

В. В. Костенко, викладач кафедри інформаційних систем та технологій Академії митної служби України
І. В. Лавренюк, викладач кафедри інформаційних систем та технологій Академії митної служби України
В. М. Пономарьов, викладач кафедри інформаційних систем та технологій Академії митної служби України

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ФОТОЗОБРАЖЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ

Розглянуто питання, пов'язані з можливостями існуючих програмних систем обробки зображень під час розпізнавання. Важлива проблема використання найефективніших методів розпізнавання фотозображень автомобільних номерних знаків. Наголошено на важливості використання спеціального алгоритму виділення області номерного знака.

Ключові слова: розпізнавання; база даних; дані; документ; інформаційна система; сегментація; інформація; пошук; реєстраційний номер; зображення.

The problems associated with features of existing software systems for image processing during recognition. An important issue is the using of the most effective methods for recognition of car license plate pictures. There are important to use a special algorithm selection field plate.

Key words: recognition; database; data; documents; information system; segmentation; information search; registration number; image.

Постановка проблеми. Усі транспортні засоби мають унікальний ідентифікаційний номер як основний розпізнавальний знак. Ідентифікаційний номер транспортного засобу фактично – його реєстраційний номер, що дає законне право на участь у дорожньому русі.

Проблема ідентифікації автомобіля за реєстраційним номерним знаком – це важливий аспект контролю і забезпечення безпеки дорожнього руху. Програмні продукти, здатні виконувати це завдання, затребувані в різних сферах.

Коли ми говоримо про систему автоматичного розпізнавання номерів (далі – САРН), маємо на увазі програмний чи апаратно-програмний комплекс, який реалізує алгоритми автоматичного розпізнавання номерних знаків для реєстрації подій, пов'язаних з переміщенням автомобілів, тобто для автоматизації введення даних та їх подальшої обробки. Точніше, САРН – це пристрій, який реєструє проїзд транспортного засобу, зчитує його реєстраційний номер і виводить його в ASCII-систему обробки даних. Така система дозволяє не тільки розпізнавати і підраховувати транспортні засоби (далі – ТЗ), але й відрізнити їх один від одного шляхом зчитування унікального для кожного автомобіля реєстраційного номера.

Системи автоматичного розпізнавання номерів автомобілів створено приблизно 20 років тому, нині вони широко застосовуються:

- на контрольно-пропускних пунктах;
- під час ідентифікації ТЗ;
- на автоматичних паркуваннях;
- на бензозаправних станціях;
- у детектуванні ТЗ, що перевищують швидкість або порушують правила дорожнього руху;
- під час ідентифікації ТЗ у зоні спостереження об'єктів, що перебувають під охороною.

© В. В. Костенко, І. В. Лавренюк, В. М. Пономарьов, 2014

Найвідоміші системи автоматичного розпізнавання реєстраційних номерів – це апаратно-програмний комплекс “Потік”, системи “Авто-Інспектор”, “Трафік-КОНТРОЛЬ”, “Спецлаб-Трафік”.

Унаслідок різноманіття зовнішніх умов, в яких доводиться працювати системам автоматичного розпізнавання номерів автомобілів, методики, що застосовуються для їх створення, можуть значно відрізнятись. Однак усі відомі сучасні системи складаються з двох основних частин: отримання зображення та блоку його подальшого аналізу, результати якого значно залежать від якості знімків.

До деяких помилок, з якими може зіштовхнутися система автоматичного розпізнавання номерів, входять розмивання меж символів номерного знака в результаті поганого фокусування або руху автомобіля, гострокутні зображення через поганий кут зору камери і низьку контрастність. Номери можуть бути розмитими через яскраве світло автомобільних фар або віддзеркалення сонячного світла, крім того, на чіткість зображення можуть вплинути багато інших чинників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розпізнаванням образів називають завдання побудови та застосування формальних операцій над числовими або символічними відображеннями об’єктів реального чи ідеального світу, результати і виконання яких показують відносини еквівалентності між цими об’єктами. Відносини еквівалентності демонструють належність оцінюваних об’єктів до яких-небудь класів, що розглядаються як самостійні семантичні одиниці.

У побудові алгоритмів розпізнавання класи еквівалентності може задавати дослідник, який користується власними змістовними уявленнями або використовує зовнішню додаткову інформацію про подібність і відмінності об’єктів у контексті задачі, що розв’язується. Тоді говорять про “розпізнавання з учителем”. В іншому випадку, коли автоматизована система виконує завдання класифікації без залучення зовнішньої навчальної інформації, йдеться про автоматичну класифікацію або “розпізнавання без учителя”.

Різні автори (Ю. Л. Барабаш [1], В. І. Васильєв [2], А. Л. Горелик, В. А. Скрипкін [3], Р. Дуда, П. Харт [4], Л. Т. Кузін [5], Ф. Є. Темніков, В. А. Афонін, В. І. Дмитрієв [6], Дж. Ту, Р. Гонсалес [7], П. Вінстон [8], К. Фу [9], Я. З. Ципкін [10], У. Претт [11], А. А. Лук’яниця [12], Д. А. Форсайт [13], Л. Шапіро [14] та інші) дають різну типологію методів розпізнавання образів. Одні розрізняють параметричні, непараметричні й евристичні методи, інші – виділяють групи методів, виходячи з історично сформованих шкіл і напрямів у цій галузі.

Водночас відомі типології не враховують одну дуже суттєву характеристику, яка відображає специфіку способу подання знань про предметну область за допомогою будь-якого формального алгоритму розпізнавання образів. Д. О. Поспелов виділяє два основних способи подання знань [15].

1. Іntenсiональнe – у виглядi схеми зв’язкiв мiж атрибутами (ознаками).
2. Екстенсiональнe – за допомогою конкретних фактiв (об’єкти, приклади).

Зазначимо, що iснування саме цих двох груп методiв розпiзнавання, якi оперують з ознаками та з об’єктами, глибоко закономірно. Щодо цього жоден з даних методiв, взятий окремо, не дозволяє сформувати адекватне вiдображення предметної області. Мiж цими методами iснує вiдношення додатковостi в розумiннi Н. Бора [15], тому перспективнi системи розпiзнавання мають забезпечувати реалiзацiю обох цих методiв, а не тiльки якогось одного.

Таким чином, в основу класифікації методів розпізнавання, запропонованої Д. О. Поспеловим [15], покладено фундаментальні закономірності, які базуються на людському способі пізнання взагалі, що ставить її в абсолютно особливе (привілейоване) становище порівняно з іншими класифікаціями, котрі на цьому тлі виглядають більш легковажними і штучними.

Стосовно врахування специфіки способу подання знань у предметній області розпізнавання фотозображень і локалізації області номерного знака цікаві публікації авторів І. Свіріна, А. Ханіна [16] та А. С. Тлебалдиной, Н.Ф. Денисової [17].

Зауважимо, що більшість алгоритмів розпізнавання образів потребує залучення досить значних обчислювальних потужностей, які можуть бути забезпечені тільки високопродуктивною комп'ютерною технікою або в них практично не враховується різноманіття зображень номерних знаків у різних країнах.

Мета статті – аналіз, дослідження і покращання можливостей програмного забезпечення для обробки фотозображень вантажного транспорту на предмет розпізнавання номерних знаків та занесення цієї інформації до електронних журналів обліку вантажних транспортних засобів для автотерміналів. Дослідження перспектив створення спеціалізованої програмної системи, яка б не поступалася у функціональному плані наявним аналогам та при цьому була б вигіднішою в економічному аспекті. З'ясування можливостей використання системи для виконання основних завдань підрозділу митного оформлення, який безпосередньо здійснює митний контроль та митне оформлення товарів і транспортних засобів, що переміщуються через митний кордон України відповідно до митного законодавства, з метою сприяння безперешкоди пропуску товарів і транспортних засобів через митний кордон України з проведенням необхідного обсягу митних процедур, а також забезпечення ефективного обліку вантажних транспортних засобів, що переміщуються територією автотерміналу.

Розглядаються питання, пов'язані з можливостями наявних програмних систем обробки зображень під час розпізнавання. Важлива проблема використання найефективніших методів розпізнавання фотозображень автомобільних номерних знаків. Наголошено на важливості використання спеціального алгоритму виділення області номерного знака.

Виклад основного матеріалу. Існує досить багато систем автоматичного розпізнавання автомобільних номерів з різним рівнем якості розпізнавання, швидкодії та спектром послуг додаткових функцій. Програмні продукти, що мають високу швидкодію і точність розпізнавання, як правило, дуже дорогі. Тому висока вартість не дозволяє здійснити масове впровадження.

Безперечно, основою будь-якої системи є алгоритми розпізнавання, що використовуються. Кваліфікація розробників у галузі сучасної вищої математики, обробки зображень, програмування і технологій оптимізації програм, а також наявність суттєвого досвіду роботи – всі ці фактори визначають характеристики САРН, такі як:

- імовірність розпізнавання;
- швидкість обробки;
- здатність розпізнавати різні типи номерних знаків;
- здатність працювати із зображеннями різної якості.

Розпізнавання державних реєстраційних знаків – нетривіальне завдання зі сфери технічного зору та штучного інтелекту. Використовувані алгоритми локалізації номерного знака та його розпізнавання, як правило, є комерційною таємницею і, природно, не публікуються.

У світі існує велика кількість видів номерних знаків, що розрізняються за такими характеристиками:

- шрифтами (знаки із символами різного розміру, латинські, кириличні та інші шрифти);
- кольором фону і символів (чорні символи на світлому тлі або білі символи на темному фоні);
- кількістю рядків у номері (однорядкові, двох- і трирядкові);
- наявністю або відсутністю коду позначення регіону або спеціальної позначки тощо.

Урахування цих відмінностей у номерних знаках дає суттєву перевагу тим розробникам САРН, які використовують цю додаткову інформацію в логіці своїх алгоритмів розпізнавання. Інформація про структуру знака та його синтаксис дозволяє суттєво підвищити ймовірність правильного розпізнавання, одночасно знижуючи вимоги до якості алгоритмів витягання і розпізнавання окремих символів [16].

Відповідно до чинного законодавства ДСТУ 4278:2006 установлює типи та основні розміри, вимоги до інформаційного змісту, а також правила застосування номерних знаків для автомобілів, автобусів, мотоциклів, моторолерів, мотоколясок, тракторів, автомобільних і тракторних причепів, а також знаків, що їх виготовляють за індивідуальним замовленням фізичних та юридичних осіб.

Згідно з цим стандартом знаки за призначенням поділено на 11 типів, типи 2 та 7 також поділяють на підтипи. Знаки для дорожніх транспортних засобів міністерств, відомств, установ, підприємств, організацій з різною формою власності та громадян України поділено на дев'ять.

Система, що розробляється, призначена для автоматичного розпізнавання знаків першого та другого типу. Ширина та довжина знаків згідно з ДСТУ 4278:2006 становить 520 та 112 міліметрів відповідно. Для знаків застосовують літери української абетки, що збігаються з написом літер латинської абетки [18].

Після того як зображення отримується, воно передається блоку обробки та аналізу зображень. Зазвичай він містить три етапи: виділення номерного знака, сегментація на ньому окремих букв і цифр та їх розпізнавання. Перший етап надзвичайно важливий, оскільки від того, наскільки акуратно виділено номерний знак на зображенні, залежать результати двох наступних етапів. Існує ціла низка факторів, що негативно впливають на коректну сегментацію номера автомобіля: низька якість зображення, зовнішні умови освітлення, що змінюються, спотворення перспективи, наявність на автомобілі інших знаків та написів, крім номера, відбивання світла від поверхні ТЗ, велика схожість кольору номерного знака та автомобіля тощо.

Для сегментації номерних знаків відомий цілий ряд методів, які можна згрупувати залежно від характерних ознак зображення, що використовуються. Основними ознаками є крайні точки, текстури, колір та симетрія. Виділення вертикальних країв – найпоширеніший спосіб локалізації номерного знака, оскільки на зображенні більшості автомобілів набагато більше горизонтальних ліній, ніж вертикальних. Для коректного виділення номерного знака досить локалізувати його чотири кути. Щоб зменшити обсяг розрахунків зазвичай виділяють вертикальні крайні точки, після чого для усунення небажаних об'єктів застосовують операції морфології із заданими властивостями. Остаточне виділення проводиться на основі заздалегідь відомого відношення висоти до ширини номерного знака. Недоліком даного методу є його підвищена чутливість до визначення зайвих крайніх точок. Крім того, припускається, що тільки зображення номерного знака має у своєму складі вертикальні краї. Це припущення неправильне для ТЗ, що мають, наприклад, решітку радіатора з багатьма вертикальними відрізками, а також два і більше номерних знаків, наявних на зображенні. Метод Хафа, що застосовується для визначення вертикальних країв, надзвичайно чуттєвий до деформації границь номерного знака, потребує великих обсягів пам'яті й часу обробки.

Головним у методі виділення номерних знаків на основі текстур є припущення про те, що величина інтенсивності цифр і букв дуже відрізняється від такої для фону. Це дає можливість скористатися такими властивостями:

- область номерного знака завжди має високий ступінь контрастності порівняно з іншим зображенням ТЗ;
- зміни інтенсивності в області номерного знака частіші, що, у свою чергу, призводить до створення там великої кількості крайніх точок (особливо вертикальних);
- якщо область, що аналізується, дійсно є номерним знаком, то пікселі переднього плану розподілено там рівномірніше порівняно з областями простої структури.

У методах цього класу для кінцевого прийняття рішення про коректність виділення необхідної області зазвичай використовуються додаткові відомості про номерний знак, такі як співвідношення сторін, кількість пікселів у виділеній області, її орієнтація, густина, тобто відношення кількості передньопланових та фонових пікселів. Недоліком даних методів є неможливість з їх допомогою отримати різницю між областю, що займає номер, та областями, які містять сторонні знаки, а також решітку радіатора в деяких типах ТЗ. У цих випадках навіть використання додаткових даних не дозволяє суттєво підвищити якість сегментації номерного знака.

Для виділення номерного знака на зображенні може бути використано інформацію про кольори. У багатьох країнах номерні знаки мають унікальне поєднання кольорів фону та розташованих на ньому букв і цифр. Як характерна ознака номерного знака використовується послідовність кодів кольору, що отримується під час поперечного сканування зображення зліва направо. Далі методи класифікації, такі як штучні нейронні мережі та генетичні алгоритми, дають змогу локалізувати область номерного знака. Незважаючи на те, що використання кольорової інформації дає ряд переваг, водночас залишаються проблеми, пов'язані зі зміною освітлення сцени та близькістю кольорів номера і самого автомобіля. Крім того, значно зростає обсяг необхідних обчислень та вартість устаткування.

Другим етапом аналізу в системах автоматичного розпізнавання номерів автомобілів, як правило, є сегментація окремих знаків на вже виділеному номері автомобіля. Для цього найчастіше використовується побудова вертикальної проекції попередньо приведенного до чорнобілого вигляду номерного знака. Дані методи прості й потребують мало часу для обчислення. Однак зміна розташування камери відносно ТЗ призводить до спотворень перспективи зображення, чії вертикальна та горизонтальна осі вже не будуть паралельними осям номерного знака. Внаслідок цього у разі нахилу номера ТЗ проекційні методи призводять до значних помилок. Альтернативою для таких методів є ті, що ґрунтуються на аналізі областей.

Заключний етап роботи систем автоматичного розпізнавання автомобільних номерів присвячено розпізнаванню сегментованих знаків на номері автомобіля. У цілому наявні методи або використовують попередньо побудовані шаблони, або ґрунтуються на навчанні. У першому випадку для кожного можливого знака створюються спеціальні шаблони, які розміщують у базу даних. Після цього проводиться порівняння заново отриманого на вході знака з усіма шаблонами шляхом обчислення відстані (евклідової, Махаланобіса тощо). Природно, що при цьому необхідно приведення всіх знаків до одного й того ж розміру. Однак такий метод має значні помилки навіть з незначною зміною в кольорі й освітленні об'єктів. Тому замість порівняння самих знаків виділяють деякі їх характерні ознаки (гістограми, сума проекцій інтенсивності і т. д.), що призводить до підвищення надійності розпізнавання.

До методів розпізнавання, що базуються на навчанні, в першу чергу, належать багаточарові нейронні мережі та методи опорних векторів. Як правило, вони забезпечують більшу точність розпізнавання, ніж методи порівняння з шаблонами. Однак при цьому зростає час обчислень. Для його зменшення потрібно акуратне виділення найінформативніших характерних ознак.

В Україні вже використовуються розробки, що стосуються САРН. Розглянемо їх детальніше.

Апаратно-програмний комплекс "Потік". Його функції:

– зчитування номерних знаків автомобілів, що проїжджають через зони контролю (передні та задні номерні знаки);

– перевірка зчитаних номерних знаків автомобілів за базами даних "Свій/Чужий" як за повним символьним рядом, так і за окремими його елементами (за частково відомим номерним знаком);

– візуальне і звукове сповіщення оператора про виявлення збігу розпізнаного номерного знака із записом у базі даних, якщо це необхідно, або автоматичне виконання дій зовнішніх пристроїв (шлагбаума, світлофора), які дозволяють проїзд на територію, що охороняється;

– формування і зберігання бази даних розпізнаних номерних знаків автомобілів із зазначенням дати і часу фіксації, напрямку та смуги руху, а також відеозображення самого автомобіля (журнал реєстрації);

– отримання статистичної інформації з журналів реєстрації: списки автомобілів, залишених на стоянці до певного часу із зазначенням часу перебування на її території, вся статистика в'їздів і виїздів автомобілів на територію, що охороняється, статистика за кожним конкретним автомобілем;

– контроль часу перебування на стоянці;

– контроль в'їзду та виїзду: дозволений, повторний, заборона за часом, заборона за місцем проїзду. У разі фіксації виїзду оператору автоматично надаються два зображення: останніх в'їзду та виїзду (для виключення розкрадання транспортних засобів зі стоянки);

– виключення контролю для службових автомобілів.

Система “Авто-Інспектор”. Основні функціональні можливості:

– розпізнавання реєстраційного номера автомобіля, виявлення автомобіля в кадрі;

– розпізнавання всіх видів українських номерів, можливість адаптації до стандартів номерів будь-якої країни світу;

– успішна робота модуля в будь-яких погодних умовах;

– вибір кадру з оптимальним розміром і чіткістю реєстраційного номера;

– одночасне розпізнавання в зоні контролю декількох номерів (переведення відеозображення в текстовий формат);

– ефективна взаємодія з різними охоронними системами;

– запис кожного проїзду, в'їзду/виїзду транспортних засобів; створення баз даних: автомобільних номерів, спеціальних стоп-кадрів від 2 камер зі збереженням інформації про час, дату, напрямок проїзду, розпізнаний номер автомобіля, його відеозображення;

– зіставлення розпізнаного номера з інформацією бази даних (власної або зовнішньої);

– наявність архіву і можливість роботи з ним: виведення на друк зображення автомобіля, сортування даних у базі за заданими ознаками;

– у разі виявлення номера з контрольного списку (наприклад, список машин, які викрадено) “Авто-Інспектор” оповіщає про це оператора (подає звуковий сигнал).

Можливості системи “Спецлаб-Графік”:

– розпізнавання всіх однорядкових номерів, які видаються в країнах ближнього і далекого зарубіжжя;

– одночасне розпізнавання до 20 номерів на одному кадрі (більша кількість номерів просто не поміститься в кадрі з необхідною якістю зображення);

– оптичне визначення швидкості руху автотранспорту за швидкістю зміни рамки номера;

– визначення найкращого номера з послідовності певних номерів для однієї машини (якщо номер машини визначено кілька разів);

– прискорена робота за зонами пошуку;

– використання чотирьох алгоритмів розпізнавання номера для підвищення ефективності;

– регулювання швидкості розпізнавання;

– робота як з власним архівом, так і з іншими базами даних.

Програмне забезпечення “Графік-КОНТРОЛЬ” призначено для автоматизованого контролю транспортного потоку і має такі функціональні можливості:

– одночасне зважування та розпізнавання номера автомобіля;

– розпізнавання державного номера транспортного засобу;

– пошук відповідності між визначеним державним номером і наявними номерами в БД;

– визначення швидкості руху транспортних засобів;

– централізована реєстрація та обробка подій, генерація оповіщень і керівних впливів відповідно до алгоритмів, що гнучко налаштовуються;
– формування фото- і відеоархіву.

У результаті аналізу основних завдань підрозділу митного оформлення, що безпосередньо здійснює митний контроль та митне оформлення товарів і транспортних засобів, які переміщуються через митний кордон України відповідно до митного законодавства, з метою сприяння безперервному пропуску товарів і транспортних засобів через митний кордон України з проведенням необхідного обсягу митних процедур, а також забезпечення ефективного обліку вантажних транспортних засобів, що переміщуються територією автотерміналу, доцільно використовувати спеціально розроблену інформаційну систему для обліку вантажних транспортних засобів із можливістю розпізнавання зображень номерів транспортних засобів.

Для виконання цього завдання визначено мету і вимоги до інформаційної системи.

Мета розробки системи:

- отримання автомобільного реєстраційного номера шляхом розпізнавання зображення транспортного засобу;
- формування бази даних ТЗ, що переміщуються територією автотерміналу;
- формування звітів за необхідними параметрами для проведення в подальшому аналітичних перевірок.

Для досягнення вищезазначеної мети інформаційна система має відповідати таким вимогам.

1. Можливість розпізнавання автомобільного реєстраційного номера за зображенням транспортного засобу.

2. Можливість вносити до бази такі дані:

- реєстраційний номер транспортного засобу;
- номер перепустки;
- дата в'їзду;
- номер особистої номерної печатки інспектора, що здійснює митне оформлення;
- митний режим;
- суб'єкт ЗЕД;
- номер оформленої митної декларації.

3. Пошук інформації за такими ознаками:

- реєстраційний номер транспортного засобу;
- номер перепустки;
- дата в'їзду;
- номер особистої номерної печатки інспектора, що здійснює митне оформлення;
- митний режим;
- суб'єкт ЗЕД.

4. Проведення митних процедур:

• формування бази даних вантажних транспортних засобів, що переміщувалися територією автотерміналу;

- перегляд інформації за встановленими критеріями;
- формування звітів у Excel.

У ході дослідження та аналізу наявних методів розпізнавання фотозображень автомобільних номерних знаків сформовано та програмно реалізовано такий алгоритм:

1. Завантаження зображення.

2. Виділення області номерного знака.

- 1) конвертування зображення у відтінки сірого;
- 2) розмиття зображення для зниження рівня шуму;

-
- 3) застосування фільтра Собеля для пошуку вертикальних ліній;
 - 4) пошук контурів за допомогою алгоритму виділення контурів Канні;
 - 5) підрахунок кількості знайдених контурів;
 - 6) для кожної знайденої групи контурів, якщо кількість контурів більше трьох:
 - А. Пошук мінімального прямокутника, що містить знайдені контури.
 - В. Обчислення відношення ширини до висоти прямокутника.
 - С. Якщо знайдене відношення відповідає заданим умовам, сегментація та розпізнавання символів у прямокутнику за допомогою модуля Tesseract OCR:
 - а) знаходження прямокутника, розпізнані символи якого відповідають заздалегідь визначеним шаблонам номерних знаків.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Електронний спосіб ведення обліку транспортних засобів та використання єдиної бази даних забезпечить одночасний доступ до неї всім інспекторам митного поста, що значно полегшить їх роботу. Завдяки використанню відкритих для доступу інструментів (бібліотек, движка тощо) розроблена інформаційна система не потребує додаткових витрат на купівлю ліцензій, що є великою перевагою серед існуючих аналогів. Крім цього, алгоритм розпізнавання розроблено так, що інформаційну систему можна пристосувати до будь-якого формату автомобільних номерів.

У подальшому за наявності апаратного забезпечення у вигляді відеокамер планується розробка модуля отримання зображення в режимі реального часу.

Список використаних джерел:

1. Барабаш Ю. Л. Коллективные статистические решения при распознавании / Барабаш Ю. Л. – М. : Радио и связь, 1983. – 224 с.
2. Васильев В. И. Распознающие системы : справочник / Васильев В. И. – К. : Наукова думка, 1983. – 230 с.
3. Горелик А. Л. Методы распознавания / А. Л. Горелик, В. А. Скрипкин. – 2-е изд. – М. : Высшая школа, 1984. – 219 с.
4. Дуда Р. Распознавание образов и анализ сцен : пер. с англ. / Р. Дуда, П. Харг. – М. : Мир, 1978. – 510 с.
5. Кузин Л. Т. Основы кибернетики. Основы кибернетических моделей / Кузин Л. Т. – М. : Энергия, 1979. – Т. 2. – 584 с.
6. Темников Ф. Е. Теоретические основы информационной техники / Темников Ф. Е., Афонин В. А., Дмитриев В. И. – М. : Энергия, 1979. – 511 с.
7. Ту Дж. Принципы распознавания образов : пер. с англ. / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М. : Мир, 1978. – 411 с.
8. Уинстон П. Искусственный интеллект : пер. с англ. / Уинстон П. – М. : Мир, 1980. – 520 с.
9. Фу К. Структурные методы в распознавании образов : пер. с англ. / Фу К. – М. : Мир, 1977. – 320 с.
10. Цыпкин Я. З. Основы информационной теории идентификации / Цыпкин Я. З. – М. : Наука, 1984. – 520 с.
11. Прэтт У. Цифровая обработка изображений : пер. с англ. / Прэтт У. – М. : Мир, 1982. – Кн. 2. – 480 с.
12. Лукьяница А. А. Цифровая обработка видеоизображений / А. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин. – М. : Ай-Эс-Эс Пресс, 2009. – 518 с.
13. Форсайт Д. А. Компьютерное зрение. Современный подход : пер. с англ. / Д. А. Форсайт, Ж. Понс. – М. : Вильямс, 2004. – 928 с.
14. Шапиро Л. Компьютерное зрение : пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

-
15. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Поспелов Г. С. – М. : Наука, 1988. – 280 с.
 16. Свирич И. Некоторые аспекты автоматического распознавания автомобильных номеров / И. Свирич, А. Ханин // Алгоритм безопасности. – 2010. – № 3.
 17. Глебалдинова А. С. Исследование методов и алгоритмов для задачи распознавания номерных знаков транспортных средств / А. С. Глебалдинова, Н. Ф. Денисова // Вестник КазНТУ. – 2014. – № 1 (101).
 18. Дорожній транспорт. Знаки номерні транспортних засобів. Загальні вимоги. Правила застосування : ДСТУ 4278:2006.