

2. Крамер Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. – М.: Мир, 1975. – 648 с.
3. Кендалл М. Статистические выводы и связи / М. Кендалл, А. Стюарт. – М.: Наука, 1973. – 900 с.
4. Попов А.А. Вероятностно-статистические и информационные характеристики случайных процессов, инвариантные относительно группы взаимнооднозначных функциональных преобразований/ А.А. Попов // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2007. –Т5, № 1. – С.52-62.
5. Попов А.А. Информационные соотношения между элементами пространства сигналов, построенного на обобщенной булевой алгебре с мерой/ А.А. Попов // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2007. –Т5, № 2. – С.175-184.
6. Биркгоф Г. Теория решеток/ Г. Биркгоф. М.: Наука, 1984. – 568 с.
7. Общая алгебра. Т. 2 / В.А. Артамонов, В.Н. Салий, Л.А. Скорняков и др.; под общ. ред. Л.А. Скорнякова. М.: Наука, 1991. – 480 с.
8. Общая алгебра. Т. 1 / В.А. Артамонов, В.Н. Салий, Л.А. Скорняков и др.; под общ. ред. Л.А. Скорнякова. М.: Наука, 1990. – 592 с.
9. Cover T.M., Thomas J.A. Elements of information theory. –2nd ed. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2006. – 772 p.

УДК 621.396.2

Макаренко А.О., к.т.н. (*Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій*)

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Макаренко А.О. Розробка алгоритму визначення оптимальних характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових телекомунікаційних систем. Розроблено алгоритм визначення оптимальних характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових систем. Призначення алгоритму полягає в забезпеченні перебору всіх можливих значень параметра S та виявлення найбільш оптимальних серед них при апаратній реалізації на конкретних сигнальних процесорах. Для розробки та функціонування алгоритму застосовано та інтегровано ряд систем комп'ютерної математики.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, КРИТЕРІЙ S , СИГНАЛЬНИЙ ПРОЦЕСОР, ПРОСТОРОВА МАТРИЦЯ, ОПТИМАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Макаренко А.А. Разработка алгоритма определения оптимальных характеристик информационно-энергетической эффективности современных беспроводных телекоммуникационных систем. Разработан алгоритм определения оптимальных характеристик информационно-энергетической эффективности современных беспроводных систем. Назначение алгоритма заключается в обеспечении перебора всех возможных значений параметра S и выявление наиболее оптимальных среди них при аппаратной реализации на конкретных сигнальных процессорах. Для разработки и функционирования алгоритма применен и интегрирован ряд систем компьютерной математики.

Ключевые слова: ИНФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, КРИТЕРИЙ S , СИГНАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МАТРИЦА, ОПТИМАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Makarenko A.O. Development of algorithm of determination of optimal descriptions informatively power efficiency of modern wireless telecommunication systems. The algorithm of determination of optimal descriptions is worked out informatively power efficiency of the modern wireless systems. Setting of algorithm consists in providing of surplus of all possible values S -parameter and exposure of most optimal among them during hardware representation on concrete signal processors. For development and functioning of algorithm the row of the systems of computer mathematics is applied and integrated.

Keywords: INFORMATIVELY POWER EFFICIENCY, S -CRITERION, SIGNAL PROCESSOR, SPATIAL MATRIX, OPTIMAL DESCRIPTIONS

Вступ. Аналіз багатьох сучасних джерел, присвячених питанням визначення ефективності телекомунікаційних систем (ТКС) [1...5], дозволяє стверджувати, що існуючі критерії формулювалися значною мірою на основі евристичних міркувань і вони не мають

єдиної цілісної методологічної основи. Поява нових критеріїв відбувається, як правило, без зіставлення їх із уже існуючими. Форми подання критеріїв окремих функціональних вузлів та системи в цілому являються різнотиповими та явно вимагають певного узгодження.

Тому проведений в [6] науковий пошук у цій сфері дозволяє прийняти за базові такі форми критеріїв, що являються зручними для дослідження систем, цим вимогам відповідає критерій S інформаційно-енергетичної ефективності (ІЕЕ) ТКС [6]. Розробка алгоритму визначення оптимальних характеристик ІЕЕ сучасних безпроводових ТКС проводилася на основі критеріїв, прийнятих в [6]. В межах методики розрахунку значень критерію ІЕЕ S визначено і основні вимоги до формування та застосування критеріїв ІЕЕ S для ТКС, які відображено на рис. 1.

Розробка алгоритму. В процесі розробки алгоритму визначення оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових ТКС використовувалась система VisSim – програмний продукт, що реалізує можливості візуальної мови програмування в процесах моделювання динамічних систем, а також проектування, що базується на моделях, для цифрових сигнальних процесорів [7]. Сучасні версії системи VisSim поєднують в собі інтуїтивний інтерфейс для створення блокових діаграм і потужне моделююче ядро. Мова і програмне середовище VisSim широко використовується в розробці складних автоматизованих систем управління і цифрової обробки сигналів.



Рис. 1. Вимоги до критерію інформаційно-енергетичної ефективності ТКС

Для подальшого втілення отриманих результатів створення алгоритму визначення оптимальних характеристик ІЕЕ S , що автоматично дозволяло отримувати моделі VisSim в зрозумілому і ефективному коді на ANSI C. Для подібної форми отриманого коду є можливість компіляції і запуску на будь-якій платформі, що має компілятор для мови C.

Після отримання результатів роботи алгоритму визначення оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових ТКС згенерований код направлявся для подальших імітаційних досліджень з використанням цифрових сигнальних процесорів серії ADSP-21160 [7].

Для отримання оптимальних параметрів умов, в яких планується використовувати розроблені високоефективні засоби передачі даних застосовувалося програмне середовище планування безпроводових мереж зв'язку RPS2 [8]. Програмний пакет RPS2 призначений для автоматизованого проектування безпроводових мереж різної архітектури, що застосовують різні стандарти передачі даних.

Створений алгоритм визначення оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових ТКС показаний на рис. 2. Варто зазначити, що даний алгоритм не призначений для визначення переваг певних видів модуляції над іншими, а забезпечує перебір всіх можливих значень параметрів що задані та виявлення найбільш оптимальних серед них.

Робота алгоритму. 1-й блок (рис. 2) виконує функції вибору стандарту модуляції та безпосередньо обирається серед існуючих модулів програмного середовища VisSim. Серед модулів модуляції можливо обрати такі M-PSK, M-FSK, GMSK, GFSK, QAM та ін.

Блок 2 призначений для створення на робочому тлі програмного середовища VisSim імітаційної моделі безпроводової ТКС. Дана операція також передбачає можливість використання попередньо підготовленої блок схеми. Для більш наглядного моніторингу та

формування блоків 13 та 14 в алгоритмі крім інтеграції з програмним середовищем RPS2 додатково використана інтеграція з програмою Mathcad [9].

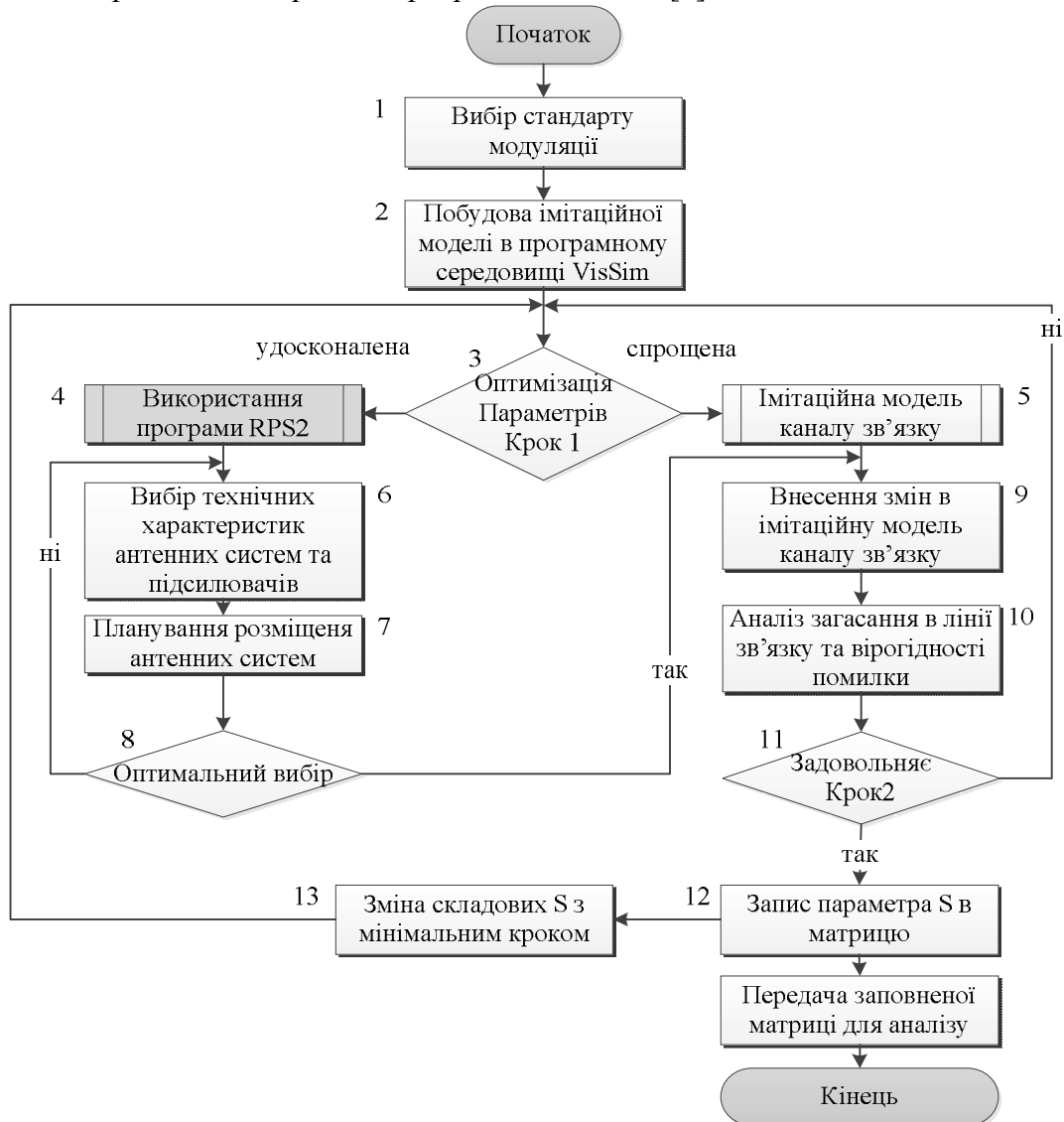


Рис. 2. Алгоритм визначення оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових ТКС

Mathcad має великі і наочні можливості в завданні всіляких функцій і реалізації різних методів рішення рівнянь, у тому числі алгебраїчних і диференціальних. Багато завдань математичного моделювання можна вирішувати в середовищі Mathcad, що неможливо зробити в VisSim. Однак, Mathcad не дозволяє будувати моделі набором їх блоків. Усе це потрібно робити користувачеві самостійно у ході дослідження. Крім того, Mathcad не дозволяє простежити безпосередньо (у вигляді видимих з'єднань) функціональні зв'язки між блоками. Зате це легко забезпечує VisSim. Таким чином комбінація цих двох систем при участі людини-проектувальника надає нові можливості в імітаційному моделюванні.

Логіка роботи 3-го блоку обирається користувачем перед запуском алгоритму. Як видно з рис. 2, тут маємо дві можливості вибору – спрощену та удосконалену. Спрощений варіант складається з блоку 5 та передбачає можливість вибору імітаційних моделей каналу зв'язку з 11-ти наявних в програмному середовищі VisSim.

Однак вищезазначений метод являється узагальненим і не враховує всіх наявних варіантів розповсюдження інформаційного сигналу в середовищі. Серед останніх варто зазначити рельєф місцевості, необхідну потужність випромінювання в конкретних умовах, відношення сигнал/завада та ін.

Тому для розрахунку параметрів оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових ТКС в алгоритмі (рис. 2) передбачено застосування програмного середовища RPS2. Про його можливості сказано вище. Блоки 4, 6, 7 та 8 якраз і реалізують ці можливості.

За допомогою інтеграції RPS2 та VisSim отримані параметри передаються до імітаційної моделі безпроводової ТКС та враховуються в процесі роботи загального алгоритму.

Наступний 9-й блок призначений для автоматичної зміни характеристик імітаційної моделі безпроводової ТКС на основі попередньо отриманих даних.

В 10-му блоці виконується остаточний розрахунок параметрів характеристик ІЕЕ ТКС.

Блок 11 призначений для порівняння отриманих даних з мінімально можливими межами ІЕЕ ТКС, заданими в алгоритмі.

У випадку успішного порівняння у блоці 11 дані надходять до 12-го блоку де виконується формування просторової матриці показників ІЕЕ ТКС.

Блок 13 призначений для наступної зміни вхідних даних відносно попередніх з мінімальним кроком. Мінімальна зміна (закладено в алгоритмі 100 вимірів) вхідних даних дає можливість найбільш повно визначити характеристики досліджуваної системи.

Для аналізу можливостей апаратної реалізації отриманих даних використовувалась просторова матриця (ПМ), за допомогою якої і отримувався кінцевий результат роботи алгоритму. Блок 14 служить для виконання цієї операції.

Формування просторової матриці. Для подальшого дослідження проблем ІЕЕ безпроводових ТКС використано зведення всіх раніше отриманих розрахункових результатів та параметрів реально існуючих систем у вигляді ПМ, кожний з нових вимірів котрої буде віддзеркалювати ту частину параметрів, що попередньо не досліджувалася. Інтуїтивно відчувається, що на певному етапі додавання розрахункових значень складових такої матриці вона сама може стати інструментом для визначення оптимального складу параметрів МІМО-модему безпроводового зв'язку.

Варто відмітити те, що реалізація матричної моделі даних в сучасних системах математичного та імітаційного моделювання передбачає ряд складнощів. Вони пов'язані в першу чергу з тим, що у більшості випадків ПМ є величезним багатовимірним розрідженим масивом структурованої (або слабо структурованої – при відсутності ряду даних) інформації. Працювати з такими багатовимірними масивами не зовсім зручно. Тому постає задача знаходження інших структур, добре реалізованих в сучасних системах математичного та імітаційного моделювання, які дозволяють моделювати як самі багатовимірні матриці, так і операції над ними. Такими структурами є ієрархічні структури. Формування ПМ в блоці 12 імітаційної моделі виконується згідно нижче приведених визначень.

Нехай дано деяке числове поле P . Як відомо, всяка система з n^2 елементів A_{ij} ($i, j=1,2,\dots,n$) поля P , розташованих в точках площини з декартовими прямокутними координатами i, j , називається ∂ двовимірною (квадратною) матрицею n -го порядку на полі P [10]. Подібно до цього будь-яка система з n^3 елементів A_{ijk} ($i, j, k = 1,2,\dots,n$) поля P , розташованих в точках тривимірного простору, що визначаються координатами i, j, k , називається трьохвимірною (кубічною) матрицею n -го порядку над P .

Система 2^3 елементів A_{ijk} ($i, j, k = 1, 2$), розташованих у вигляді куба, представляє кубічну матрицю 2-го порядку. Кубічна матриця n -го порядку із загальним елементом A_{ijk} позначається символом $\|A_{ijk}\|$ ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$).

Будь-яка система з n^p елементів A_{i_1, i_2, \dots, i_p} ($i_1, i_2, \dots, i_p = 1, 2, \dots, n$) поля P , розташованих в точках p -мірного простору, що визначаються координатами i_1, i_2 , утворює p -мірну матрицю n -го порядку над P $\|A_{i_1, j_1}, \|A_{i_2, j_2}, \dots, \|A_{i_p, j_p}\|$ ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$). Така матриця визначається як просторова, якщо число вимірів її p можна припускати яким завгодно цілим, більшим двох.

При обміні даними між програмними середовищами сформовані таким чином ПМ ускладнюють процес їх обробки певною програмою та з'являється ефект "розрідженості". Це

особливо негативно впливає на обробку таких даних в Mathcad, де власне й реалізований та функціонує алгоритм (рис. 2).

Таким чином, створення ПМ складових критерію ІЕЕ ТКС вимагає її представлення в ієрархічних структурах на основі реляційної моделі представлення даних, але з переходом до більш гнучкої просторової побудови. Взаємозв'язок між програмними середовищами, що використовуються при роботі алгоритму вимагає створення програмними засобами таких підсистем: адаптації, зберігання даних, інтелектуальної [10].

Функціонування таких підсистем залежить від даних, що зберігаються, тобто підсистему можна змінювати (модифікувати) через зміну даних, що зберігаються. Оскільки, інтелектуальна підсистема має взаємодіяти з підсистемою зберігання даних, то важливою задачею, що визначає здатність системи до розвитку, являється розробка моделі представлення даних, що адаптується. Ця властивість є актуальною, тому що розроблений алгоритм визначення оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових ТКС також успішно може використовуватись і для визначення інших характеристик сучасних ТКС (мати можливості адаптуватись для цього).

Здатність до адаптації системи в першу чергу визначається властивостями моделі представлення даних. Нині одним з основних засобів опису, обробки і зберігання даних є реляційні ПМ [11]. Це пов'язано з тим, що реляційна модель украй проста в проектуванні і реалізації в порівнянні з іншими моделями даних (ієрархічними, мережевими, об'єктними) і має добре розроблений потужний математичний апарат, заснований на теорії великих кількостей і реляційній алгебрі.

Головною відмінністю просторового представлення даних від двовимірного представлення, використовуваного в реляційних ПМ, являється те, що можна у будь-який момент часу додавати нові елементи в множини, що визначають осі простору. Тим самим відібується зміна моделі даних.

Просторове представлення даних можна розділити на три рівні: осі багатовимірного простору, декартовий добуток безлічі значень осей і значення точок простору. Така структура дозволяє вводити як додаткові осі і розмірність, так і доповнювати безліч елементів існуючих осей у будь-який момент часу.

Для реалізації моделі даних, що адаптується, на основі просторової реалізації необхідно визначити узагальнену структуру такого простору і ввести ряд операцій по обробці даних.

Тому, при створенні матриці кожного об'єкту S додамо три додаткові атрибути [11]:

1. $Id(S)$ – функція задає для кожного об'єкту додатковий атрибут – його індивідуальний ідентифікатор.

2. $Num(S)$ – функція задає для кожного об'єкту додатковий атрибут – його порядковий номер в класі еквівалентності X_n , де $n=1, 2, \dots, p$. Областю значення функції Num є множина натуральних чисел.

3. $Variable(S)$ – функція містить для кожного об'єкту атрибут – його показник.

Розглянемо просторову матрицю, реалізовану в алгоритмі, $S = \parallel s_{ijk} \parallel$, де $i = 1, \dots, n_1$, $j = 1, \dots, n_2$, $k = 1, \dots, n_3$ (рис. 3).

$$\left(\begin{array}{ccc|ccc|ccc} s_{111} & s_{211} & \dots & s_{n_1 11} & s_{112} & s_{212} & \dots & s_{n_1 12} & s_{11n_3} & s_{21n_3} & \dots & s_{n_1 1n_3} \\ s_{121} & s_{221} & \dots & s_{n_1 21} & s_{122} & s_{222} & \dots & s_{n_1 22} & s_{12n_3} & s_{22n_3} & \dots & s_{n_1 2n_3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{1n_2 1} & s_{2n_2 1} & \dots & s_{n_1 n_2 1} & s_{1n_2 2} & s_{2n_2 2} & \dots & s_{n_1 n_2 2} & s_{1n_2 n_3} & s_{2n_2 n_3} & \dots & s_{n_1 n_2 n_3} \end{array} \right)$$

Рис. 3. Матриця $S = \parallel s_{ijk} \parallel$

Для цієї матриці буде три рівні розбиття :

– перший рівень n_1 : $\{(1, j, k)\}, \{(2, j, k)\}, \dots, \{(n_1, j, k)\}$;

- *другий рівень* $n_1 \cdot n_2$: $\{(1, 1, k)\}, \{(1, 2, k)\}, \dots, \{(n_1, n_2, k)\}$;
- *третій рівень* $n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$: $\{(1, 1, 1)\}, \{(1, 1, 2)\}, \dots, \{(n_1, n_2, n_3)\}$.

Розглянемо матрицю, реалізовану в алгоритмі, $S = \|s_{332}\|$. Розіб'ємо цю матрицю на перерізи поетапно по кількості елементів в кожному її індексі. Вигляд розбиття просторової моделі цієї матриці показано на рис. 4. Це перший крок отримання двовимірної матриці з просторової.

Для цієї матриці рівнів розбиття буде всього три:

- *перший рівень* – 3: $\{(1, 3, 2)\}, \{(2, 3, 2)\}, \{(3, 3, 2)\}$;
- *другий рівень* – $3 \cdot 3 = 9$: $\{(1, 1, 2)\}, \{(1, 2, 2)\}, \{(1, 3, 2)\}, \{(2, 1, 2)\}, \{(2, 2, 2)\}, \{(2, 3, 2)\}, \{(3, 1, 2)\}, \{(3, 2, 2)\}, \{(3, 3, 2)\}$;
- *третій рівень* – $3 \cdot 3 \cdot 2 = 18$: $\{(1, 1, 1)\}, \{(1, 2, 1)\}, \{(1, 3, 1)\}, \{(2, 1, 1)\}, \{(2, 2, 1)\}, \{(2, 3, 1)\}, \{(3, 1, 1)\}, \{(3, 2, 1)\}, \{(3, 3, 1)\}, \{(1, 1, 2)\}, \{(1, 2, 2)\}, \{(1, 3, 2)\}, \{(2, 1, 2)\}, \{(2, 2, 2)\}, \{(2, 3, 2)\}, \{(3, 1, 2)\}, \{(3, 2, 2)\}, \{(3, 3, 2)\}$.

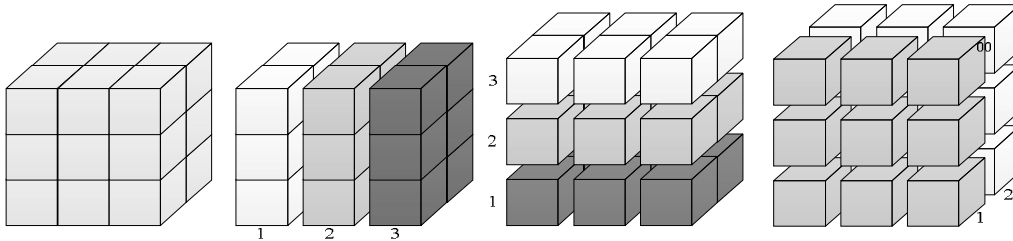


Рис. 4. Розбиття просторової моделі $S = \|s_{332}\|$ (крок 1)

На основі вищевикладеного, отримання з сформованої ПМ в алгоритмі, переставленому на рис. 2, кінцевої двовимірної матриці параметра S відбувається відповідно до можливостей програмного середовища Mathcad та необхідністю представлення числового вигляду показника оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових ТКС та його складових.

ПМ для моделі, що адаптується, зберігає зв'язки реляційної моделі предметної області. Тому для отримання результату запиту доцільно розділити операції на два типи (рис. 5):

1) **Операції над елементами осей просторової матриці** (операції з координатами точок). Ці операції виконуються над координатами точок просторової матриці, не аналізуючи значення цих точок. Це операції по виділенню різних підпросторів, що відповідають певним умовам по осях (операції по отриманню зрізів).

2) **Операції реляційної алгебри**. Етап отримання двовимірної матриці з просторової призначений для отримання з набору атрибутів $Id(S)$, $Num(S)$ та $Variable(S)$ елементів критерію ІЕЕ [6].

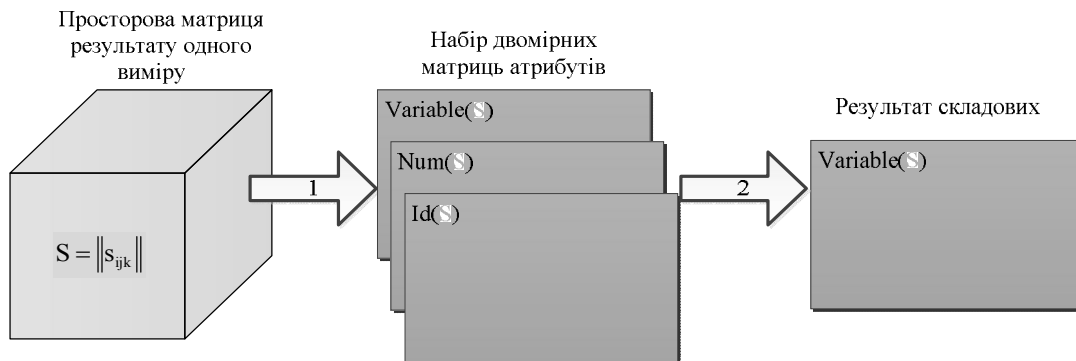


Рис. 4. Схема отримання двовимірної матриці з просторової: 1 – операції над координатами точок просторової матриці; 2 – операції реляційної алгебри (крок 2)

Отримані дані аналізуються оператором на можливість реалізації в ТКС з конкретною апаратною реалізацією на цифрових сигнальних процесорах. Як можна бачити, ми отримуємо не найбільший за значенням показник ІЕЕ безпроводових ТКС, а його оптимальне значення для прийнятих умов дослідження та можливостей реалізації.

Висновки. В роботі проведено розробка алгоритму визначення оптимальних характеристик ІЕЕ безпроводових телекомунікаційних систем. Для оцінки ефективності ТКС, характеристики якої знаходяться у взаємній залежності ряду параметрів, доцільно використовувати узагальнений критерій ефективності. При цьому під ефективністю телекомунікаційної системи слід розуміти сукупні властивості системи, які забезпечують її найкращі характеристики при компромісних значеннях основних параметрів, що впливають на характеристики системи [6].

Кращою із сукупності розглянутих є така система, яка буде мати максимальне значення коефіцієнта ІЕЕ, тобто максимальну пропускну здатність при мінімальній потужності передавача при конкретних умовах.

Автоматизацію визначення максимального значення коефіцієнта ІЕЕ і бере на себе даний алгоритм. Саме використання та інтеграція ряду систем комп'ютерної математики дозволяє ефективно визначати необхідні параметри системи та передавати їх для подальших імітаційних досліджень з використанням цифрових сигнальних процесорів.

Література

1. Столлинг Вильямс. Беспроводные линии связи и сети / Вильямс Столлингс. – М., СПб., К.: Вильямс, 2003. – 639 с.
2. Витерби А.Д. Принципы цифровой связи и кодирования / А. Д. Витерби, Д.К. Омура. – М.: Радио и связь, 1982. – 536 с.
3. Волков Л. Н. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: учеб. пособие / Л.Н. Волков, М.С. Немировский, Ю.С. Шинаков. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с.
4. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов ; под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
5. Пелішок В.О. Методи та засоби підвищення ефективності безпроводних систем та мереж з нестационарним каналом зв'язку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : спец. 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. – Львів, 2010. – 40 с.
6. Гринкевич Г.О. Оцінка інформаційно-енергетичної ефективності телекомунікаційних радіосистем / Г. О. Гринкевич // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2011. – №4 (20). – С. 98-102.
7. Вальпа О. Д. Разработка устройств на основе цифровых сигнальных процессоров фирмы Analog Devices с использованием Visual DSP++ / О. Д. Вальпа. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 270 с.
8. Розробник програмного забезпечення Связь Телеком Софт [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://www.rps2.ru/> (05.09.12).
8. Розробник програмного забезпечення VisSim [Електронний ресурс] // - Режим доступу : <http://www.vissim.com/> (05.09.12).
9. Дьяконов В.П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.
10. Балдин А.В. Адаптируемая модель данных на основе многомерного пространства [Електронний ресурс] / А.В. Балдин, Д.В. Елисеєв // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2010. – №10. – Режим доступу : <http://technomag.edu.ru/doc/161410.html> (05.09.12).
11. Елисеєв Д.В. Алгебра многомерных матриц для обработки адаптируемой модели данных [Електронний ресурс] / Д.В. Елисеєв, А.В. Балдин // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 7. – Режим доступу : <http://technomag.edu.ru/doc/199561.html> (05.09.12).