

Сергій Анатолійович Микусь

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТОПОЛОГІЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ УПРАВЛІННЯ ЗВ'ЯЗКОМ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТРУКТУРНОЇ СКЛАДНОСТІ

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

В сучасних умовах розвитку системи зв'язку і автоматизованого управління військами (АУВ) одним зі наважливих напрямків забезпечення заданого рівня ефективного функціонування є заходи щодо оптимізації топології спеціальної мережі управління зв'язком (СМУЗ). При розробці та проектуванні системи зв'язку і АУВ виникає необхідність оцінки ефективності запропонованих топологій за критерієм складності.

Дослідження та аналіз існуючої теорії складності, а саме складних процесів і систем по показникам алгоритмічної складності, обчислювальної складності, структурної складності, складності графу, трудомісткості та інших, показав відсутність відповідної методики для оцінки структурної складності топології СМУЗ. Наукові дослідження, в цьому напрямку, мають важливе значення для оцінки ефективності процесу побудови функціонально стійкої системи зв'язку і АУВ.

Відомо, що теорія складності виникла як результат спроби розв'язання задач великої розмірності, які неодмінно виникають при проектуванні складних технічних систем. Вирішенню цих питань присвячено значну кількість літератури [1,2,3 та ін.], проте реалізація положень теорії складності у кожному конкретному випадку вимагає удосконалення підходів та методів стосовно особливостей конкретної галузі застосування.

Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Метою статті є доведення результатів щодо розробки методики оцінки топології СМУЗ за показниками структурної складності.

Топологія СМУЗ, подана у вигляді орієнтованого навантаженого графа, являє собою сукупність трьох множин. До множин вершин $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ і дуг $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ додається множина ваг $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$, кожний елемент якої співставлено дузі $e_i \in E$, $i = 1, m$, та вершині $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$. Таким чином, топологія системи зв'язку і АУВ являє собою граф:

$$S = (V, E, G). \quad (1)$$

На рис. 1 наведено приклади простих топологій СМУЗ у вигляді сильно зв'язних навантажених орієнтованих графів.

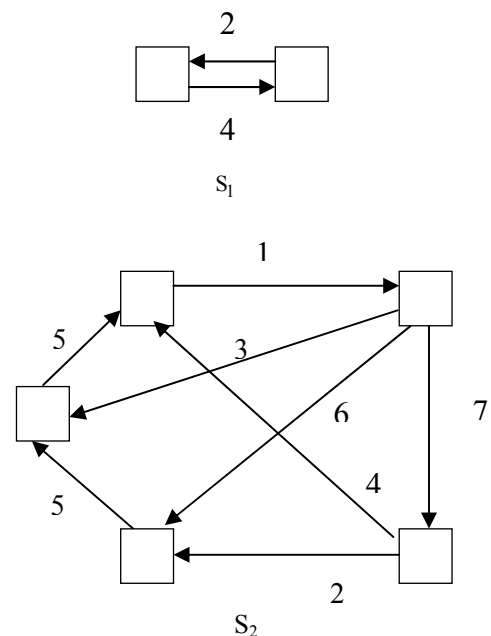


Рис. 1. Приклади простих топологій СМУЗ

Дослідження показали, що оцінка складності топології СМУЗ по кількості вузлів в деяких умовах не дає однозначного результату порівняння і тому потрібні подальші дослідження в цьому напрямку. З іншої сторони оцінка складності системи через повторність зв'язків між вершинами графу, яка описується так званою контурністю також потребує удосконалення. Але ці властивості безумовно мають вплив на складність топології СМУЗ.

Аналіз існуючих підходів щодо оцінки структурної складності показав, що перед обчисленням структурної складності треба виконати оцінку пріоритетності дуг – сортування дуг по наступних ознаках, які перераховані в послідовності перевірки: числу контурів, що проходять через дугу (по убуванню); ваги дуги (по зростанню); індексу початку дуги (по зростанню);

індексу кінця дуги (по зростанню). При такому впорядкуванні найбільш пріоритетною виявиться дуга, що входить у максимальне число контурів, і, якщо таких дуг мало, то більш пріоритетною буде дуга, що має меншу вагу. Навпаки, найменш пріоритетною виявиться дуга, що входить у мінімальне число контурів, і, якщо таких дуг мало – дуга з максимальною вагою. Сортування дуг супроводжується перестановкою стовпців матриці контурів: стовпці матриці контурів групуються по убутанню сумарної кількості одиничних елементів у цих стовпцях; якщо виникли підматриці зі стовпців з однаковою кількістю одиниць, розставляємо стовпці по убутанню ваги відповідних їм дуг. Якщо в одній підматриці перебувають дуги з однаковою вагою й однаковим числом одиниць у відповідних стовпцях, тоді розставляємо їх у лексиграфічному порядку по індексах дуг [3].

Ступень пріоритетності дуги (2) – мультиплікативна величина, що пояснюється необхідністю балансу структурних і алгебраїчних властивостей дуги. Алгебраїчні властивості навантаженої дуги проявляються в першому співмножнику: чим вага більше, тим пріоритет дуги менше. Структурні властивості дуги оцінюються другим співмножником – чим менше приріст складності в чисельнику дробу, тим у меншій мірі дуга може вплинути на оцінку структурної складності; фактично це частинна похідна структурної складності по вазі дуги, що обчислюється методом кінцевих різниць.

$$Ske(e_i; \Delta g) = \frac{\Delta}{g_i^2} \frac{Sk^{IV}(S|e_i \approx g_i + \Delta g) - Sk^{IV}(S)}{\Delta g}, \quad (2)$$

$i = \overline{1, m}$

Пояснимо формулу (2):

$Ske(e_i; \Delta g)$ – ступінь пріоритетності дуги e_i ; функція має параметр Δg ;

знаки $\underline{\Delta}$ та \approx означають, відповідно, «дорівнює за визначенням» і «співставлено», тобто присвоєно локально в межах терма;

$Sk^{IV}(S|e_i \approx g_i + \Delta g)$ – структурна складність орграфу S , у якому дузі e_i зіставлена вага g_i із приростом $\Delta g > 0$.

В монографії [3] розроблені методики та відповідні алгоритми формування навантажених матриць інцидентності, суміжності та контурів, а також матриці складності (3), яка є добутком двох добутків: добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності та транспонованої матриці контурів і транспонованого добутку навантажених матриць суміжності, інцидентності і транспонованої матриці контурів.

Пропонується методика оцінки топології СМУЗ за показниками структурної складності (рис. 2) через норму матриці складності (4)

$$W = (XBC^T)(XBC^T)^T, \quad \dim W = (n \times n) \quad (3)$$

Даний підхід дозволяє врахувати кількість вузлів, зв'язків, контурів, вагу як вузлів так і зв'язків.

Тоді показник структурної складності топології СМУЗ у вигляді навантаженого сильно пов'язаного орієнтованого графа

$$Sk^{IV}(S) = \|W\|_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \lambda_i(W) \quad (4)$$

де $\lambda_i(W)$, $i = \overline{1, n}$ – спектр матриці W .

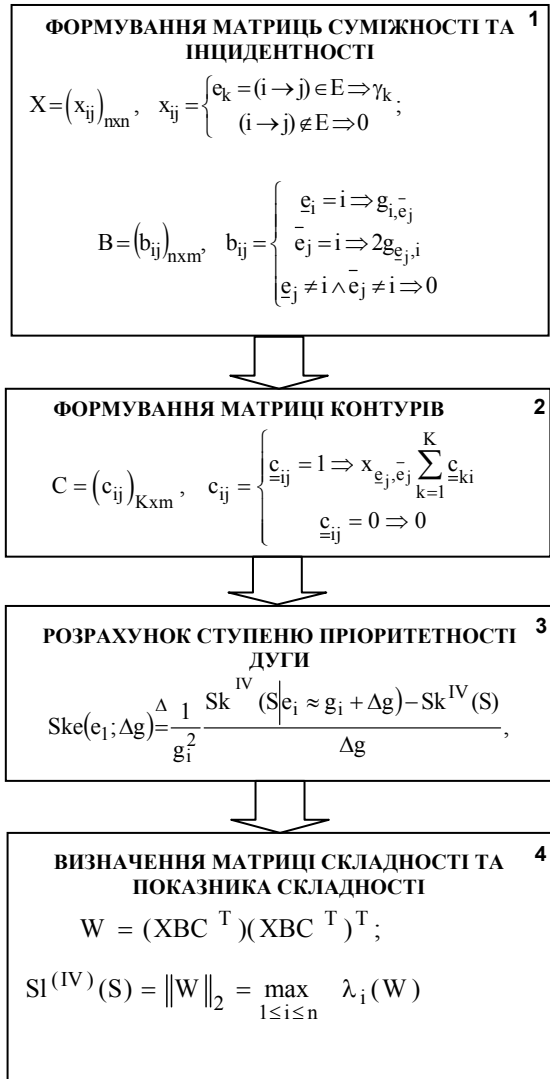


Рис. 2. Методика оцінки топології спеціальної мережі управління зв'язком за показниками структурної складності

У формулі (4) немає потреби в точності визначення норми матриці, погодженої з Евклідовою нормою вектора [3], відповідно до якого $\|W\|_2 = \max_{1 \leq i \leq n} |\lambda_i(W)|$ знак модуля можна

опустити, тому що матриця складності є симетричною, позитивно визначеною. Алгоритм, за яким виконується розрахунок виразу (4) значно відрізняється в кращу сторону від існуючих.

Для приклада розглянемо топологію СМУЗ, яка зображена на рис. 3.

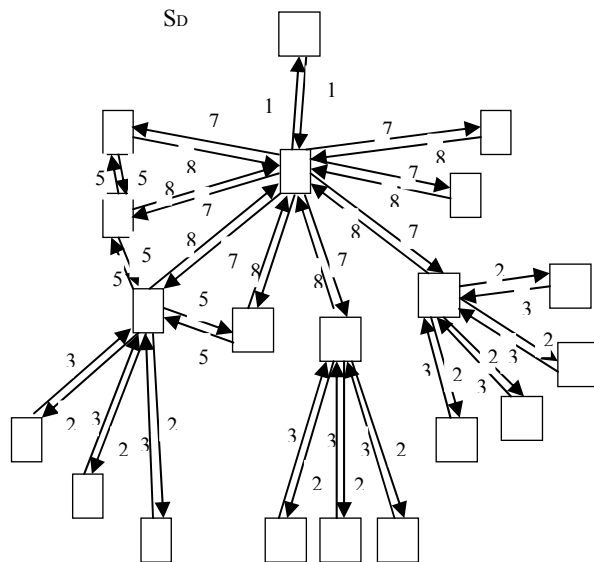


Рис. 3. Топологія спеціальної мережі управління зв'язком S_D .

На рис. 4 наводиться діаграма пріоритетності дуг структури S_D .

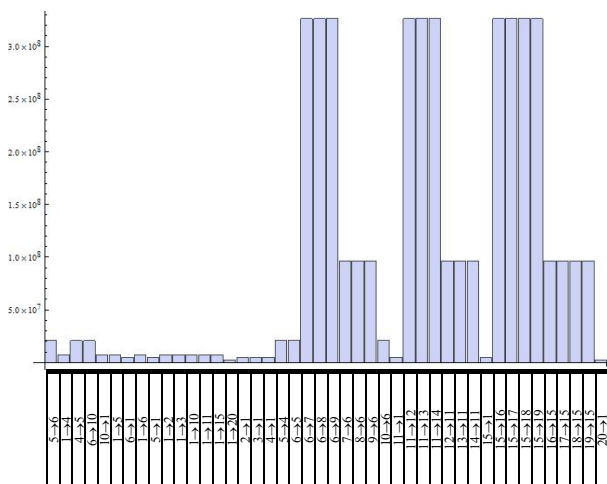


Рис. 4. Діаграма пріоритетності дуг структури S_D

Аналіз діаграми (рис.4) дає змогу говорити про наявність трьох «слабких» місць в структурі S_D , які обумовлюються здебільшого малою вагою дуг, що сполучають елементи системи. Таким чином пріоритетними у даній структурі є дуги $6 \rightarrow 7$, $6 \rightarrow 8$, $6 \rightarrow 9$, $11 \rightarrow 12$, $11 \rightarrow 13$, $11 \rightarrow 14$, $15 \rightarrow 16$, $15 \rightarrow 17$, $15 \rightarrow 18$, $15 \rightarrow 19$, які мають найменшу вагу, незважаючи на те, що самі по собі ці дуги можуть розривати лише по одному контуру кожна. Залишаючи незмінними значення параметричностей всіх дуг, крім першої (при одиничній вазі дуг вона була найбільш пріоритетною, оскільки входила до 5 елементарних контурів), зменшимо g_1 від 5 до 1. Дуга ($5 \rightarrow 6$) знову набуває своєї найбільшої пріоритетності і стає критичною, оскільки її вага, разом з розташуванням визначають ступінь пріоритетності.

Висновки

Запропонований підхід оцінки структурної складності топології спеціальної мережі управління зв'язком через норму матриці складності дозволяє врахувати кількість вузлів, зв'язків, контурів, а також вагу як вузлів так і зв'язків, що є дуже важливим при оцінці та оптимізації великих і розгалужених структур. При обчисленні показників структурної складності враховуються оцінки пріоритетності дуг – число контурів, що проходять через дугу; вага дуги; індекс початку та кінця дуги. При такому впорядкуванні найбільш пріоритетною виявиться дуга, що входить у максимальне число контурів, і, якщо таких дуг мало, то більш пріоритетною буде дуга, що має меншу вагу. Навпаки, найменш пріоритетною виявиться дуга, що входить у мінімальне число контурів, і, якщо таких дуг мало – дуга з максимальною вагою. Сортування дуг супроводжується перестановкою стовпців матриці контурів: стовпці матриці контурів групуються по убутанню сумарної кількості одиничних елементів у цих стовпцях; якщо виникли підматриці зі стовпців з однаковою кількістю одиниць, здійснюється розстановка стовпців по убутанню ваги відповідних їм дуг. Якщо в одній підматриці перебувають дуги з однаковою вагою й однаковим числом одиниць у відповідних стовпцях, тоді стовпці сортуються у лексиграфічному порядку за індексами дуг.

Література

1. Биркгоф Г. Теория структур / Г. Биркгоф. – М.: Мир, 1982. – 302 с. 2. Николис Г. Познание сложного / Николис Г., Пригожин И. – М.: Мир, 1990. – 343 с. 3. Подольский В. Е. Повышение эффективности региональных образовательных компьютерных сетей с использованием элементов структурного анализа и

теории сложности / Подольский В. Е., Толстых С. С. – М.: Машиностроение, 2006. – 176 с. 4. Неділько С. М. Основи теорії функціональної стійкості автоматизованої системи управління повітряним рухом / С. М. Неділько. – Кіровоград: ДЛАУ, 2011. – 220 с.

Предложена методика оценки топологии специальной сети управления связью системы связи и автоматизации управления войсками по показателям структурной сложности.

Ключевые слова: структурная сложность, системы управления связью, системы связи и автоматизированного управления войсками.

The methods of estimation of topology of the special network of communication control of the system of communication and automation of troop command and control by the indexes of structural complexity are offered.

Key words: structural complexity, communication control systems, system of communication and automation of troop command and control.