

ВИБІРКОВИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ КОМПОНЕНТ ЗВ'ЯЗКОВИХ СИСТЕМ

к.т.н. В.В. Янов, к.т.н. А.В. Кошель, В.Т. Бабій
(подав д.т.н., проф. Б.О. Демідов)

Запропоновано розглянути один із можливих шляхів коректного вирішення суперечливої задачі вибору земних станцій для застосування в супутникових системах зв'язку на основі використання методів інфлюентного аналізу.

Постановка проблеми. Земні станції можуть застосовуватися в різних системах супутникового зв'язку, відмінних топологією мережі, методами розділення каналів і доступу до них, параметрами супутників-ретрансляторів. Перед користувачем супутникових мереж зв'язку стоїть складна задача вибору земних станцій (ЗС), які в найбільшій мірі відповідають параметрам супутникової мережі, на які він не має можливості вплинути [1]. При виборі треба враховувати як енергетичні характеристики станцій (еквівалентна ізотропна потужність випромінювання (ЕІПВ), добротність, параметри антенно-фідерних пристроїв), так і умови експлуатації земних станцій (можливості по розміщенню в будівлях, особливості клімату, географічного розташування відносно траси руху супутника-ретранслятора). Просте порівняння характеристик, як правило, не дає можливості вирішити виникаючі протиріччя, а суб'єктивне призначення вагових коефіцієнтів для характеристик земних станцій з метою подальшого підключення математичних методів не приведе до коректного рішення через суб'єктивність задання початкових даних [2].

Аналіз літератури. Під інфлюентним аналізом мається на увазі сукупність задач і методів знаходження оцінок впливу зміни параметрів на зміни значень показників [3]. Інфлюентний аналіз орієнтований як на рішення економічних задач для визначення причин невиконання планових завдань і пошуку заходів виходу з кризових ситуацій [4], так і на дослідження складних технічних систем [5]. Можливим шляхом коректного вирішення суперечливої задачі вибору земних станцій для застосування в супутникових системах зв'язку може стати використання методів інфлюентного аналізу.

Суть інфлюентного аналізу полягає в знаходженні оцінок $A(\Delta_{x_i})$ впливу зміни Δ_{x_i} параметрів на величину зміни ΔY показника. У цьому

випадку ΔY представляють у вигляді алгебраїчної суми

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^n A(\Delta x_i). \quad (1)$$

Складові $A(\Delta x_i)$ розкладання прирощення ΔY називаються інфлюентами, і задача інфлюентного аналізу полягає в їх знаходженні для того, щоб потім за значеннями інфлюент визначати спрямованість і міру впливу зміни параметрів $\Delta x_i = x_i^{(1)} - x_i^{(0)}$ на зміни показника $\Delta Y = y^{(1)} - y^{(0)}$. При цьому значення $\{x^{(0)}, y^{(0)}, x^{(1)}, y^{(1)}\}$ називаються термінальними, з них $y^{(1)}$ і $x^{(1)}$ розглядаються як деякі фактичні (реально існуючі), а $y^{(0)}$ і $x^{(0)}$ – як ті, яких треба досягнути (наприклад, планові, номінальні, бажані).

При наявній математичній моделі $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ найбільш простим методом знаходження інфлюент є метод ланцюгових підстановок, суть якого полягає в підстановці в функцію Y в певному порядку номінальних $x^{(0)}$ і фактичних $x^{(1)}$ параметрів і обчисленні інфлюент за наступними формулами:

$$\begin{aligned} A(\Delta x_1) &= f(x_1^{(1)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) - f(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}); \\ A(\Delta x_2) &= f(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, x_3^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) - f(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}); \\ &\dots \\ A(\Delta x_n) &= f(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}) - f(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_n^{(0)}). \end{aligned}$$

Недоліком даного методу є відсутність правила перебору послідовностей індексів і для підстановки параметрів $(x_i^{(0)}, x_i^{(1)})$ і, внаслідок цього, залежність значень інфлюент від вибраної послідовності. Цього недоліку позбавлені більш складні процедури розрахунку інфлюент, розглянуті в [5, 6]. Аналіз значень інфлюент (їх знак, абсолютна величина) дозволяють ранжувати вплив параметрів системи на її показники, визначати спрямованість цього впливу, виділяти частку впливу кожного параметра відносно інших.

У разі задання багатоцільового показника $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$, значення інфлюент дозволяють вистроювати параметри x_i по мірі впливу на весь векторний показник Y і, крім того, розмістити за важливістю самі показники y_j , $j = 1, 2, 3, \dots, m$.

Мета статті. Метою статті є розробка методів оцінки впливу параметрів x_i і компонент y_i на вектор Y і визначення взаємозв'язку між ними.

Виклад основного матеріалу. Суть аналізу багатоцільових інфлюент як оцінок зміни Δy_k компонент $\Delta y_k = f_k(X)$ за параметрами

$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ полягає в наступному.

1. Методами інфлюентного аналізу [1] знаходяться інфлюенти $A_{x_i}^{f_k}$ як оцінки впливу зміни Δ_{x_i} параметра x_i на зміну Δ_{y_k} компоненти вектора багатоцільового показника в умовах виконання рівності $\Delta_{y_k} = \sum_{i=1}^n A_{x_i}^{f_k}$.

2. Шляхом усереднення величин $B_{x_i}^{f_k} = A_{x_i}^{f_k} / \Delta_{y_k}$ знаходяться середні значення часток параметрів Δ_{x_i} за всіма компонентами y_k .

3. На основі евристичного підходу знаходиться мультиплікативна згортка $W(X)$ компонент Y , для яких логарифмічним методом [1] отримані інфлюенти $A_{x_i}^W$ і $A_{f_k}^W$.

4. За величинами отриманих інфлюент визначаються узагальнені оцінки часток впливу зміни параметрів і часткових показників на Y .

Цей підхід до аналізу багатоцільових інфлюент зручний тим, що в цьому випадку немає необхідності у використанні конкретних способів задання шкал y_k , нормалізацій (перетворення шкал), задання пріоритету, методів знаходження згорток компонент Y і т.п. Ці інфлюенти дозволяють розробляти методику проведення аналізу без залучення багатоцільової оптимізації або значно полегшити її. Однак відносна простота в отриманні узагальненого показника призводить до його абстрактного вигляду і відриву від будь-якого фізичного тлумачення як величини, що безумовно відображає якість функціонування системи.

Евристичний підхід до отримання згортки компонент багатоцільового показника Y засновується на визначенні узагальненого показника $W(x)$ наступного вигляду:

$$W(x) = \underset{(L1)}{C}^{k_1} f_k / \underset{(L2)}{C}^{k_2} f_k, \quad (2)$$

де через $L1$ і $L2$ позначені множини індексів, які відповідають додатним і від'ємним інградієнтам компонентів багатоцільового показника Y . Прирошення $\Delta W = W(x^{(1)}) - W(x^{(2)})$ узагальненого показника W за рахунок зміни

його параметрів розраховується як $\Delta W = \sum_{i=1}^n A_{x_i}^W$, де додатні визначаються

через інфлюенти $A_{x_i}^{f_k}$ як $A_{x_i}^W = \sum_{k=1}^m \left(A_{f_k}^W / \Delta_{y_k} \right) A_{x_i}^{f_k}$ якщо

$$\Delta W = W(x^{(1)}) - W(x^{(2)}) = \sum_{k=1}^m A_{f_k}^W = \sum_{k=1}^m \left(A_{f_k}^W / \Delta_{y_k} \right) \sum_{i=1}^n A_{x_i}^W.$$

Оскільки узагальнений показник представлений в мультиплікативній формі за компонентами багатоцільового показника Y , то для знаходження інфлюент $A_{f_k}^W$ можна використовувати логарифмічний метод, застосування якого дає можливість знайти інфлюенти компонент багатоцільового показника в явному вигляді:

$$A_{f_k}^W = \frac{\Delta W}{\Delta \lg(W)} \Delta \lg(f_k), \quad \text{ingr } f_k > 0; \quad (3)$$

$$A_{f_k}^W = -\frac{\Delta W}{\Delta \lg(W)} \Delta \lg(f_k), \quad \text{ingr } f_k < 0.$$

Тому інфлюенти будуть рівні $A_{x_i}^W$.

Проведемо аналіз основних показників якості наземних станцій з використанням описаних методів. Розглянемо три показники: еквівалентну ізотропну потужність випромінювання E , добротність D і масу M наземної станції разом з АФУ. При цьому враховується їх залежність від наступних параметрів: діаметра антени, коефіцієнта використання поверхні антени, кута місця АФУ, імовірності безхмарності в районі розміщення ЗС, потужності передавача, швидкості передачі інформації. Математичні залежності між показниками і параметрами описані в [1]. Прирости параметрів, що визначаються їх термінальними значеннями, відповідають області допустимих значень і максимальні за величиною. Узагальнений показник, згідно з формулою (2), прийме наступний вигляд:

$$W(x) = \frac{E(x)D(x)}{M(x)}. \quad (4)$$

У чисельнику виразу (4) стоять часткові показники, збільшення яких сприймається як позитивний факт, а в знаменнику – як негативний. За рахунок переходу від нижніх (найменших) термінальних значень параметрів до верхніх (найбільших) узагальнений показник отримав приріст, що дорівнює $W = 6195,22$. Позитивний приріст показника свідчить про те, що верхні термінальні значення параметрів дозволяють досягнути загалом більш високих властивостей системи, що досліджується, і їх збільшення веде до поліпшення якості ЗС.

Для розрахунку інфлюент компонент узагальненого показника були використані формули (3), і в результаті отримані значення: $A_D^W = 0,34$; $A_M^W = -0,91$; $A_E^W = 1,57$, які в сумі дають приріст узагальненого показ-

ника. Тепер вже за ними можна розрахувати “ваги” компонент узагальненого показника у відношенні до його повного приросту: $Q_D^W = 1,02$; $Q_M^W = -2,77$; $A_E^W = 4,81$. Алгебраїчна сума всієї ваги дорівнює одиниці, що дає можливість використати їх, наприклад, в лінійній згортці показників при багатокритеріальному виборі найбільш відповідної ЗС за максимальним значенням отриманої функції.

Подібний аналіз можна провести і для всіх параметрів ЗС, з'ясувавши спрямованість їх впливу на узагальнений показник і проранжувавши їх за абсолютними вагами.

Висновки. Таким чином, слід зазначити, що в проведених дослідженнях узагальнений показник був сформований у вигляді мультиплікативної згортки часткових показників без задання шкал, переваг, нормалізацій і т.п. Була отримана інформація про те, що було б краще для користувача ЗС: більші ЕППВ і добротність, менші масогабаритні характеристики. Внаслідок застосування інфлюентного аналізу, який дозволяє ранжувати показники і параметри, було показано як можна визначити розумний з економічної точки зору компроміс між цими бажаннями і досить обгрунтовано вибрати наземну станцію з множини, що пропонується. Більш того, отримані результати можна використати при рішенні багатокритеріальної задачі оптимізації, задавши умовою максимального наближення компонент багатокритеріального показника до найкращих своїх значень в межах заданих обмежень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь: Пер. с англ. – М.: Связь, 1979. – 591 с.
2. Сухорученков Б.И. Математическое моделирование изменений технического состояния систем ЛА. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2002. – 386 с.
3. Павлов В.М. Системный анализ сложных систем. – М.: МО РФ, 1999. – 432 с.
4. Ллюшко В.М., Малеева О.В., Губка С.О., Дружинін Є.А. Методи експертизи та контролю при проектуванні складних технічних систем. – Х.: ДАКУ „ХАІ”, 1998. – 52 с.
5. Трухаев Р.И. Инфлюентный анализ и принятие решений (детерминированный анализ). – М.: Наука, 1985. – 235 с.
6. Системні моделі комплексного аналізу СТС / За ред. О.Є. Федоровича. – Х.: ДАКУ „ХАІ”, 1998. – 65 с.

Надійшла 1.03.2004

ЯНОВ Василь Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри ХВУ. У 1991 р. закінчив ХВВАУРЕ. Область наукових інтересів – математичне моделювання, автоматизація управління діяльністю підприємства.

КОШЕЛЬ Анатолій Васильович, канд. техн. наук, старший викладач кафедри ХВУ. У 1979 р. закінчив ХІРЕ. У 1990 р. закінчив ВА РВСН ім. Ф.Е. Дзержинського. Область наукових інтересів – структурний синтез територіально розподілених систем, теорія оцінки та вибору рішень, технічний стан складних технічних систем.

***БАБІЙ Віталій Трохимович**, у 1986 р. закінчив Ташкентське ТУ. Область наукових інтересів – математичне моделювання, автоматизація управління діяльністю підприємства.*
