

**СКІНЧЕННОВИМІРНІ ГІПЕРКОМПЛЕКСНІ ЧИСЛОВІ СИСТЕМИ — НОВИЙ НАПРЯМ У СУЧАСНІЙ ІНФОРМАТИЦІ**

*Синьков М.В., Бояринова Ю.Е., Калиновский Я.А. Конечномерные гиперкомплексные числовые системы. Основы теории. Применения. — К.: Инфодрук, 2010. — 389 с.*

Автори видання добре відомі науковій громадянськості України і ближнього зарубіжжя як учені, котрі працюють у галузі інформатики і розвивають теорію подання та оброблення інформації. Так, Заслужений діяч науки і техніки України, професор, д.т.н. М.В. Синьков ще в 1983 році за створення непозиційних розрядно-аналогових засобів отримав премію імені С.О. Лебедева, а в 1991 році за розробки в галузі непозиційного модулярного подання інформації — Державну премію СРСР.

Методами подання даних займалась більшою чи меншою мірою більшість великих учених. Скажімо, академік В.М. Глушков високо оцінював праці з теорії чисел і модулярної арифметики. Також він схвально відзивався про застосування кватерніонів у механіці твердого тіла та керуванні космічними апаратами. І дійсно, в період роботи академіка В.М. Глушкова й академіка В.С. Михалевича в Інституті кібернетики НАН України вчені працювали над побудовою кватерніонних алгоритмів керування рухомими об'єктами в просторі. В.С. Михалевич, зацікавившись використанням кватерніонів, зазначив, що теорія гіперкомплексних числових систем, у яку входять

кватерніони як складова частина, повільно розвивається, хоча від неї можна очікувати ефективного впровадження у практичну діяльність.

Численні літературні джерела, опрацьовані авторами рецензованої книги, лягли в основу бібліографії, з якої видно, що подання й оброблення інформації в гіперкомплексних числових системах пріоритетні та присутні в більшості передових сучасних наукових розробок. Ця бібліографія також показує, що зі скінченновимірними гіперкомплексними числовими системами «пов'язали свою долю» численні практичні напрями.

При цьому розвиток теорії гіперкомплексних числових систем як найбільш передової форми подання й оброблення інформації вимагає ретельного підходу до різних аспектів, включаючи термінологію. Враховуючи, що в науковій літературі немає усталеного визначення терміна «гіперкомплексні числові системи», автори зібрали і проаналізували великий обсяг літературних даних.

Говорячи про проблему загалом, можна відзначити, що назріла необхідність ретельного дослідження різних форм подання й оброблення даних в інформатиці,

оскільки багато з них відіграють абсолютно самостійну роль і важливі для розуміння наукового розвитку. Це підтверджує лаконічна згадка в монографії про різні форми подання інформації в хімії, біології та інших науках. Найпривабливіша форма подання інформації — це та, що заклала природа у «вихідні кубики життя». Дійсно, чотири типи нуклеотидів, компонуєчись у трійки, названі триплетами, дають 64 можливі комбінації. Кожен триплет кодує одну амінокислоту, яка є будівельним елементом у білках. Реально їх кількість найчастіше становить двадцять і дуже рідко ще вісім амінокислот. Решта триплетів невикористана і становить «життєвий запас».

Різноманітні форми подання інформації застосовують і в математиці. Це, в першу чергу, позиційні і непозиційні модулярні системи подання інформації. Кожна з них має свої переваги і, відповідно, сфери застосування. Розглядаючи ці два напрями в поданні інформації, необхідно зазначити, що між ними існує глибокий зв'язок, відображений у фундаментальній теоремі Гауса про ізоморфізми в системі лишків дійсних і комплексних чисел при виконанні певних додаткових умов.

Основний зміст книги становлять дослідження скінченновимірних гіперкомплексних числових систем, що переконливо доводять існування нескінченновимірних гіперкомплексних систем. І, як зазначають у передмові монографії академік НАН України Ю.М. Березанський та д.ф.-м.н. О.О. Калюжний, цей клас систем вивчають в Інституті математики НАН України, і він є узагальненням скінченновимірних гіперкомплексних числових систем на випадок локально-компактного базису. Ю.М. Березанський підкреслює в книзі та наукових обговореннях важливість розвитку та зближення скінченновимірних і нескінченновимірних гіперкомплексних систем як для одержання наукових результатів, так і для

розширення сфери їх практичного використання.

Скінченновимірні гіперкомплексні числові системи — результат украй складного формування, до якого вчені йшли не одне століття. Можна сказати, що перший переломний момент виник у середині XVI ст., коли Дж. Кардано ввів у математику комплексні числа. Спроби науковців побудувати гіперкомплексну числову систему третьої вимірності, таку ж за характеристиками, як і комплексні числа, за допомогою цього двовимірного аналога приводили до невдач. Справа в тому, що дійсні та комплексні числа, з погляду математики, є полями. Це означає, що вони мають властивості комутативності, асоціативності й багато інших характеристик. Спроби додати другу уявну одиницю обов'язково супроводжувались виникненням дільників нуля, втратою комутативності або асоціативності, або того й іншого. В той час ще не було знаменитої теореми Фробеніуса про чотири «чудові» алгебри без дільників нуля: поля дійсних і комплексних чисел, тіла кватерніонів, альтернативну алгебру октав. І тому найяскравіший результат отримано в середині XIX століття, коли сер В. Гамільтон сформував гіперкомплексну числову систему кватерніонів. Ця система з позиції математики є тілом, тому що в ній утрачена комутативність. Математики намагалися знайти системі гідне застосування, однак це їм не вдавалося. Зокрема, Товариство кватерніоністів і журнал «Кватерніон» у Великій Британії не змогли досягти суттєвого поступу. Тож слід особливо відзначити внесок професора О.П. Котельникова, який запропонував побудувати три типи бікватерніонів із використанням комплексних, подвійних і дуальних чисел як коефіцієнтів кватерніона, що забезпечувало ефект для реалізації гвинтового обчислення, а також у подальшому для побудови роботів і маніпуляторів.

Тільки в середині ХХ століття з'ясували, що добуток двох нормованих кватерніонів дає поворот вектора-кватерніона на деяку величину на одиничній сфері. Це зумовило застосування кватерніонів у механіці для керування рухом твердого тіла в просторі. По суті, кватерніони стали першим розширенням комплексних чисел, що породило цілий напрям досліджень, удало викладених у розглянутій книзі. Мабуть, прагнучи зменшити обсяг монографії, автори обмежились дуже коротким висвітленням етапів розвитку теорії гіперкомплексних числових систем, а також деяких напрямів досліджень у цій галузі.

Помітну увагу приділено виконанню базових операцій у гіперкомплексних числових системах, а також їх переліку і класифікації. Продовження робіт, проведених раніше із непозиційного подання інформації, дало можливість створити методи подання інформації у модулярному вигляді для широкого класу числових систем.

У монографії докладно розглянуто аналітичність функцій гіперкомплексної змінної, представлення функцій у різних гіперкомплексних числових системах та методи розв'язання диференціальних рівнянь у гіперкомплексних числових системах.

Необхідно відзначити, що автори навели приклади практичного застосування гіперкомплексних числових систем. Вони розглянули три основні задачі — це застосування гіперкомплексних числових систем для керування твердим тілом у просторі, у криптографії і в теорії обробки сигналів. Застосування цих систем у криптографічній задачі розподілу секрету дало змогу підвищити важливий параметр — стійкість до злому. Схема розподілу секрету з гіперкомплексним поданням даних виявилася стійкішою порівняно зі схемою із дійсним поданням даних.

Ще один важливий практичний результат отримано в галузі цифрового оброблення сигналів — цифрової фільтрації. Параметри цифрового фільтра з гіперкомплексним поданням коефіцієнтів були покращені, тобто поліпшена параметрична чутливість і збільшена тактова частота фільтра.

Отже, рецензована книга містить поглиблений теоретичний науковий результат і важливі технічні застосування гіперкомплексних числових систем. Як слушно зазначив у передмові Ю.М. Березанський, два напрями — скінченновимірні гіперкомплексні числові системи та нескінченновимірні гіперкомплексні системи — зближуються, що стане в майбутньому основою цікавих розробок і програм. Таким чином, теорія гіперкомплексних числових систем потребує подальшого розвитку як у теоретичній, так і практичній сферах.

Є всі підстави говорити, що представлені в книзі в теоретичному плані проблеми переліку отримають подальший розвиток і розширять розуміння питань множинності гіперкомплексних числових систем. У цьому випадку зросте кількість фахівців, які зацікавляться теорією гіперкомплексних числових систем, та інженерних проєктів із використанням таких систем. Слід також підтримати висловлену академіком НАН України М.З. Згуровським пропозицію підготувати навчальний посібник із цієї теми.

У цілому книга як вагоме фундаментальне наукове дослідження заслуговує найвищої оцінки вчених, котрі працюють у галузі інформатики.

**Іван СЕРГІЄНКО,**  
академік НАН України,  
директор Інституту кібернетики НАН України