

УДК 681.32

В.П.Кожем'яко, О.І.Понура, Н.В.Сачанюк
Вінницький державний технічний університет,
кафедра лазерної та оптоелектронної техніки

РЕАЛІЗАЦІЯ KVP-ПЕРЕТВОРЕНЬ В ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБАХ ОКО-ПРОЦЕСОРНОГО ТИПУ

© *В.П.Кожем'яко, О.І.Понура, Н.В.Сачанюк, 2000*

Запропоновано принцип обробки сигналів, що надходять від оптичного об'єкта. Цей принцип базується на перетворенні сигналів на логіко-часові функції та виконання різноманітних операцій над ними. Також розглянуто окремі питання математичного опису операцій між великою кількістю логіко-часових функцій.

The principle of signals processing from optical object was proposed in this work. This principle is based on the signals transformation at logic-temporary functions and it lets make various operations with them. Also the authors proposed some questions of describing of mathematics operations. It can be applied for large quantity of logic-temporary functions.

Вступ

На сучасному етапі розвитку техніки постає питання про створення пристроїв обробки та аналізу інформації, що надходить від досліджуваного об'єкта. Однією з найбільш цікавих проблем є обробка та розпізнавання зображень.

Перед авторами стояло завдання створення засобів розпізнавання зображень, які б були спроможні не тільки обробляти інформацію від зображень, але й виконувати його розпізнавання на рівні людського сприйняття та мислення. Тобто постає проблема створення засобів штучного інтелекту. Отже, створення подібних систем складається з кількох етапів: по-перше, це швидке та детальне сприйняття оптичної (зорової) інформації, по-друге, це швидкий та точний аналіз сприйнятих сцен, і по-третє, це прийняття рішення.

Найдосконаліша така система була створена природою у вигляді ока (пристрій сприйняття) та мозку (пристрій аналізу та прийняття рішень). Саме тому всі спроби створення систем технічного зору базуються на відтворенні природних систем зору, а не на створенні чогось принципово нового. Під час аналізу такого підходу до обробки оптичної інформації з'являється проблема рішень на інтуїтивному рівні, тобто тих, які неможливо описати за допомогою загальноприйнятої термінології. З цього випливає, що засіб штучного інтелекту повинен базуватися на нестандартних алгоритмах, а такі алгоритми можуть забезпечити тільки системи на нейронах або системи із здатністю різноманітним чином комутувати зв'язки між внутрішніми блоками. Тільки при таких умовах можна розпочинати роботу над системами штучного інтелекту, які можна назвати системами око-процесорного типу [1].

Сприйняття та аналіз інформації

Для створення пристрою розпізнавання зображень для систем штучного інтелекту необхідно враховувати всі вищеперераховані вимоги. Для цього необхідно чітко спланувати кожний етап обробки та аналізу інформації, що надходить від об'єкта.

Розглянемо принцип розпізнавання зображень на базі відокремлення визначників об'єктів. Зазначимо, що у пропонованому принципі розглядається не один конкретний визначник, а велика їх кількість. Це дозволить виконувати розпізнавання з великою точністю, а також імітувати принцип роботи людського мозку. Принцип такої обробки можна подати у вигляді блок-схеми (рис. 1).

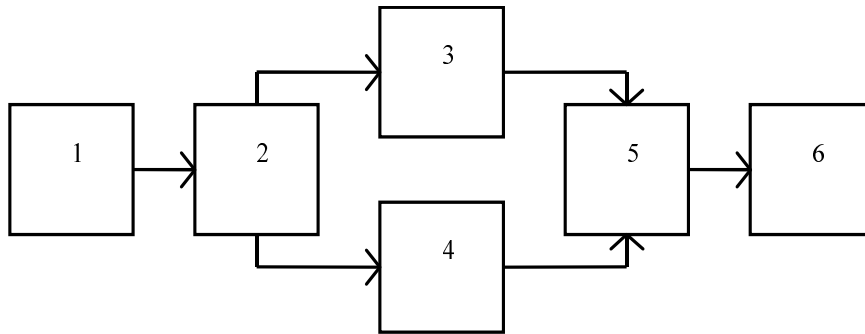


Рис. 1. Розпізнавання зображень на базі відокремлення визначників: 1 – сприйняття сигналів та їх попередня обробка; 2 – аналіз інформації за якісними та кількісними характеристиками; 3 – обробка в якісному каналі; 4 – обробка в кількісному каналі; 5 – формування єдиної функції; 6 – прийняття рішень

Введення інформації від зорового об'єкта та її перетворення пропонується виконувати за допомогою оптико-електронних пристроїв, які дозволяють обробляти сигнали двох типів: оптичні (світлові) та електричні. Вони дають можливість вводити та обробляти дані на базі паралельного оптичного порівняння при часовому зсуві та електронному поповненні енергії. Такі умови праці забезпечуються за допомогою принципу квантування часу світловим променем, що несе у своїй довжині інформацію, яка забезпечує максимально можливі швидкодію, інформативність та захист від завад. Треба зазначити, що основна вимога до сприймального елемента – це забезпечення найвищої точності перетворення параметрів зображень у відеосигнал [2].

Завдяки такому сприйняттю інформації пропонується новий спосіб перетворення даних для подальшої їх обробки. Основою способу є квантронне (часове) перетворення (КВР-перетворення) всіх сигналів, що надходять від об'єкта. Це дає змогу виконати універсалізацію пристроїв обробки, оскільки незалежно від типу сигналів, що надходять, вони перетворюються на деяку універсальну функцію завдяки квантуванню. Ця функція й підлягає подальшій обробці. Цей факт дозволяє стверджувати, що саме такий підхід до обробки усуває труднощі у класифікуванні сигналів відповідно до конкретного випадку застосування пристроїв. Ця функція повинна відповідати таким вимогам: високе адаптування, здатність у високому темпі та з високою достовірністю максимально просто описувати зображення, яке необхідно розпізнати.

В умовах використання оптоелектронних пристроїв обробки інформації як універсальні функції сигналів доцільно застосовувати функції логіко-часового (ЛЧФ) типу [1]. Такі функції не тільки прості в описі, тому що їх математичний апарат базується на операціях векторної алгебри, але й дозволяють досягти високої швидкості обробки інформації. Швидкість забезпечується за допомогою носія інформації – часового фактора, тобто всі дії виконуються в реальному часі, який і є основним носієм всіх можливих даних про об'єкт.

Отже, для формування ЛЧФ виконується перетворення на площині у поточний момент часу величини світлового потоку у відповідні тривалості часових інтервалів. Такий підхід

до обробки надзвичайно важливий у пристроях око-процесорного типу, які автоматизують процес обробки зображень, особливо в динамічних системах.

При паралельному введенні оптичної інформації в пристрій первинне зображення сканується на апертуру приймального пристрою, тобто кожною окремою чарункою апертури приймається інформація від кожної окремої точки зображення. При цьому формуються сигнали різноманітних типів, тобто кожен з них містить доволі різноманітні характеристики зображення, яке розпізнається. Всі сигнали, які надійшли на приймальний пристрій, перетворюються за допомогою КVP-перетворення на ЛЧФ, які підлягають попередньої обробці.

Попередня обробка базується на способі паралельного додавання часових інтервалів [3]. В даному випадку цей метод використовується як метод формування категорії визначника [4], відповідно до якого буде виконуватися розпізнавання зображень. Спираючись на те, що спосіб паралельного додавання дає можливість відокремлення загальних частин сигналів, з усіх ЛЧФ, що надходять, відокремлюється одночасно (паралельно) декілька загальних частин, кожна з яких характеризує конкретний визначник розпізнавання.

З цього виходить, що цей спосіб виконує обробку сигналів для розпізнавання не за одним конкретним визначником, а за деякою кількістю, причому ця кількість визначена не на початку, а у процесі попередньої обробки інформації. Одночасно із процесом відокремлення загальних частин ЛЧФ виконується аналіз характеристик визначників, що отримуються, в результаті якого вони поділяються на якісні та кількісні. Кожен з класів визначників подається на окремий канал обробки інформації відповідно до якісного типу визначника. В кожному з каналів виконується одночасна кінцева обробка.

Обробка інформації

Як було відмічено вище, запропонований спосіб розпізнавання зображень базується на відокремленні визначників та формуванні їх систем для виконання кінцевого розпізнавання, тобто для визначення типу зображення. Але головною рисою, що відрізняє цей спосіб, є те, що за рахунок відокремлення одночасно декількох визначників значно підвищується достовірність розпізнавання зображень.

Після закінчення попередньої обробки інформації виконується паралельний аналіз сигналів одночасно по двох каналах: якісному та кількісному, до того як обидва канали зв'язані між собою, тобто під час обробки враховується вплив якісних визначників на кількісні та навпаки. Кожен з каналів виконує обробку сигналів з формуванням систем визначників зображень наприкінці аналізу.

У каналі кількісної обробки виконується формування визначників, які описують конкретні фізичні характеристики зображень (маса, вага, об'єм, форма, розміри та ін.).

У каналі якісної обробки виконується синтезування (генерування) визначників. В основу генерації також покладений спосіб паралельного додавання [3], в даному випадку виконується багатократне формування загальних частин. Така операція була названа ієрархічним додаванням, оскільки операції здійснюються відповідно до побудови ієрархії. Побудова ієрархії базується на умові достатності формування визначників, які здатні повністю описати зображення при кінцевому розпізнаванні.

Кожен ієрархічний рівень забезпечує генерацію деякого визначника зображення. Отже, робимо висновок, що чим більше рівнів містить операція ієрархічного додавання, тим точніше та повніше буде описано зображення. Для визначення достатності рівнів ієрархії та

кількості визначників вводиться деяка комутаційна функція, яка у разі недостатності визначників виконує перекомутацію між окремими операціями ієрархії.

Необхідно зазначити, що при такому підході до відокремлення визначників зображень всі визначники, що отримані, будуть неявно вираженими, тобто це будуть не тільки конкретні фізично визначені величини, але й їх різноманітні опосередковані інтегровані комбінації.

Після закінчення синтезу (генерації) визначників, яке визначене за допомогою функції комутації, формується система визначників. В даному випадку як визначник працює ЛЧФ, яка описує властивості визначників за допомогою своєї формуальної функції.

Для виконання операції розпізнавання зображення необхідно створити єдину ЛЧФ системи визначників, яка б об'єднувала в собі всі властивості всіх визначників. Тоді постає питання про аналітичну залежність єдиної функції розпізнавання від кожного з визначників окремо при їх одночасному взаємовпливі. Для врахування впливу кожного визначника один на одного вводиться нова математична функціональна залежність, яка називається оператором впливу. За його допомогою описується формування функції, яка буде характеризувати конкретну систему визначників. Отже, за наявності функцій системи неявно виражених визначників з'являється необхідність формування кінцевої єдиної ЛЧФ. Така функція у фізичному змісті повинна максимально повно описувати зображення, що розпізнається, і формувати в графічному вигляді своєрідний аналог «ключа-відмички». Це досягається за допомогою того, що змінні визначників p_j під дією оператора впливу діють на різноманітних рівнях суперпозиції, що дозволяє формувати ЛЧФ складної конфігурації. Зазначимо, що рівні суперпозиції визначаються за ваговими коефіцієнтами кожного з визначників. Цей процес можна описати за допомогою формули:

$$F_{\text{л}} = \int_m F_i \omega_i = \int_m \left(a_i \vee \bigwedge_{j=1}^m p_j \right) \omega_i, \quad (1)$$

де $F_{\text{л}}$ – зведена інтегрована ЛЧФ – ключова функція; a_i – інформація, яка міститься в i -му визначнику; $\bigwedge_{j=1}^m$ – оператор впливу визначників один на одного; m – кількість функцій, що були отримані; p_j – змінна, яка характеризує фізичний зміст функції, що містить кількісно-якісну інформацію; ω_i – вагові коефіцієнти функцій систем визначників; $\int_m F$ – оператор узагальненого інтегрування кількісного результату паралельних вхідних змінних з визначенням фізичних розмірностей та неявно виражених визначників.

Після закінчення формування ключової функції, яка є відображенням конкретного зображення, закінчується етап аналізу та обробки інформації.

Математичний опис формування ключової функції

Після того, як було зроблено припущення про формування ключової функції за формулою (1), необхідно його обґрунтувати за допомогою математичного опису введених операцій.

Розглядаючи систему ЛЧФ, необхідно зазначити, що всі ЛЧФ аналізуються на часовому інтервалі $[t_k, t_{k+1}]$, де $k = \overline{0, \infty}$. З метою спрощення процесу обробки інформації в логіко-часових середовищах як приклад подамо опис взаємодії між конкретними ЛЧФ,

заданий інтервал підлягає Δ -розбиттю. Δ -розбиття часового інтервалу $[t_k, t_{k+1}]$ – це множина інтервалів, довжина кожного з яких дорівнює довжині Δ -інтервалу, де Δ -інтервал – це мінімальний часовий інтервал завдовжки Δ_i між двома змінами ЛЧФ на часовому інтервалі $[t_k, t_{k+1}]$ для i -ї функції (рис. 2).

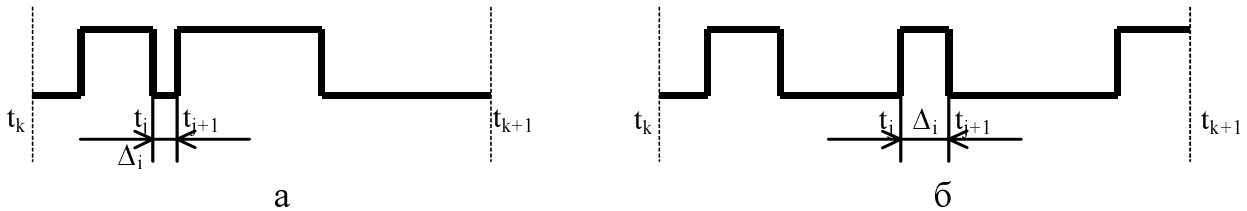


Рис. 2. Δ -інтервал (Δ_i)

Наприклад, Δ -розбиття ЛЧФ може набути такого вигляду:

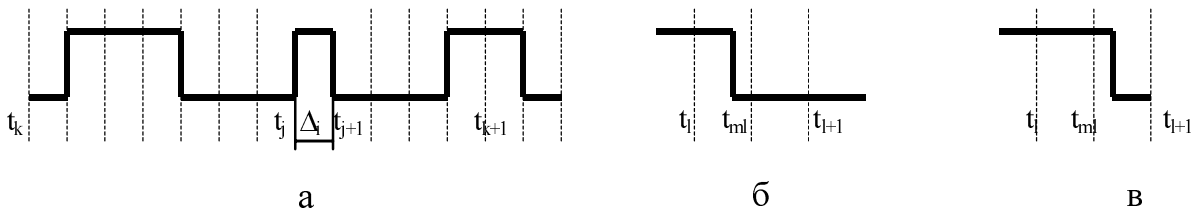


Рис. 3. Варіанти Δ -розбиття

Як видно з рис. 3 на довільному Δ -інтервалі розбиття ЛЧФ може змінювати своє значення. В таких випадках доцільно “фільтрувати” значення відповідної функції у такий спосіб:

а) якщо зміна ЛЧФ припадає на проміжок $[t_l, t_{m1}]$, де t_l – початок l -го інтервалу Δ -розбиття, $l = \overline{k, k+1}$. t_{m1} – середина l -ого інтервалу Δ -розбиття, вважаємо, що ЛЧФ змінюється в точці t_l (рис. 3 (б)).

б) якщо зміна ЛЧФ припадає на проміжок $(t_{m1}, t_{l+1}]$, де t_{l+1} – кінець l -ого інтервалу Δ -розбиття, t_{m1} – середина l -ого інтервалу Δ -розбиття, вважаємо, що ЛЧФ змінюється в точці t_{l+1} (рис. 3 (в)).

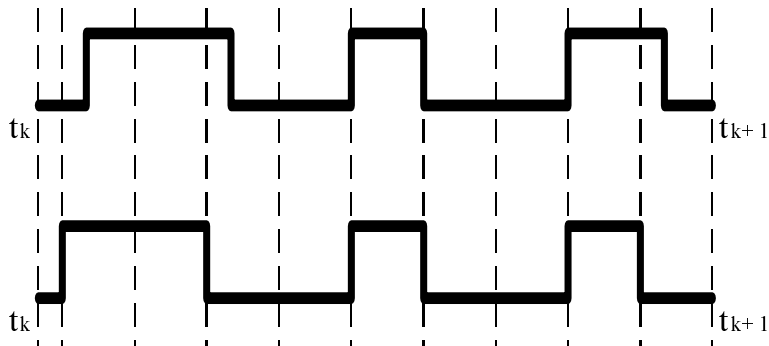


Рис. 4. Фільтрація ЛЧФ

З (1) випливає, що формування результативної функції F_L використовує принцип інтегрування ЛЧФ. Знаходження ключової функції в аналітичному вигляді вимагає, згідно

із класичною математикою, спочатку визначити поняття похідної та операції диференціювання, яка є первинною відносно операції інтегрування, а згодом і поняття первісної функції. В цьому контексті похідну розглядаємо як логічну функцію, точніше, як логіко-часову функцію. Доцільно детально розглянути похідну ЛЧФ для двох змінних і вже потім узагальнити результати. При цьому вважаємо, що всі функції, які підлягають обробці, є ЛЧФ. Для визначення загального вигляду похідної скористаємося поняттям Δ -розбиття.

Похідна ЛЧФ – це логіко-часова функція, яка дорівнює «1» на q -му проміжку Δ -розбиття, якщо первинна ЛЧФ набувала різних значень на $q-1$ та q проміжках. В іншому випадку похідна дорівнює нулю.

Оскільки для визначення похідної ЛЧФ істотним є лише попереднє значення цієї функції, то для спрощення розуміння вважатимемо, що воно збігається із значенням цієї ЛЧФ на першому інтервалі Δ -розбиття.

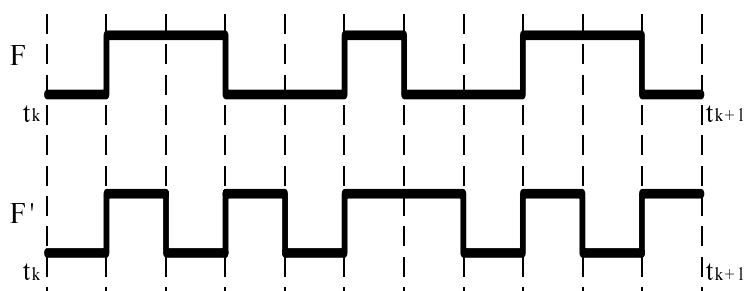


Рис. 5. Графічний приклад отримання похідної ЛЧФ

За аналогією із класичною математикою можна стверджувати, що операція знаходження похідної ЛЧФ називається диференціюванням ЛЧФ.

Головною вимогою для визначення похідної є те, що довільна ЛЧФ має починатися з «0». Тому при наявності «1» на початку сигналу необхідно виконати операцію інверсії над початковою функцією. Зауважимо, що ця операція не змінить значення похідної первинної функції.

Виходячи з вищенаведених міркувань, можна сказати, що запропоновано математичний підхід, який можна буде використовувати не тільки для опису простих взаємодій між функціями, а й також для опису таких складних операцій, як дія оператора впливу.

Формування оператора впливу

Згідно з формулою (1) для створення ключової функції необхідно описати принцип побудови оператора впливу. Передусім, необхідно зауважити, що на кожну з m функцій діє $m-1$ (решта) функцій. Тому кількість операторів впливу збігається із кількістю отриманих ЛЧФ, а кожен з них формується з $m-1$ функцій. Згідно з принципом паралельної обробки оператор впливу формується одночасно для кожної ЛЧФ, тобто всі функції беруть участь в обробці.

Опишемо процес формування оператору впливу на одну функцію.

Оскільки всі функції мають власні Δ -розбиття, то насамперед, для зручності опису їх взаємодії, необхідно ці функції звести до одного Δ -розбиття. Для цього з усіх m похідних ЛЧФ вибираємо функцію з найменшим Δ_i , який і береться за основу нового Δ -розбиття інших $m-1$ функцій. Знаходимо початкову точку нового Δ -розбиття, яка може не збігатися з початками часових інтервалів інших ЛЧФ.

Наступним кроком формування оператора впливу на одну функцію є безпосереднє виконання Δ -розбиття для кожної $m-1$ -ї функції. Функція, яка відповідає обраному Δ_i , не підлягає повторному розбиттю. Необхідно зауважити, що, оскільки повторне Δ -розбиття не враховує час змін функції, яка розбивається, фільтруємо всі функції, які було піддано повторному розбиттю.

Заключним етапом формування оператора впливу на одну функцію є виконання операції деформуючої кон'юнкції над результатами фільтрації отриманих $m-1$ ЛЧФ, результатом якої і буде оператор впливу на одну обрану ЛЧФ.

Необхідно зауважити, що операція деформуючої кон'юнкції містить два підготовчі етапи.

На першому підготовчому етапі необхідно визначити вагові коефіцієнти кожної з отриманих ЛЧФ вхідної інформації. Для цього треба виконати операцію диференціювання для кожної функції. Після чого виконується аналіз отриманих похідних на кількість та тривалість максимумів.

Найбільший ваговий коефіцієнт має функція з найменшою кількістю змін та найдовшою тривалістю «1». При цьому він набуває максимального значення, яке дорівнює кількості функцій, що обробляються (рис. 6, б).

Аналогічно визначаються всі інші вагові коефіцієнти.

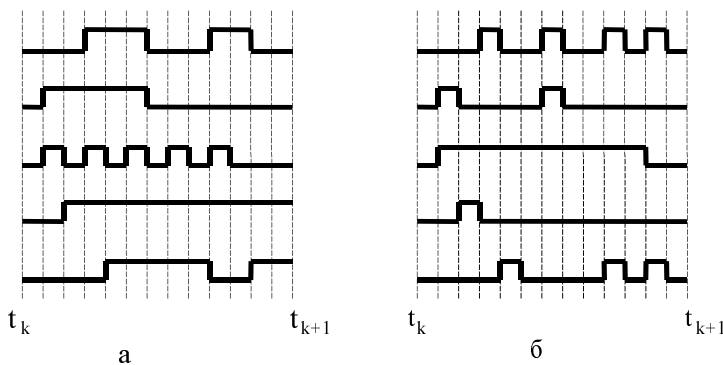


Рис. 6. Визначення вагових коефіцієнтів ЛЧФ: а – початкові ЛЧФ; б – ЛЧФ, які визначають вагові коефіцієнти

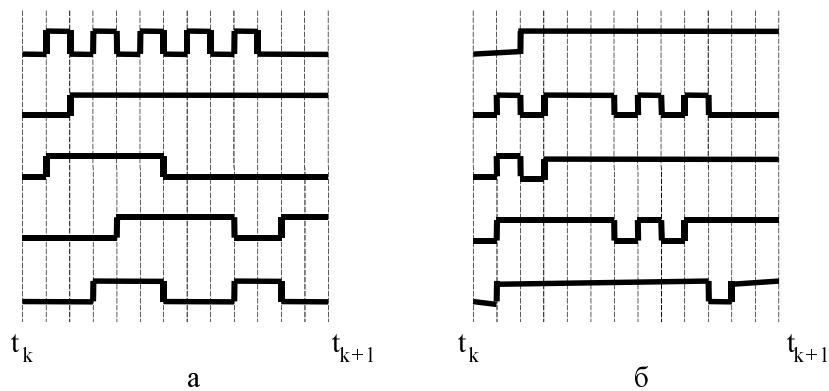


Рис. 7. Графічне подання формування операторів впливу: а – ЛЧФ, впорядковані за ваговими коефіцієнтами; б – ЛЧФ операторів впливу

Після виконання попередніх етапів обробки виконується операція деформуючої кон'юнкції, яку можна означити так: деформуюча кон'юнкція – це функція, яка є результатом взаємодії $m-1$, при дії m функцій, що:

1. фіксує максимальні значення функції з найбільшим ваговим коефіцієнтом;
2. набуває значення «1» на даному інтервалі Δ -розбиття, якщо кількість «1» $m-2$ функцій (фіксована функція не враховується) більша від кількості «0». Інакше функція набуває значення «0» на цьому інтервалі Δ -розбиття;
3. якщо кількість «0» та «1» в $m-2$ функціях збігається, то результуюча функція отримує значення функції, яка має більший ваговий коефіцієнт.

Первісна ЛЧФ та дія оператора узагальненого інтегрування

Вище було доведено, що функція та її інверсія мають рівні похідні. З цього факту можна зробити висновок, що довільна ЛЧФ, на відміну від класичної математики, має лише дві первісні. Тому доцільно використовувати і описувати лише одну первісну, а, в разі необхідності, іншу первісну можна знайти за допомогою операції інверсії.

Введемо означення первісної ЛЧФ для заданого Δ -розбиття.

Первісною ЛЧФ є логіко-часова функція, яка на q -му проміжку Δ -розбиття змінює своє значення, якщо початкова ЛЧФ на тому самому проміжку дорівнює 1. Якщо початкова ЛЧФ на q -му проміжку дорівнює 0, то її первісна на цьому проміжку набуває свого попереднього значення.

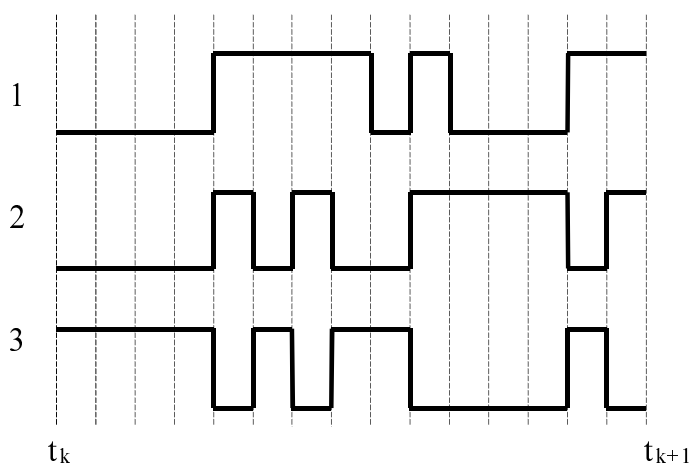


Рис. 8. Знаходження первісної ЛЧФ: 1 – початкова ЛЧФ; 2 – пряма первісна ЛЧФ; 3 – інверсна первісна ЛЧФ

Для формування ключової функції згідно з формулою (1) треба описати дію оператора узагальненого інтегрування кількісного результату паралельних вхідних змінних з визначенням фізичних розмірностей та неявно виражених визначників. Під час визначення дії оператора узагальненого інтегрування використовується набір вагових коефіцієнтів функцій систем визначників, які враховують, як зазначалось раніше, кількість та тривалість максимумів похідної ЛЧФ.

Набір вагових коефіцієнтів задає послідовність обробки F_i в операторі узагальненого інтегрування.

Після визначення вагових коефіцієнтів виконуємо узагальнене інтегрування кількісного результату паралельних вхідних змінних. Дано визначення оператора узагальненого інтегрування.

Оператор узагальненого інтегрування – це функція, яка є обвідною, що формується накладанням F_i одна на одну згідно з ваговими коефіцієнтами на заданому часовому проміжку.

Результатом дії оператора узагальненого інтегрування і буде шукана «ключ»- функція. Як частковий випадок розглянемо результат дії оператора узагальненого інтегрування над трьома функціями визначників (рис. 9).

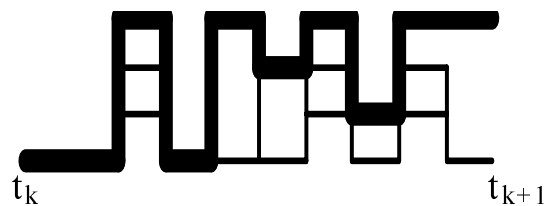


Рис. 9. Приклад дії оператора узагальненого інтегрування («ключ»- функція)

Прийняття рішення

Базою розпізнавання зображення є операція порівняння результатів, що отримані під час обробки, із раніше відомими. Тому припускаємо, що існує деяка база знань, яка містить еталонні зразки сигналів (ЛЧФ) зображень, які обов'язково належать до класу зображення, яке необхідно розпізнати.

Перед тим, як приступити до кінцевого розпізнавання зображення, необхідно виконати аналіз цінності результату (ключової функції), тобто впевнитися в інформативності та відповідності сигналу, а саме, сигнал має характеризувати зображення, а не сторонні завади чи шуми. Відповідно до цього виконується порівняння функції, що отримана в процесі формування ключової функції, з подібними функціями еталонів. У разі наявності ідентичного еталона (аналога) – зображення вважається розпізнаним. Якщо ж аналога до результату не знайдено, розглядаються два можливі випадки: незначні відхилення результату від аналога та відсутність аналогів взагалі.

В першому випадку необхідно виконати аналіз невідповідності та визначити, чи є згадана невідповідність результатом дії завад під час обробки інформації чи незначною зміною зображення з течією часу. Якщо неаналогічність – результат дії завад, то виконується повторне виділення визначників на раніше синтезованих структурах.

У разі ж незбіжності з причини часового фактора розпізнавання виконується відповідно імовірності еволюційного розвитку об'єкта, що розпізнається. Якщо під час пошуку аналога в базі знань відсутні відповідні еталони, то у разі позитивної оцінки цінності результату новий результат записується в базу знань як новий еталон. У такий спосіб виконується еволюційний розвиток бази знань.

З викладеного вище можна зробити припущення, що блок-схема пристрою око-процесорного типу матиме такий вигляд (рис. 10).

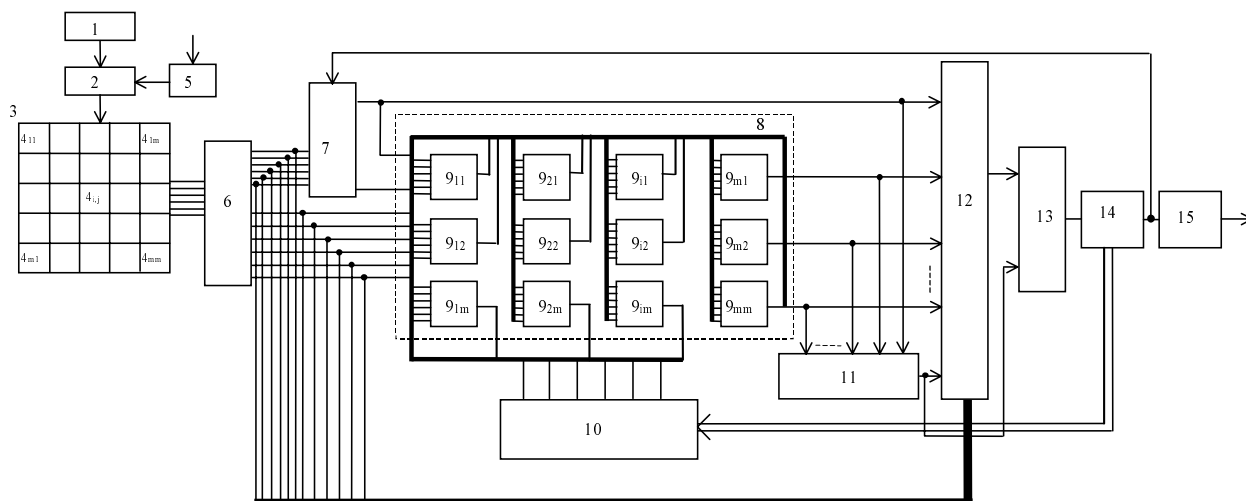


Рис. 10. Пристрій око-процесорного типу: 1 – блок проектування зображення; 2 – оптичний затвор; 3 – фотоелектричний перетворювач; 4 – фотоприймальні чарунки матриці; 5 – формувач керуючого імпульсу; 6 – блок перетворення сигналів на ЛЧФ та поділу їх за якісними характеристиками; 7 – аналізатор інформації; 8 – синтезатор-генератор визначників; 9 – функціонально-інтегральний синтезатор; 10 – блок перекомутації; 11 – блок формування ключової функції («ключ»-функції); 12 – блок динамічної пам'яті еталонних логіко-часових функцій із системою формування бази еталонних знань та вибору зразків еталонів; 13 – схема порівняння; 14 – аналізатор незбіжності сигналів; 15 – блок формування типу зображення

Висновки

Запропонований принцип розпізнавання цікавий тим, що в його основу покладено квантронне перетворення (КВП-перетворення) сигналів, що дає змогу як носій інформації використовувати час. Такий підхід до розпізнавання зображень дозволяє значно збільшити швидкість обробки інформації. А за рахунок синтезу визначників зображень різних типів – підвищити достовірність визначення вигляду і типу зображення.

Для спрощення розуміння взаємодії між ЛЧФ та опису процесу обробки інформації в логіко-часовому середовищі було запропоновано математичний підхід, який аналітично описує операції над логіко-часовими функціями (ЛЧФ). Зазначимо, що даний підхід базується як на традиційній математиці, так і на математичній логіці. Такий симбіоз дозволяє зменшити кількість варіантів результатів за рахунок нововведених методик опису.

Запропонований підхід ліг в основу визначення оператору впливу ЛЧФ. Для цього авторами була запропонована нова математична операція – операція деформуючої кон'юнкції, яка описує взаємодію між ЛЧФ з використанням вагових коефіцієнтів.

Окрім того, описане формування «ключ»-функції, що здійснюється за допомогою оператора узагальненого інтегрування ЛЧФ, який дозволяє використовувати велику кількість визначників, що описують як кількісні, так і якісні параметри реального об'єкта. Сформована «ключ»-функція дозволяє виконувати кінцеве розпізнавання заданого об'єкта. Більше того, всі можливі «ключ»-функції утворюють еталони для бази знань.

Крім наведених переваг запропонованих операцій обробки ЛЧФ, можна стверджувати, що всі представлені операції досить легко реалізувати на апаратному рівні. Для цього не потрібно буде створювати принципово нових засобів, оскільки для виконання введених авторами операцій вистачить використати диференціальні та інтегруючі RC-кола.

Основною особливістю запропонованого методу розпізнавання зображень є синтез явно виражених визначників, які описують не тільки критерії, що роз'яснюються фізично, а також і ті, які не можна описати за допомогою простих фізичних розмірностей. Тобто такі визначники описують будь-які опосередковані інтегровані комбінації стандартних величин.

KVP-перетворення мають велику перспективу використання в різноманітних системах, в яких необхідно здійснювати розпізнавання об'єктів (пошуку, стеження, діагностування, контролю та ін.).

1. Кожемяко В. П., Тимченко Л. И., Лысенко Г. Л., Кутаев Ю. Ф. *Функциональные элементы и устройства оптоэлектроники*. К., 1990. 2. Кожемяко В. П. *Применение оптоэлектронных логико-временных сред в информационно-вычислительной технике*. – К., 1988. 3. А. с. СССР № 1119035, МКИ G 06 G 7/14. *Способ параллельного сложения длительностей группы временных интервалов*./ В. П. Кожемяко, Л. И. Тимченко, Т. В. Головань // *Открытия. Изобрет.* 1984. № 38. 4. Кожем'яко В. П., Понура О. І., Кожем'яко О. В. *Універсальний спосіб генерації визначників для неалгоритмичного розпізнавання зображень та реалізація його на логіко-часових середовищах* // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. № 2, 1997. С. 13–19. 5. А. с. СССР № 1101817, МКИ G 06 F 7/50. *Устройство для сложения*./ В. П. Кожемяко, Л. И. Тимченко, Т. В. Головань, Н. Е. Фурдияк // *Открытия. Изобрет.* 1984. № 25.

УДК 681.32

Wlodzimierz Kalita, Jerzy Potencki

Rzeszow University of Technology, Department of Electronic Systems

PROSPECTS IN DEVELOPMENT OF VOLUME MICROELECTRONICS STRUCTURES

© Wlodzimierz Kalita, Jerzy Potencki, 2000

Contemporary development trends in technology of integrated circuits have been presented especially taking into account a role of third dimension for increase in integration scale and functional possibilities of ICs.

Розглянуто сучасні тенденції розвитку технології інтегральних схем, особливу увагу приділено ролі тривимірних структур, які дозволяють збільшувати масштаб інтеграції і функціональні можливості інтегральних схем.

1. Introduction

In 1896 year Guliemo Marconi sent the first telegraph signals through air, and almost simultaneously, Aleksander Popov transmitted the first radio messages. In 1901, the first and regular radio communications across the Atlantic were established. These were very important dates. However, in the common opinion, the date of born of modern electronics, is assumed the year 1904, when John Ambrose Fleming created the tube diode, the first electronic element. In 1906, Lee de Forest built the first amplifier and in 1912, Edwin Armstrong constructed the first non-mechanical oscillator. The next epoch-making step was made in 1928 year when John Baird transmitted TV signal over the telephone lines. Two years later the first picture and sound was sent in the same manner. The next revolutionary step was made in 1947. It was the invention made by