

**МЕТОД КОМПОЗИЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
НА МОБІЛЬНІЙ ПЛАТФОРМІ**

Ткачов В.М.

e-mail: vitalii.tkachov@nure.ua

Науковий консультант – д.т.н., проф. Рубан І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ЕОМ
м. Харків, Україна

The paper addresses the problem of ensuring functional resilience of information systems deployed on mobile platforms operating under limited resources and intermittent connectivity. A method of compositional provision of functional resilience is proposed based on forming alternative service compositions and adaptive system reconfiguration according to current resource conditions. An integral indicator of compositional resilience is introduced to evaluate system operability considering service states, resource usage, reconfiguration costs, and communication channel availability. The method enables adaptive operational control and improves survivability of mobile information systems in dynamic environments.

Інформаційні системи, розгорнуті на мобільних платформах (ІСМП), використовуються для обробки потоків даних сенсорів, телеметрії та відеоспостереження у реальному часі [1]. Такі системи застосовуються у мобільних робототехнічних комплексах, безпілотних платформах, системах польового моніторингу та мобільних аналітичних пунктах.

Типова архітектура ІСМП включає модулі прийому даних, обчислювальні сервіси обробки, аналітичні модулі формування рішень та підсистему передачі результатів до віддалених центрів керування. Обчислювальна інфраструктура ІСМП формується бортовими процесорними модулями, графічними прискорювачами, накопичувачами даних та мережевими інтерфейсами [2].

Функціонування ІСМП відбувається в умовах обмежених ресурсів мобільної платформи та змінної доступності каналів зв'язку. Факторами дестабілізації є перевантаження обчислювальних вузлів, енергетичні обмеження платформи та деградація окремих сервісів ІСМП, у тому числі через дію зовнішніх чинників [3].

У таких умовах виникає задача забезпечення функціонування ІСМП шляхом адаптивної реконфігурації її сервісів. Це вимагає розроблення методів композиційної функціональної стійкості, які дозволяють підтримувати виконання основної функції ІСМП за рахунок зміни активної конфігурації сервісів і перерозподілу ресурсів.

Нехай ІСМП буде представлена як сукупність сервісів:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\} \quad (1)$$

де сервіси реалізують окремі функціональні компоненти ІСТМ, наприклад, сервіс реєстрації інформації, обробки, аналізу, формування результатів, передачі тощо.

Сервіси використовують ресурси мобільної платформи як то процесорна потужність, оперативна пам'ять, підсистеми зберігання даних тощо.

Основна функція ІСТМ (1) реалізується композицією активних сервісів. При цьому існує множина допустимих композицій сервісів:

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k\}. \quad (2)$$

Кожна з композицій (2) забезпечує виконання критичної функції ІСТМ за різних ресурсних умов. Наприклад, повна композиція може включати всі сервіси системи, тоді як деградована композиція може виключати ресурсоємні модулі обробки даних.

Метод композиційного забезпечення функціональної стійкості полягає у формуванні множини альтернативних композицій сервісів, які можуть забезпечувати виконання основної функції ІСТМ. У разі зміни ресурсних умов експлуатаційне керування ІСТМ виконує реконфігурацію сервісної структури.

Пропонується інтегральний показник композиційної функціональної стійкості ІСТМ:

$$S(t) = \max_{\omega \in \Omega} \int_t^{t+T} \left[\sum_{s_i \in \omega} w_i q_i(\tau) - \sum_{r_k \in R} \alpha_k \left(\frac{\sum_{s_i \in \omega} u_{ik}(\tau)}{R_k(\tau)} \right)^{\gamma_k} - \beta \frac{\Delta C(\omega, \tau)}{C_{\max}} \right] \cdot \chi(\tau) d(\tau) \quad (3)$$

де $q_i(\tau)$ – індикатор працездатності сервісу; w_i – ваговий коефіцієнт значущості сервісу; $u_{ik}(\tau)$ – інтенсивність використання ресурсу r_k сервісом s_i ; $R_k(\tau)$ – доступний обсяг ресурсу платформи; α_k – коефіцієнт інтенсивності використання ресурсу; γ_k – параметр нелінійності ресурсного навантаження; $\Delta C(\omega, \tau)$ – ресурсна вартість реконфігурації сервісної композиції; $C_{\max}$ – максимальна допустима вартість реконфігурації; β – коефіцієнт інтенсивності реконфігурації; $\chi(\tau)$ – індикатор доступності каналу передачі даних.

Показник (3) характеризує інтегральну функціональну спроможність ІСТМ на інтервалі часу T з урахуванням: стану сервісів, інтенсивності використання ресурсів, ресурсних витрат на реконфігурації, доступність каналів зв'язку.

Оптимальна композиція сервісів визначається умовою:

$$\omega^*(t) = \arg \max_{\omega \in \Omega} S(t) \quad (4)$$

при обмеженні часу реконфігурації ІСТМ та за ресурсних обмежень.

Таким чином експлуатаційне керування ІСТМ зводиться до задачі оптимального вибору композиції сервісів (4), що забезпечує максимальний рівень функціонування ІСТМ за наявних ресурсних умов.

Експлуатаційне керування реалізується у вигляді циклу адаптивної реконфігурації: «моніторинг стану ресурсів мобільної платформи» → «оцінка працездатності сервісів» → «формування допустимих композицій сервісів» → «оптимізаційний вибір конфігурації системи» → «реконфігурація сервісної структури».

Особливістю методу є врахування вікон зв'язності зі змінною тривалістю та пропускнуою здатністю. У випадку коротких вікон зв'язності система пріоритетно активує сервіси передачі результатів, а ресурсоємні обчислювальні модулі можуть бути тимчасово вимкнені або переведені у режим зниженої точності.

Запропонований метод може бути реалізований у вигляді програмного модуля експлуатаційного керування ІСМП. Такий модуль виконує оцінювання стану системи та визначає оптимальну конфігурацію сервісів у реальному часі. Метод може бути використаний у мобільних робототехнічних комплексах, системах безпілотного спостереження, польових аналітичних центрах та інших ІСТМ.

Запропонований метод забезпечує підвищення живучості ІСТМ та дозволяє підтримувати виконання критичних функцій у динамічних умовах експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Рубан І.В., Ткачов В.М. Багаторівнева модель інформаційної системи на мобільній платформі та формалізація критеріїв її живучості. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. Том 2 № 3(94). С. 399-409. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.3.2.51>
2. Tkachov V., Ruban I. Development of a predictive adaptive resource reallocation method with critical process dispatching in information systems on mobile platforms. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2026. Vol. 1, no. 3 (139). P. 6–23. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.350796>
3. Terenyk D., Kharchenko V. Choosing strategies for deployment and ensuring the reliability of a UAV swarm to support communications in destruction conditions. Innovative Technologies And Scientific Solutions For Industries. 2024. No. 3 (29). P. 91–103. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2024.3.091>