

О. В. Іванов,

Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-5941-8714
e-mail: o.ivanov@gmail.com;

Д. В. Козловська,

Національний авіаційний університет, Київ
orcid.org/0000-0002-4138-4464
e-mail: vvkzeos@gmail.com;

М. М. Євсюк, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет
orcid.org/0000-0002-3768-8959
e-mail: m.yevsiuk@lutsk-ntu.com.ua;

Я. М. Мельник,

Луцький національний технічний університет
orcid.org/0000-0001-7428-3064
e-mail: jar9245@gmail.com

БІНАРНА МОДЕЛЬ ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Вступ

Задача визначення раціонального складу складних радіотехнічних структур відноситься до класу оптимізаційних задач, більшість з яких не мають стандартних розв'язків і вимагають використання спеціалізованих алгоритмів пошуку рішень. В основному такі задачі відносяться до задач великої розмірності, що вимагають декомпозиції системи нерівностей (рівнянь) на підсистеми меншого розміру (принцип декомпозиції Д. Вулфа, процедури розчленування Розена і Бендерса) [1, 3, 6]. Складність математичного аналізу, аналізу стабільності і оптимального рішення вимагає використання числових методів а також застосування методів перевірки незалежності цільової функції та функцій зв'язку, наприклад, перевірки функцій на випуклість для визначення одноmodalності задачі.

При розв'язанні таких завдань результуюче рішення вибирається з великого набору варіантів (альтернатив). Формалізований опис подібних процедур прийняття рішення можна звести до введення бінарних змінних (які можуть набувати лише двох значень, наприклад 0 і 1) по кожній альтернативі. Якщо цільові функції та обмеження в подібному завданні можуть бути представлені аналітичними виразами, то отримані формалізовані моделі називаються завданнями математичного бінарного (або булевого) програмування. Найбільш важливими завданнями біна-

рного програмування є завдання лінійного та квадратичного бінарного програмування, коли цільові функції та обмеження описують лінійними та квадратичними функціями відповідно [2, 8], оскільки в багатьох додатках задач математичного програмування використання більш складних функцій не дозволяє підвищити якість результатів через наявність великих похибок у вихідних даних, порівнянних із похибками самої моделі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Цільова функція радіотехнічних систем визначається їх призначенням і задається як багаточинна функція, що описує систему як цілісну. Вона характеризує очікуваний результат, неконкретизований часом його досягнення і кількісними показниками, включаючи допустимі значення тактико-технічних вимог (ТТВ) радіотехнічної системи та основні показники якості функціонування [10–12].

Складна система допускає декомпозицію на підсистеми, а її реакція на вихідні впливи, що виходять за межі допуску, носить пороговий характер. При аналізі складних динамічних об'єктів на етапі вибору і формування «робочої» математичної моделі допускають використання наступних видів декомпозиції:

- структурна – виділення окремих підсистем, що допускають окремий опис;
- функціональна – розбиття загальної проблеми на кілька часткових різного рівня ієрархії;

– часова декомпозиція – виділення окремих режимів роботи.

В основному для багато зв'язних багатовимірних об'єктів найчастіше використовують перший метод, який, однак, володіє значними недоліками. Така об'єктна декомпозиція супроводжується лінеаризацією вихідної математичної моделі, при чому втрачаються перехресні впливи між окремими підсистемами об'єкта. В такому випадку стає можливим описати всі технічні блоки, що входять до радіосистеми, проте такий підхід виключає універсальність і можливість оптимізації цільової функції, оскільки вона буде безпосередньо зв'язана з унікальною комбінацією розглянутих технічних елементів.

Таким чином для вирішення задачі декомпозиції, систему доцільно розглядати з функціональної точки зору як трирівневу структуру, що враховує рівні взаємодії між елементами.

На нижньому рівні системи традиційно розміщуються підсистеми взаємодії з зовнішнім середовищем. Ці підсистеми об'єднуються в групи: електричних впливів, станів оточуючого середовища, ергатичні. Основні типи підсистем у радіотехнічних системах [4, 15]:

Підсистеми електроживлення куди входять генератори, і перетворювачі електричної енергії, а також батареї для її зберігання. Важливим є оцінка та облік витрат електроенергії кожної підсистеми для підтримання оптимального бюджету потужності, який включає пікове споживання електроенергії, а також загальний енергетичний баланс.

Підсистема зв'язку, що включає проводів та радіочастотні сигнали для зв'язку. Дані, що передаються, можуть включати дані приладів і корисного навантаження, дані моніторингу стану системи.

Підсистема управління та обробки даних – це мікропроцесорні системи та їх програмне забезпечення, які збирають і обробляють дані.

Конструкції та механізми включаючи опорну конструкцію та корпус. Крім того можливі підсистеми резервування, для підвищення надійності та комплексного вирішення режимів відмови.

В багатьох випадках вибір компонентів підсистеми не буде очевидним, тому в проектуванні часто акцент робиться на вартості обладнання, щоб знайти оптимальне рішення з ряду альтернативних варіантів. В моделі цільових функцій нижнього рівня враховується відповідність нормі всіх фізичних впливів, незалежно від їх характеру, отже цільові функції мають бінарний характер [16].

На середньому рівні розміщуються підсистеми оцінки достовірності реакції системи на вхід-

ні впливи. Цільові функції цих підсистем також мають бінарний характер. Вони перетворюються в нуль незалежно від достовірності оцінки, якщо вихідний сигнал відсутній.

На верхньому рівні приймається рішення про можливість досягнення поставленої мети.

Постановка проблеми

Таким чином формується наукове завдання узагальнення класичного методу математичного програмування при вирішенні задач синтезу складних радіотехнічних систем з лінійними обмеженнями для випадку коли цільова функція може набувати тільки бінарних значень.

Виклад основного матеріалу

Якщо довільну радіотехнічну систему розглядати як трирівневу ієрархічну структуру, то використання в якості цільових функцій Z_0 двохальтернативних бінарних функцій дозволяє визначити нам ціль системи, що досягається в тому випадку, коли вхідні впливи і достовірність їх фіксації відповідають заданим межах.

Формування трирівневої системи визначається концепцією функцій системної інженерії, при якій функції проектування систем – це набір дій для кожної з трьох основних фаз: визначення вихідних вимог, структурний дизайн системи, концепція операцій [15].

Кожен етап формує власну цільову функцію з врахуванням допусків та обмежень. Трикутна структура процесу (рис. 1) показує взаємозалежність операцій, вимог і архітектурного дизайну з використанням процедур верифікації та валідації, вказуючи на те, що дані компоненти повинні узгоджуватися один з одним і можуть бути неодноразово вдосконалені.

Розглянемо функції, що визначають формування виду цільової функції.

1) Цілі та обмеження радіотехнічної системи. Ціль синтезу впливає з очікувань зацікавлених сторін. Обмеження – це обмеження проекту, які може накласти зацікавлена сторона.

2) Розробка похідних вимог. Вимоги застосовуються до апаратного забезпечення, програмного забезпечення, елементів інтерфейсу та для тестування. Вимоги залежать від рівня; тобто вимогам до місії чи системи (верхній рівень), підсистеми чи компонента (нижній рівень). Вимоги можуть «впливати» з попередньої фази або з елемента вищого ієрархічного рівня, наприклад, вимога підсистеми може природним чином витікати з системної вимоги. Сюди відносимо: функціональні вимоги, вимоги до інтерфейсу, продуктивності, верифікаційні вимоги,

нормативні, а також надійність, безпека, фізичні, технічні та екологічні характеристики.

3) Розробка структурного дизайну. Це опис елементів, їхніх інтерфейсів, їхнього логічного та фізичного розташування та аналіз дизайну для визначення очікуваної продуктивності. Вона починається як ієрархія лише з одним або двома ієрархічними рівнями підсистем, деталізується шляхом додавання нових рівнів.

4) Концепція операцій. Описує характеристики системи з операційної точки зору та допомагає полегшити розуміння цілей системи. Це впорядкований за часом або графічно представлений список послідовності кроків

5) Валідація та верифікація, виконується під час розробки вимог для перевірки відсутності суперечностей, встановлює процедури тестування, планування фізичних випробувань, шляхом створення плану верифікації. Перевірка вимог на етапах формулювання може виконуватися за допомогою прототипів для підтвердження концепції, комп'ютерного моделювання для прогно-

зування продуктивності, інженерного аналізу, фізичних випробувань або логічного аргументу.

6) Розробка інтерфейсів, тобто взаємодії між елементами. Інтерфейси розвиваються, коли архітектура/дизайн переходить від вищого рівня до нижчого, і створюються вимоги до інтерфейсу, що визначає механічні, термічні, електричні, силові, командні, дані та інші взаємодії.

7) Управління середовищем включає врахування та визначення проблем впливу навколишнього середовища, куди можна віднести вплив вібрації, ударів, статичних навантажень, акустики, тепло, випромінювання, перешкоди і викривлення при передаванні сигналів.

8) Відстеження бюджету технічних ресурсів включає контроль ефективності використання обмеженого ресурсу – матеріального, часового, частотного, тощо;

9) Управління ризиками. Ризик стосується небажаних подій і наслідків, які можуть негативно вплинути на проект і визначає ризики для безпеки, продуктивності та ефективності протікання процесу (перевитрати та затримки в термінах).

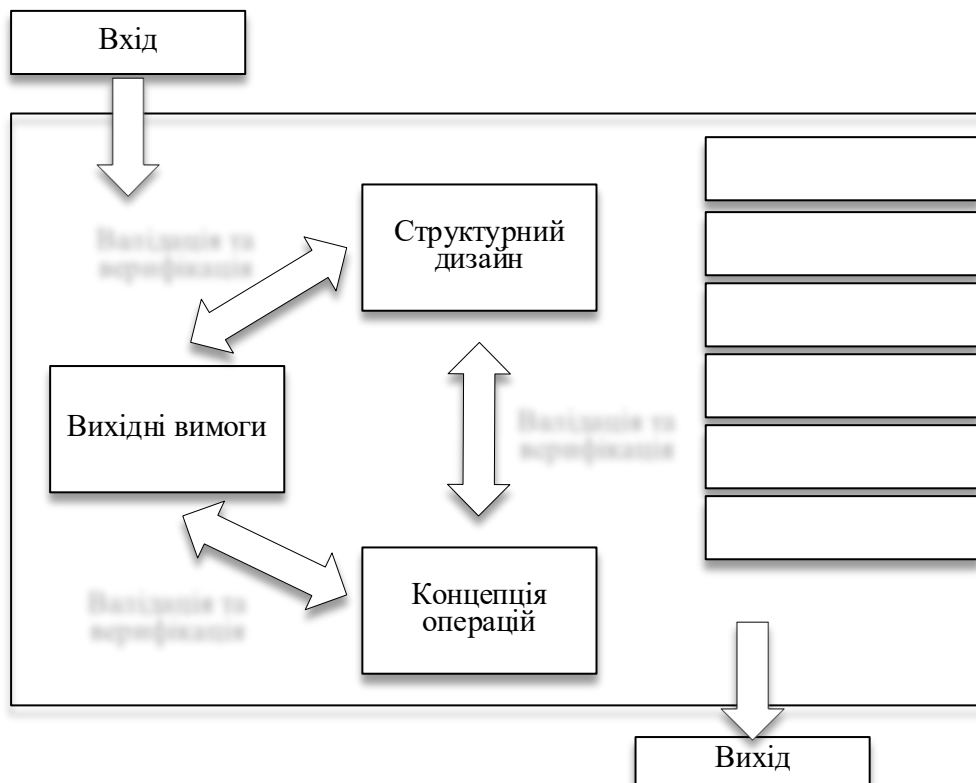


Рис. 1. Тривівнева модель задачі системної інженерії

10) Управління конфігурацією – це система контролю документації, доступу, затвердження та розповсюдження.

11) Перевірки та звіти про досягнення системи. Визначають вихідну реакцію системи на нормальні впливи та внаслідок дії нештатних ситуацій.

Вихідними характеристиками підсистем є безрозмірні нормалізовані функції бінарного типу, незалежно від того, яким є вхідні впливи – випадковим чи детермінованими. До вхідних впливів відносяться і сигнали, що надходять від кіл зворотнього зв'язку. Підсистеми нижнього рівня можуть здійснювати вплив одна на одну.

Наприклад, підвищення температури оточуючого середовища може впливати на струми давачів, самопочуття людини-оператора, тощо.

Нехай λ_i – один з електричних вхідних впливів. Припустимо, що границі зміни λ_i обмежені значеннями $\lambda_{i\min}$ та $\lambda_{i\max}$. Якщо λ_i має випадковий характер, то значення $\lambda_{i\min}$ та $\lambda_{i\max}$ визначають границі довірчого інтервалу. Виразимо вплив λ_i в вигляді безрозмірного прямокутного імпульсу одиничної амплітуди в межах допуску як функцію неперервного аргументу. Для цього використаємо модульну формулу запису сигналів:

$$A_i = 0,5 \left(\frac{\lambda_{i\max} - \lambda_{i\min}}{|\lambda_{i\max} - \lambda_i|} + \frac{\lambda_i - \lambda_{i\min}}{|\lambda_i - \lambda_{i\min}|} \right) = \begin{cases} 1, & \lambda_{i\min} \leq \lambda_i \leq \lambda_{i\max} \\ 0, & \lambda_i < \lambda_{i\min} \text{ або } \lambda_i > \lambda_{i\max} \end{cases} \quad (1)$$

Аналогічним чином записуються нормалізовані функції B_j , що відповідає вхідним впливам β_j підсистем фізичного стану середовища, нормалізовані функції C_k , що відповідають формалізованим вхідним впливам γ_k ергатичних підсистем, і т.д.

На середньому рівні оцінюються достовірності фіксації подій A'_j, B'_j, C'_j і протилежних їм подій $\bar{A}'_j, \bar{B}'_j, \bar{C}'_j$.

Нехай λ_i – подія, яка полягає в тому, що система фіксує подію A'_i як таку, що відповідає нормі, а $\bar{\lambda}_i$ – подія, що полягає в тому, що система фіксує подію \bar{A}'_i як таку, що не відповідає нормі. Тоді достовірність реакції системи на вхідний вплив λ_i визначається як сума:

$$d_i(\lambda_i) = P(A'_i | \lambda_i) + P(\bar{A}'_i | \bar{\lambda}_i), \quad (2)$$

де $P(A'_i | \lambda_i)$ – імовірність того, що параметр A'_i зареєстрований як той, що відповідає нормі, а параметр \bar{A}'_i – не відповідає. Достовірність тієї чи іншої події – додатна величина, як правило, обмежена нижньою границею. Тому достовірність $d_i(\lambda_i)$ доцільно замінити одиничним стрибком $D_i(\lambda_i)$, початок якого відповідає значенню $d_{i\min}$. При цьому $D_i(\lambda_i)$ отримуємо з формули, аналогічної співвідношенню (1), як частковий випадок:

$$D_i(\lambda_i) = 0,5 \left(1 + \frac{d_i(\lambda_i) - d_{i\min}}{|d_i(\lambda_i) - d_{i\min}|} \right) = \begin{cases} 1, & d_i > d_{i\min} \\ 0, & d_i < d_{i\min} \end{cases} \quad (3)$$

Аналогічним чином описуються бінарні моделі достовірності $D_j(\beta_j), D_k(\gamma_k)$, тощо.

Цільову функцію будь-якої підсистеми середнього рівня записуємо у вигляді:

$$Z(\lambda) = \prod_{i=1}^l D_i(\lambda_i) A_i \quad (4)$$

де A_i і $D_i(\lambda_i)$ визначаються співвідношеннями (1) і (3) відповідно. По структурі співвідношення (3) записуються цільові функції всіх інших підсистем середнього рівня. З формули (3) випливає, що цільова функція $Z(\lambda)$ рівна одиниці, якщо значення всіх множників знаходяться в межах допуску і перетворюється в нуль, якщо хоча б один з параметрів виходить за допустимі межі. Значимість того чи іншого співмножника у співвідношення (3) визначається відстанню між границями допуску. Аналогічним чином записуються цільові функції підсистем середнього рівня: $Z(\beta), Z(\gamma)$, тощо.

Цільова функція всієї системи, що формується на верхньому рівні, може бути записана як добуток цільових функцій середнього рівня:

$$Z_0 = Z(\lambda)Z(\beta)Z(\gamma) = \left\{ \prod_{i=1}^l D_i(\lambda_i) A_i \right\} \left\{ \prod_{j=1}^j D_j(\beta_j) B_j \right\} \times \left\{ \prod_{k=1}^k D_k(\gamma_k) C_k \right\} \quad (5)$$

Сучасні складні радіотехнічні системи мають задовольняти численним вимогам, серед яких вимоги надійності, стійкості, швидкодії, якості процесів та багато інших. Так само як і модель системи, множина обмежень моделі має ієрархічну структуру. На найнижчому рівні цієї структури знаходяться обмеження, що накладаються безпосередньо на конструктивні вихідні параметри системи. Через конструктивні параметри обчислюються узагальнені параметри математичних моделей, такі як постійні часу та коефіцієнти підсилення. Обмеження узагальнених параметрів системи становлять другий рівень системи обмежень. Далі йдуть обмеження, пов'язані із стійкістю системи. На наступних рівнях знаходяться обмеження критеріїв, а також інші обмеження, що не увійшли до попередніх груп обмежень.

Основна ідея покрокового принципу полягає в тому, що всі обмеження в моделі системи управління впорядковуються природним чином у процесі її проектування. Для кожної пробної точки пошуку оптимального рішення обмеження перевіряються послідовно доти, доки не відбудеться подія перевищення меж допуску $\lambda < \lambda_{i\min}$,

$\lambda > \lambda_{i_{\max}}$ [7]. Усі виконані попередні обмеження є пасивними та не впливають на подальший пошук, а порушене обмеження вважається активним і визначає напрямок пошуку на цьому кроці з метою зробити активне обмеження пасивним. Таким чином, мірою порушення обмеження може служити невід'ємна функція штрафу $g_i(\lambda_i)$, що зменшується в напрямку границі допустимої області. Це дозволяє в процесі пошуку допустимої точки послідовно збільшувати загальну кількість виконаних обмежень, наближаючись до допустимої області, де виконуються всі обмеження. Перехід з будь-якої неприпустимої точки простору змінних параметрів у допустиму точку виконується лише за m кроків.

Для реалізації запропонованого покрокового підходу можна модифікувати будь-який чисельний метод безумовної мінімізації функцій багатьох змінних [9].

Покроковий підхід можна застосовувати для будь-яких складних технічних систем, задача проектування яких може бути сформульована як задача нелінійної параметричної оптимізації.

Для прикладу, постановка задачі векторної оптимізації прямих критеріїв якості полягає у формуванні векторної функції виду:

$$F(x) = (F_1(x), F_2(x), \dots, F_m(x)), \quad (6)$$

де $x \in R^p$, p – число параметрів, що варіюються, M – розмірність векторної функції.

Векторна функція (6) складається з $M-1$ штрафних функцій та останнього критерію – цільової функції. Для ефективного застосування цієї векторної функції кожна її складова повинна бути визначена у всьому просторі параметрів, що варіюються R^p , інакше її необхідно довизначити деякою функцією штрафу. Кожну проекцію цієї векторної функції необхідно мінімізувати з урахуванням пріоритету проекцій – що вищий номер проекції, то нижчий її пріоритет.

Будь-яку точку пошуку $x \in R^p$ характеризують дві величини: кількість виконаних обмежень $F_1(x)=k(x)$ і значення штрафної функції активного обмеження $F_2(x)=g_{k+1}(x)$. Функція $F_1(x)$ є кусково-постійною функцією і може приймати значення від 0 до M . Якщо $F_1(x) < M$, то в точці x виконуються не всі обмеження та вона є неприпустимою. Якщо ж $F_1(x) = M$, то в точці x виконуються всі обмеження і є допустимою. Таку функцію, що характеризує рівень виконання обмежень для точки простору параметрів, що варіюються, доцільно назвати функцією рівня. Таким чином, щоб з неприпустимої точки перейти в

допустиму, необхідно максимізувати функцію рівня $F_1(x)$.

Функція рівня є постійною в досить малій околиці будь-якої точки x за винятком граничних точок виконання обмежень. Проте по її значенню неможливо точно встановити напрямок її зростання. Тому для максимізації функції рівня застосовується друга функція $F_2(x)$, що характеризує величину порушення активного обмеження. Цю функцію доцільно назвати функцією штрафу. Мінімізація функції штрафу призведе до виконання активного обмеження, а отже до зростання кількості виконаних обмежень, тобто до зростання функції рівня $F_1(x)$.

Тоді, довільно вибрані кожен два значення функції $U=(U_1, U_2, \dots, U_M)$ та $V=(V_1, V_2, \dots, V_M)$ можна порівняти за допомогою бінарної функції «краще» <:

$$U < V = \begin{cases} 1, & U_r < V_r, \\ 0, & U_r > V_r, \end{cases} \quad (7)$$

$$r = \begin{cases} s, & s = \min \{k \mid U_k \neq V_k, k = \overline{1, M}\}, \\ M, & U_r = V_r, k = \overline{1, M}. \end{cases}$$

Таким чином реалізуючи покроковий метод векторної оптимізації цільової функції.

Висновки

У роботі проведено узагальнення класичного методу математичного програмування при вирішенні задач синтезу складних радіотехнічних систем з лінійними обмеженнями. Сформована концепція трирівневої системи функцій системної інженерії як об'єкту синтезу, показано, що кожен етап формує власну цільову функцію з врахуванням допусків та обмежень.

Представлено випадок, коли цільова функція може набувати тільки бінарних значень. Подібні завдання важливі при виборі оптимальних структур систем і вибір або відмова від вибору окремих варіантів рівнозначний значенням 1 або 0 відповідних бінарних змінних. В запропонованій моделі цільових функцій враховується відповідність нормі всіх фізичних впливів, незалежно від їх характеру. Якість системи визначається достовірністю її реакцій на вхідні впливи. Значимість того чи іншого впливу регулюється границями допуску. Мета досягається тільки в тому випадку, якщо вхідні впливи і достовірність їх фіксації відповідають заданим границям.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Альошин Г. В., Коломійцев О. В., Акулінін Г. В., Клівець С. І. Параметричний та структурний

- оптимальний синтез багатощкальних радіотехнічних інформаційно-вимірювальних систем. *Системи обробки інформації*. 2020. № 2(161). С. 114–21. <https://doi.org/10.30748/soi.2020.161.13>.
- [2] Алешин Г. В., Богданов Ю. А. Эффективность сложных радиотехнических систем. К., 2008. 288 с.
- [3] Борисенко М., Декадін В., Чекунова О., Трофименко А. Метод оптимального синтезу параметрів уніфікованої контрольно-діагностичної апаратури для контролю технічного стану радіотехнічних систем. *InterConf*. 2020. (30).
- [4] Волосяк В. К., Тимошук Е. Н. Особенности использования функций когерентности в широкополосных радиометрических комплексах. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2015. № 4(36). С. 22–26.
- [5] Лісовий І. П. Особенности моделирования процесса управления многопараметровым объектом на основе теории нечетких множеств. *Науківі праці ОНАЗ ім. О. С. Попова*. 2003. № 2. С. 59–65.
- [6] Джалладова І. А., Андрущенко Я. В. Элементы теории статистического синтеза оптимальных радиотехнических устройств. КНЕУ. Київ. 2019. С. 128–137
- [7] Борщ В. И., Донец В. А., Коваль В. В., Лейбзон А. Я. Оптимизация структур больших систем. К.: Наукова думка, 2000. 191 с.
- [8] Глушик М. М., Копич І. М., Сороковський В. М. Математичне програмування. ISBN 978-966-418-103-4. Львів: Новий Світ, 2014. 280 с.
- [9] Зайченко Ю. П. Дослідження операцій. К.: Видавничий дім «Слово», 2006. 816с.
- [10] Ладієва Л. Р. Оптимальное управление системами. 2019. 162 с.
- [11] Гостев В. И., Баранов О. А., Лісовий І. П., Шматок С. О. Оптимальное управление сложными объектами. К.: Радиоаматор, 2000. 208 с.
- [12] Пасхін А. М. Синтез оптимальных структур медичних телекомунікаційних систем. Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили]. Сер.: Комп'ютерні технології. 2018. Т. 90, Вип. 7. С. 235–241. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2008_90_77_27
- [13] Sage E. P., White C. S. Optimal systems control. 2d View all formats and editions. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J, 2006. 392p.
- [14] Ravindran A., Ragsdell K. M., Reklaitis G. V. Engineering Optimization Methods and Application. Publication John Willy and sons, Inc, NJ, 2006, 2nd ed. 688p.
- [15] Pavlenko M., Shapran Yu. & Stakhova M. Arithmetic model «radiotechnical facilities – control system» according to Petri net model. Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, № 1, 2018. P. 66–72.
- [16] Bakhovskyy P., Yevsiuk M., Zabolotnyi O., Cagaňová D., Tkachuk A. Stages of the Virtual Technical Functions Concept Networks Development. In: D. Cagaňová et al. (eds.), Advances in Industrial Internet of Things, Engineering and Management, EAI / Springer Innovations in Communication and Computing, 2021. pp. 119–135. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69705-1_7.
- [17] Kostyuchko, S., Polishchuk, M., Zabolotnyi, O., Tkachuk, A., Twarog, B. The Auxiliary Parametric Sensitivity Method as a Means of Improving Project Management Analysis and Synthesis of Executive Elements. In: Miraz M. H., Southall G., Ali M., Ware A., Soomro S. (eds) Emerging Technologies in Computing. iCETiC 2021. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 395 pp 174–184 Springer, Cham (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-90016-8_12.
- [18] Adamski, Marian & Titarenko, L. & Wiśniewski, Remigiusz. Synthesis Of Microprogram Control Units For Telecommunication Systems. 2006. 10.1109/TCSET.2006.4404602.

Іванов О. В., Козловська Д. В., Євсюк М. М., Мельник Я. М.

БІНАРНА МОДЕЛЬ ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Задача визначення раціонального складу складних радіотехнічних структур відноситься до класу оптимізаційних задач, більшість з яких не мають стандартних розв'язків і вимагають використання спеціалізованих алгоритмів пошуку рішень. Складність математичного аналізу, аналізу стабільності і оптимального рішення вимагає використання числових методів а також застосування методів перевірки незалежності цільової функції та функцій зв'язку, наприклад, перевірки функцій на випуклість для визначення одномодальності задачі.

Запропоновано підхід до дослідження цільових функцій радіотехнічних систем у формі двохальтернативних бінарних функцій. Такий підхід дозволяє визначити нам ціль системи, представленої у вигляді трирівневої ієрархічної структури, що досягається в тому випадку, коли вхідні впливи і достовірність їх фіксації відповідають наперед заданим межам. Сформована концепція трирівневої системи функцій системної інженерії як

об'єкту синтезу. Визначено нормалізовані функції вхідних впливів окремих підсистем та оцінка достовірності реакції системи вцілому. Показана цільова функція системи, що формується на верхньому рівні. В запропонованій моделі цільових функцій враховується відповідність нормі всіх фізичних впливів, незалежно від їх характеру. Метою використання запропонованого підходу є визначення оптимальних параметрів проектованої системи, що варіюються в заданій області обмежень, при яких досягається максимум (або мінімум) цільової функції (тобто здійснюється оптимізація цільової функції).

Ключові слова: синтез, радіотехнічна система, декомпозиція, цільова функція.

Ivanov O., Kozlovska D., Yevsyuk M., Melnyk Y.

BINARY MODEL OF THE RADIO ENGINEERING SYSTEMS OBJECTIVE FUNCTION

The problem of determining the rational composition of complex radio engineering structures belongs to the class of optimization problems, most of which do not have standard solutions and require the use of specialized algorithms for finding solutions. The complexity of mathematical analysis, stability analysis and optimal solution requires the use of numerical methods, as well as the use of methods for checking the independence of the objective function and connection functions, for example, checking functions for convexity to determine the unimodality of the problem.

An approach to the study of target functions of radio engineering systems in the form of two-alternative binary functions is proposed. This approach allows us to determine the goal of the system, presented in the form of a three-level hierarchical structure, which is achieved in the case when the input influences and the reliability of their fixation correspond to predetermined limits. The concept of a three-level system of system engineering functions as an object of synthesis is formed. The normalized functions of the input influences of individual subsystems and the assessment of the reliability of the response of the system as a whole are determined. The objective function of the system formed at the upper level is shown. The proposed model of target functions takes into account compliance with the norm of all physical influences, regardless of their nature. The purpose of using the proposed approach is to determine the optimal parameters of the designed system, which vary in a given area of limitations, at which the maximum (or minimum) of the objective function is achieved (that is, the optimization of the objective function is carried out).

Keywords: synthesis, radio engineering system, decomposition, objective function.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2023 р.
Прийнято до друку 19.12.2023 р.