

5. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн / Г.П. Грудинская. – М.: Высшая школа, 1967.
6. Craig K.H. Impact of numerical methods on propagation modeling. Modern Radio Science 1996. Edited by J. Hamelin. Oxford University Press, 1996, pp. 179-203.
7. Lawton M.C., MacGeehan J.P. The application of a deterministic ray launching algorithm for the prediction of radio channel characteristics in small-cell environments, IEEE Trans. Vehic. Tech., 1994, vol. 14, pp. 955-969.
8. Erceg V., Ghassemzadeh S., Taylor M., Li D., Schilling D.L. Urban/suburban out-of-sight propagation modeling. IEEE Communications Magazine. 1992, June 1992, pp. 56-61.
9. Nobles P. A study into indoor propagation factors at 17GHz and 60 GHz – Final Report. <http://www.radio.gov.uk/topics/ptopagation/indprop>
10. Ladrom O., Feurstein M.J., Rappaport T.S. A comparison of theoretical and empirical reflection coefficients for typical exterior wall surfaces in a mobile radio environment. IEEE Trans. Antennas Propagat., 1996, v. 44, pp. 341-351.

УДК 681.5.01 621.37/.39.001.57; 681.5.01

Жебка В.В., асп. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ КАТАСТРОФ

Жебка В.В. До питання визначення параметрів систем управління на базі методів теорії катастроф. Розглянуто поняття системи управління. Розглянуті основні поняття теорії катастроф. Досліджено спосіб визначення катастрофи.

Ключові слова: ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ, ТЕОРІЯ КАТАСТРОФ, ОПТИМІЗАЦІЯ

Жебка В.В. К вопросу определения параметров систем управления на базе методов теории катастроф. Рассмотрено понятие системы управления. Рассмотренные основные понятия теории катастроф. Исследован способ определения катастрофы.

Ключевые слова: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, УПРАВЛЕНИЯ, ТЕОРИЯ КАТАСТРОФ, ОПТИМИЗАЦИЯ

Zhebka V.V. On the question of optimizing the parameters of control system based on catastrophe theory methods. The notion of the control system. The basic concepts of the theory of catastrophes. Researched method for determining disaster.

Keywords: TELECOMMUNICATIONS, MANAGEMENT, CATASTROPHE THEORY, OPTIMIZATION

Вступ. У сучасному інформаційному суспільстві інтенсивного розвитку набуває телекомунікація. Одним з найважливіших завдань розвитку телекомунікацій є створення ефективної системи управління. Причому, ця система управління повинна працювати як в умовах стаціонарного режиму, так і в надзвичайних ситуаціях. Проте зміни відбуваються постійно. І навіть при плавній зміні умов в системі може виникнути стрибкоподібна зміна. Це можна передбачити за допомогою теорії катастроф.

Основні засади системи управління. Метою управління телекомунікаціями є забезпечення оптимального функціонування мереж телекомунікацій відповідно до їх призначення, при якому телекомунікації виконують необхідні завдання при мінімумі матеріальних, фінансових, фізичних, інтелектуальних витрат.

Завданням управління телекомунікаціями є забезпечення тривалої та якісної роботи засобів і мереж телекомунікацій у процесі їх постійного вдосконалення та розвитку в умовах різноманітних змінних впливів.

Управління – це багатофункціональний процес, основними функціями якого є:

- прогнозування (науково обґрунтоване передбачення перспектив розвитку об'єкта управління та можливих його станів до певного моменту);

- планування (визначення мети розвитку об'єкта управління, методів і шляхів її досягнення);
- організація роботи (вибір та формування структури виробничого об'єкта та організаційної структури управління, визначення співвідношення між структурними елементами системи їх взаємодії);
- координація та регулювання (забезпечення погодженості дій виконавців та забезпечення підтримки або зміни показників, суттєвих для функціонування об'єкта управління);
- активізація та стимулювання (спонукання до дії людей за рахунок матеріальних та моральних стимулів);
- облік (фіксація стану об'єкта управління);
- контроль (порівняння фактичного та заданого стану об'єкту управління);
- аналіз (виявлення та аналіз причин відхилень фактичного стану об'єкта управління від заданого).

У загальному вигляді відповідно до функціонального призначення види управління мережами та послугами телекомунікацій можна згрупувати як технічне, функціональне, оперативне та координаційне (адміністративне управління й управління розробками та розвитком) управління.

Ці види управління призначені в основному для:

- попередження та усунення відмов обладнання, підтримки безперервної готовності системи до роботи (технічне управління);
- підтримки та узгодження робочих функцій і стимулювання продуктивності (функціональне управління);
- забезпечення високої якості обслуговування та адекватної реакції на зміну ситуацій у мережі (оперативне управління);
- попередження та улагодження внутрішніх конфліктів, забезпечення високої продуктивності, безперервного підвищення рівня організації (адміністративне управління);
- висування нових ідей та визначення шляхів для їх технічного та організаційного втілення, оцінка результатів (управління розробками);
- екстенсивного та інтенсивного розвитку мережі, розширення кількості користувачів і номенклатури послуг (управління розвитком).

Виходячи з того, що наведені види управління взаємозв'язані, розвиток управління в цілому має здійснюватися шляхом удосконалення процесу виконання кожної із його функцій. При цьому управління має бути комплексним, тобто повинна існувати система, яка виконувала б функції управління їх взаємозв'язку.

Управління, що забезпечує екстремальне значення показника ефективності, є оптимальним.

Теоретичні аспекти теорії катастроф. Перші відомості про теорію катастроф з'явилися в західному друці близько 1970 р. Стверджувалося, що нова наука – теорія катастроф – для людства більш цінна, ніж математичний аналіз: в той час як ньютонівська теорія дозволяє досліджувати лише плавні, неперервні процеси, теорія катастроф дає універсальний метод дослідження всіх стрибкоподібних переходів, розривів, раптових якісних змін.

Важливою перевагою цієї теорії є те, що вона не потребує детальних математичних моделей і може описувати ситуації не “кількісно”, а “якісно”, а її результати і висновки ілюструються простими геометричними образами.

Така “наочність” теорії катастроф привела до дуже швидкого росту кількості публікацій, і поряд з серйозними роботами, присвяченими, наприклад, дослідженню стійкості кораблів, опису психічних явищ, соціальних та економічних процесів, з'явилися роботи жартівливого характеру. Наприклад, опис творчого процесу вченого. Це дослідження належить англійському математику К. Зіману і наведено в книзі В. Арнольда «Теорія катастроф».

Засновником сучасної теорії катастроф є Рене Том, який в 1972 р. запропонував використовувати топологічну теорію динамічних систем, яка бере початок від робіт А. Пуанкаре і А.А. Андронова, для моделювання розривних змін в явищах природи.

Математична теорія катастроф направлена на розробку математичних моделей катастроф – найрізноманітніших явищ стрибкоподібної зміни функціонування системи у відповідь на поступову зміну зовнішніх умов, які мають деякі загальні риси.

Об'єктом теорії катастроф є стрибкоподібні переходи системи із одного стану в інший, розриви у поступових, неперервних процесах, раптові якісні зміни поведінки системи.

Джерелами теорії катастроф є теорії особливостей гладких відображень Уїтні і теорії біфуркації динамічних систем Пуанкаре і Андронова.

Біфуркація визначається як роздвоєння і вживається в широкому значенні для позначення всіх можливих якісних перебудов і метаморфоз різних об'єктів при зміні параметрів, від яких вони залежать.

Біфуркаційною множиною називається границя, яка розділяє область простору управляючих параметрів з якісно різною поведінкою систем, що вивчаються.

Теорія особливостей Уїтні. Теорія особливостей – це грандіозне узагальнення дослідження функції на максимум і мінімум. В теорії Уїтні функції замінені відображенням, тобто наборами декількох функцій декількох змінних.

Основою теорії особливостей гладких відображень є відображення поверхні на площину, при якому кожній точці поверхні ставиться у відповідність точка площини. Якщо точка поверхні задана координатами (x_1, x_2) на поверхні, а точка площини – координатами (y_1, y_2) на площині, то відображення задається парою функцій $y_1=f_1(x_1, x_2)$, $y_2=f_2(x_1, x_2)$. Відображення називається гладким, якщо ці функції гладкі, тобто диференційовані достатню кількість разів, наприклад многочлени.

Особливості зустрічаються лише двох видів:

1. Складка Уїтні – виникає при проектуванні сфери на площину в точках екватора (рис. 1) і задається формулами:

$$y_1=x_1^2, \quad y_2=x_2.$$

2. Зборка Уїтні – отримується при проектуванні на площину поверхні, зображеної на рис. 2 і задається формулами:

$$y_1=x_1^3+x_1x_2, \quad y_2=x_2.$$

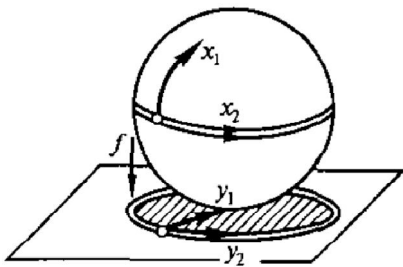


Рис. 1. Складка проектування сфери на площину

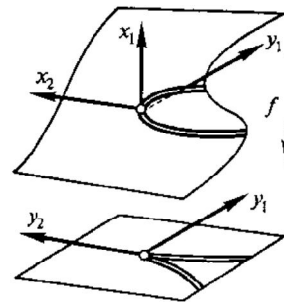


Рис. 2. Зборка проектування поверхні на площину

Уїтні довів, що будь-яка особливість гладкого відображення поверхні на площину після слушного невеликого коливання розсипається на складки і зборки.

Одним з найбільш важливих висновків теорії особливостей полягає в універсальності деяких простих образів: складки, зборки і точки повороту. Ці образи повинні зустрічатися всюди.

Крім перерахованих особливостей, часто зустрічаються ще декілька образів, які також отримали власне ім'я: “ластівчин хвіст”, “піраміда”, “гаманець” та інші.

В тривимірному просторі на гладкому хвилювому фронті загального положення з перебігом часу виникають лише ребра повороту і стандартні особливості типу “ластівчин хвіст” (рис. 3).

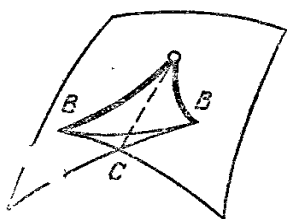


Рис. 3. Ластівчин хвіст

Всі більш складні особливості при невеликому коливанні фронту розсипаються на з’єднані ребрами повороту і лініями самоперетину ластівчині хвосту.

“Ластівчин хвіст” можна визначити як множину всіх точок (a, b, c) , таких, що многочлен $x^3 + ax^2 + bx + c$ має кратний корінь. У цієї поверхні є ребро повороту (B на рис. 3) і лінія самоперетину (C на рис. 3).

“Ластівчин хвіст” можна отримати із просторової кривої $A=t^2, B=t^3, C=t^4$: він отриманий всіма її дотичними.

Чисельні особливості, біфуркації і катастрофи виникають у всіх задачах на знаходження екстремумів (максимумів, мінімумів), задачах оптимізації, управління і прийняття рішення.

Оптимізація параметрів систем управління. Теорія оптимізації – це сукупність фундаментальних математичних результатів і числових методів, орієнтованих на знаходження та ідентифікацію найкращих варіантів з множини альтернатив, процес зведення системи до оптимального (найкращого) стану.

При оптимізації параметрів вибирається сукупність (вектор) $X=(x_1, \dots, x_n)$ параметрів системи S і потрібно вибрати таке значення x цієї сукупності, при якому вектор $K=(k_1, \dots, k_m)$ (вектор показників якості k_1, k_2, \dots, k_m) має найкраще (стосовно обраного критерію переваги) значення. У загальному випадку кожний з показників k_1, k_2, \dots, k_m може залежати від усіх n параметрів:

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= F_1(x_1, \dots, x_n); \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ k_m &= F_m(x_1, \dots, x_n). \end{aligned} \right\}$$

Ці залежності називають цільовими функціями.

Внаслідок накладених обмежень O_s (обмеження на структуру і параметри проєктованої системи) параметри x_1, \dots, x_n мають задовольняти деякі обмеження типу рівностей, нерівностей і дискретності. Обмеження накладаються не лише на значення кожного параметра, а й на зв’язок між ними.

Обмеження можуть мати такий вигляд:

$$\begin{aligned} \Phi_j(x_1, \dots, x_n) &= 0 \quad (j=1 \dots p), \\ \Phi_j(x_1, \dots, x_n) &\leq 0 \quad (j=p+1, \dots, q). \end{aligned}$$

Крім того, мають бути задані обмеження на показники якості k_1, k_2, \dots, k_m , наприклад

$$\left. \begin{aligned} k_1 &\leq k_{1n}; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ k_m &\leq k_{mn}. \end{aligned} \right\}$$

Коли вже відомі цільові функції і функції зв’язку, настає основний етап роботи – аналіз цільової функції, відшукання екстремуму.

Неперервна функція $F(x_1, \dots, x_n)$ досягає екстремуму тільки в таких точках $x=(x_1, \dots, x_n)$, що називаються критичними, для яких всі n перших власних похідних перетворюються в нуль (такі критичні точки називаються стаціонарними), або одна або більше число таких похідних перестають існувати (терплять розрив). Стаціонарні точки, в загальному випадку можуть бути і не екстремальними, а сідловими або точками перегину.

Визначення точки катастрофи. Щоб визначити в якій точці відбудеться катастрофа, потрібно знайти особливості, а для цього потрібно проаналізувати знайдені цільові функції та функції зв’язку, тобто проаналізувати математичну модель.

Математична модель може мати один або декілька мінімумів (в залежності від управляючих параметрів). Якщо при зміні управляючих параметрів положення мінімуму змінюється плавно, то стрибка не відбувається, відповідно катастрофи не буде. Катастрофа

відбудеться в тому випадку, коли локальний мінімум зникне, злившись з локальним максимумом (рис. 4).

Потенціальна енергія

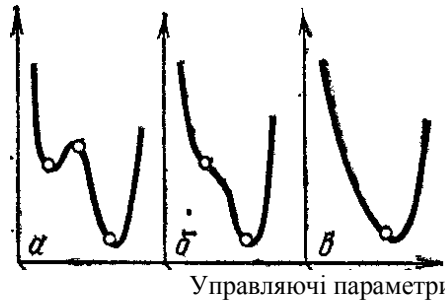


Рис. 4. Злиття локального мінімуму з локальним максимумом

Якщо при аналізі цільової функції ми не просто знайшли екстремуми, а знайшли особливості (складка, зборка, “ластівчин хвіст”, “піраміда”, “гаманець” тощо), то можна стверджувати, що в таких точках виникне катастрофа. Тобто, досліджуючи цільову функцію, можна визначити точки, в яких виникне катастрофа і уникнути її.

Суттєві ознаки катастрофи. В будь-якій системі по характерним ознакам можна визначити, що вона містить катастрофу. Ці ознаки мають назву прапори катастроф.

Основні ознаки катастрофи:

1. Модальність – це властивість об’єкта системи, яка полягає в тому, що при деяких значеннях управляючих параметрів можливі декілька положень рівноваги системи (декілька мод).
2. Недосяжність – в системі одне з положень рівноваги не досягається і не спостерігається;
3. Катастрофічні стрибки – стрибкоподібний перехід системи із одного положення рівноваги в інше.
4. Гістерезис – перехід системи із одного стану в інший і навпаки при різних значеннях управляючих параметрів;
5. Розходження – невелика зміна шляху в просторі параметрів приводить до якісно відмінного кінцевого стану системи.

Зазвичай ці ознаки зустрічаються в сукупності. Вони залежать від досяжності фізичною системою області простору управляючих змінних, в якій потенціал має більш ніж один локальний мінімум.

Як тільки ми знайшли одну з цих ознак, тобто встановили, що відбудеться катастрофа, управляючі параметри можна змінити так, щоб можна було виявити решту ознак, які обов’язково повинні проявити себе при певних умовах.

Існують й інші ознаки катастрофи – розходження лінійного відклику, критичне сповільнення (пом’якшення моди) і аномальна дисперсія. Вони спостерігаються навіть тоді, коли потенціал має лише один локальний мінімум. Ця обставина може бути використана для установлення як критичних значень, так і безпечних меж управляючих параметрів в багатьох випадках, коли неочікувані «катастрофічні стрибки» можуть виявитися пагубними для системи.

Висновок. При визначенні параметрів систем управління завжди використовують теорію оптимізації, тобто шукають найкращий з можливих варіантів.

Якщо при аналізі цільової функції в деякій точці була знайдена особливість певного виду, то в цій точці відбудеться катастрофа. Отже, можна визначити коли відбудеться катастрофа і уникнути її. Також можна визначити безпечні межі для параметрів систем управління за допомогою прапорів катастроф.

Цей факт є дуже важливим для телекомунікаційних систем і мереж, оскільки ми можемо передбачити катастрофу і обминути її шляхом зміни параметрів системи ще на етапі проектування телекомунікацій.

Отже, методи теорії катастроф є дуже ефективними і доцільними при визначенні параметрів систем управління.

Література

1. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. – М.: Наука, 1990. – 128 с.
2. Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку : підруч. для вищ. навч. закл. / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Є.В. Кільчицький ; за ред. В.К. Стеклова. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.
3. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій [В.Г. Кривуца, Л.Н. Беркман Л.Н., В.К. Стеклов та ін.]. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.

УДК 621.314

Нечипорук В.В., к.т.н. (Національний авіаційний університет)

МОДЕЛЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЙ ПУАССОНІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

Нечипорук В.В. Моделювання реалізацій пуассонівських процесів. Відображені процедури побудови моделей однорідних та кусково-однорідних процесів Пуассона. Визначені точнісні характеристики моделювання. Описано використання отриманих реалізацій пуассонівських процесів для перевірки методу масштабних коефіцієнтів та індикаторних функцій.

Ключові слова: ПУАССОНІВСЬКИЙ ПРОЦЕС, МОДЕЛЮВАННЯ, ЗАДАЧА СТАЦІОНАРИЗАЦІЇ, КУСКОВА НЕСТАЦІОНАРНІСТЬ

Нечипорук В.В. Моделирование реализаций пуассоновских процессов. Отображены процедуры построения моделей однородных и кусочно-однородных процессов Пуассона. Определены точностные характеристики моделирования. Описано использование полученных реализаций пуассоновских процессов для проверки метода масштабных коэффициентов и индикаторных функций.

Ключевые слова: ПУАССОНОВСКИЙ ПРОЦЕСС, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЗАДАЧА СТАЦИОНАРИЗАЦИИ, КУСОЧНАЯ НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ

Nechyporuk V.V. Realization of Puasson processes modelling. Construction procedure of models of homogeneous and piece-homogeneous Puasson processes are described. Exactness descriptions of modelling are certain. The use of the got realization of Puasson processes is described for verification of method of scale factors and indicatory functions.

Keywords: PUASSON PROCESS, MODELLING, STATIONARITY TASK, PIECE UNSTATIONARITY

Пуассонівський випадковий процес є представником процесів з незалежними приростами. З допомогою процесу Пуассона описують реальні імпульсні процеси, реалізації яких змінюються стрибкоподібно. Процес Пуассона займає ключове місце в задачах теорії масового обслуговування та теорії надійності. Він належить до класу безмежноподільних законів розподілу, за допомогою якого можна описати реальні фізичні явища.

Моделі однорідних процесів Пуассона. Згідно з означенням, реалізації пуассонівського процесу $\pi(\omega, t)$ представляють собою функції, що складаються з ділянок сталості та стрибків – скінченних приростів $(\pi(\omega, t_k) - \pi(\omega, t_{k-1}))$, які відбуваються у випадкові моменти часу t_k , $k = 1, 2, \dots$. Для простого однорідного пуассонівського процесу вони детерміновані і всі дорівнюють одиниці, тобто реалізації процесу $\pi(\omega, t_k)$ набувають лише цілочислових значень $n = 0, 1, 2, \dots$ (рис. 1). Вважаємо, що всі реалізації пуассонівського процесу в початковий момент часу $t_0 = 0$ виходять з 0.