

УДК 621.382

Ю.Ілляш

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ УЩІЛЬНЕННЯ

Стиснення інформації - проблема, що має достатньо давню історію. Всі алгоритми стиснення оперують вхідним потоком інформації, мінімальною одиницею якої є біт. Метою процесу стиснення, як правило, є отримання компактнішого вихідного інформаційного потоку деякого спочатку некомпактного вхідного потоку за допомогою певного їх перетворення.

Ключові слова: інформаційний потік, стиснення інформації, ущільнення, коефіцієнт ефективності, критерії вірності, передбачення, інтерполяція.

В літературі відомо багато спроб побудови класифікаційних таблиць методів зменшення надлишковості. Це пов'язано, насамперед, з ознаками та властивостями методів, які є основою для побудови класифікації. В основу таблиць класифікації можуть бути покладені ознаки [1]:

- тип надлишковості;
- тип повідомлення (аналогові, аналого-дискретні, дискретні);
- число координат, які одночасно обробляються методом стиснення (роздільна та одночасна обробка);
- предметна область, на яку орієнтований метод (універсальні, методи стиснення мови, зображень, звуку);
- число координат, які одночасно обробляються з метою стиснення (індивідуальні і блокові);
- можливість відновлення вхідного сигналу (оборотні і необоротні).

По можливості відновлювати інфопотік після компресії методи зменшення надлишковості можуть бути поділені на необоротні і квазізворотні [2] (Рис. 1).



Рис. 1. Класифікація методів ущільнення по можливості відновлювати інфопотік після компресії

Необоротні методи зменшення надлишковості забезпечують отримання необхідних даних у вигляді кінцевого набору статистичних характеристик сигналів (імовірнісних, кореляційних, спектральних). Доцільністю використання необоротних методів зменшення надлишковості – це відсутність апріорних відомостей про повідомлення. Необоротні методи зменшення надлишковості для деяких випадкових процесів (наприклад, з високочастотним широкосмуговим спектром) є єдиним шляхом зменшення надлишковості вимірювальної інформації. Областю широкого застосування методів необоротного зменшення надлишковості є опрацювання високодинамічних параметрів.

В необоротних методах зменшення надлишковості використовують процедуру виявлення і виділення інтервалів квазістаціонарності, виділення екстремумів на певних часових інтервалах, аналізу виходу інфопотоку за деякий фіксований рівень, або перетин деякого, зазвичай нульового, рівня.

Методи квазізворотнього зменшення надлишковості інфопотоків дозволяють представити його меншим числом координат достатніх для його відновлення із заданою точністю. Цей клас методів зменшення надлишковості отримав найбільше розповсюдження в багатоканальних адаптивних системах збору і передачі аналогової інформації.

Умовно ці методи можна розбити на дві великі групи.

Перша група — методи, що мінімізують об'єм кожної координати, тобто передбачають скорочення розрядності представлення значення кожного відліку за рахунок раціонального кодування (статистичне і матричне кодування, дельта-модуляція і т. д.). Правда, результати досліджень показують, що при достатньо високих вимогах до точності відновлення вимірюваних параметрів зменшення об'єму кожної координати, як правило, не дає істотного зменшення об'єму інформації, яка передається.[3]

Друга група — методи, передбачаючі формування мінімального числа координат кожного параметра окремо, які у свою чергу забезпечують отримання необхідної точності відновлення параметра. Алгоритми цієї групи мають найбільше розповсюдження і найбільш розгалужену схему. Залежно від затримки в передачі вимірювальної інформації ці методи можуть бути розділені на дві підгрупи: а) працюючі в реальному масштабі часу; б) такі, що забезпечують видачу інформації із затримкою, яка обумовлена наявністю буферної пам'яті.

Методи квазізворотнього зменшення надлишковості за принципом дії можна розділити на підгрупи: адаптивної комутації, адаптивної дискретизації і зміни частоти циклічного опитування параметрів.

Згідно [3] класифікацію методів зменшення надлишковості можна проводити по степеню адаптивності, тобто по можливості цілеспрямовано міняти структуру або параметри алгоритму стиснення для забезпечення ефективного зменшення надлишковості в умовах недостатніх відомостей про джерело повідомлення. Тому адаптивні методи зменшення надлишковості можна розділити на групи:

- фіксовані;
- адаптивні із зміною параметрів алгоритмів стиснення даних;
- адаптивні із зміною структури алгоритмів стиснення даних;
- універсальні.

Фіксовані алгоритми зменшення надлишковості представляють досить велику групу методів і на даний час є найбільш досліджені. Алгоритм зменшення надлишковості в фіксованих методах є незмінним по відношенню до динамічності інфопотоку. Це дозволяє здійснити просту апаратну реалізацію алгоритмів зменшення надлишковості.

Таблиця 1.

Класифікація процедур СД за ступенем адаптивності

Процедура стиснення даних			
Фіксовані	Параметрично адаптивні	Непараметрично адаптивні	Універсальні
Апертурні алгоритми СД	Система ІКМ з можливістю зміни параметрів фільтра	Система ІКМ з перебудовою структури фільтра та порогів квантування	Кодування джерела неперервних повідомлень, попередньо представлених у цифровій формі
СД шляхом попереднього лінійного перетворення	СД шляхом адаптивного перетворення та блочного квантування тощо		

Друга група методів зменшення надлишковості потребує допрацювань і містить в собі алгоритми зменшення надлишковості на основі дельта-представлень та дискретної фільтрації. Ці алгоритми чутливі до статистичних характеристик повідомлення і згідно них змінюють свої параметри.

Клас адаптивних методів зменшення надлишковості із зміною структурою алгоритмів обробки повідомлень є найбільш перспективним з точки зору ефективного кодування джерела нестационарних повідомлень із статичними характеристиками, які змінюються. Однак, ці

процедури мало розглянуті через: 1) математичні труднощі; 2) технічні труднощі алгоритмів зменшення надлишковості, які реалізують нелінійні оператори представлення повідомлень.

Група універсальних методів зменшення надлишковості в даний час вони відомі тільки для цифрових повідомлень. Цифрове представлення неперервних повідомлень легко реалізувати за допомогою АЦП із достатньо високою частотою дискретизації.

Принцип дії структурних алгоритмів зменшення надлишковості полягає у виключенні надлишкових елементів на основі інтерполяції інфопотоку та порівняння його з апроксимуючими функціями. Перевагою цього типу алгоритмів є довільний вибір частоти первинної дискретизації процесу $f(t)$. Швидкість опитування джерела інформації необхідно вибирати високою, а надлишкові елементи відкидати в пристрої стиснення даних, який реалізує апертурний алгоритм.

У випадку, коли апріорна інформація є неповною, вибір оптимальної функції передбачення є складним, тому використання адаптивного підходу дає можливість зменшити надлишковість інфопотоків на основі аналізу існуючої інформації.

Кодування лінійними перетвореннями – широко використовується в системах обробки та передачі фотозображень та телевізійних зображень.

Подальше розгалуження кожної з розглянутих вище груп класифікацій може відбуватись на основі ознак:

– за величиною допустимої затримки T_3 при передачі повідомлення, яка може бути нескінченною ($T_3 \leq T_3 - \infty$), мати конкретне значення $T_3 < T$ або дорівнювати нулю (тобто повідомлення передається та стискається в реальному часі);

– за ступенем апаратурної складності, яка визначається кількістю обчислювальних операцій та ємністю пам'яті;

– за ступенем апріорних повідомлень, які закладаються в пам'ять або враховуються в структурі алгоритму стиснення даних;

– за величиною помилки відтворення повідомлення.

Такі класифікаційні ознаки, як ступінь апаратурної складності, допустима затримка, критерій вірогідності, можуть бути покладені також в основу класифікації процедур обробки нестационарних процесів з повною статистичною визначеністю.

Серед класифікацій методів зменшення надлишковості інфопотоків можна виділити ще одну схему, описану в [4, 5, 6] (Рис. 2).

Методи зменшення надлишковості можна розбити на такі 4 групи:

1. кодування – розуміється однозначне перетворення простору повідомлень в простір сигналів;

2. виділення параметру – полягає в перетворенні простору повідомлень, під час якого формуються підпростори певних параметрів, які в дійсності і описують динаміку контролюючого процесу;

3. зменшення надлишковості – полягає в заміні простору повідомлень на обмежені простори розділені нульовими просторами;

4. селективна вибірка – являє собою перетворення простору з великою кількістю повідомлень в простір меншого числа повідомлень за рахунок використання дискретності передачі інформації

Кодування - це метод перетворення вхідного інфопотоку в послідовність кодових слів. Відповідно для такого перетворення необхідно знати статичні характеристики джерела повідомлень. Якщо такі характеристики незмінні і відомі наперед то можна застосувати неадаптивне кодування. Проте в багатьох випадках наперед невідомий характер повідомлень та динамічні властивості параметрів повідомлення. В таких випадках неадаптивне кодування може привести до збільшення кількості інформації. Таку ситуацію можна виправити застосовуючи методи адаптивного зменшення надлишковості, які на основі отриманих даних будують алгоритм ущільнення. В загальному випадку кодування відноситься до зворотніх методів ущільнення інформації.

Метод виділення параметру [5] полягає в зменшенні спектра частот, необхідного для пересилання заданого числа відліків, за рахунок використання деякого необоротного перетворення, яке описує всю динаміку вхідного потоку даних, але не дозволяє відновити його.

Виділення параметру – один з перших і найбільш розповсюджених методів зменшення надлишковості. Метод виділення параметру, як правило, використовується в сукупності з іншими методами стиснення з метою підвищення їх ефективності.

Селективна (адаптивна) вибірка являє собою спосіб зменшення частоти дискретизації сигналу. Якщо частота утворення відліків в довільний проміжок часу співпадала з частотою роботи джерела, то отримані дані не були б збитковими і, відповідно, їх би не можна було ущільнити. В сучасних телеметричних системах на протязі великого часового проміжку роботи утворюється значна кількість збиткової, непотрібної інформації. Оскільки частота опитувань джерела в таких системах орієнтується на максимальну частотну складову утворюваного сигналу джерелом, а не на середній чи стаціонарний режим роботи джерела. Однак узгодження частоти опитування джерела з швидкістю появи корисної інформації потребувала б додаткового приладу – детектора інтенсивності отримання інформації в кожному з каналів зв'язку. Крім того потрібно мати складне програмне забезпечення, яке б могло об'єднати отримані дані з різних каналів (причому в кожному каналі інформація може надходити з різною частотою), в одну послідовність імпульсів з постійною частотою для синхронного отримання даного потоку даних і подальшого відтворення отриманої інформації.

Методи зменшення надлишковості передбачають попередню рівномірну дискретизацію інфопотоку. Зменшення надлишковості відбувається шляхом відкидання тих відліків, які можуть бути відновлені за допомогою аналізу попередніх чи наступних відліків (передбачення та інтерполяція), або шляхом порівняння з довільно вибраними базисними функціями або коливаннями. Основна відмінність методів адаптивної вибірки і зменшення надлишковості полягає у принципі отримання істотних відліків. При селективній вибірці істотні відліки отримуються шляхом зміни частоти дискретизації інфопотоку. В методах зменшення надлишковості інфопотік спершу рівномірно дискретизується, а потім відбувається відбір істотних відліків згідно вибраного алгоритму. Вибір опорних функцій і коливань, що використовують для виявлення надлишковості необмежений. Для виявлення надлишковості інформації, що поступає від конкретного джерела, можна скористатися довільними циклічними базисними сигналами, такими, як періодичні складові, що містяться в сигналах електрокардіографів і сигналах комерційного телебачення.

Таблиця 2

Математичний апарат	Методи зменшення надлишковості			
	Селективна вибірка	Кодування	Виділення параметрів	Відкидання значень
Аналітичні методи	Екстраполяція Вибірка по динамічності сигналу Екстремальна вибірка	Кодування з перетворенням Різницева модуляція (PM) PM з екстраполяцією	Спектральний аналіз Метод коефіцієнтів Фур'є Фільтрація	Екстраполяція Інтерполяція
Логічні методи	Вибірка по заданому логічному закону Керування за командами	Дельта-модуляція Складене кодування	Декодування Покрокове опрацювання	Покрокове опрацювання Округлення Відкидання значень
Імовірнісні методи	Вибірка за статичними характеристиками	Імовірнісне кодування	Факторний аналіз	Регресивний аналіз
Комбіновані методи	Адаптивна вибірка	Адаптивне кодування Квантування	Метод бігаючого спектру Метод Карунена-Лєсва	Зменшення розмірності

Отримання великих коефіцієнтів стиснення при використанні методів зменшення надлишковості часто пов'язане з появою певних помилок. Ці помилки виникають при фільтрації і покроковій обробці сигналів, які є невід'ємною частиною процесу скорочення надлишковості, і приводять до незначного зменшення ентропії джерела повідомлень. Однак при використанні методів зменшення надлишковості початкові дані можуть бути відновлені з певною похибкою,

чого не можна зробити при використанні методів виділення параметрів. Необхідну величину похибки можна встановлювати виходячи із специфіки самого завдання стиснення. Таким чином, знання про структуру вхідних даних та властивості методу зменшення надлишковості дозволить вдало підбирати алгоритм ущільнення. Проте на практиці основним критерієм ефективності є коефіцієнт зменшення надлишковості.

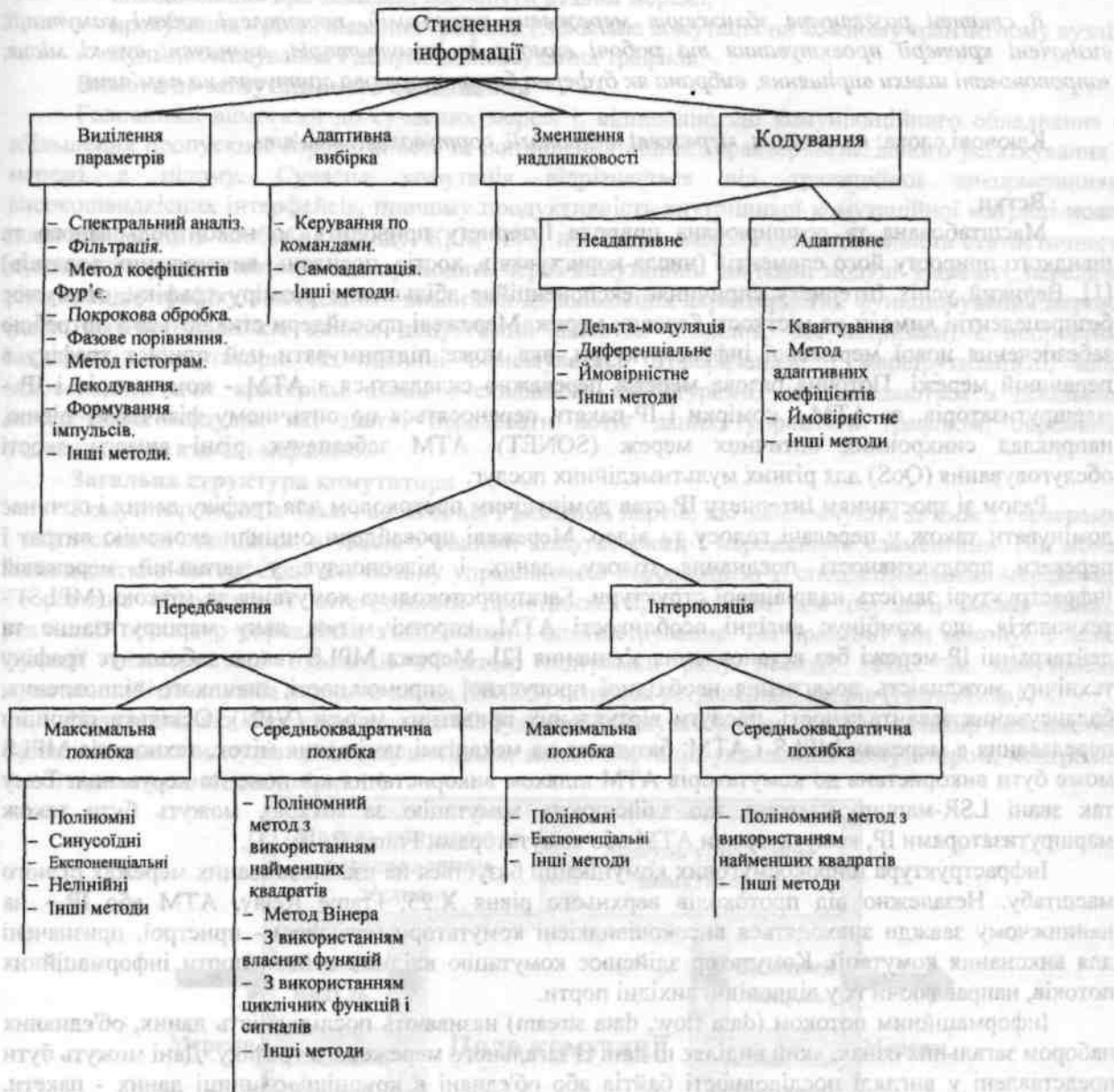


Рис. 2. Класифікація методів зменшення надлишковості інформопотоків

1. Орищенко В.И. и др. Сжатие данных в системах сбора и передачи информации. - М.: Радио и связь, 1985. -184 с.
2. Ольховський Ю.Б., Новоселов О.Н. Мановцев А.П. Сжатие данных при телеизмерениях. - М.: Сов. радио, 1971. - 340 с.
3. Свириденко В.А. Анализ систем со сжатием данных. - М.: Связь, 1977. - 184 с.
4. Еремеев И.С. Устройства сжатия информации. - М.: Энергия, 1980
5. Кортман К.М. Сокращение избыточности как практический метод сжатия данных. // ТИИЭР, 1967, Т.55, №3
6. Эндрюс К.А. Адаптивное сжатие данных. // ТИИЭР, 1967, Т.55, №3
7. Бабкин В.Ф., Крюков А.Б., Штарьков Ю.М. Сжатие данных. - В. кн.: Аппаратура для космических исследований. М., «Наука» 1972 с. 172-209.