ISSN 2224-087X. Електроніка та інформаційні технології. 2013. Випуск 3. С. 202–210
Electronics and information technologies. 2013. Issue 3. P. 202–210

УДК 53:007:51

ПОЛІМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ТА СУЧАСНА КІБЕРНЕТИКА

П.Трохимчук

Волинський національний університет ім. Лесі Українки,
пр.Волі,13 , 43025, Луцьк, Україна
trope@univer.lutsk.ua; trope53@yahoo.com; trope@yandex.ru

Проаналізовано основні поняття та підходи поліметричного аналізу та його зв’язок з сучасною кібернетикою. Доведено необхідність виникнення цієї науки в зв’язку з розвитком сучасної кібернетики та інформатики. Виконано порівняльний аналіз основних концепцій та підходів, що привели до створення поліметричного методу. Обговорено питання, пов’язані з класифікацією сучасної науки та галузей знань. Наведено основні галузі застосування в кібернетиці та фізиці.

Ключові слова: поліметричний аналіз, функціональні числа, змінна ієрархія, кібернетика, функціональні числа, гібридні системи.

Бурхливий розвиток сучасної науки, зокрема теоретичної фізики, кібернетики та інформатики [1–11], привів до необхідності переглянути основні поняття сучасної науки із системного погляду [3, 8]. Наприклад, у сучасній математичній теорії систем, яка ґрунтується на множинній інтерпретації математики, існує нескінченна кількість типів систем [1]. Тоді як, наприклад, Бертран Рассел довів, що існує скінченна кількість логічних типів [2, 11]. Тому природно постає запитання, чи не можна створити таку універсальну систему оптимальної формалізації, яка ґрунтувалась би на скінченній кількості типів систем та водночас могла бути відкритою (розімкненою) системою?

Для створення універсальної системи знань проведено оптимальний синтез методів та підходів, які використовували в ході створення сучасної науки, на підставі ідеї оптимальної потрійної оптимізації (методологічна, математична та конкретно-наукова). Сам метод названо поліметричним метод. Основні компоненти поліметричного методу та його зв’язок з іншими науками відображено на рис. 1.

Створення такої оптимальної системи знань потребувало перегляду проблеми оптимальності, яка є в сучасній науці та культурі, з урахуванням її розширення та зближення вербальних і невербальних систем знань. Тому одним із завдань сучасної науки є задача створення оптимальної системи класифікації, синтезу та уніфікації, прогнозування та передбачення появи нових наук і систем знань, а також експертний аналіз наявних наук та галузей знань [1–3]. Основи концепції, включаючи історичні аспекти її розвитку, зображені на рис. 1.

Як бачимо з рис. 1, основними компонентами поліметричного аналізу є функціональні числа, узагальнені математичні перетворення, гібридна теорія систем, принцип розмірної однорідності та принцип асиметрії вимірювання. На підставі цих теорій будують поліметричну теорію міри та вимірювань, яка взята за основу натурального підходу до засад математики, а також разом з гібридною теорією систем є основою будь-якої науки чи галузі знань.

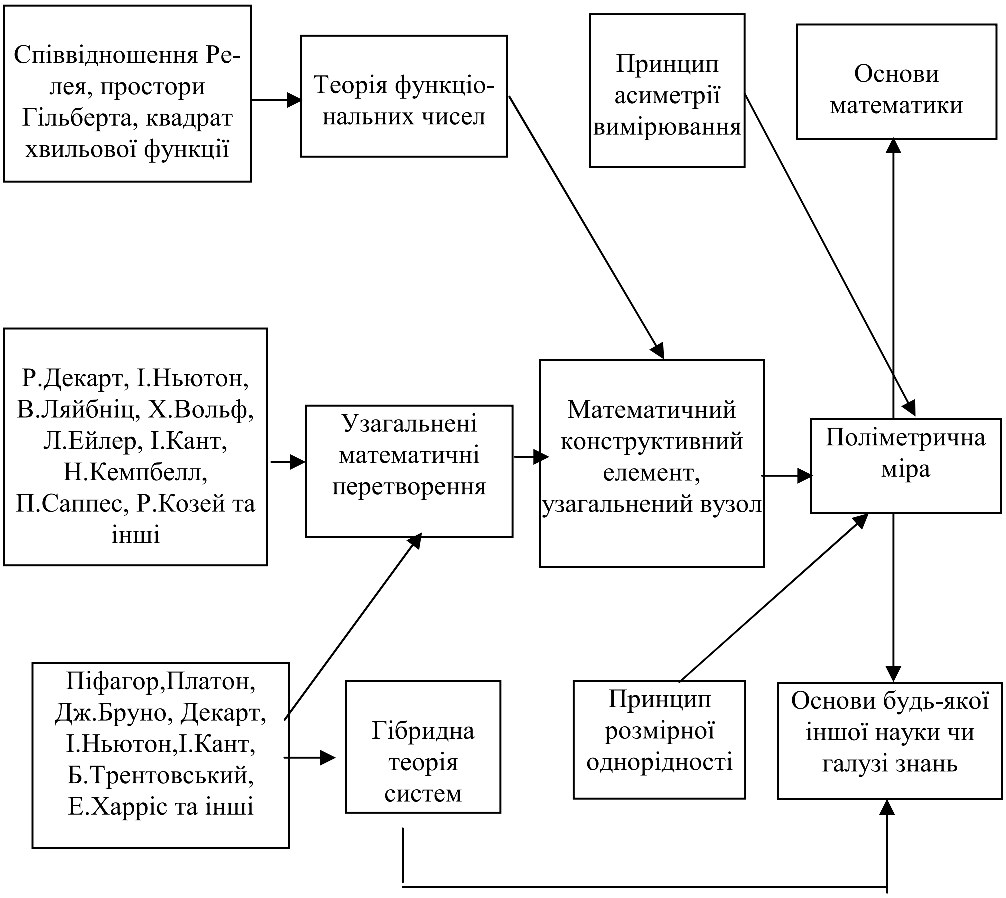

Рис. 1. Місце поліметричної методології в сучасній науці [3, 8].

Функціональні числа є теорією чисел третього покоління – число відіграє роль системного елемента. Зазначимо, що вперше про необхідність розвивати такі теорії чисел для кібернетики писав М. Мінський [1]. Розглянемо основну аксіоматику.

Функціональними числами називають співвідношення

$$N_{\varphi_{ij}} = \varphi_i \circ \overline{\varphi}_j \ , \tag{1}$$

де φ_i та $\overline{\varphi}_j$ – прямі та обернені функції. Загалом

$$\varphi_i = \varphi_i(x_1,...,x_n,\overline{x}_1,...,\overline{x}_n);$$
$$\overline{\varphi}_j = \overline{\varphi}_j(x_1,...,x_n,\overline{x}_1,...,\overline{x}_n).$$

де x_i та $\overline{x}_j$ – прямі та обернені параметри.

Для роботи з функціональними числами створено узагальнені математичні перетворення (якісні *A* та кількісні *O*; прямі та обернені; праві та ліві, які позначають індексами *r* та *l*). Праві та ліві перетворення діють, відповідно, на праву або ліву частину функціонального числа чи відповідного конструктиву.

У разі дії узагальнених математичних перетворень на функціональні числа утворюються інформаційні ґратки, відповідні функціональні вузли цих ґраток називають узагальненими конструктивними елементами, або ж вузлами інформаційних ґраток. Узагальнений конструктивний елемент має вигляд

$${}^{stqo}_{nmab}M_{ijkp} = A_i\overline{A}_j O_k \overline{O}_p A^r_s \overline{A}^r_t O^r_q \overline{O}^r_o A^l_n \overline{A}^l_m O^l_a \overline{O}^l_b N_{\varphi_{ij}} \qquad (2)$$

Самі узагальнені конструктивні елементи є елементами функціональних матриць.

Загалом існує 15 типів узагальнених математичних перетворень (див. таблицю).

Основні узагальнені математичні перетворення

Номер перетворення	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Зображення		
													П	О	М
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–
2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+	–
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+
4	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	–	+	–
5	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	+	–	–
6	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	–
7	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–
8	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	–	–	+
9	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	–	+
10	+	–	–	+	–	+	+	–	–	+	–	+	–	+	–
11	+	–	–	+	–	+	+	–	–	+	–	+	–	–	+
12	–	+	+	–	+	–	–	+	+	–	+	–	+	–	–
13	–	+	+	–	+	–	–	+	+	–	+	–	–	–	+
14	+	–	+	–	+	–	+	+	+	+	+	+	–	–	+
15	–	+	–	+	–	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+

П р и м і т к и . П – пряме; О – обернене; М – мішане. Стовпці відповідають дії відповідного перетворення на функціональне число або його компоненту 1 – A_i; 2 – $\overline{A}_j$; 3 – A^r; 4 – $\overline{A}^r$; 5 – A^l; 6 – $\overline{A}^l$; 7 – O_k; 8 – $\overline{O}_p$; 9 – O^r; 10 – $\overline{O}^r$; 11 – O^l; 12 – $\overline{O}^l$. Нумерація в рядках відповідає таким перетворенням: 1 – повне пряме; 2 – повне обернене; 3 – повне мішане; 4 – ліве повне пряме; 5 – праве повне обернене: 6 – ліве пряме; 7 – праве обернене; 8 – мішане повне пряме; 9 – мішане повне обернене; 10 – ліве напівпряме; 11 – мішане напівпряме; 12 – праве напівобернене; 13 – мішане напівобернене; 14 – мішане пряме; 15 – мішане обернене. Знак “+” (плюс) означає, що це перетворення діє на $N_{\varphi_{ij}}$ повністю або частково, а знак “–” (мінус) – не діє.

Зазначимо, що лише дев'ять типів перетворень є математичними в класичному сенсі. Шість типів перетворень охоплюють інші операції сприйняття, відображення та переробки інформації, які, скажімо, характерні для таких галузей знань та культури, як лінгвістика, живопис чи музика. Уведено також поняття параметра зв'язності σ_t, який разом з кількістю перетворень та розмірністю функціональних чисел є параметром відкритості системи. Параметр зв'язності, у принципі, характеризує рівень однозначності (ізоморфності) відображень.

Для впорядкування обчислень на інформаційних ґратках побудовано теорію інформаційних обчислень. Розглянемо тепер загальну проблему обчислень у кібернетиці, згідно з [3]. Ця проблема доволі гостра в сучасній обчислювальній техніці, яка є одним із розділів кібернетики. Систематизація та опрацювання великих масивів інформації пов'язані з різними труднощами – як апаратними (технічними), так і математичними. Наголосимо, що в деяких галузях інформаційних обчислень (скажімо, напівчислові алгоритми) нема не тільки загальних підходів, а й критеріїв оцінки [1, 3]. Для цих задач найліпше використовувати функціонально-логічний підхід, а детальніше – міру обчислень. Додатково ми введемо поняття інформаційної зчисленності.

Інформаційною (комбінаторною) зчисленністю C ми називаємо кількість усіх можливих арифметичних, алгебричних та комбінаторних операцій на тому чи іншому математичному об'єкті (конструктиві).

Технічною інформаційною зчисленністю називають величину

$$C_t = C\sum_{i=1}^{n} t_i\,, \tag{3}$$

де t_i – апаратурний час реалізації відповідної операції; n – кількість операцій.

Узагальненою технічною комбінаторною зчисленністю називають величину

$$C_{to} = k_{AC} C_t\,, \tag{4}$$

де k_{AC} – коефіцієнт алгоритмічної складності.

Наведемо також *Принцип найменшої* (*оптимальної*) *інформаційної зчисленності*: будь-яка алгебрична, конструктивна в тому числі, інформаційна задача має оптимальний розв'язок за мінімуму C, C_t чи C_{to}, відповідно.

З принципу найменшої інформаційної зчисленності як частковий випадок випливають: принцип стиснення інформації, визначення оптимальних алгоритмів тощо.

Під мінімумом у цьому випадку розуміють конструктивний, а не функціональний мінімум.

Цей принцип доповнює, розширює та узагальнює негентропійний принцип теорії інформації та теорему Шеннона. Принцип в епістемологічному сенсі побудований аналогічно до принципу найменшої дії у фізиці. Використано та узагальнено ідею де Бройля про рівноцінність імовірнісної та детермінізованої інформації; це дало змогу перейти до безрозмірної міри [1].

Проаналізовано поняття взаємності в математиці, включаючи теорію чисел, геометрію, математичну логіку тощо. На підставі цього сформульовано принцип компонування математичного конструктиву в ту чи іншу систему – *критерій взаємності*: для взаємності системи необхідно і достатньо, щоб справджувались:

1) її повнота;
2) рівноважність;
3) $\Sigma_{\lambda R} = \Sigma_{\lambda N}$,

де $\Sigma_{\lambda R}, \Sigma_{\lambda N}$ – кількість епістемологічно рівноцінних відомих та невідомих положень відповідної теорії чи конструктиву.

Принципом оптимальності проведення відповідних математичних операцій на тому чи іншому математичному конструктиві є розширений принцип оптимальної інформаційної зчисленності, який отримав назву *критерію простоти*: математична (інформаційна) структура є простою, коли виконуються такі умови:

1) повнота;
2) рівноважність;
3) принцип найменшої інформаційної зчисленності.

Залежно від того, які положення критеріїв взаємності та простоти справджуються та який вигляд параметра зв'язності σ_t, ми маємо десять мінімальних типів гібридних систем (систем формалізації, синтезу та аналізу), причому чотири з них не є математичними в загальноприйнятому сенсі. Наведемо цю класифікацію [3, 8].

1. Систему називають простою, якщо в ній зберігається критерій взаємності та критерій простоти для всіх елементів математичного конструктиву – як функціональних чисел $N_{\varphi_{ij}}$, так і перетворень.

2. Систему називають параметрично простою, якщо критерій простоти зберігається лише для $N_{\varphi_{ij}}$.

Примітка 1. Нагадування про виконання умов критерію взаємності не буде (це означає, що вони виконуються) або будуть нагадування про порушення деяких його складових (це означає, що інші складові виконуються).

Примітка 2. Під системою (математичною системою) ми розуміємо систему, основними елементами якої є узагальнені конструктивні елементи.

3. Систему називають алгебрично простою, коли критерій простоти зберігається лише для алгебр.

4. Спряжену систему називають напівпростою, коли не зберігається принцип найменшої комбінаторної зчисленності та $\sigma_t = 1$.

5. Систему називають параметрично напівпростою, коли принцип найменшої комбінаторної зчисленності не виконується тільки для $N_{\varphi_{ij}}$ та $\sigma_t = 1$.

6. Систему називають алгебрично напівпростою, коли принцип найменшої комбінаторної зчисленності не виконується для перетворень та $\sigma_t = 1$.

7. Систему називають складною, якщо не зберігається принцип найменшої комбінаторної зчисленності та $\sigma_t \neq 1$.

8. Систему називають параметрично складною, якщо не виконується принцип найменшої комбінаторної зчисленності для $N_{\varphi_{ij}}$ та $\sigma_t \neq 1$.

9. Систему називають алгебрично складною, якщо не зберігається принцип найменшої комбінаторної зчисленності для перетворень та $\sigma_t \neq 1$.

10. Систему називають абсолютно складною, якщо не виконується жодне з положень критеріїв взаємності та простоти.

Легко переконатись, що всі типи систем входять у запропоновану класифікацію. Коли ще врахувати, що існує 15 типів узагальнених математичних перетворень, то матимемо 150 типів систем уже з урахуванням типів перетворень [3, 8].

В основі теорії типів Б. Рассела в логіці є принцип ієрархічності. Це означає, що логічні поняття – висловлювання, індивіди, пропозиціональні функції – можна розташувати в ієрархію типів. Важливо, що довільна функція як свої аргументи має лише ті поняття, які передують їй у ієрархії. Ця класифікація належить до множинної (проективної) інтерпретації логіки.

На відміну від логічних типів Б. Рассела, запропонована вище класифікація систем охоплює не лише процедуру формалізації, а й процедуру синтезу та аналізу, окрім того, вона має елементи "відкритості" системи. Практично ми маємо теорію систем зі змінною ієрархією.

Зазначимо, що один з "батьків" логістичного підходу в основах математики, учитель Б. Рассела логічний атоміст А.Н. Уайтхед у праці [9] відмовився від свого підходу та висловив думку, що варто перейти до більш "організмічного" підходу в основах математики.

За основу математики потрібно взяти теорію, яка охоплювала б оптимальне співвідношення формалізації, аналізу та синтезу в принципі будь-якої галузі знань. Зокрема, починаючи від Декарта, математика є основним теоретичним інструментом сучасної науки, тому звісно, ніяка строго ієрархічна математична дисципліна, якщо тільки вона в епістемологічному сенсі не охоплює цих трьох положень, не може претендувати на таку метатеорію. Тому саме поліметричний підхід, як системний підхід відкритого типу, найбільше відповідає предмету математики в найширшому сенсі цього поняття [3, 8], а кібернетика та інформатика є розділами прикладної математики [2–5, 11], які розвиваються та, окрім того, є синтетичними системами відкритого (розімкненого) типу.

Проведено оптимальний синтез наявних теорій міри та вимірювань і аналізу розмірностей на підставі концепції Кемпбелла [10]. Грубо кажучи, у поліметричному методі первинним вимірюванням відповідають кількісні перетворення, а вторинним – якісні. Для інформаційних ґраток з цього погляду сформульовано принципи розмірної однорідності та асиметрії вимірювання. Принцип асиметрії вимірювання є законом для кількісних перетворень, а принцип розмірної однорідності – для якісних перетворень [3]. У разі накладання цих принципів ми отримуємо елемент поліметричної міри. Саму поліметричну міру (функціональне число з відповідними перетвореннями та принципами, що враховують процедуру вимірювання) можна розглядати як основу математики в операційному зображенні, а якщо врахувати ще гібридну теорію систем, то цю міру можна розглядати як основу будь-якої науки чи галузі знань, що відображено на рисунку.

Наголосимо, що до кібернетики як теорії управління з подібних філософських позицій підходили А.-М. Ампер [6] та Б. Трентовський [7]. Однак вони не побудували математичної теорії, а запропонували лише філософську концепцію. До кібернетики як теорії управління в живому та неживому світі підходив один з творців сучасної кібернетики Н. Вінер [5]. Сучасна кібернетика є синтезом багатьох наук [4]. Завданням сучасної інформатики є формалізація та переробка будь-якої інформації та подання її у вигляді, зручному для сприйняття людиною [2]. Її можна розглядати як формалізацію тези канадського філософа Л. Холла "все, що йде з голови, – розумне" [2, 3, 11], а також як варіант вирішення проблеми століття в кібернетиці, згідно з С. Біром (проблема складності–простоти) [3].

Математична частина, функціональні числа є узагальненням як квадратичних форм, так і квадрата модуля комплексного числа. Як відомо, квадратичну форму як елемент міри використовують у класичній математиці (квадратичні форми) та в теорії функції комплексних змінних і квантовій механіці (квадрат хвильової функції). На підставі цього побудовано й узагальнено математичні перетворення.

"Вимірювальна" (частково-наукова) частина пов'язана з вимірюванням. Наведемо вислів одного з "батьків" математики XVIII ст. німецького філософа та математика, учня В. Ляйбніца Х. Вольфа (1716): "Математика – наука міряти все, що можна виміряти. Звичайно її описують як науку про кількості, науку про величини, тобто про ті речі, які можуть збільшуватись або зменшуватись. Оскільки всі скінченні речі можна вимірювати у всьому тому, що вони мають у собі скінченного, тобто чим вони є, то на світі немає нічого, до чого не можна було б застосовувати математику, й оскільки не можна мати ніякого точнішого пізнання, ніж коли властивості речей можна виміряти, то математика приводить нас до найбільш досконалого пізнання всіх можливих у світі речей".

З прикладного погляду теорія інформаційних обчислень дала змогу ввести критерії оцінки для напівчислових алгоритмів [3], матричних обчислень, які, як відомо, є основними в роботі процесорів та під час сортування масивів інформації. Поліметричний метод може слугувати методом прогнозування та доцільності появи тієї чи іншої науки, а також бути універсальною експертною системою [3].

Також на підставі поліметричного методу створено теорію функціонально-логічних автоматів, теорію мультиадних ігор, по-новому сформульовано проблему розпізнавання образів, узагальнено економетрику, функціональний лінгвістичний підхід тощо [3].

Загалом же поліметричний метод можна розглядати як оптимальне системне розширення сучасної кібернетики й інформатики через поліметричну міру в найширшому сенсі [3].

Завдяки застосуванню поліметрії в фізиці створено теорію інформаційно-фізичних структур, яка на рівні законів дала змогу синтезувати фізику і теорію інформації, а також дано системне обґрунтування створенню таких теорій синтетичного типу, як релаксаційна оптика [3].

Зазначимо, що поліметричний підхід можна розглядати як потрійну оптимальну формалізацію філософських концепцій, відображених в лівій частині рисунка [3].

Формалізація філософських концепцій та перетворення їх у математичні науки не нові. Наприклад, філософську концепцію психофізичного паралелізму англійського монаха Гордона формалізував один із творців сучасної кібернетики Дж. фон Нойман. Ця концепція незримо відчутна в його теорії автоматів, включаючи самовідновні інтерпретації квантової механіки, теорії економічної поведінки та ін. [3].

Саме кібернетика та інформатика, а також бурхливий розвиток сучасної науки приводять до необхідності пошуку нових оптимальних системних методів побудови метатеорій, які б змогли не лише передбачати виникнення нових систем знань, а й переглядати та аналізувати наявні системи [3].

Отже, наведено основні поняття поліметричного методу – універсальної системи оптимального синтезу, формалізації та аналізу знань. З'ясовано, що існує лише десять мінімальних типів систем формалізації знань. Проаналізовано основні концепції сучасної науки та доведено, що лише відкрита системна теорія (поліметричний метод) повністю відповідає вимогам її розвитку. Наголошено, що поліметричний аналіз можна розглядати як оптимальне розширення сучасної кібернетики та інформатики. Поліметричний метод дав змогу вирішити проблему століття в кібернетиці, згідно з С. Біром.

---

1. *Кухтенко А.И.* Кибернетика и фундаментальные науки / А.И. Кухтенко. – Киев : Наук. думка, 1987. – 144 с.
2. *Ershov A.P.* The British Lectures / A.P. Ershov. – London : Heyden,1980. – 57 p.
3. *Трохимчук П.П.* Математичні основи знань. Поліметричний підхід / П.П. Трохимчук. – Луцьк : Вежа, 2009. – 520 с.
4. *Джордж Ф.* Основы кибернетики / Ф. Джордж. – М. : Радио и связь, 1984. – 272 с.
5. *Винер Н.* Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – М. : Сов. радио, 1983. – 341 с.
6. *Поваров Г.Н.* Ампер и кебернетика / Г.Н. Поваров. – М. : Сов. радио, 1977. – 95 с.
7. *Trentowski B.* Stosunec filozofii do cybemetyki czyli sztuka rzadzenia narodem / B. Trentowski. – Poznen, 1843. – 196 s.
8. *Трохимчук П.* Поліметричний метод і проблема створення універсальної системи знань / П. Трохимчук // Праці НТШ. Фіз. зб. – 2011. – Т. 8. – С. 190–197.
9. *Wnitehead A.N.* Science and the modern World / A.N. Wnitehead. – New York : Pelican Mentor Books,1948. – 224 p.
10. *Campbell N.R.* Physics: in elements / N.R. Campbell. – Cambridge: University Press,1920. – 656 p.
11. *Непейвода Н.Н.* Прикладная логика / Н.Н. Непейвода. – Новосибирск : Изд-во Новосибирского ун-та, 2001. – 525 с.

POLYMETRIC METHOD AND MODERN CYBERNETICS

P. Trokhimchuck

Lesya Ukrayinka Volyn' National, Voly av., 13 , 43025, Lutsk, Ukraine
trope@univer.lutsk.ua; trope53@yahoo.com; trope@yandex.ru

Basic notions and conceptions of polymetric analysis and its bond with modern cybernetics are analyzed. Necessary of creation of this science is caused of the development of modern cybernetics and informatics. Comparative analysis of basic theories and conceptions, which allowed creating polymetric method, is represented. Questions of systematization of modern science and knowledge are discussed. Basic applications of polymetric method in cybernetics and physics are represented.

Key words: polymetric analysis, functional numbers, variable hierachy, cybernetics, hybrid systems.

ПОЛИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД И СОВРЕМЕННАЯ КИБЕРНЕТИКА

П.Трохимчук

Волынский национальный университет им. Леси Украинки,
пр.Воли,13 , 43025, Луцк, Украина
trope@univer.lutsk.ua; trope53@yahoo.com; trope@yandex.ru

Проанализировано основные понятия и подходы полиметрического анализа и его связь из современной кибернетикой. Показано необходимость возникновения этой науки в связи с развитием современной кибернетики и информатики. Проведено сравнительный анализ основных концепций и подходов, что привели к созданию полиметрического метода. Рассмотрено вопросы, связанные с классификацией современной науки и областей знаний. Приведено основные применения в кибернетике и физике.

Ключевые слова: полиметрический анализ, функциональные числа, переменная иерархия, кибернетика, гибридные системы.

Стаття надійшла до редколегії 15.11.2012
Прийнята до друку 16.01.2013