Ключевые слова: информатизация, информационная инфраструктура, национальная программа информатизации.

Bondarenko O.V. Influence of Information on the Development of Modern Society

The relevance of research of information as a resource of modern society, the nature and importance of management information for each organization and its place in the management process are clarified. The conceptual and categorical aid information paradigm of modern Ukrainian society, aimed at the formation of information society is identified. The National Program of informatization, which detects weak sides of this complex phenomenon of modern progress, is analyzed.

Keywords: informatization, informative infrastructure, national program of informatization.

УДК 681.3 Доц. О.А. Пастух, д-р техн. наук – Тернопільський НТУ ім. І. Пулюя

УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РАДІОТЕХНІЧНИХ І РАДІОКОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Запропоновано математичний опис (математичну модель) системи, який не залежить від її предметної області використання. Ця математична модель має високий рівень абстракції, завдяки чому досягається покриття широкого класу радіотехнічних та радіокомп'ютерних систем та значним рівнем конструктивізму, що дає змогу враховувати окремі особливості таких систем.

Ключові слова: система, математичний опис системи.

Вступ. Останнім часом дедалі більшого розвитку набувають різного роду системи. Системи використовуються у різноманітних сферах існування людства. Особливо це відчутно у сфері інформаційних технологій. Достатньо відзначити різного роду комп'ютерні системи, які використовуються у інформаційно-пошукових, інформаційно-довідкових, інформаційно-телекомунікаційних тощо. Серед цих інформаційних систем важливе місце займають інформаційно-комунікаційні системи, оскільки завдяки їм здійснюється передача інформації тощо. Своєю чергою, інформаційно-комунікаційні системи складаються з багатьох інших типів систем, зокрема радіотехнічних систем, радіокомп'ютерних систем.

Успішного розвитку набувають інформаційно-комунікаційні системи та радіотехнічні й радіокомп'ютерні системи, зокрема, можливо, за умови правильного і раціонального використання математичного формалізму загальної теорії систем [1]. Як відомо [2], єдиного усталеного підходу щодо математичної формалізації системи та систем загалом не існує.

Існують підходи, які широко охоплюють різносторонні аспекти систем, але не мають достатнього рівня конструктивності. Також існують підходи, що є конструктивними, але не охоплюють загалом, різносторонньо систему. Тому розроблення підходу щодо математичної формалізації загалом систем, який би володів шириною і водночас конструктивністю є актуальним науковим завданням.

Постановка завдання. Виконати огляд та аналіз підходів щодо математичної формалізації систем та запропонувати новий підхід до математичної формалізації загалом систем і зокрема радіотехнічних та радіо комп'ютерних систем, який мав би достатній рівень ширини та конструктивності.

Основна частина. Існують підходи до математичної формалізації систем, зокрема їх основ. Розглянемо послідовно кожен із них.

Лінгвістичний підхід. Лінгвістичний рівень опису – найбільш високий абстрактний рівень опису. З нього, як часткові випадки, можна одержати інші рівні абстрактного опису систем низького рівня. На лінгвістичному рівні опису для позначення понять використовують ті чи інші символи, а також встановлюють правила оперування ними. Сукупність символів і правил утворюють абстрактну мову.

Поняття про висловлювання на цій абстрактній мові означає, що є деяке речення (формула), яке побудоване за граматичними правилами цієї мови. При цьому вважається, що ця формула містить змінні, значення яких варіюють. Лише при деяких значеннях змінних висловлювання є істинними. Якщо серед множини висловлювань $K \in M$ істинних висловлювань, то існує теорія T по відношенню до K. За допомогою цих понять означується термін "система". На лінгвістичному рівні абстрактного опису [1, 2], системою називається множина істинних висловлювань. Усі висловлювання переважно ділять на два типи. До першого відносять терми, за допомогою яких позначають об'єкти, а до другого – функтори, які задають відношення між термами.

Теоретико-множинний підхід. Теоретико-множинний рівень абстракції оперує наступними сутностями. Терми розглядають, як деякі множини S. За допомогою цих множин перераховуються елементи (підсистеми) досліджуваних систем. Функтори встановлюють характер відношень між множинами. Множини утворюються з елементів, які мають спільну ознаку, знаходяться між собою у деякому відношенні і елементами інших множин. Складні системи керування можуть бути математично описані за допомогою цих математичних понять. Базуючись на теоретико-множинному підході, означення системи математично формалізується наступним чином. Система – це власна підмножина $X_s \in X$, де X – це декартовий (прямий) добуток множин X_1, X_2, X_3, …, X_n [2]. Як відомо [2], декартовим добутком множин називається множина скінченних наборів таких елементів (x_1, x_2, x_3, …, x_n), що $x_1 \in X_1$, $x_2 \in X_2$, $x_3 \in X_3$, …, $x_n \in X_n$. Це записується у вигляді $X = X_1 \times X_2 \times X_3 \times ... \times X_n$. Кожен елемент x_i множини X_i своєю чергою може бути множиною, що дає змогу описати достатньо складні системи. На теоретико-множинному рівні абстрагування можна одержати лише загальні відомості про реальні системи. Для більш конструктивних описів потрібні інші абстрактні моделі, які давали б змогу виконувати докладніший аналіз різних властивостей реальних систем. До таких абстракцій відносяться моделі, що ґрунтуються на абстрактно-алгебраїчному підході [2].

Абстрактно-алгебраїчний підхід. Абстрактно-алгебраїчний підхід охоплює математичні описи у вигляді абстрактних алгебр та реляційних систем (моделей). Його відмінність від теоретико-множинного підходу полягає в тому, що можна встановлювати відповідності між елементами однієї і тієї ж множини, або елементами інших множин. У таких випадках говорять, що між елементами множин встановлені нульарні, бінарні, тернарні та n-арні відношення.

Якщо на елементах множини означені топологічні структури, то тоді розглядається топологічний рівень абстракції для опису реальних систем [2].

Загалом, вибір потрібного рівня абстрактного опису під час вивчення тої чи іншої реальної системи є завжди відповідальним і важким кроком у теоретико-системній побудові. Ця частина досліджень майже не піддається математичній формалізації і в більшості випадків залежить від ерудиції наукового дослідника, його професійної обізнаності, цілей дослідження тощо.

Абстрактно-алгебраїчному рівню абстрактного опису систем надається найбільша перевага. На цій мові термін "система" означується як "відношення R, що задане на декартовому добутку множин X". Відповідно система означується через $X_s \in X$, де $X = X_1 \times X_2 \times X_3 \times ... \times X_n$, а також сімейством відношень (бінарних, тернарних тощо):

$$R = \{R_1, R_2, ..., R_m\}.$$

Якщо на ці відношення накладаються додаткові умови, то тоді розглядаються ті чи інші абстрактно-алгебраїчні структури, наприклад: групи, півгрупи, кільця, модулі тощо, за допомогою яких описуються ті чи інші реальні системи.

Потрібно відзначити, що мови абстрактних алгебр та реляційних систем дають змогу математично описати такі сторони систем, як мету, прийняття рішень, цілеспрямована поведінка, адаптація, навчання, самонавчання, самоорганізація тощо.

Підводячи підсумок основних положень наведених вище концепцій у роботі, пропонуємо новий підхід щодо опису системи її стану та еволюції, а саме, математично описати стан та еволюцію системи у такому вигляді:

$$\langle A, S, T \rangle, \qquad (1)$$

де: A – множина атрибутів, яка формує простір в якому знаходиться формальний опис системи; S – абстрактна математична структура (наприклад: алгебраїчна, топологічна, геометрична тощо), яка задана на просторі атрибутів; T – множина трансформацій, що описує стан та еволюцію системи.

Для наочного тлумачення такого математичного опису систем зручно здійснити його частковий розгляд, наприклад для радіотехнічних та радіо комп'ютерних систем. Розглянемо приклад радіо комп'ютерної системи, яка здійснює перетворення Фур'є над вхідним сигналом $s(t)$, де $t \in [a, b]$.

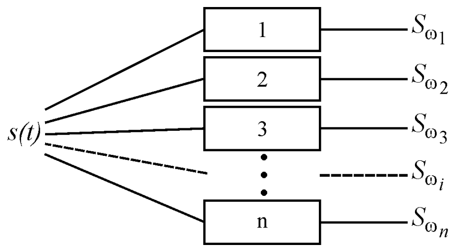

Рис. 1. Графічне зображення радіокомп'ютерної системи: $s(t)$ *– вхідний сигнал, блоки 1, 2, …, n – канали оброблення,* S_{ω_i} *– значення спектральної функції*

Якщо топологія цієї радіокомп'ютерної системи така, як зображено на рис. 1, то математичний опис (1) цієї системи набуде вигляду:

$$\langle A_1, S_1, T_1 \rangle,$$

де: A_1 – множина каналів; S_1 – паралельна структура представлення спектральної функції вхідного сигналу; T_1 – інтегрування добутків вхідного сигналу з відповідними гармоніками, тобто $S_{\omega_i} = \frac{1}{2\pi T}\int_a^b s(t)e^{-\frac{j\omega t}{T}}dt$, у кожному окремому каналі (рис. 1).

Інший приклад може бути таким. Нехай дано радіотехнічну чи радіо комп'ютерну телекомунікаційну систему. Нехай її топологія зображується графіком, що зображений на рис. 2. Тоді її математичний опис відповідно до (1) матиме такий вигляд:

$$\langle A_2, S_2, T_2 \rangle,$$

де: A_2 – множина вершин (окремі радіотехнічні або радіокомп'ютерні вузли (станції)); S_2 – ребра – це канали зв'язку між окремими радіотехнічними або радіокомп'ютерними вузлами; T_2 – множина процесів, які виконуються у кожній окремій вершині та в кожному окремому ребрі.

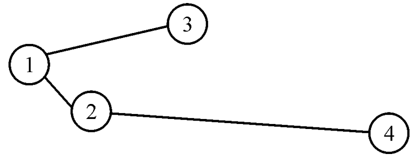

Рис. 2. Графічне зображення топології радіотехнічної або радіокомп'ютерної телекомунікаційної системи: *вершини – це окремі радіотехнічні або радіо комп'ютерні вузли (станції), ребра – канали зв'язку між відповідними вузлами*

Отже, з наведених прикладів видно, що математичний опис систем у вигляді (1) є конструктивним і має достатній рівень ширини.

Висновки. Запропоновано новий математичний опис для стану та еволюції системи, що не залежить від предметної області, до якої належить система. Цей математичний опис має достатній рівень абстракції, що дає змогу математично описувати широкий клас систем, та достатній рівень конструктивізму, що дає змогу враховувати диференціальні аспекти систем.

Література

1. Месарович М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, Я. Такахара. – М. : Изд-во "Мир", 1978. – 311 с.

2. Энциклопедия кибернетика. – К. : Главная редакция украинской советской энциклопедии. – 1974. – Т. 2. – 619 с.

Пастух О.А. **Обобщенная математическая модель радиотехнических и радиокомпьютерных систем**

Предложено математическое описание (математическая модель) системы, которое не зависит от предметной области использования системы. Математическая модель владеет высоким уровнем абстракции, что дает возможность покрыть широкий класс радиотехнических и радиокомпьютерных систем, и соответствующим уровнем конструктивизма, что обеспечивает возможность учитывать отдельные особенности таких систем.

Ключевые слова: система, математическое описание системы.

***Pastukh O.A.* Generalized mathematical model of radio technical and radiocomputer systems**

Mathematical description (mathematical model) of the system independent from the subject field of system use is provided. Mathematical model has a high level abstraction that allows a wide range of radio technical and radio computer systems to be covered, and also a proper level constructivism that provides a possibility to consider particular features of these systems.

Keywords: system, mathematical description, radio technical, radio computer.

УДК 004.9 *Аспір. Б.Б. Дмитришин*[1] *– НУ "Львівська політехніка"*

МЕТОД ГРАТОК БОЛЬЦМАНА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ РІДИНИ В МІКРОПОТОКОВИХ СИСТЕМАХ

Описано застосування методу граток Больцмана (Lattice Boltzmann Methods, LBM) для моделювання мікропотоків у рідинних мікроелектромеханічних системах (МЕМС), наведено обчислювальну схему на прикладі двохвимірної системи D2Q9 та розроблено новий алгоритм LBM, який дає змогу реалізувати більш ефективну схему обчислень та забезпечити можливість паралелізації обчислень на багатоядерних та багатопроцесорних системах. Запропонований метод граток Больцмана і його алгоритм для створення прикладного програмного забезпечення дає змогу пришвидшити час виконання обчислень та збільшити точність отриманих результатів. Окрім цього, алгоритм можна легко інтерпретувати на апаратній частині сучасних багатопроцесорних систем.

Ключові слова: метод граток Больцмана, МЕМС, алгоритм, мікропотік, моделювання.

Вступ. На сьогодні основні тенденції у розвитку науки та техніки спрямовані на створення ефективних і точних алгоритмів, які швидко можуть розв'язувати задачі будь-якої складності. Чисельний метод моделювання гідродинаміки Lattice Boltzmann Method, LBM, який перекладається, як метод граткових рівнянь Больцмана демонструє кращі результати, ніж інші відомі методи (наприклад метод скінченних елементів) у легкості розпаралелювання, можливості моделювання багатофазних потоків, моделювання потоків у пористих середовищах. Окрім цього, обчислювальний алгоритм містить тільки найпростіші арифметичні операції. Метод досить новий, перші комерційні продукти на його основі стали з'являтися в останні десятиліття.

Моделювання гідродинаміки потрібне у таких сферах**[1]**:

- літакобудування, ракетобудування, автомобілебудування;
- промислова хімія (розподіл речовин, хімічні реактори);
- метеорологія, геологія (потоки рідини крізь пористі середовища, пісковики, дамби);
- медицина (потоки крові, лімфи, реагентів).

1. Рівняння Нав'є-Стокса. Гідро- і аеродинаміка в макромасштабі описуються рівнянням Нав'є-Стокса. Воно показує, яким буде тиск, густина і швидкість рідини в кожній точці простору в кожен момент часу, залежно від початкових і граничних умов і параметрів середовища.

[1] Наук. керівник: доц. О.М. Матвійків, канд. техн. наук

З іншого боку, для розріджених газів справедливе рівняння Больцмана, яке описує, як змінюється густина розподілу часток за швидкостями в кожній точці простору з часом. Якщо проінтегрувати розподіл часток за швидкостями в даній точці, можна отримати густину і макроскопічну швидкість в даній точці. Іншими словами, макроскопічне рівняння Больцмана еквівалентно рівнянню Нав'є-Стокса. Варіант рівняння Нав'є-Стокса для макроскопічної динаміки рідин, які не стискаються, і газів виглядає так:

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t}+v\nabla v\right)=-\nabla p+\mu\nabla^2 v+f\ , \tag{1}$$

де: v – швидкість потоку, ρ – густина рідини, p – тиск рідини, f – зовнішні сили (наприклад гравітація).

2. Рівняння Больцмана. Це рівняння оперує функцією розподілу ймовірності густини частинок по координатах і за швидкостями, $f(r, v, t)$. Величина $f(x, y, z, Vx, Vy, Vz, t)\ dx, dy, dz, dVx, dVy, dVz$, показує, яка частка частинок в момент часу t знаходиться в кубі від x до $x + dx$, від y до $y + dy$, від z до $z + dz$ зі швидкостями в діапазоні від Vx до $Vx + dVx$, від $Vy + dVy$, від $Vz + dVz$. Її також можна записати у вигляді $f(r,V,t)d^3rd^3V$.

Ця функція зазвичай нормується на масу газу в системі, яка досліджується, тому макроскопічна густина газу в кожній точці визначається як сума (інтеграл) від густини ймовірності в даній точці по всіх можливих значеннях швидкості, а саме:

$$\rho=\int f dv\,. \tag{2}$$

Аналогічно, макроскопічну швидкість можна визначити через

$$\rho u=\int f v dv\,. \tag{3}$$

Основна ідея для виведення рівняння схожа на виведення рівняння Нав'є -Стокса. Для цього виділимо в даний момент часу в даному невеликому об'ємі пучок молекул, які летять у даному напрямку. Через невеликий проміжок часу dt вони опиняться в сусідній точці, їх швидкість сама по собі зміниться через прискорення молекул зовнішніми силами. Окрім цього, на даному відрізку шляху деякі молекули зіткнуться з іншими, змінять свою швидкість.

Це можна записати в такому вигляді:

$$\int\left(r+vdt, v+\frac{F}{m}dt, t+dt\right)d^3rd^3v-f\left(r,v,t\right)d^3rd^3v=dN_{coll}\,, \tag{4}$$

де: F – зовнішня сила, m – маса молекули, $dNcoll$ – зміна числа частинок у пучку внаслідок зіткнень.

Візьмемо стандартне наближення для величини $dNcoll$ – наближення Батнагара – Гроса – Крука (BGK). У цьому наближенні $dNcoll$ дорівнює:

$$-\frac{f-f^{eq}}{T}d^3rd^3vdt\,, \tag{5}$$

де: f^{eq} – рівноважна функція розподілу Максвела – Больцмана, а τ – час релаксації. Внаслідок отримуємо: