

УДК 621.383.8

П.О. КондратовНаціональний університет “Львівська політехніка”,
НДКІ ЕЛВІТ**МОВА ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

© Кондратов П.О., 2003

Описано історію створення та розвитку в Національному університеті “Львівська політехніка” систем вводу в ЕОМ, обробки та відтворення різноманітних зображень, зокрема, систем, що працюють в інфрачервоному діапазоні спектра, та екранів колективного користування.

The history of creation and development at National University “Lviv Polytechnic” of systems of input in the computer, processing and display of the various images, in particular, of systems working in an infra-red range of a spectrum, and shared screens is described.

З прадавніх часів людство користувалося графічними зображеннями (досить згадати наскельні малюнки) для передачі інформації. Поява перших “розумних” цифрових обчислювальних машин зробило актуальним питання заміни перфорованих носіїв інформації на щось більш досконале. Відтак природним було бажання навчити ЕОМ “розуміти” звичайну, легко контрольовану людиною мову графічних символів.

Зараз нікого вже не дивують можливості сучасних комп’ютерів сприймати та “розуміти” друковані або навіть стилізовані рукописні тексти. Але на той час, у 60-ті роки минулого сторіччя, бажання навчити “електронних динозаврів” сприймати найпростіші графічні символи виглядало фантастичним. Але історія людських винаходів вчить нас, що наука ніколи не чекала, коли в неї з’являться потрібні технічні знаряддя для вирішення своїх проблем. Тому новонароджена у ХХ сторіччі молода наука – кібернетика – сміливо взялася на домінуючому тоді лампово-транзисторному рівні будувати громіздкі та енергетично ненажерливі “монстри” – зчитувальні автомати і машини – такі, як “ЧАРС” київських та “Рута 701” вільнюських кібернетиків. У більшості випадків це були растрові кореляційні автомати, які сприймали обмежений набір з десяти символів, друкованих шрифтами обмеженої кількості.

Ідея “зазіхнути” на рукописні символи – ідея, яка повною мірою не вирішена й дотепер, виникла з “благословення” засновника нашого інституту “ЕЛВІТ” – академіка **О.О. Харкевича**, на той час директора московського інституту Проблем передачі інформації АН СРСР. Творча співдружність із вченими цього інституту і всебічна підтримка з боку наукового керівника нашої установи і водночас – завідувача кафедри ЕОМ Львівської політехніки, професора **Б.Й. Швецького** допомогли зробити перші успішні кроки в цьому напрямку. Під керівництвом нашого тодішнього директора, канд. техн. наук **Є.П. Соголовського**, автором цих рядків були розраховані й побудовані перші в СРСР малогабаритні сканери рукописних знаків – “слідкувальні розгортки”. У них промінь електронно-променевої трубки (ЕПТ) рухався вздовж контуру чи лінії графічного зображення, одночасно створюючи “векторний” опис траєкторії руху, що дозволяло порівняно



Рис. 1. Зразок
“Зчитувальної машини”

просто ідентифікувати характерні ознаки рукописних символів – “кінцівки”, “розгалужень”, “перехресть” тощо. Головним тут було те, що ці ознаки залишались незмінними при різних способах написання знаків. Зазначені особливості слідкувального зчитування дозволили у 1962 р. успішно побудувати перший зразок “малогабаритної” (розміром із тодішній ламповий осцилограф) “зчитувальної машини”, яка надійно розпізнавала десять рукописних (різними людьми) цифр (рис. 1). Її діючий зразок з успіхом експонувався на багатьох виставках, був відзначений золотою медаллю ВДНГ СРСР. Її авторами – Є.П.Соголовським та П.О.Кондратовим – було “запатентовано” більше ніж десятків різних алгоритмів та пристроїв слідкувального зчитування.

Використання досягнень тодішньої цифрової техніки дозволило автору у 1963 р. створити варіант “цифрової слідкувальної системи”, яка променем ЕПТ апроксимувала фіксованим набором векторів траєкторію контуру чи лінії знака. Послідовність цих кодів дозволяла отримувати на виході системи детальний опис графічного зображення для його подальшої ідентифікації. Надалі на цих же принципах були побудовані і з успіхом експлуатувались спеціалізовані цифрові автомати “Робот” та “Робот-2”. У них була задіяна величезна на той час кількість логічних елементів – до 200 тригерів на базі найсучасніших (знову ж таки – на той час) “швидких” транзисторів – П416Б. Отриманий “векторний” опис зображень передавався для подальшої обробки в ЕОМ “Урал-14”. Цікавою реалізацією слідкувального принципу зчитування рукописних символів став розроблений на замовлення ЦСУ СРСР автомат сторінкового вводу, в якому був реалізований автоматичний пошук рядка за маркером на документі із розміром робочого поля 200x200 мм. Слідкувальний оптоелектронний вузол був побудований на базі ЕПТ з високою роздільною здатністю (діаметр електронної плями – 30 мкм) та світломірної “кулі Ульбрихта”, оснащеної чотирма фотоелектронними перетворювачами ФЕП-16.

Теоретичні і практичні здобутки щодо слідкувального зчитування дали можливість в наступні роки створити і впровадити низку оригінальних на той час “інтерактивних напівавтоматів ручного вводу дрібних характерних особливостей графічних зображень”, оснащених “світловим пером”. У них використовувався слідкувальний принцип відстежування руху “пера” по екрану ЕПТ, на який оптикою проектувалось графічне зображення (рис. 2).



Рис. 2. Напівавтомат ручного вводу
характерних особливостей зображень:
1 – світлове перо на базі ФЕП
2 – “дисплей” на запам’ятовувальній
ЕПТ; 3 – слідкувальна ЕПТ

Новий етап розвитку засобів розпізнавання мови графічних зображень почався з отримання лабораторією, керівником якої став автор, замовлення МВС СРСР на створення автоматизованої системи кодування та пошуку характерних ознак пальцевих відбитків. На першому етапі був спроектований і побудований на базі спеціальної ЕПТ за схемою “біжучого променя” растровий сканер “СПН”, який вводив у ЕОМ “Мінськ-32” інформацію про напівто-

нові дактилоскопічні зображення, зафіксовані на фотоплівці. Надалі наша лабораторія була обладнана однією з перших вітчизняних ЕОМ малої серії “М-400”, на базі якої був розроблений та побудований перший в країні “Комплекс автоматичної обробки та кодування пальцевих відбитків по системі Гальтона-Генрі”.

З того часу в розробках лабораторії побільшало здобутків фахівців з цифрової обчислювальної техніки. У складі нового автоматичного комплексу був спроектований і успішно діяв спецпроцесор гомоморфної обробки папілярних ліній, який з мінімальними спотвореннями перетворював напівтоновий опис графічного зображення в бінарний та виконував операції обміну даними з ЕОМ, де здійснювалася подальша обробка зображення програмними методами – “скелетизація” (потоншення ліній) та визначення характерних ознак папілярного візерунка. Результати обробки були базою для генерації коду і передавались за допомогою процесора для індикації на кольоровому моніторі, обладнаному “світловим пером” (рис. 3). Відповідальним виконавцем цієї роботи був молодий випускник, а зараз доцент кафедри ЕОМ **В.Я. Пуйда**. Досвід, набутий їм під час цієї роботи, допоміг йому в розробці та передачі у серійне виробництво на Львівському об’єднанні “ЛОРТА” першого створеного у Львівській політехніці персонального комп’ютера ПК-01 “Львів”, який тривалий час з успіхом використовувався в навчальному процесі.

З часом клас носіїв зображень, призначених для автоматичного зчитування, розширився. На замовлення Інституту точної механіки АН СРСР в 70-х роках минулого сторіччя в нашій лабораторії було розроблено методи та засоби когерентної обробки зображень, записаних на ЕПТ з термопластичною мішенню (виробництва Львівського НДІ “Еротрон”).

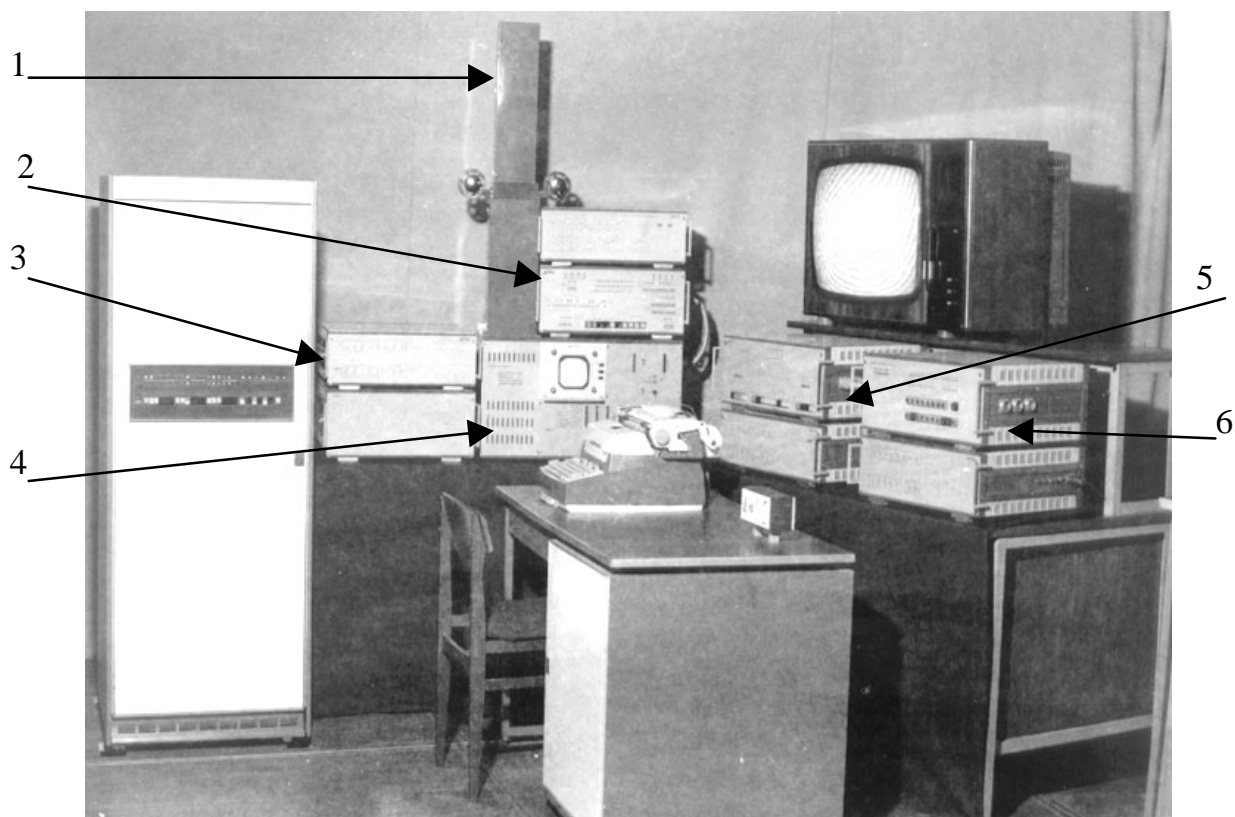


Рис. 3. Комплекс автоматичної обробки пальцевих відбитків:

*1 – оптичний вузол; 2 – процесор гомоморфної обробки; 3 – блок пам’яті; 4 – блок сканування;
5 – блок зв’язку з ЕОМ; 6 – блок керування дисплеєм*

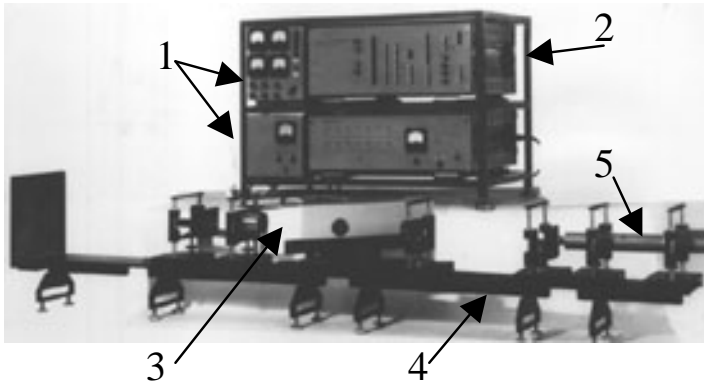


Рис. 4. Пристрій запису зображення на термопластичну мішень:

1 – блоки керування мішенню; 2 – блок сканування;
3 – блок ЕПТ; 4 – оптична лава з проєкційним екраном,
об’єктивами, оптичними фільтрами та засобами
юстування; 5 – лазерний генератор

“Оптичне вікно” цієї ЕПТ давало змогу просвічувати рельєфне зображення, нанесене на її мішень, та проєктувати його на екран або об’єktiv телекамери. Застосування цих приладів з реверсивними носіями поєднано з лазерними генераторами (виробництва Львівського НВО “Полярон”) дозволило створити унікальну прецизійну апаратуру швидкого запису і кореляційного аналізу спектрів Фур’є двомірних зображень, записаних на термопластичній мішені (рис. 4). Для виконання цього завдання у лабораторії був створений сектор точної механіки, де у творчій співдружності з НЦ “Вібротехніка” Каунаського політехнічного інституту

в стислий термін було розроблено і побудовано серію оригінальних двокоординатних вузлів точного позиціонування оптико-електронних елементів з мікронною точністю.

Наступним кроком для нашої лабораторії стало у 80-х роках минулого сторіччя освоєння нового спектрального діапазону сприйняття зображень – інфрачервоного, призначенням якого є отримання “теплових портретів” різноманітних об’єktiv з метою їх неруйнівного контролю та діагностики. З того часу в нас почались дослідження нового типу неохолоджуваного детектора – *пiровiдiкона*. Роботи проводились на замовлення таких знаних у СРСР установ, як московські НВО “Геофізика” та “Спектр”, а також ризький Інститут технічної кібернетики АН ЛатРСР при тісній творчій співпраці з науковцями НТУУ “Київський політехнічний інститут”. За більш ніж десятирічний термін нашої діяльності у цій галузі було розроблено та побудовано до десяти переносних пiровiдiконних тепловізійних камер, оснащених спіралеподібним модулятором інфрачервоного випромінювання з системою синхриводу, електронним видошукачем та спеціалізованим відеопроцесором (рис. 5). Останній, крім керування процесом формування піросигналу, виконує операції покадрового різницевого кодування, накопичення та усереднення, а також

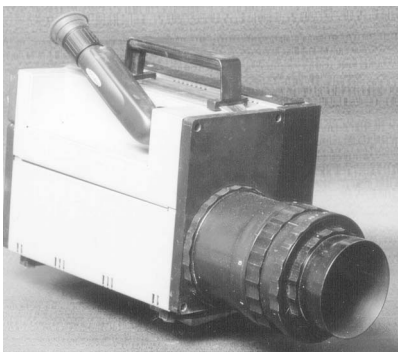


Рис. 5. Зразок пiровiдiконної камери з процесором кадру та електронним видошукачем

фіксації сформованих зображень у енергонезалежній пам’яті та їх передачі у персональний комп’ютер. Усе це значно покращує якість отриманих “теплових портретів” досліджуваних об’єktiv. За держзамовленням кілька тепловізійних комплексів було побудовано та з успіхом впроваджено в експлуатацію у структурних підрозділах Міноборони України.

В останніх реалізаціях тепловізійного комплексу відео-процесор містить мікропроцесорну систему на базі вентильних матриць виробництва фірм “XILINX” та “Altera”. Крім того, у складі комплексу діє допоміжний канал на базі ПЗЗ-відеокамери, під’єднаної до відеопроцесора. Це дозволяє, окрім теплового, оперувати ще й видимим зображенням об’єкта, а саме, фіксувати його у енергонезалежній пам’яті

та формувати багатоспектральне комплексне зображення, що значно покращує координатну визначеність ділянок об'єкта з аномальним тепловим розподілом. Значний попит на апаратуру такого класу, відсутність її серійного виробництва в Україні, помірні ціна та масогабарити, а також такі додаткові переваги, як відсутність потреби у примусовому охолодженні та автономність є, на думку автора, передумовами налагодження виробництва і широкого впровадження цих комплексів у такі сфери діяльності людини, як медицина, транспорт, енергетика, будівництво, аеро- та орбітальний моніторинг тощо.

Але не тільки бажання розкрити таємниці мови графічних зображень спонукало до праці співробітників нашої лабораторії. Не менш цікавим і важливим було завдання синтезу комп'ютеризованих систем великомасштабної кольорової індикації. Вирішувалося воно двома шляхами:

– перший – розробка і побудова великих поліекранних “стінок” під комп'ютерним керуванням, яке дозволяє не тільки досягати високих показників щодо роздільної здатності та калометрії синтезованих зображень, але й реалізовувати різноманітні способи їх програмної обробки;

– другий – розробка і побудова оригінальних п'ятитрубкових великомасштабних відеопроєкторів на базі ЕПТ БТПІ (виробництва НДІ “Еротрон”).

Робота провадилась у тісній співпраці з працівниками Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Львівської політехніки, а також київського Інституту кібернетики НАНУ. Створені системи були з успіхом використані у численних експозиціях та презентаціях, зокрема міжнародних. Є перспективи використання подібних систем у можливих розробках апаратури для українського літака Ан-70.

Багаторічна праця у вищезазначених напрямках співробітників лабораторії систем обробки та виведення на екран графічної інформації позначена такими результатами: успішно захищено 4 кандидатські дисертації; опубліковано більше ніж 300 наукових праць, з яких близько 120 – авторські свідоцтва СРСР та патенти України; взято участь у більше ніж 60 конференціях і семінарах, з них близько 30 – міжнародні. Прилади, створені у нашій лабораторії на основі її наукових розробок, неодноразово з успіхом експонувались на багатьох вітчизняних і міжнародних виставках та були нагороджені призами й відзнаками.

У лабораторії пройшли теоретичний та практичний “вишкіл” багато нинішніх працівників Львівської політехніки, зокрема, **Ю. Опир**, **В. Цмоць** та **М. Хомуляк**. Отриманий науковий і практичний здобуток сьогодні з успіхом використовується у навчальному процесі Львівської політехніки. Діють та приносять взаємну користь численні угоди про творчу співпрацю ЕЛВІТ із такими інститутами Львівської політехніки, як інститут архітектури, інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки, з відділенням радіоелектроніки і засобів зв'язку АІНУ, Інститутом прикладної оптики НАНУ.

На закінчення хочу висловити щире подяку за багаторічну плідну діяльність і співпрацю нинішнім і колишнім працівникам лабораторії – тим, хто був згаданий вище, а також **І. Боженко**, **С. Гордієнко**, **Ю. Зеляновському**, **Ю. Клушину**, **О. Кроту**, **О. Мешкову**, **М. Трачу**, **В. Піскорському**, **І. Фегецину**, **В. Шлигину**, а також працівникам адміністрації, служб та підрозділів ЕЛВІТ.