

Олешко Т.І., к.т.н. (НАУ, Україна)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ГЕНЕТИЧНИХ СХЕМ

*Генетичні моделі при їх застосування до телекомунікаційних систем в більшості випадків орієнтовані на опис та розв'язок задач, що носять характер прогнозування. У випадку ТКС задачі прогнозування способу їх функціонування мають свою специфіку. В доповіді досліджуються теоретичні закономірності функціонування ТКС на основі аналізу генетичних схем.*

Розглянемо детально поняття еволюційного способу функціонування системи. Слід відмітити, що еволюційні способи функціонування систем чи об'єктів можливі тільки в тому випадку, коли останні є достатньо складними і функціонують досить тривалий час, переважно, якщо час існування та функціонування таких об'єктів не є обмежений. З цього випливає, що такі об'єкти чи процеси можуть бути представлені у вигляді досить складних структур, в яких кожний елемент структури представляє собою окремих елемент системи, функціонування якої протікає паралельно, а зв'язки з системою в цілому здійснюється шляхом обміну вхідними та вихідними даними чи параметрами. Таким чином, сформулюємо наступну умову використання уявлень про еволюційний метод функціонування системи [1, 2].

Умова 1. Еволюційний спосіб функціонування може реалізовуватися тільки в такій технічній системі, яка є структурно складною, елементи такої структури мають високу міру функціональної незалежності, а процес функціонування системи не має часових обмежень.

Формально цю умову запишемо наступним чином:

$$[W = \Phi(\omega_1, \dots, \omega_n)] \& [(\omega_i \rightarrow \omega_j) \rightarrow f(P(\omega_i), P(\omega_j))] \& [T(W) \rightarrow \infty],$$

де  $\omega_i, \omega_j$  – окремі функціональні компоненти системи  $W$ ,  $f(P(\omega_i), P(\omega_j))$  – окремі параметри підсистем  $\omega_i$  і  $\omega_j$ ,  $T(W)$  – час функціонування системи  $W$ .

Друга вимога, яка визначає допустимість використання уявлень про еволюційне функціонування системи  $W$ , полягає у наступному. Система  $W$  повинна функціонувати в деякому середовищі  $V$ . Прийнемо наступну умову, яка визначить уявлення про функціонування  $W$  в  $V$ .

Умова 2. Система  $W$  функціонує в середовищі  $V$  в сенсі даної інтерпретації в тому випадку, якщо кожна  $\omega_i \in W$  зв'язана з окремими параметрами зовнішнього середовища  $P_i(v_i)$  і ці параметри впливають на локальні процеси  $\omega_i$ .

Формально цю умову запишемо у вигляді:

$$\omega_i = f[P_{i1}(v_1), \dots, P_{ik}(v_k)].$$

Третя умова визначає необхідність існування певної глобальної цілі, яка, поперше, забезпечує виконання умов 1 і 2 і не приводить до їх елімінації і є узгодженою на рівні логічної апроксимації зв'язку між глобальною ціллю і локальними цілями, яким підпорядковуються окремі підсистеми  $\omega_i$ . У еволюційних системах ціль не може описуватись у строго детермінованій формі, яка точно визначає її у вигляді конкретного значення одного або кількох параметрів чи однозначно описує її як деяку структуру, яку ціль може собою представляти. Тому розглянемо наступну умову.

Умова 3. В еволюційних системах опис цілі повинен допускати певним чином визначений діапазон її інтерпретації.

В даному випадку інтерпретація представляє собою не тільки певний діапазон значень для кожного з параметрів, що описує ціль, а й представляє собою деяку підмножину параметрів, які можуть входити в той чи інший опис цілі. Формально запишемо це наступним чином:

$$C(W) = f[\xi_1(\ell_1^1, \dots, \ell_k^1), \dots, \xi_m(\ell_1^m, \dots, \ell_n^m)],$$

де  $\xi_i$  – параметри, що описують ціль,  $f$  – функція, що описує структуру цілі,  $\ell_i^j$  – значення, які можуть приймати параметри  $\xi_i$  при різних варіаціях цілі  $C(W)$ .

Розглянемо параметри або ознаки, які будуть визначати процес функціонування еволюційним. Одними з таких параметрів є міра деградації об'єкта  $D(W)$ , а також швидкість  $V(P)$ , яка може характеризувати як еволюційний процес, так і процес деградації.

Перш ніж розглянути інші параметри, необхідно визначити шкалу вимірювань параметрів  $D(P)$  і параметра  $V(P)$  та визначити діапазон значень цих параметрів, в якому вони характеризують процес  $D(P)$ , процес еволюції  $E(P)$  і процес збалансованого функціонування  $B(P)$ . Очевидно, що повна відсутність деградації ( $D(P)=0$ ) ще не означає, що процес системи  $W$  є еволюційним. Параметр  $D(P)$  буде змінюватися на відрізьку  $[0, N]$ , де  $N$  – максимальна кількість хромосом  $x_i$ , що входить в популяцію  $P_i$ . Очевидно, що певний рівень міри деградації  $D(P)$  може мати місце і в системі, що знаходиться в стані  $B(P)$  чи  $E(P)$ .

Розглянемо ще один параметр, який будемо називати ефективністю функціонування системи і позначати його символом  $\Lambda(W)$ .

Очевидно, що функціонування технічної системи, особливо ТКС, завжди повинно задовольняти ціль, яка полягає у наданні послуг. Але якість послуг може бути різною по відношенню до певної шкали оцінок цих послуг. У випадку ТКС такою комплексною шкалою буде шкала значень параметрів, що описують якість надання послуг, а в даній інтерпретації це параметри, що описують ціль функціонування системи  $C(W) = \{P_1(c_1), \dots, P_m(c_m)\}$ , де  $c_i \in C$ . Очевидно, що кожний конкретний параметр має свою одиницю вимірювання, яка визначається предметною областю. Очевидно, що ціль функціонування системи, і ТКС в тому числі, описує на прикладі наведених параметрів допустимий діапазон відхилень значень параметра від визначеного як оптимальний. В такій інтерпретації цілі функціонування системи параметр ефективності її функціонування  $\Lambda(W)$  буде визначатися наступним співвідношенням:

$$\Lambda(W) = \sum_{i=1}^m \left\{ \left[ \log \left| \frac{P_i^*(c_i)}{P_i(c_i)} \right| \right]^{-1} \left[ P_i^*(c_i) \right] \right\},$$

де  $P_i^*(c_i)$  – оптимальне значення параметра цілі  $c_i$ ,  $P_i(c_i)$  – поточне значення параметра цілі. Тоді ефективність функціонування визначається сумою відносних величин відхилення кожного з параметрів від значень, які визначені або задані як оптимальні. Завдяки параметру ефективності  $\Lambda(W)$  досить просто визначити поточний стан процесу функціонування. Наведемо наступні визначення.

Визначення 1. В системі  $W$  реалізується процес збалансованих перетворень, якщо ефективність  $\Lambda(W)$  не виходить за задані границі, міра деградації  $D(W)$  також не виходить за задані границі, а швидкість зміни популяції не перевищує заданої величини  $v_i(W)$ , що формально записується у вигляді:

$$\begin{aligned} & [\Lambda(W) \geq \Lambda_{\min}(W)] \& [\Lambda(W) \leq \Lambda_{\max}(W)], \\ & D_{\min}(W) \leq D(W) \leq D_{\max}(W), \\ & V(W) \leq V_z(W). \end{aligned}$$

Визначення 2. В системі  $W$  виникає процес деградації, якщо ефективність функціонування системи дорівнює нулю, швидкість зміни параметрів наближається до нуля і, відповідно, якщо міра деградації зростає і прямує до свого максимального значення або

$$\Lambda(W) = 0, V_i(W) \rightarrow 0, D_i(W) \rightarrow D_{\max}(W).$$

Визначення 3. В системі  $W$  відбувається еволюційний процес, якщо міра деградації зменшується або дорівнює нулю, швидкість зміни параметрів не виходить за заданий діапазон, який приймається оптимальним, а опис цілі функціонування  $W$  розширяється шляхом зміни діапазону значень параметрів цілі або шляхом включення в опис цілі нових параметрів цілі.

Формально це записується в наступному вигляді:

$$[D_i(W) < D_{i-1}(W)] \& [D_{i-1}(W) < D_i(W) \rightarrow 0],$$

$$V_{\min}^*(W) \leq V_i(W) \leq V_{\max}^*(W),$$

$$C_i(W) = [\Delta' P_i(c_i) \rightarrow \Delta'' P_i(c_i)] \vee [P'_k(c_i) \subset U P_i(c_i)].$$

Оскільки ТКС функціонує без обмеження в часі ( $T(W) \rightarrow \infty$ ), то в процесі функціонування системи в заданому проміжку часу процес може мінятися, переходячи з процесу  $D(W)$  в процес  $B(W)$  і навпаки, а також переходячи в  $E(W)$ , а з  $E(W)$  він може переходити в  $B(W)$  або навіть в  $D(W)$ . Тому загальний фрагмент процесу, який ми будемо позначати як  $U(W)$ , може складатися з фрагментів  $B(W)$ ,  $D(W)$  і  $E(W)$ , що формально запишеться у вигляді:

$$U(W) = \{D_1(W), B_1(W), E_1(W), \dots, B_m(W), E_m(W)\}.$$

Загальний фрагмент  $U(W)$  будемо називати фундаментальним фрагментом. При експлуатації технічних систем виникає необхідність визначити характер фундаментального процесу в цілому. Ця необхідність обумовлена тим, що стосовно кожного складного об'єкту з необмеженим часом функціонування необхідно розв'язати задачу забезпечення можливості еволюційного розвитку системи в цілому. Це обумовлено тим, що з часом змінюються умови функціонування, змінюються вимоги до системи та міняються можливості її обслуговування та модернізації. Наприклад, у випадку ТКС існують фундаментальні фрагменти функціонування системи, які відрізняються один від одного значним еволюційним інтервалом функціонування, а саме перехід від аналогової трансмісії до цифрової або перехід від цифрових систем до систем типу АТМ і т.д. Можливий і такий підхід, який полягає у наступному. Деяка система функціонує в збалансованому режимі перетворень і засоби обслуговування системи забезпечують її перебування в процесі  $B(W)$ . Такий підхід приводить до деградації фундаментальних фрагментів або до  $D(U(W))$  і тоді на деякому етапі система  $W$  перейде в процес деградації  $D(W)$ . Ситуація, коли  $D(U(W)) \rightarrow D(W)$  є катастрофічною і може привести до незворотних процесів у функціонуванні системи  $W$ . У зв'язку з цим розглянемо наступні твердження.

Твердження 1. Фундаментальний процес  $U(W)$  є збалансованим  $B[U(W)]$ , якщо кожна частина  $U(W)$ , що вміщає  $D_i(W)$  переходить в  $B_i(W)$ .

Твердження 2. Фундаментальний процес є еволюційним, якщо має місце наступне:

$$\left\{ \left\{ \sum_{i=1}^m L[D_i(W)] \right\} < \left\{ \sum_{i=1}^n L[B_i(W)] + \sum_{i=1}^n L[E_i(W)] \right\} \right\} \& \\ [U(W) = \{B_1(W), D_1(W), \dots, B_n(W), E_n(W)\}]$$

Доведемо твердження 1. Нехай в  $U(W)$  існує фрагмент  $D_i(W)$ . Тоді можливі дві ситуації. Перша полягає в тому, що  $D_i(W)$  є остання у фрагменті, який завершає  $U(W)$ . В цьому випадку процес деградації продовжується до закінчення  $U(W)$  і він визначає характер  $U(W)$ , оскільки виділений інтервал часу  $\Delta T$  для визначення  $U(W)$  вичерпано. Друга ситуація полягає в тому, що  $D(W) \rightarrow B(W)$ . Це означає, що кількість клонів  $K(W)$ , що появилася в результаті  $D(W)$  або  $D(W) \rightarrow K(W)$ , не є критичною для досягнення цілі  $C_i(W)$ . Тому  $U(W)$  є збалансованим. Покажемо достатність цієї вимоги. Нехай  $D_i(W) \rightarrow B_i(W)$  у фрагменті  $U(W)$ . Для того, щоб  $U(W)$  був деградуєчим, необхідно, щоб  $K(W)$  стало більшим критичного або щоб виконувалася нерівність  $K(W) > K_{кр}(W)$ . Але в результаті  $D(W) \rightarrow K'(W)$  величина  $K'(W)$  не привела до дискретизації можливого  $B(W)$ , оскільки має місце  $D(W) \rightarrow B(W)$ . Отже, твердження 1. доведено і  $U(W)$  є збалансованим.

Доведемо твердження 2. Нехай  $\sum_{i=1}^m L[D_i(W)]$  більша від довжини суми всіх інших фрагментів процесу  $U(W)$ . Тоді протягом  $\Delta T[D(W)]$  сформується кількість клонів  $K(W)$ , яка буде більша від кількості  $x_i$ , що використовуються іншими фрагментами, оскільки перетворення  $GA(P_i)$  не приводять до зміни клонів в силу наступних причин. Величина  $f(x_1, \dots, x_n)$  для  $R(P_i)$  є домінуючою для  $K(x_i)$ , тому  $R_i(P_i)$  приведе до збільшення  $K_i(P_i)$ . Оскільки в основному в  $GA(P)$  використовуються рівномірні алгоритми генерації випадкових величин, то створення пари  $x_i$  і  $x_j$ , в якій один з елементів не входить в асоціацію клонів, мало ймовірно. Алгоритм  $M_i(x_i)$  значно менш ефективний по відношенню до алгоритмів  $R(P)$  і  $S(x_i, x_j)$  і тому не може радикально вплинути на процес породження  $K(x_i)$ . Тому умова, що  $\sum_{i=1}^m L[D_i(W)] < \sum_{i=1}^n L[B(W) \cup E(W)]$  є необхідною. Якщо останнім фрагментом в  $U(W)$  є  $E(W)$ , то і весь фрагмент  $U(W)$  є еволюційним, оскільки по твердженню 1. він може бути збалансованим тільки тоді, коли  $U(W) = \{B_1(W), \dots, B_n(W)\}$ .

### Список літератури

1. Holland I.H. Adaption in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence. London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.
2. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Харьков: Основа, 1997. – 112 с.