

О. В. Барабаш, І. П. Саланда

### ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГРАФА СТРУКТУРЫ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

Рассмотрен и усовершенствован метод вычисления вероятности связности структуры разветвленной информационной сети на основе сведения структуры сети к двухчастному графу. Этот метод обеспечивает значительно более высокое быстродействие, чем все известные методы, позволяя вычислять вероятность несвязности вершин за приемлемое время.

**Ключевые слова:** разветвленная информационная сеть; вероятность связности; граф.

O. V. Barabash, I. P. Salanda

### EVALUATION OF A FUNCTIONAL STABILITY INDICATOR OF AN EXTENSIVE INFORMATION NETWORK OF STRUCTURE GRAPH

In this paper, we improved methods of calculating the probability of connectedness of branched structure of an information network on the basis of information to the two-part structure of the network graph, different from the existing methods rather high speed and allows us to calculate the probability of disconnected vertices in a reasonable time.

**Keywords:** extensive information network; connectivity probability; graph.

УДК 351.814.2

А. В. МІЩЕНКО, канд. техн. наук, доцент,  
Національний авіаційний університет, Київ

## Функціональний аналіз залежностей ефект-витрати для задач управління економічною складовою інформаційної безпеки авіаційної інфраструктури

*Здійснено функціональний аналіз залежностей ефект-витрати для задач управління економічною складовою інформаційної безпеки авіаційної інфраструктури, а також розглянуто числовий приклад інтерполяції логістичної функції аналітичним методом.*

**Ключові слова:** національна безпека; інформаційна безпека; авіатранспортний комплекс; авіаінфраструктура; цільова ефективність; інтерполяція; аналітичний метод.

#### Актуальність

Розробка програм розвитку інформаційної безпеки авіаційної інфраструктури передбачає планування величезних витрат бюджетних коштів із *максимальною цільовою та економічною ефективністю*. Це також важливо при плануванні витрат запасу здатності «сил» для досягнення мети акту застосування [1]. Розв'язуючи задачі оптимального планування інформаційної безпеки авіаційної інфраструктури економіко-математичними методами, знаходимо значення компонентів плану, точність яких визначається зрештою точністю математичного подання функціональних залежностей здобутого ефекту від витрат щодо головних складових інформаційної безпеки. Тому ефективність використання ресурсів залежить насамперед від точності аналітичного вигляду залежностей, застосовуваних при розв'язанні оптимізаційних задач планування (організаційного управління).

#### Основна частина

Математичне подання функціональних залежностей, про які йдеться, спирається на математичні методи аналізу статистичних наборів даних, що характеризують ту чи іншу реалізацію досліджуваних залежностей. Відомі методи оцінювання вірогідності гіпотез у разі регресійного аналізу пов'язані з вимогами стосовно «достатності» ста-

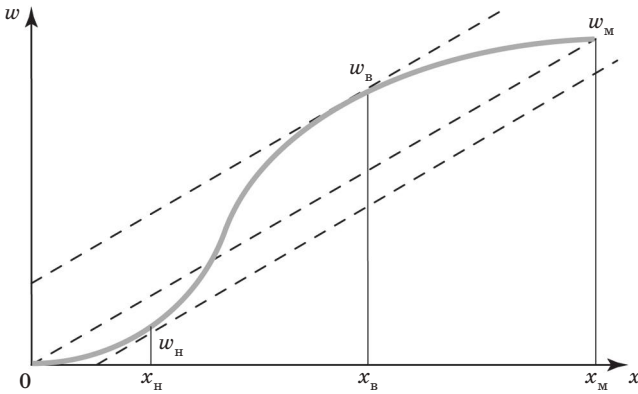
тистичної вибірки та припустимого рівня середньо-квадратичного відхилення значень досліджуваної функції від гіпотетичної функції (лінії регресії). При цьому постає потреба в узагальненій кількісній оцінці вірогідності різних гіпотез, що підлягають порівняльному оцінюванню, для підвищення об'єктивності вибору найвірогіднішої з них.

Розглянемо додатні методи інтерполяції класу логістичних функцій як «виробничих» функцій широкого класу об'єктів економічної складової інформаційної безпеки авіаційної інфраструктури.

Нехай існує  $n$  об'єктів застосування однорідного ресурсу (розрахункових одиниць) із «виробничими» функціями, які через їхню «не опуклість», трансцендентність чи нерівномірну дискретність розглядуваних значень аргументу задаються здебільшого статистичним набором пар (функція, аргумент). Клас загального вигляду функцій *вихідний ефект-витрати ресурсу відомий як логістичні функції об'єкта споживання ресурсу*.

Приклад логістичної залежності ефект-витрати наведено на рисунку, що унаочнює таку ситуацію.

У разі малої  $x_n$  кількості рейсів авіаперевізника на певному напрямі авіаперевезень (авіатрасі) попит  $w_n$  (очікуваний обсяг) буде відносно низький через те, що замовники нададуть перевагу іншим перевізникам із більшою кількістю рейсів. Достатньо велика  $x_n$  кількість рейсів істотно



Типова логістична функція, задана аналітично

підвищує до рівня  $w_B$  відносний попит (очікуваний обсяг авіаперевезень) замовників; подальше нарощування до  $x_M$  кількості рейсів уже не призводить до приросту попиту замовників авіаперевезень через досягнення рівня  $w_M$  його «насичення».

Загалом за допомогою логістичних функцій задаються «виробничі» функції багатьох складних об'єктів «забезпечення», а тому зведення цього класу функцій до компактного аналітичного вигляду необхідне для подальшої формальної постановки задач оптимального розподілу ресурсів по даних об'єктах як *задач організаційного управління*.

Розглянемо приклад емпіричної логістичної функції ефект-витрати, заданої статистично множиною пар

$$(x_i, w_i), \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

значень аргументу і функції.

Оскільки аргумент набуває дискретних статистичних значень, то функція стає «решітчастою». Через необхідність розв'язувати задачу оптимального розподілу засобів по об'єктах застосування при логістичних функціях ефект-витрати доводиться здійснювати «регуляризацію» (надання аналітичного вигляду) функцій цього сімейства для обчислення відповідних значень при заданому аргументі.

Зауважимо, що інтерполяційні поліноми Ньютона чи Лагранжа дуже громіздкі й незручні в разі «багатозначних» функцій, не набирають компактного аналітичного вигляду для формальної постановки задач оптимізації. Регресійний аналіз статистичного набору [2] потребує вірогідної гіпотези про закон розглядуваної залежності.

Покажемо, що для практичних задач як задач математичного програмування максимально компактною та адекватною є інтерполяція методом «тренду» логістичної функції, заданої найбільш вірогідною аналітичною формою — поліномом 3-го степеня.

Коректна інтерполяція логістичної (не опуклої) функції методом «тренду» спирається на евристику, що *графік поліномної функції*

$$w(x) = ax^3 + bx^2 + cx \quad (2)$$

має цілком міститися «всередині» області її існування між дотичними «знизу» і «зверху», паралельними середньому темпу («тренду») зміни (зростання) статистичної функції, тобто відношенню максимального значення функції до максимального значення її аргументу:

$$D = \frac{w_M(x_M)}{x_M}. \quad (3)$$

Отже, згідно з інтерполяційним методом «тренду» представницькими точками, які з максимальною вірогідністю відбивають «характер» залежності для даної логістичної функції, вважаються такі:

- точка початку координат (за фізичним змістом — відсутність ефекту в разі відсутності витрат) —  $(0, 0)$ ;
- точка дотику «знизу» —  $(w_H, x_H)$ ;
- точка дотику «зверху» —  $(w_B, x_B)$ ;
- крайня точка інтервалів існування аргументу та функції —  $(w_M, x_M)$ .

Послідовно підставляючи в рівняння інтерполяційної функції (2) координати точок дотику «знизу», «зверху», а також «кінцевої» точки максимальних значень, дістаємо систему лінійних алгебраїчних рівнянь для даних трьох точок (окрім «тривіальної» точки початку координат) інтерполяції:

$$\begin{aligned} x_H^3 \cdot a + x_H^2 \cdot b + x_H^1 \cdot c &= w_H, \\ x_B^3 \cdot a + x_B^2 \cdot b + x_B^1 \cdot c &= w_B, \\ x_M^3 \cdot a + x_M^2 \cdot b + x_M^1 \cdot c &= w_M. \end{aligned} \quad (4)$$

Розв'язком цієї системи лінійних рівнянь і є шукані значення коефіцієнтів  $(a, b, c)$  полінома (2).

Інтерполяційний метод «тренду» забезпечує прийнятну для практики вірогідність (від 0,85 до 0,95) подання закону залежності для логістичної функції за його максимальної простоти.

Розглянемо числовий приклад інтерполяції логістичної функції аналітичним методом «тренду», коли для статистичного набору значень логістичної функції задано:

- «усереднений» темп  $D$  зростання функції для максимальних значень  $(10, 10)$  пари  $(w_M, x_M)$ :

$$D = (w_M/x_M) = 1;$$

- координати точок «дотику» для даного  $D$ :

$$w_H = 1, \quad x_H = 3; \quad w_B = 8, \quad x_B = 6.$$

Складемо розширену матрицю системи (3) для заданих числових значень

$$\begin{vmatrix} x_H^3 & x_H^2 & x_H^1 & w_H \\ x_B^3 & x_B^2 & x_B^1 & w_B \\ x_M^3 & x_M^2 & x_M^1 & w_M \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3^3 & 3^2 & 3 & 1 \\ 6^3 & 6^2 & 6 & 8 \\ 10^3 & 10^2 & 10 & 10 \end{vmatrix}.$$

Розв'язок цієї системи — трійка значень коефіцієнтів

$$a = -0,059, \quad b = 0,869, \quad c = -1,733.$$

Отже, інтерполяційний поліном неперервного аргументу  $x$  в інтервалі  $[3, 10]$  для даного статистичного набору пар  $(w, x)$  логістичної функції має такий вигляд:

$$w(x) = -0,059x^3 + 0,869x^2 - 1,733x.$$

#### Висновок

Функціональний аналіз залежностей ефект-витрати для задач управління економічною складовою інформаційної безпеки авіаційної інфра-

структури дає змогу з достатньою для практичних потреб точністю здійснити інтерполяцію логістичної функції аналітичним методом.

#### Література

1. Качинський, А. Б. *Безпека, загрози, ризик. Наукові концепції та математичні методи* / А. Б. Качинський. — К.: Ін-т проблем нац. безпеки. Нац. академія СБУ, 2004. — 470 с.

2. Самарський, А. А. *Численные методы* / А. А. Самарський, А. В. Гулин. — М.: Наука, 1989. — 432 с.

А. В. Мищенко

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЭФФЕКТ-ЗАТРАТЫ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Проведен функціональний аналіз залежностей ефект-затрати для задач управління економічною складовою інформаційної безпеки авіаційної інфраструктури, а також розглянуто приклад інтерполяції логістичної функції аналітичним методом.

**Ключевые слова:** национальная безопасность; информационная безопасность; авиатранспортный комплекс; авиационная инфраструктура; целевая эффективность; интерполяция; аналитический метод.

A. V. Mishchenko

### FUNCTIONAL ANALYSIS OF DEPENDENCY EFFECT-COST FOR THE PROBLEMS OF MANAGING THE ECONOMIC COMPONENT OF INFORMATION SECURITY AVIATION INFRASTRUCTURE

Carried out a functional analysis of dependencies effect-cost to control problems of the economic component of information security aviation infrastructure. In particular, the numerical example of logistics interpolation function analytical method.

**Keywords:** national security; information security; air traffic center; aviainfrastructure; target efficiency; interpolation; analytical method.

УДК 621.395

Л. А. КИРПАЧ, К. П. СТОРЧАК, І. М. СРІБНА, кандидати техн. наук, доценти,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ФАЗОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ

**Розглянуто комбіновані системи фазової синхронізації, щодо можливостей істотного підвищення їх точності та швидкодії.**

**Ключові слова:** комбіновані системи фазової синхронізації; перехідна складова помилки; корені характеристичного рівняння.

#### Вступ

Системи фазової синхронізації (СФС) знайшли різноманітне застосування в техніці зв'язку та управління, у радіо- та інформаційно-вимірювальних системах, у системах радіолокації, навігації, автоматизованого контролю тощо. Коло завдань, що їх розв'язують ці системи, досить широке: стеження за підносійними та носійними частотами прийраних сигналів, когерентна демодуляція аналогових і цифрових сигналів із частотною та фазовою модуляцією, вимірювання частоти та фази сигналів, тактова синхронізація, синтез складних радіотехнічних сигналів, синтез сітки високостабільних частот, стабілізація частот генераторів різних діапазонів, трансформація спектра сигналів тощо.

#### Основна частина

У багатьох практичних випадках СФС працюють при ступінчастій зміні задавальної дії  $\varphi_{\text{вх}}(t)$  — різниці фаз двох порівнюваних за фазою напруг однакової частоти [1; 2].

Структурну схему СФС з управлінням за відхиленням зображено на рис. 1, де використано такі позначення:  $\varphi_{\text{вх}}(t)$  — фаза напруги управляючого генератора;  $\Delta\varphi(t)$  — помилка СФС;  $W_1(p)$   $W_2(p) = W_p(p)$  — оператор елементів (фазового дискримінатора, фільтра нижніх частот, підсилювача-перетворювача, керованого генератора) замкненого контура в розімкненому стані; ЕП — елемент порівняння (фазовий дискримінатор);  $\varphi_{\text{вих}}(t)$  — фаза вихідної напруги СФС.