dots, L_m]$ відсутня суперечність або не існує виводу $\Lambda[L_1, \dots, L_m] \rightarrow [(L_i^V \& \neg L_i^V) \vee (l_{ij}^V \& \neg l_{ij}^V)]$. Прийmemo, що в $G(E, V, U, T)$ не має тупикових вершин, чи нескінчених циклів у ланцюгах $\omega_i \in G_i$. При проведенні синтезу в моделі \mathfrak{S} кожний ланцюг ω_i суміщається з вершиною L_i , яка описує логіку розв'язку задачі з вхідними даними і ціллю C_i . При виконанні одного кроку розв'язку в $L_i(x_{i1}, \dots, x_{im})$, реалізується обчислення значень формул $l_{ijk}(x_{ik}, \dots, t_r * x_{ir}, \dots, x_{im})$, що входять у L , де індекс j визначає фрагмент $j_{ij} \in L_i$. В рамках $G(E, V, U, T)$ виділяються фрагменти $\omega_{ij} = \omega_{ij1} * \dots * \omega_{ijk}$, які мають стільки вузлів, скільки різних фрагментів $j_{ij} \in L_i$. Логічні змінні $x_{ij} \in l_{ijk}$, визначають вузли, які приймають участь у реалізації поточного переходу в ω_{ij} або $e_i(u_i, t_i) \rightarrow e_{i+1}(u_{i+1}, t_{i+1})$. Це означає, що $l_i \rightarrow l_{i+1} * l_{i+2} * \dots * l_{i+k}$ описують ланцюги ω_i , в яких реалізується шлях

$$\omega_i[e_i(u_i, t_i) \rightarrow e_{i+1}(u_{i+1}, t_{i+1}) * \dots * e_{i+j}(u_{i+j}, t_{i+j}) * \dots * e_i^C].$$

Змінні в $l_i(x_{i1} * \dots * x_{i+r} t_j * \dots * x_{i+n})$ описують умову реалізації переходу в ω_i , що можна записати у вигляді:

$$\omega_{ij} = l_{ij}(u_{ij} t_j) \& l_{ij}(x_{i1} * \dots * t_j x_{i+j} * \dots * x_{im}) \rightarrow [e_{ij}(u_j t_j) \rightarrow e_{ij+1}(u_{j+1} t_{j+1})].$$

Таким чином, кожна l_{ij} описує на логічному рівні можливість реалізації $e_{ij} \rightarrow e_{ij+1}$, якщо $l_{ij} = 1$. Змінні x_{ij} в l_{ij} інтерпретують результати реалізації переходів $e_{ij-k} \rightarrow e_{ij-k+1}$, в яких відповідні x_i інтерпретують результати реалізації Pr_i на цих етапах. Можна стверджувати, що x_{ij} інтерпретують $e_{ij}, e_{ij-1}, \dots, e_{ij-r}$ на етапах

реалізації $e_{ij+1} \rightarrow e_{ij+2}$. Якщо реалізується етап $e_{ij+1} \rightarrow e_{ij+2}$, то це означає, що на етапі $e_{ij-2} \rightarrow e_{ij-1}$, як і на етапі $e_{ij-1} \rightarrow e_{ij}$ реалізація переходів не суперечлива. Припустимо, що $e_{ij-2} \rightarrow e_{ij-1}$ реалізується, але $e_{ij-2} \rightarrow e_{ij-1}$ суперечлива або має місце співвідношення $(l_{ij-2} \rightarrow l_{ij-1}) \rightarrow (l_{ij} \& \neg l_{ij})$. Це означає, що $e_{ij} \rightarrow e_{ij+1}$ не реалізується, оскільки посилки є не визначеними. З початкових припущень $e_{ij} \rightarrow e_{ij+1}$ не допускає тупикових ситуацій, отже прийняте припущення не правильне. З цього виникає, що приведені твердження є вірні.

У відповідності з приведеним твердженням, інтерпретація x_{ij} з L_i відповідає оцінці допустимості окремих вершин, що приймають участь в ω_i . Фрагменти логічних формул $l_{ij}(x_{ij} * x_{ij+1} * \dots * t_j x_{ij+k} * \dots * x_{ij+m})$ описують умову можливості реалізації поточного переходу $e_{ij+m}(u_{j+m}, t_{j+m}) \rightarrow e_{ij+m+1}(u_{ij+m+1}, t_{ij+m+1})$. Часова мітка t_i в логічних формулах $L_i(x_{i1}, \dots, x_{ij} t_j, \dots, x_{im})$ визначає інтервали часу в межах яких поточне значення параметра x_{ij} допускає позитивну інтерпретацію або $x_{ij} = 1$. По завершенню цього інтервалу t_j , відповідна змінна отримує інтерпретацію $x_{ij} = 0$.

В рамках описів у фрагментах структури моделі \mathfrak{Z} часові розмітки t , що присутні в $e_{ij}(u_j, t_j)$, визначають інтервали часу, в яких до e_{ij} використовується вага u_j , яка здійснює формування інтерпретації вершини e_{ij} . Якщо $e_{ij}(u_j, \neg t_j)$, то це означає, що структурні зв'язки $(e_{ij-1} \rightarrow e_{ij}) \& (e_{ij-k} \rightarrow e_{ij})$ є можливими, але їх активізація є не допустима. Оскільки, при $t_j = \neg t_j$ відповідна логічна формула $l_{ij}(x_{ij} * \dots * t_j x_{ij} * \dots * x_{ij+k})$ має інтерпретацію $l_{ij} = 0$, що представляє собою негативну посилку і активізує перехід $e_{ij} \rightarrow e_{ij+1}$.

У будь якій системі управління динамічними об'єктами в масштабі реального часу реалізується, що найменш, одна з можливих інтерпретацій, як послідовна в часі сукупність подій [7]. Це означає,

що сукупність подій $H = \{h_1, \dots, h_n\}$, яка повинна описувати процес управління системою S , повинна бути впорядкована і відповідає уявленням про решітку (вводиться в алгебрі [8]).

Розглянемо наступне твердження, яке обумовлює можливість реалізації алгоритму синтезу MS і ML .

Твердження 5. Алгоритм синтезу $A_i = \Phi\{G(E, V, U, T), \Lambda(L_1, \dots, L_m, T)\}$ є скінченим, якщо має місце твердження 4.

Алгоритм $A_i = \Phi\{G(E, V, U, T), \Lambda(L_1, \dots, L_m, T)\}$ може бути не скінченим тільки в тому випадку, коли породжує нескінчені перетворення. Це обумовлено тим, що він оперує із скінченими об'єктами $G(E, V, U, T)$, що описує MS та $\Lambda(L_1, \dots, L_m, T)$, що описує ML . До нескінчених перетворень може дійти тільки в тих випадках, коли A_i зациклюється. Основною задачею A_i , як алгоритму, що реалізує синтез двох моделей MS і ML є описування одного і того ж процесу, який полягає у створенні спільної моделі $\mathfrak{Z} = \{MS, ML\}$. Ця модель не повинна приводити до конфліктних ситуацій у процесі, який відбувається в MS і ML . В першому випадку, однією з конфліктних ситуацій є зацикловання процесу розв'язку задачі, що приводить A_i до нескінченості. В другому випадку, конфліктною ситуацією є занадто великі затримки процесу реалізації розв'язку задачі, що для об'єктів типу RO_i не допустимо. Наступним типом конфліктної ситуації є виникнення на деякому кроці його функціонування недопустимих величин невизначеності. Це може привести до повного дострокового розв'язку або до завершення процесу розв'язку, яке не відповідає цілі ініційованої задачі. Таким чином, досягається фальшива ціль.

Оскільки синтез $\Phi[MS, ML]$ не передбачає змін, які впливають на функціональні можливості моделей MS і ML , то скінченність алгоритму A_i буде полягати у перетвореннях, які б не вносили аномалій в $\mathfrak{Z} = \{MS, ML\}$.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянемо доведення твердження 5.

Згідно з твердженням 4, синтез MS і ML не приводить до структурних та логічних аномалій в $\mathfrak{Z} = \{MS, ML\}$. Це означає, що в \mathfrak{Z}

у результаті синтезу або в алгоритмі $A_i[MS, ML]$ не виникає аномалій. Формально, це можна записати у вигляді:

$$\neg[A_i[G(E, V, U, T), \Lambda(L_1, \dots, L_m, T)] \rightarrow (\exists^* \& \neg \exists_i^*)].$$

Припустимо, що $A_i[G(E, V, U, T), \Lambda(L_1, \dots, L_m, T)] \rightarrow (\exists^* \& \neg \exists_i^*)$.

В цьому випадку, алгоритм $A_i[MS, ML]$ не повинен закінчувати процес синтезу, оскільки він повинен бути нескінченим. Але в силу існування останньої імплікації, A_i завершує свою роботу. Це означає, що припущення є не вірним. Розглянемо випадок, коли $A_i[G(E, V, U, T), \Lambda(L_1, \dots, L_m, T)] \rightarrow [\omega_i(e_{i1} \rightarrow e_{i2} \rightarrow \dots \rightarrow e_{im} \rightarrow e_{i1})]$.

Оскільки схема $\omega_i(e_{i1} \rightarrow e_{i2} \rightarrow \dots \rightarrow e_{im} \rightarrow e_{i1})$ є скінченою з точки зору її відображення в силу того, що $G(E, V, U, T)$ є структурно скінченою, то алгоритм $A_i[MS, ML]$ закінчив свою роботу, це суперечить умові припущення. Тому твердження є вірним.

4. ВИСНОВКИ

Таким чином, за допомогою запропонованого методу синтезу окремих компонент можна будувати інформаційні розподілені функціонально стійкі системи управління динамічними об'єктами.

1. Зыков А.А. Основы теории графов / А.А. Зыков. – М.: Наука, 1978. – 384 с.
2. Коробчинський М.В. Аналіз інформаційних складових, що використовуються для забезпечення функціональної стійкості системи управління рухомими об'єктами / М.В. Коробчинський // Зб. наук. праць "Системи управління, навігації та зв'язку". – 2013. – №4 (28). – С.28-34
3. Гренадер У., Фрайбендер В. Краткий курс вычислительной вероятности и статистики. М.: Наука, 1978. – 320 с.
4. Ярушкіна Н.Г. Основы теории нечётких и гибридных систем. М.: Финансы и статистика, 2004. – 280 с.
5. Korobchinskiy M. Design of dynamic structural models of information management system of moving objects / M. Korobchinskiy, O. Mashkov // Informatyka, automatyka, pomiaryw gospodarceiochronie środowiska. – Lublin: CentrumInnowacjiTransferuTechnologiiLubelskiegoParkuNaukowo-Technologicznego, 2013, nr 4. – P.78–80.
6. Коробчинський М.В. Аналіз возможностей средств математической логики в выявлении аномалий в системе управления БПЛА// М.В. Коробчинський / Збірник наукових праць Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова. – К.: НАН України, 2012. – Вип. 65. – С.165-172.
7. Коробчинський М.В. Аналіз окремих аспектів використання логічних моделей в задачах виявлення аномалій // М.В. Коробчинський // Зб. наук. праць "Моделювання та інформаційні технології". – 2013. – №69. – С. 112-119.
8. Самарський А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарський, А.П. Михайлов. – М.: Наука, 1997. – 368 с.