



Обробка та розпізнавання рукописної, креслярської та графічної інформації

Hand-Written, Drawing and Graphic Picture Processing and Recognition

Система введення, обробки та розпізнавання
графічних зображень на персональному комп'ютері

Світлана Александрова, Володимир Кийко,
В'ячеслав Мацелло, Михайло Шлезінгер

Інститут кібернетики АН України

*Україна, 252207, Київ
просп. Академіка Глушкова, 40
Тел.: (044) 266-25-69*

Існують дві сучасні технології введення креслень у ПЕОМ: 1) введення зображень за допомогою графічних редакторів або спеціальних планшетів (дигитайзерів), яке є дуже повільним; 2) технологія використання автоматичних сканерів. У цьому разі інформація про зображення надходить до ПЕОМ у вигляді растра і далі перетворюється на векторну форму за допомогою методів виділення скелету. За такою технологією найважчою проблемою є величезний обсяг растрової інформації. Тому програми векторизації працюють дуже повільно, а в разі апаратного втілення потребують спеціальних пристроїв, які за обсягом та вартістю часто перевищують ПЕОМ.

Комплекс «Теремки-мікро», який описано у цій роботі, виконує обробку растрової інформації, отриманої безпосередньо від сканера, з метою її зберігання у пам'яті ПЕОМ у стислій формі, яка є також зручною для подальшого розпізнавання. Для креслень електронних схем комплекс виконує автоматичне розпізнавання схеми.

У комплексі реалізовано три основні наукові ідеї, які дозволили без спеціальної апаратури досягти унікальної швидкості розпізнавання креслень: 1) економна форма зберігання графічних зображень; 2) оригінальні швидкі алгоритми обробки та векторизації на базі економної форми збереження зображень; 3) ефективні алгоритми розпізнавання зображень на базі двовимірних граматик [1].

Технологія обробки креслень. Програмний комплекс «Теремки-мікро» складається з двох частин. Перша частина комплексу виконує введення растрового зображення, базові операції обробки, а також перетворення растру на вектор. В результаті роботи першої частини на диску створюються два файли. Перший файл містить інформацію про графічну частину креслення у вигляді графу, який описує всі прямі лінії на кресленні, а також їхні взаємозв'язки. Другий файл містить інформацію про написи на кресленні. Таким чином, перша частина комплексу може використовуватися для обробки багатьох креслень, таких як схеми, графіки, карти тощо.

Друга частина комплексу призначена для розпізнавання принципових електричних схем. Вона має на виході опис об'єкту схеми у вигляді списку елементів та таблиці їхніх взаємозв'язків.

У першій частині комплексу виконуються такі операції з зображенням:

- 1) введення та економне кодування;
- 2) вирівнювання краю;
- 3) усунення об'єктів, що мають розмір, менший за заданий;
- 4) усунення розривів у лініях;
- 5) автоматичний пошук та ручне введення написів;
- 6) трансформація до векторного вигляду.

Друга частина комплексу виконує автоматичний пошук елементів принципової схеми і простежує електричні зв'язки між елементами.

Опис функцій обробки. Введення і економне кодування. Растрове зображення потрапляє до ПЕОМ або безпосередньо зі сканера, або з файлу на дисківі. Комплекс включає до свого складу програму роботи зі сканером фірми EPSON. Крім того, зображення може бути введеним з диску, якщо воно записане у форматі TIFF, який підтримується більшістю існуючих сканерів. Разом з введенням виконується економне кодування растрового зображення. Нехай $T = \{(i, j) : 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n\}$ — це прямокутна ділянка растру розміром $m \times n$. Растрове графічне зображення — це функція $v: T \rightarrow \{0, 1\}$, а $v(i, j)$ — колір (чорний чи білий) зображення у точці (i, j) . Точка (i, j) є особливою, якщо ділянка $(v(i, j), v(i-1, j), v(i, j-1), v(i-1, j-1))$ має непарну кількість одиниць.

Економне кодування зображення полягає в тому, що запам'ятовується список особливих точок. Доведено, що на обмеженому растрі перетворення зображення з растрового вигляду у список особливих точок є оберненим [1]. Список особливих точок містить в собі всю інформацію про растрове зображення, але кількість цих точок на графічних зображеннях значно менша за кількість точок растру. Усі операції обробки зображення базуються на спискові особливих точок. Тому їхня трудомісткість пропорційна не розміру растру, а кількості особливих точок, яка набагато менша.

Вирівнювання краю. Бінарна растрова інформація на межі чорних та білих ділянок зображення є фактично випадковою. Це веде до так званого ефекту «бахроми». Операція вирівнювання краю полягає в тому, що межа між білими і чорними ділянками растру зсувається на одну клітину таким чином, щоб кількість особливих точок стала якомога меншою.

Усунення шумів. Підмножину $T' \subset T$ поля зору визначимо як шум на зображенні v , якщо:

- 1) множина T' є зв'язною;
- 2) $\forall t \in T' (v(t) = 0) \vee \forall t \in T' (v(t) = 1)$;
- 3) не існує множини $T'' \supset T'$, для якої виконується 1 та 2;
- 4) розмір прямокутника, який має горизонтальні та вертикальні сторони і вміщує T' , не перевищує значення, які подані оператором.

Усунення шумів T' полягає у заміні значень $v(t)$ для всіх $t \in T'$ на протилежні. У комплексі реалізовано швидкий алгоритм усунення шумів, поданих у вигляді списку особливих точок [2].

Усунення розривів у лініях. Розширення зображень на k кроків — це операція перетворення зображення v на зображення w , таке, що $w(i, j) = 1$ тоді і тільки тоді, коли хоча б для однієї точки (i^*, j^*) з множини $\{(i^*, j^*) : i \leq i^* \leq i+k; j \leq j^* \leq j+k\}$ виконується $v(i^*, j^*) = 1$. Звуження зображення за k кроків — це операція отримання такого зображення w , для якого $w(i, j) = 0$ тоді і тільки тоді, коли хоча б для однієї точки (i^*, j^*) з множини

$\{(i^*, j^*) : i - k \leq i^* \leq i; j - k \leq j^* \leq j\}$ виконується $v(i^*, j^*) = 0$. Усунення розривів виконується як розширення зображення з наступним звуженням. Ідея алгоритму, за яким виконується ця операція, викладена в [3].

Пошук написів. Окремі символи знаходять аналогічно тому, як і шуми даного розміру. Далі зображення окремих символів автоматично об'єднуються у написи і подаються на екран операторові для розпізнавання.

Виділення скелету. У комплексі реалізовано швидкий алгоритм перетворення растра-вектору [4], який ґрунтується на понятті квадрату, що не розширюється. Квадратна ділянка растру має назву квадрата, що не розширюється, якщо всі точки цієї ділянки чорні, а будь-який інший квадрат, який містить у собі даний, має хоча б одну білу точку. Множина центрів квадратів, що не розширюються, визначає сукупність прямих ліній, які складають скелет зображення.

Алгоритм розпізнавання креслень принципів електричних схем на базі ідей двовимірних грамастик є темою окремого повідомлення.

Література

1. Шлезингер М.И. Математические средства обработки изображений. — Киев : Наук. думка, 1989. — 198 с.
2. Мацелло В.В. Алгоритм удаления помех при обработке графических изображений // Автоматика. — 1986. — № 6. — С. 86–89.
3. Александрова С.Л. Быстродействующий алгоритм логической фильтрации бинарных изображений // Теоретические и прикладные вопросы распознавания изображений. — Киев : ИК АН УССР, 1991. — С. 25–35.
4. Kyjko V.M., Schlesinger M.I. Width-independent fast skeletonization algorithm for binary pictures // Intern. J. of Imaging Systems and Techn. — 1991. — Vol. 3. — P. 222–226.



Розпізнавання ескізів схем систем керування

Ігор Гайдайчук

Чернівецький університет

Україна, 274012, Чернівці
вул. Університетська, 2
Тел.: (037) 229-84-48

При моделюванні систем керування важливим етапом є введення ескізів схем цих систем у пам'ять ПЕОМ за допомогою сканерів з наступним їх розпізнаванням, автоматичною побудовою математичної моделі та відображенням динамічних характеристик системи на екрані дисплею. Це значно прискорює процес побудови систем, робить інтерфейс дружнім для користувача.

З геометричної точки зору ескіз системи керування — це набір блоків, що з'єднані між собою направленими лініями. Блоки відповідають об'єктам системи. На схемі вони позначаються прямокутниками з зазначенням всередині їх функціонального наповнення (імені блоку). Лінії зв'язків мають вигляд ламаних, що починаються й закінчуються на прямокутниках блоків. Напрямок ліній задається за допомогою стрілок. Кожен ескіз обмежується зовнішньою прямокутною рамкою.

При розпізнаванні ескізів схем систем керування важливу роль відіграє припущення, що літери, які ідентифікують елементи системи, не торкаються рамки відповідного блоку та розділені між собою. Математично це означає, що множина пікселів, яка відповідає літері, не перетинається з множиною інших точок схеми. Тому літери можна виділяти із складної сцени, якою є ескіз схеми, як зв'язні області, розміри яких знаходяться в певних інтервалах: $R = (x_{\min}, x_{\max}) \times (y_{\min}, y_{\max})$. Частини ескізу з більшими розмірами

відповідають рамкам блоків, лініям з'єднань та зовнішній рамці схеми. Области, розміри яких менші допустимих, вважаються шумами і до уваги не беруться.

Виходячи з вищевказаного, процес розпізнавання ескізів включає етапи:

- виділення зв'язної області, що відповідає рамці схеми, рамкам елементів та зв'язкам між елементами;
- знаходження зовнішньої рамки схеми;
- виділення зв'язних областей, що відповідають літерам елементів та розпізнавання цих літер;
- визначення рамок елементів;
- знаходження стрілок, що ведуть в елементи;
- обхід ліній з'єднань між елементами.

Особливу увагу в цій процедурі слід приділити третьому пункту — розпізнаванню літер. Для цього використовується стандартний метод порівняння символів з еталонами у спеціальному просторі ознак. Вектори ознак вибираються як маски відповідних літер. Автором розроблені алгоритми швидкого порівняння, які дозволяють зробити число перевірок значно меншим, ніж при простому переборі еталонів. Пропонуються також алгоритми побудови узагальнених еталонів за навчальною вибіркою, тобто настроювання системи на індивідуальний почерк користувача чи конкретний шрифт.

Коректність запропонованих методів перевірена на комп'ютерах типу *IBM PC XT/AT*. Ескізи схем вводяться в пам'ять ЕОМ за допомогою ручного сканера *A4SCAN*. Час розпізнавання однієї схеми не перевищує 5–10 секунд у залежності від її складності та акуратності креслення.



Обробка та розпізнавання графічної інформації в інтегрованій системі автоматизованого проектування «Сапфір-91»

Михайло Гінзбург

Науково-дослідний
і проектно-конструкторський
інститут АСУтрансгаз

Україна, 310072, Харків
вул. Конєва, 16
Тел.: (057) 220-57-80

Вибір методів та засобів формування, обробки та розпізнавання графічної інформації при автоматизованому проектуванні обумовлений кількома факторами, найбільш істотним з яких є загальна концепція побудови системи. Для розробленого відділом САПР інтегрованого АРМ проектувальника систем автоматизації технологічних процесів «Сапфір-91» характерна наскрізна інтерактивна «конвейерна» технологія, яка об'єднує всі етапи проектування, включаючи підтримку прийняття технічних рішень та їх оформлення у вигляді сукупності інформаційно взаємопов'язаних схем та текстових документів [1]. В основі інтеграції лежить єдина ієрархічна багатоаспектна модель об'єкта, а схеми кожного виду (функціональні, принципіві, монтажні тощо) відображають лише один з аспектів цієї моделі.

У процесі формування, перегляду та коригування окремих схем та текстових документів користувач оперує поняттями конкретної предметної області та завдяки цьому здійснює взаємодію з відповідним аспектом моделі. У свою чергу система відстежує інформаційні зв'язки й при створенні наступних документів автоматично використовує вже прийняті технічні рішення.

Таким чином, схеми слід розглядати як сукупність графічних даних, котрі мають як суто геометричні, так і семантичні характеристики, а підсистеми схемотехнічного проектування повинні здійснювати інформаційні перетворення такого виду:



Важливою особливістю вказаних перетворень є те, що вони повинні виконуватись автоматично з врахуванням жорстких часових обмежень, пов'язаних з діалоговим режимом, у якому здійснюється робота користувача.

Графічні редактори (наприклад, система АвтоКАД) дозволяють проектувальнику у діалоговому режимі формувати схеми, але їх опис є лише сукупністю суто геометричних понять (відрізків, кіл, дуг, текстів). Це дуже ускладнює розпізнавання нанесеної на схеми семантичної інформації і добування її для наступної обробки. З метою максимального спрощення задач розпізнавання та одержання інформації при створенні АРМ «Сапфір-91» розроблені такі засоби інтерактивного формування схем, які, з одного боку, використовують звичну для проектувальника мову графічних образів, а з іншого боку, синтезують багат шарове складноструктуроване зображення, в якому кожне семантичне поняття відображене певним набором геометричних понять (шар, блок, атрибут, колір, примітив).

Проведений нами інформаційний аналіз схем дозволяє розділити усю множину даних I^i , котрі необхідно відобразити на i -й схемі, на три підмножини:

$$I^i = I_{\text{вх}}^i \cup I_{\text{вих}}^i \cup I_{\text{лок}}^i,$$

де $I_{\text{вх}}^i$ — множина даних, які сформувалися на попередніх етапах і передаються у підсистему схемотехнічного проектування у вигляді вхідних даних (завдання на проектування i -тої схеми); $I_{\text{вих}}^i$ — множина даних, які утворюються при прийнятті технічних рішень у процесі формування даного документу та використовуються як вхідні на наступних етапах проектування; $I_{\text{лок}}^i$ — множина локальних даних, які формуються у ході проектування даного документу та зображуються тільки на ньому.

З точки зору проблеми, що розглядається, нас буде цікавити множина $I_{\text{вих}}^i$, яку в свою чергу можна розділити на декілька підмножин:

$$I_{\text{вих}}^i = I_{\text{ск}}^i \cup I_{\text{пар}}^i \cup I_{\text{роз}}^i \cup I_{\text{зв}}^i,$$

де $I_{\text{ск}}^i$ — структурно-композиційна інформація, що визначає склад об'єкта з елементів різних рівнів ієрархії; $I_{\text{пар}}^i$ — параметрична інформація, що відображає числові та символічні характеристики елементів; $I_{\text{роз}}^i$ — дані про розміщення елементів у шафах, пультах тощо; $I_{\text{зв}}^i$ — опис зв'язків між елементами (електричні, трубні, функціональні).

Технологія формування та обробки графічної інформації при схемотехнічному проектуванні містить у собі процедури шести видів: 1) формування підмножини $I_{\text{вх}}^i$; 2) автоматичний синтез початкового варіанту схеми на базі $I_{\text{вх}}^i$; 3) діалогове формування (коригування та доповнення) моделі схеми на основі прийнятих

проектних рішень; 4) розпізнавання графічного зображення та одержання зі схеми інформації $I_{\text{вих}}^i$; 5) визначення параметрів елементів схеми та коректування файлу одержання або формування завдання на синтез переліку елементів; 6) нанесення значень параметрів на схему шляхом доповнення (корекції) умовних графічних позначень елементів або синтезу спеціальних переліків елементів схеми.

Зрозуміло, що конкретна реалізація поданих вище процедур залежить від використовуваного інструментального середовища. В АРМ «Сапфір-91» діалогове середовище автоматизованого проектування побудоване шляхом інтеграції графічного середовища системи АвтоКАД 10 та текстового середовища системи Clipper. Такий підхід дозволяє процедури 2–4 виконувати у графічному середовищі: автоматичний синтез виконувати процедурами, написаними на мові АвтоЛІСП, а формування та коригування схем (тобто вибір елементів, їх розміщення та з'єднання) — за допомогою проблемно-орієнтованого меню, яке реалізоване як сукупність трьох складових: падаючого, екранного та піктографічного.

В той же час у системі АвтоКАД відсутні ефективні засоби для реалізації довідково-пошукових функцій. Тому вибір компонент за критеріями та визначення їх параметрів доцільно виконувати у текстовому середовищі Clipper, використовуючи базу текстових даних. А результати цих операцій передаються у графічну систему у вигляді текстових файлів завдання або оновлених файлів одержання.

У доповіді розглянута реалізація усіх поданих вище процедур обробки та розпізнавання графічної інформації, а також інтерфейс між графічним та текстовим середовищами.

Таким чином, в АРМ «Сапфір-91» розроблені методи перетворення понять конкретної схеми в сукупність команд графічної системи АвтоКАД з можливістю розпізнавання компонент схеми та зв'язків між ними, а також одержання семантичної інформації зі схеми і завдяки цьому реалізації наскрізної «конвейерної» технології проектування.

Література

1. Гинзбург М.Д. Автоматизированное рабочее место проектировщика комплекса технических средств АСУТП «Сапфир-91» // Приборы и системы упр. — 1992. — № 2. — С. 7–8.



Система імітаційного моделювання дискретних пристроїв

Валерій Горбачов, Андрій Нанівський

Харківський інститут радіоелектроніки

Україна, 310726, Харків
просп. Леніна, 14
Тел.: (057) 240-94-21

Загальною тенденцією сучасної обчислювальної техніки є ускладнення структур систем і пристроїв та збільшення об'єму функцій, які вони виконують. Це в повній мірі вірно і для засобів обчислювальної техніки, які використовуються в навчальному процесі, особливо після появи та широкого впровадження мікропроцесорних комплектів великих та надвеликих інтегральних схем.

Засоби автоматизованого проектування виробів мікроелектронної та обчислювальної техніки широко застосовуються та поширюються. Створено та експлуатуються декілька промислових САПР, що орієнтовані на розробку структурних, функціонально-логічних, принципівих електричних схем, які використовують високопродуктивні універсальні ЕОМ.

У роботі аналізується можливість використання засобів імітаційного моделювання при моделюванні дискретних пристроїв.

Пропонується структура системи моделювання, яка, використовуючи дані, заздалегідь підготовлені користувачем, моделює процеси, котрі проходять в електронній схемі. Системи моделювання складаються з чотирьох основних підсистем:

- система моделювання, яка є ядром системи;
- система генерації схеми, що моделюється;
- система аналізу результатів моделювання;
- менеджер бібліотек елементів.

В основу роботи покладено об'єктно-орієнтований підхід, що дозволяє отримати значну гнучкість системи моделювання в процесі генерації схеми, що моделюється. Такий підхід дає можливість здійснювати моделювання окремих частин всієї схеми з наступним об'єднанням їх у більш складні; з точки зору системи моделювання об'єктом (елементом) моделювання може бути як звичайна мікросхема, так і складна інтегральна схема, що включає багато інших об'єктів. Результатом роботи системи є дані (часові діаграми), котрі пізніше можуть бути інтерпретовані користувачем за допомогою системи аналізу результатів моделювання.

Доводиться, що процес моделювання не є відірваним від загального процесу створення конкретної розробки. Кроки редагування та діагностики схеми можуть повторюватися до отримання необхідного результату, після чого ідуть наступні етапи (трасування плати, отримання фотошаблону тощо). Це дозволяє системі моделювання органічно вписуватись в структуру існуючих САПР і загалом всього процесу розробки електронних схем. Також можуть бути промодельовані вже існуючі схеми за умов наявності в базі системи моделювання опису елементів, які використовуються.

В основі підсистеми аналізу результатів моделювання є ідея багатопроменевого, багатофункціонального осцилографа з пам'яттю. Ця підсистема по суті є інтерактивним середовищем з розвиненим інтерфейсом, що дає користувачеві можливість вибирати дані, необхідні для аналізу, групувати їх, продивлятися в різних формах і масштабах модельного часу. Найпростішою формою організації даних на екрані є осцилограма, але система дозволяє продивлятися дані і в більш складних інтегральних формах, наприклад, аналіз стану шин. Система має можливість переглядати, аналізувати і виявляти причини зв'язків в схемі, чого не дозволяють системи моделювання реального часу. Підсистема є гнучким, багатовіконним середовищем з широким вибором засобів: настройка кольорів, вікон перегляду тощо.

У роботі аналізується універсальність системи моделювання з точки зору застосування її в моделюванні широкого класу об'єктів. Велика увага приділяється можливості контролю за кожним етапом моделювання та перевірці правильності результатів моделювання.

Система моделювання орієнтована на *IBM*-подібні ПЕОМ, програмна реалізація всіх модулів системи виконана засобами стандартного математичного забезпечення *IBM*-подібних ПЕОМ.

Інтегрована база графічної та текстової інформації для задач САПР

Володимир Дубровський, Михайло Гінзбург

Науково-дослідний і проектно-конструкторський
інститут АСУтрансгаз

Україна, 310072, Харків
вул. Конєва, 16
Тел.: (057) 220-57-80

Ефективна обробка складної графічної інформації в САПР неможлива без розробки інтегрованої бази даних (ІБД), у якій повинна зберігатися вся необхідна проектувальнику графічна і текстова інформація.

У доповіді розглянута концепція побудови ІБД для САПР систем автоматизації технологічних процесів «Сапфір-91». Фізична структура бази даних обумовлена вибраними інструментальними засобами: графічним редактором АвтоКАД і реляційною СКБД Clipper. При цьому база складається з двох частин: бази графічних даних (БГД) та бази текстових даних (БТД), двобічний обмін інформацією між якими здійснюється за допомогою спеціального інтерфейсу. БГД складається з сукупностей графічних елементів (зовнішніх блоків) і готових креслень, а також слайдів і бібліотек слайдів. Графічні елементи, згідно свого функціонального визначення, згуртовані по підкаталогах у бібліотеки нормативних даних та типових проектних рішень. Слайди використовуються для перегляду та вибору типових елементів, а також містять іншу необхідну для проектувальника інформацію.

У БГД містяться графічні елементи двох класів: базові елементи, які не піддаються подальшому поділу, та модулі, що будуються з базових елементів і являють собою по суті підсистеми об'єкту, що проектується. Зображення базових елементів однозначно визначаються стандартами та іншими нормативними документами і, в усякому разі, не змінюються в процесі проектування схем, за винятком окремих написів, що відображають ті чи інші характеристики базового елемента. Виходячи з цього, у графічному середовищі АвтоКАД кожному базовому елементу відповідає блок з атрибутами. В САПР «Сапфір-91» прийнята система кодування імен атрибутів (тегів), яка встановлює взаємно однозначну відповідність між ім'ям тега та характеристикою, що відображається цим атрибутом. У зображенні базових елементів можна виділити графічну інформацію трьох видів: основну, додаткову та службову. Основна інформація відображає функціональне призначення елемента. Додаткова інформація складається з умовного літерно-цифрового позначення елемента, а також опису входів та виходів (наприклад, зображення та маркіровка клем, кабельних або трубних ввідів і т. п.). Службова інформація являє собою сукупність внутрішньосистемних ідентифікаторів, які не відображаються в проектних документах, що випускаються. Частина з цих ідентифікаторів використовується як підсистемами САПР, так і проектувальниками, а частина обробляється лише програмно. З метою забезпечення наочності та зручності користувача для кожного виду базових елементів вибрано свій шар і, відповідно, свій колір. Для додаткової інформації використовуються інші шари та кольори (один або декілька). Службова інформація розміщується на спеціальному шарі з кольором, який відрізняється від кольорів інших шарів. Цей службовий шар автоматично вимикається у момент виводу схеми на принтер або плотер. Для того, щоб не захаращувати схему даними, непотрібними користувачеві, та частина службової інформації, що обробляється лише програмно, реалізована за допомогою прихованих атрибутів.

Таким чином, зображення базових елементів являють собою багат шарове складноструктуроване зображення. Тому в склад САПР включені підсистеми, призначені для створення базових елементів кожного виду, а проблемно-орієнтовані меню усіх підсистем схемотехнічного проектування забезпечують надання

атрибутам значень або безпосередньо у момент вставки блоку, або у діалоговому вікні, а також містять команди редагування атрибутів.

В інтегрованій базі даних АРМ «Сапфір-91» зберігаються модулі двох класів: фрагменти схем та типові проектні модулі. З точки зору АвтоКАДа фрагменти являють собою зовнішні блоки, які у свою чергу будуються з блоків (базових елементів), з'єднаних електричними, трубними та функціональними зв'язками. Графічна система АвтоКАД дозволяє використовувати блоки різних рівнів вкладення, але дозволяється редагувати лише примітиви, характеристики вставки та атрибути блоків лише першого рівня вкладення. В той же час використання фрагментів при схемотехнічному проектуванні, як правило, завжди супроводжується їх прив'язкою (коректуванням). Тому в АРМ «Сапфір-91» нанесення фрагменту на схему реалізовано в меню як вставка блоку з розчленуванням, що забезпечує можливість виконання будь-яких команд редагування, включаючи коректування літер-цифрових позначень базових елементів, які входять у склад фрагментів.

Накопичення у базі даних фрагментів схем спрощує їх створення. Але інтелектуальний інтерфейс користувача, який і перетворює ПЕОМ у інтегрований АРМ проектувальника, можливо створити лише при переході до більш складних багатоаспектних типових елементів — типових проектних модулів (ТПМ). Опис ТПМ являє собою сукупність взаємопов'язаних фрагментів схем різних видів (функціональних, принципівих, монтажних) і текстових характеристик ТПМ (загальних характеристик, переліків обладнання, матеріалів, обсягів робіт тощо). Суть концепції ТПМ полягає в тому, що вибір конкретного ТПМ на етапі проектування функціональної схеми автоматично породжує завдання на вставку принципової схеми цього ТПМ у принципову схему об'єкту проектування і т. п.

Головна відміна вставки схеми ТПМ від аналогічних операцій з фрагментами полягає у тому, що повинні забезпечуватись можливості як редагування цих схем після вставки, так і ідентифікації приналежності базових елементів до ТПМ. У АРМ «Сапфір-91» ця проблема вирішена за допомогою введення службової інформації в опис базових елементів та розробки на мові АвтоЛІСП спеціальних процедур для її задання та коригування.

У складі АРМ «Сапфір-91» розроблено інтерфейс, який забезпечує як здобування значень атрибутів із схем і занесення їх в БТД, так і коректування на схемі значень атрибутів на основі змін їх у БТД.

Таким чином, розроблена ІБД «Сапфір-91» забезпечує обробку графічних даних у тісному інформаційному зв'язку з текстовими описами.



Neural Network for Recognition of Small Images

Ernst Kussul', Tetiana Baidyk, Dmytro Rachkovsky

*Glushkov Institute of Cybernetics
of the AS of Ukraine*

40, Academician Glushkov Avenue
Kyjiv, 252207, Ukraine
Phone: (044) 277-64-11

The recognition problem for small size images is considered. A neural network for such problem is proposed, the results of experiments with this network are given.

Introduction. There is a number of problems where it is necessary to recognize objects occupying rather small area of image (hundreds of pixels). Recognition of such objects has some peculiarities:

— usually recognition time for such objects must be very short;

- as a rule, not very high reliability of recognition is needed;
- in many cases, the rotation invariance is not needed, and the scale varies slightly.

These peculiarities are due to the fact that the small objects under recognition are parts of larger objects. But in some cases small objects can be separate. For example, in recognition of crowd of people each person can be considered as a small object; when one tries to recognize a building, the windows of this building can be considered as small objects. In the process of fluent text reading, the letters are small objects.

In this paper we propose an approach to recognition of small objects, using neural network. The procedure of coding the object features and their position in the image is described. The experimental results obtained using this approach in the problem of handwritten characters recognition are given.

1. Features for handwritten characters recognition. As features for handwritten characters recognition we have used line segments of fixed length and orientation. The total number of features were 10. To extract these features, the strokes in handwritten characters were thinned to have 1 pixel width, and then were thickened to have 3 pixel width. Thus the character strokes get standard width. The presence of feature is determined by the possibility of including the line segment of given length and orientation to the strokes of character.

2. Features encoding. Neural network used for this problem had n neurons. The existence of i -th feature ($i = 1, \dots, 10$) is coded by exciting of m neurons from input layer. For each feature, we choose by pseudo stochastic procedure the neurons that are excited by this feature. The code of feature is described by binary vector, where ones correspond to the excited neurons, and zeroes correspond to unexcited neurons. This binary vector we call «the mask» of corresponding feature. Let us designate the mask of i -th feature as M_i . If the character contains several features i, j, k , the code Z of character is determined as bit disjunction \cup of corresponding masks:

$$Z = M_i \cup M_j \cup M_k. \quad (1)$$

3. Encoding of feature position in the image. Let us consider handwritten character in the image window of $r * s$ pixels. We designate horizontal coordinate of pixel by x , and vertical coordinate of pixel by y ($x = 1, \dots, r$; $y = 1, \dots, s$). For each value of x and y we introduce corresponding masks M_x and M_y representing «neuron code» of coordinates. Then the code of i -th feature having the image coordinates x_i and y_i will be:

$$Z_{x_i y_i} = M_i \& M_{x_i} \& M_{y_i}, \quad (2)$$

where $\&$ is bit conjunction.

The code of the whole handwritten character is determined as:

$$Z_c = \cup_i Z_{x_i y_i}, \quad (3)$$

where bit disjunction \cup is implemented for all the features extracted from the image of handwritten character.

To choose the masks of x and y , we use a procedure that generates correlated masks. It allows to generate them so that the masks of two close coordinates have many common ones, and the masks of two far coordinates have few common ones.

4. **Neural network.** Besides the input layer of neurons, the network also has the output layer of neurons, where in the same manner as above the masks of handwritten character names are determined. Connections between input and output neuron layers are modified in the process of learning. The learning procedure occurs during the attempts to recognize the inputted handwritten characters. If the neural network recognizes the character correctly, no changes of connection weights take place. If the neural network makes mistake, the connection weights from excited neurons of input layer to the neurons of wrongly recognized mask of character name decrease, and connection weights to the neurons of correct mask increase. In some more details, the description of our neural network can be found in [1].

5. **Optimization of feature set.** Ten features that we use for recognition of handwritten characters were chosen by intuition. However, there exist approach that allows to optimize the feature set. For this approach we generate (also by intuition) extended set of features and the problem is to choose the subset of features that optimizes some function of recognition quality. The choice problem was based on modelling of biological evolution. Each «parent» was represented by a feature subset, which was used to train the «parent network» for character recognition. After that the function of recognition quality was calculated. The process of «offspring» generation including «mutations» and the process of «natural selection» were simulated, so that the «offsprings» possessed more optimized feature subset.

6. **Experimental results.** The experiments using neurocomputer were conducted with 10 handwritten words in English, as well as Latin alphabet characters and digits. In recognition of handwritten words, the probability of correct recognition for familiar handwriting was 99–100 %. In recognition of Latin characters and digits this probability was a little lower (98 %). For unfamiliar handwriting, the probability of recognition for handwritten words was about 80%, and after optimization of feature set it became about 84 %.

References

1. *Kussul E., Rachkovskij D., Baidyk T.* Associative-projective neural networks: architecture, implementation, applications // Proc. of Neuro-Nimes. — 1991. — P. 463–476.

