

УДК 004.896

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ: АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ

Д.т.н. О.М. Цимбал¹, д.т.н. М.В. Замірець², О.О. Мордик¹, А.І. Бронніков¹, Ю.Б. Корнілова¹

1. Харківський національний університет радіоелектроніки

2. Державне підприємство Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування, м. Харків

В статті проводиться аналіз застосування систем відеоспостереження, орієнтованих на розпізнавання рухів людей, зокрема в комп'ютерних системах, робототехніці, медицині. Акцент робиться на розпізнавання рухів персоналу в робочих зонах підприємств. Розглядаються загальна побудова програмно-апаратних засобів розпізнавання, аналізуються засоби формування сцен, відстеження та представлення рухів людини, засоби моделювання руху персоналу в робочій зоні загального призначення. Означено перспективи робіт в галузі розпізнавання та інтелектуального відеоспостереження.

В статье проводится анализ применения систем видеонаблюдения, ориентированных на распознавание движений людей, в том числе в компьютерных системах, робототехнике, медицине. Акцент делается на распознавание движений персонала в рабочих зонах предприятий. Рассматриваются общее построение программно-аппаратных средств распознавания, анализируются средства формирования сцен, отслеживание и представление движений человека, средства моделирования движения персонала в рабочей зоне общего назначения. Отмечено перспективы работ в области распознавания и интеллектуального видеонаблюдения.

The article analyzes the use of video surveillance systems focused on the recognition of human movements, in particular for computer systems, robotics, medicine. It is accented on recognizing of staff movements for workspaces of manufacturing systems. The general construction of software and hardware of recognition are considered, the means of scene formation, tracking and presentation of human movements, the means of modeling the movement of personnel in the working area of general purpose are analyzed. The perspectives of work in the field of recognition and intelligent video surveillance are outlined.

Ключові слова: розпізнавання рухів, система відеоспостереження, інтегроване виробництво.

Вступ

У сучасних умовах світового соціально-економічного розвитку, особливо важливою областю є інформаційне забезпечення процесу управління, яке полягає в зборі та переробці інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Комп'ютерні технології та їх можливості тісно впливають на життя людей, що в свою чергу дозволяє значно спростити багато процесів, робочих моментів у виробництві тощо. Розпізнавання рухів та жестів людини у робочій зоні потенційно дозволяє покращити ефективність праці людини під час виконання

виробничих завдань, уникати небезпечні для життя ситуації, економити час та інші ресурси підприємства [1].

Аналізом та розпізнаванням образів на зображеннях займається теорія комп'ютерного зору [2]. Ця теорія вважається достатню молодію, багато її методів ще знаходяться на стадії дослідження. Робота з зображеннями займає ключову роль у створенні систем штучного інтелекту, орієнтованих на взаємодію у системі людина-комп'ютер. Зчитування жестів включає в себе такі завдання, як виділення людини на зображенні; виділення її обличчя, тіла, рук; аналіз положення одних частин тіла відносно інших; аналіз жестів в часовому інтервалі тощо [3].

Слід зазначити, що системи передавання інформації на основі жестів людини існують досить давно, зокрема досить давно існує мова жестів, що забезпечує спілкування людей із мовно-слуховими обмеженнями; на основі системи жестів ґрунтується робота регулювальника руху на перехресті; також можна згадати систему передачі інформації між кораблями в морі за допомогою прапорців (на разі замінена світловою сигналізацією); неформальні мови жестів формуються у спілкуванні осіб, належних до одних професійних або соціальних груп.

Автоматизація зчитування жестів різного типу має організовуватися у системах взаємодії з людьми, охоронних системах, системах виробничого типу. Таким чином дослідження в галузі розробки алгоритмічного та програмного забезпечення системи розпізнавання рухів продовжують залишатися актуальними.

Основні характеристики процесу розпізнавання рухів

Розпізнавання руху людини - це системний підхід, який складається з таких галузей науки, як біомеханіка, машинний зір, обробка зображень, штучний інтелект та розпізнавання образів [4].

Сьогодні, для розпізнавання руху людини є широкий спектр застосувань.

1) Інтелектуальне спостереження: у сучасних системах спостереження, відеоконтент постійно переглядається людиною. Зі збільшенням кількості камер людям неможливо стежити за усіма камерами та правильно аналізувати події. Отже, існує необхідність розробки інтелектуальних систем спостереження, здатних аналізувати події з відео потоку та приймати рішення, використовуючи комп'ютерний аналіз руху та поведінки. Прикладами подій, що можуть викликати інтерес систем спостереження є ненормальна поведінка осіб в торгових центрах; в громадському транспорті – на зупинках, у вокзалах/аеропортах/метро; лікарнях;

урядових та громадських будівлях; комерційних приміщеннях; закладах освіти (школах, коледжах, університетах) тощо.

2) Робототехніка: розпізнавання та аналіз жестів людини можливо використати для керування пристроями та системами, наприклад, для навчання (на основі наслідування рухів людини у віртуальному та доповненому середовищах), керування та моніторингу функціонування андроморфних (людиноподібних), промислових та мобільних роботів [5].

3) Медицина: розпізнавання рухів людини для аналізу порушень опорно-рухового апарату, порушень нервової системи, психічного стану тощо.

4) Спорт: розпізнавання руху є корисним для аналізу рухів під час виконання спортивних вправ, аналізу процесу спортивного тренування, включно з виявленнях хибних та небезпечних для здоров'я спортсмена та оточуючих його людей рухів.

5) Мистецтво: розпізнавання руху корисно для аналізу, навчання та емоційного сприйняття мистецьких рухів, зокрема рухів артистів балету, цирку, танцювальних колективів різного типу.

Досить велика різноманітність сфер застосування систем розпізнавання визначає різні методи аналізу рухів. Аналіз руху людини є дуже загальним терміном. Взаємодія людини та комп'ютера (або інших технічних систем), як правило, стосується лише жестів рук, тоді як складні рухи зі спорту, танців можуть включати всі частини тіла [5].

Залежно від складності, рух людини, концептуально розкладається на жести, дії, діяльність.

Для представлення моделі руху людини, необхідно визначити наступні ознаки: кількість суглобів, ступінь їх свободи, довжина кінцівок тощо.

Для аналізу руху людини, сцену, на якій цей рух здійснюється, потрібно зняти відповідною системою зйомки. Результати розпізнавання руху людини сильно залежать від вибору ефективного методу [5].

На рис. 1 зображена загальна схема розпізнавання окремого руху людини.

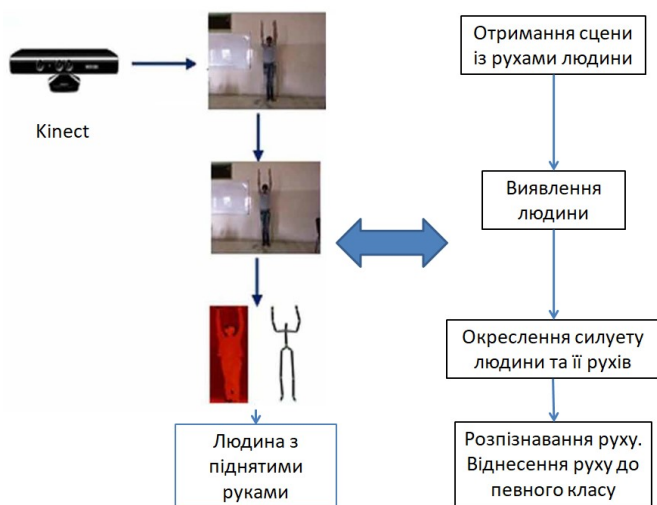


Рис. 1. Загальна схема розпізнавання руху людини

Розпізнавання жестів – процес, завдяки якому жести користувачів стають відомими системі. У процесі розпізнавання статичне положення (постава) зі спонтанними жестами розглядається разом. Останнім часом було проведено велику кількість досліджень у галузі комп'ютерного зору для виявлення облич, інтерпретації людської діяльності та розпізнавання певних жестів. Більшість інтерактивних систем розпізнавання можна розглядати трьома способами: виявлення, відстеження та розпізнавання [6].

Виявлення рук та сегментація відповідних регіонів зображення є початковим кроком у системах розпізнавання руху. Сегментація має вирішальне значення, оскільки вона забезпечує отримання змістовної інформації з фонового зображення, перш ніж перейти до наступних кроків відстеження та розпізнавання.

Візуальними характеристиками можуть бути, наприклад, колір шкіри, форма, анатомічні моделі рук тощо. Відстеження або узгодження кадрів сегментованих областей рук або особливостей є другим кроком у процесі переходу до розпізнавання спостережуваних рухів руки. Він забезпечує зв'язок між кадрами виявлених рук / пальців, що значно допомагає визначити їх шлях у часі. Ці траєкторії видають необхідну інформацію про рух і можуть бути використані в сирому вигляді (в деяких додатках шлях руки є прямим керівництвом до нанесення лінії) або після подальшої обробки (розпізнавання певних типів жестів). Розпізнавання відповідає за групування просторово-часової інформації, отриманої на попередніх двох етапах, і співвіднесення згрупованої інформації з певними класами жестів [7].

Загальна мета розпізнавання жестів рукою полягає в інтерпретації виявлених особливостей, семантичному описі поточного розташування руки, постави або повідомленого жесту. Крім розпізнавання позицій рук зображень, розпізнавання жестів має додаткову складність, яка включає аналіз або сегментацію безперервного сигналу на складові елементи. Розглянута структура може бути застосована для проектування та створення інтелектуальних інтерактивних систем розпізнавання жестів різного призначення.

Формування сцени

Вибір системи зйомки залежить від поставлених цілей. Сучасні завдання розпізнавання людського руху вимагають більшої чіткості зображення та більш детального аналізу руху. Нині для відеоспостереження доступні камери високої роздільної здатності. Використаються системи на основі однієї або декількох камер. Використання систем з декількома камерами робить процес розпізнавання складнішим для обробки та аналізу, проте надає багато нових можливостей.

Вирішальним моментом розпізнавання є предметні обмеження, відповідно до яких здійснюється процес розпізнавання. Предметом розпізнавання можуть бути риси обличчя людей, одяг, відомі або нові елементи інтер'єру або екстер'єру. Процес розпізнавання має враховувати наявність певного рівня освітлення, постійного або змінного фону [8].

Методи розпізнавання рухів є реалізованими у програмно-апаратних системах формування та сприйняття рухомих сцен. До них, зокрема належать: Microsoft Kinect, ASUS, Xtion Pro. Такі системи спрощують початкові стадії розпізнавання рухів людини, виокремлюючи такі дані, як деталі розміщення складових (суглобів) скелета людини та інших об'єктів, дані про глибину простору розміщення об'єктів тощо.

Засоби відстеження та представлення рухів людини

Відстеження рухів людини є процесом ідентифікації та аналізу руху людей (або окремих елементів фігури людини) у зображенні або відео. На оцінку частин тіла людини впливає зміни стану освітлення, структура людини тощо.

Сьогодні на ринку апаратного забезпечення доступними є смарт-камери, здатні відслідковувати положення та рухи чотирьох-шести людей у приміщенні. Так, система Kinect (Microsoft) є безконтактним сенсорним контролером, спочатку розробленим для ігрової консолі Xbox 360, і значно пізніше адаптований для персональних комп'ютерів під керуванням ОС Windows. Kinect дозволяє користувачеві взаємодіяти з нею без допомоги контактної ігрової контролера через усні команди, пози тіла, об'єкти або малюнки. Kinect відслідковує людей у сцені та видає інформацію про глибину їх розташування у тривимірному просторі, що є цінним для подальшої обробки [9].

Методи розпізнавання та представлення дій людини є взаємозалежними. Методи представлення класифікуються за моделлю тіла людини і його зображення.

Модель тіла людини використовує кінематичну структуру, а модель зображення використовує форми тіла або контури. Модель тіла використовує структурну репрезентацію та представляє людину за допомогою позицій суглобів, як набір 2-D (X, Y) або 3-D (X, Y, Z) точок у просторі.

У 1973 р. Johansson, у своїй роботі [14] знайшов компоненти, які надають людині інформацію для розуміння руху людини. Він експериментував, приєднавши датчики рухомого світла (MLD) до частин тіла людини. Він відстежував положення суглобів, що було достатньо для того, щоб розрізнити дії, як показано на рисунку 2 (а).

На рисунку 2 зображено представлення кінематики рухів людини.

Для реконструкції гуманоїдної форми може застосуватися полігональна сітка. На рисунку 2(b) показана гуманоїдна модель, побудована з циліндрів, запропонована Марром та Нішіхарою (1978).

Смінчисеску та Тріггс (2003) використали супер-квадричні еліпсоїди для зображення форми на шарнірному скелеті, як показано на рисунку 2 (с).

У багатьох системах розпізнавання руху людини на основі відео, застосовується модель оцінки форми тіла людини. Як правило, модель побудована за допомогою примітивів форм або поверхонь, зокрема циліндрів, конусів, еліпсоїдів, квадратів.

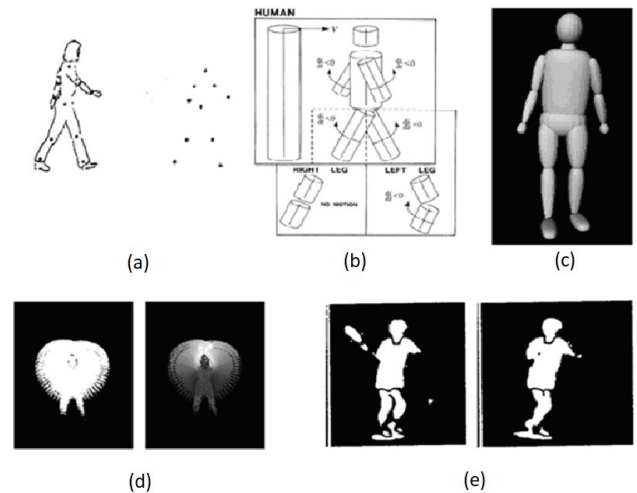


Рис. 2. Представлення кінематики рухів людини

Модель зображення руху людини

В цілому розроблено досить багато алгоритмів розпізнавання жестів. Їх частиною є методи локалізації жестів, основані на виділенні пікселів кольору шкіри з зображення (така інформація зазвичай отримується на основі кольору обличчя) [11].

Серед дослідників систем комп'ютерного зору популярними є методи розпізнавання об'єктів на основі каскадів Хаара, які окрім стандартного для таких систем засобу розпізнавання обличчя (face detect) містять класифікатори долоні, зап'ястя, руки, носа, рота, вух, очей тощо, але працюють набагато гірше, ніж відповідний класифікатор обличчя. Зауважимо, що каскади Хаара дуже чутливі до кута нахилу зображення, а їх використання не дає можливості зробити класифікатор ділянок тіла в усіх положеннях.

Слід відзначити, що мова жестів за своєю природою є рухом й тому існує багато методів аналізу рухів на картинці. Найбільшу кількість інформації надасть підрахунок оптичного потоку кадрів, хоча це й доволі складно обчислювати. Суть цього методу полягає в обчисленні зсуву пікселів у сусідніх зображеннях.

Якщо взяти метод гістограм кольорів то, маємо наступне. Весь набір кольорів розподіляється на набір підмножин зображення, що не перетинаються. Для зображення в цілому формується гістограма, яка показує пропорцію кожної підмножини кольорів у кольоровій гамі зображення. Для порівняння гістограм вводиться поняття відстані між ними.

При поділі кольорів RGB на основі яскравості кожного кольору обчислюється його інтенсивність. Результуюче значення у діапазоні 0...255, потрапляє в один з 16 діапазонів, який ділиться на діапазон можливих значень. Відстань між гістограмами – сума різниць елементів відповідних елементів гістограм; деяке поліпшення методу досягається шляхом обчислення відстані на основі елементарного порівняння гістограм з урахуванням суміжних елементів. Цей спосіб найбільш ефективний для чорно-білих зображень [12].

Для кольорових зображень RGB-формату кращі результати отримують шляхом поділу кольорів RGB на прямокутні паралелепіпеди. Кольоровий простір RGB

вважається тривимірним кубом, кожна вісь якого відповідає одному з трьох основних кольорів (червоний, зелений або синій). В цьому відношенні колір зображення RGB може бути представлений точкою куба. Щоб зробити гістограму кольорів кожному боку розділяють на 4 рівних інтервали, відповідно, куб RGB розділюється на 64 прямокутних паралелепіпеди. На гістограмі видно розподіл простору RGB, що відповідають кольорам пікселів зображення. Відстанню між гістограмами є сума модулів кожного з компонентів та різниця між ними. Незважаючи на крайню простоту підходу, цей метод показує досить стабільні результати. З невеликих маємо втрату інформації про розташування об'єктів у просторі. Кардинально різні зображення можуть дати схожі гістограми кольорів.

Метод аналізу кореляцій. Традиційна методика порівняння поточного зображення з еталоном базується на перегляді зображень у вигляді двовимірних функцій яскравості (дискретні матриці двовимірної інтенсивності). Слід додати, що вимірюється або відстань між зображеннями або міра їх близькості. Зазвичай для обчислення відстані між зображеннями використовують таке співвідношення:

$$p = (f, g) = \left[\sum_{(x,y) \in X} |f(x,y) - g(x,y)|^\alpha \right]^{\frac{1}{\alpha}}$$

де $f(x,y), g(x,y)$ – функції інтенсивності, X – поле зору.

Величина α $[1, \infty)$ визначає характеристичні якості використовуваної метрики. Зауважимо, що для $\alpha=2$ цей вираз описується звичайною Евклідовою відстанню між зображеннями, які беруть як вектори, що належать простору $L_2(x, y)$ у полі зору X функцій інтенсивностей з інтегрованим квадратом.

Якщо дано n еталонних зображень $\{f_i\}, i=1, \dots, n$, кожне з яких відповідає i -го класу. Віднесення знову висунутого фрагмента зображення g до деякого класу j може здійснюватися, наприклад, за методом мінімальної відстані до відповідного еталона:

Якщо дано n еталонних зображень $\{f_i\}, i=1, \dots, n$, кожне з яких відповідає i -го класу. Віднесення знову висунутого фрагмента зображення g до деякого класу j може здійснюватися, наприклад, за методом мінімальної відстані до відповідного еталона:

$$j = \operatorname{arg\,min}_i (g, f_i)$$

Цей найпростіший метод має два основних недоліки [13]:

- критерій виявлення залежить від лінійних розмірів зразка і зображення;

- критерій виявлення не інваріантний навіть до найпростіших фотографічних перетворень яскравості виду $f' = af + b$

Більш прийнятним тому є використання кореляційної метрики, а саме, нормованого коефіцієнта кореляції,

$$K(f, g) = \frac{\sum_{(x,y) \in X} (f(x,y) - f_0)(g(x,y) - g_0)}{\sqrt{\sum_{(x,y) \in X} (f(x,y) - f_0)^2 * \sum_{(x,y) \in X} (g(x,y) - g_0)^2}}$$

де $f(x,y), g(x,y)$ – функції інтенсивності;

Нормований коефіцієнт кореляції має відповідати властивостями:

1. $-1 \leq K(f, g) \leq 1, \forall f, g$,
2. $(K(f, g) = 1) \Leftrightarrow (g = af + b, a > 0, \forall b)$
3. $(K(f, g) = -1) \Leftrightarrow (g = af + b, a < 0, \forall b)$

Останню властивість, як правило, називають "зворотним контрастом". Якщо, дано n еталонних зображень $\{f_i\}, i=1, \dots, n$, кожне з яких відповідає i -го класу. Виявлення фрагмента зображення g за методом максимальної кореляційної зв'язку здійснюється за правилом

$$j = \operatorname{arg\,max}_i K(g, f_i)$$

Після цього на підставі отриманого значення максимальної кореляції може перевірятися достовірність детектування. Якщо $K(g, f_i) \geq K_{\min}$, виявлення визнається достовірним. В іншому випадку об'єкт вважається нерозпізнаним. Теоретичним обґрунтуванням застосування кореляційного методу виявлення є його оптимальність для виявлення детермінованого сигналу в білому шумі з гаусовим розподілом яскравості.

Окремий напрям, що використовує кореляційні методи виявлення, це створення когерентних пристроїв обробки – оптичних кореляторів. Дослідження в цьому напрямку активно тривають, так як навіть незважаючи на значні конструктивні труднощі боротьби з мінливістю еталонів, що реалізується тут фантастична швидкість обробки (швидкість світла) привертає до себе пильну увагу [14].

Метод порівняння контурів. Задача розпізнавання зображення за допомогою порівняння контурів зводиться до двох підзадач [15]:

1. виділення контурів з зображення.
2. розпізнавання.

Розпізнавання контурів за допомогою ну-моментів зображення.

Порівняння двох контурів можна звести до порівняння їх моментів.

Момент – характерна риса контуру, об'єднана (просумована) з усіма пікселями контуру. Момент (p, q) визначається як:

$$m_{p,q} = \sum_{i=1}^n I(x, y) x^p y^q$$

де p – порядок x , q – порядок y .

Центральні моменти можна визначити наступною формулою:

$$\mu_{p,q} = \sum_{i=1}^n I(x, y) (x - x_{avg})^p (y - y_{avg})^q$$

де x_{avg}, y_{avg} – центроїди контуру.

Проте, моменти, що дає попередня формула мають суттєві недоліки:

- не дозволяють порівняти контури однакової форми, але різного масштабу;

- залежать від системи координат, тому не дозволяють визначити обернену фігуру.

Вказані недоліки вирішуються за допомогою нормалізованих інваріантних моментів, які можуть бути обраховані за наступною формулою:

$$n_{p,q} = \frac{\mu_{p+q}}{m_{00}^{(p+q)/2+1}}$$

Hu-інваріантні моменти [16] – є лінійною комбінацією центральних моментів. Їх ідея полягає у тому, що комбінуює різні центральні моменти можна створити інваріантні уявлення контурів незалежних від масштабу, повороту та відображення.

- hu[0]=η20+η02,
- hu[1]=(η20-η02)2+4η211,
- hu[2]=(η30-3η12)2+(3η21-η03)2,
- hu[3]=(η30+η12)2+(η21+η03)2,
- hu[4]=(η30-3η12)(η30+η12)[3(η21+η03)2]+(3η21-η03)(η21+η03)[3(η30+η12)2-(η21+η03)2],
- hu[5]=(η20-η02)[(η30+η12)2-(η21+η03)2]+4η11(η30+η12)(η21+η03),
- hu[6]=(3η21-η03)(η21+η03)[3(η30+η12)2-(η21+η03)2]- (η30-3η12)(η21+η03)[3(η30+η12)2-(η21+η03)2],

де ηXY – нормалізовані моменти зображення.

Метод особливих точок. Визначення ознаки зображення. Не існує універсального чи точного визначення, що собою являє ознака, і точне визначення часто залежить від задачі або типу застосування. Враховуючи це, ознака визначається як «цікава» частина зображення, і ознаки використовуються як відправні точки для багатьох алгоритмів комп'ютерного зору. Оскільки ознаки використовуються як відправні точки та основні примітиви для наступних алгоритмів, загальний алгоритм часто буде лише настільки добрим, наскільки добрим є його детектор ознак. Отже, бажаною властивістю детектора ознак є повторюваність: чи буде одну й ту ж ознаку виявлено на двох або більше різних зображеннях однієї й тієї ж сцени, чи ні [17].

Виявлення ознак є низькорівневою операцією обробки зображень. А саме, вона зазвичай виконується як перша операція на зображенні, і перевіряє кожен піксель, щоби побачити, чи присутня ознака в цьому пікселі. Якщо це є частиною більшого алгоритму, то цей алгоритм зазвичай перевірятиме зображення лише в областях ознак. Як вбудована передумова для виявлення ознак, вхідне зображення зазвичай згладжується гаусовим ядром у масштабно-просторовому представленні, й обчислюється одне або декілька зображень ознак, часто виражених в термінах операцій локальних похідних зображень [18]

Іноді, коли виявлення ознак є витратним з обчислювальної точки зору і присутні часові обмеження, може застосовуватися алгоритм вищого рівня для скеровування етапу виявлення ознак, так що пошук ознак здійснюватиметься лише деякими частинами зображення.

Багато алгоритмів комп'ютерного зору використовують виявлення ознак в якості першого кроку, так що в результаті було розроблено дуже велику кількість детекторів ознак. Вони сильно різняться за

типами ознак, що виявляють, за обчислювальною складністю та повторюваністю [19].

Особливі точки. Терміни кути та особливі точки використовуються часом як взаємозамінні, й відносяться до точкових ознак зображення, які мають локальну двовимірну структуру. Термін «кут» виник тому, що перші алгоритми спочатку виконували виявлення контурів, а потім аналізували контури для знаходження швидких змін у напрямку (кутів). Ці алгоритми згодом розвинулися до того, що явне виявлення контурів стало більше не потрібним, наприклад, при аналізі високих значень кривини градієнту зображення. Потім було відмічено, що так звані кути також виявлялися на тих частинах зображення, що не є кутами в традиційному розумінні (наприклад, можуть виявлятися невеликі яскраві плями на темному тлі). Ці точки часто називаються особливими точками, але термін «кут» може використовуватись як традиція [19].

SIFT (Scale Invariant Feature Transform) – є одним з найпоширеніших та найточніших алгоритмів знаходження та опису особливих точок. Особлива точка у SIFT є ділянка зображення (ключова точка) з пов'язаним до неї описом. Ключові точки знаходяться за допомогою SIFT-детектора. Їх опис розраховує SIFT-дескриптор [20].

SIFT-детектор. SIFT-ключова точка – це кругла область зображення з орієнтацією [21]. Вона описується чотирьма параметрами: координатами центра точки x та y, масштабом (радіусом точки) та орієнтацією. Основною перевагою SIFT-ключових точок є їх стійкість до геометричних перетворень, а саме перетворень зсуву, повороту чи масштабування.

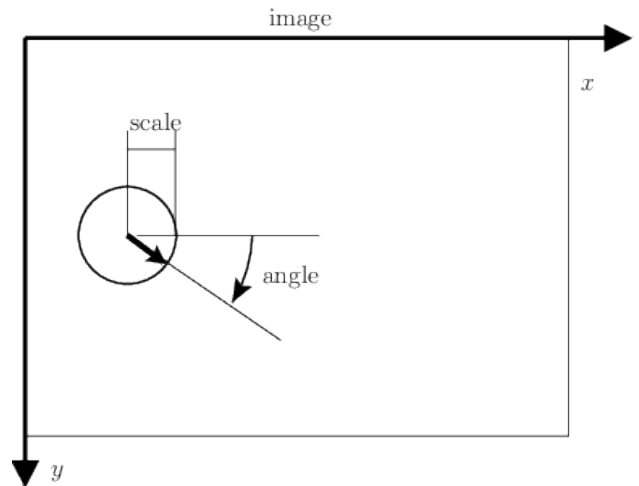


Рис. 3. Графічне зображення опису SIFT-ключової точки[21]

SIFT-дескриптор. Дескриптор SIFT [21] є 3-D просторовою гістограмою градієнтів. Градієнт в кожному пікселі розглядається як зразок тривимірного елементарного вектора ознак, утвореного положенням пікселя та орієнтацією градієнта. Зразки нормуються за допомогою норм градієнта, що формує SIFT дескриптор регіону.

Висновки

Завдання аналізу рухів об'єктів у робочих просторах виробничого та іншого призначення залишається актуальним науковим завданням із насиченням робочих просторів засобами відеоспостереження та збільшенням кількісних та якісних показників відео-обладнання. Одночасно, відчувається певний рівень невідповідності існуючих математичних методів аналізу рухів та відповідного програмного забезпечення. У запропонованій статті описано основні принципи реалізації інтелектуальних систем відеоспостереження на рівнях організації таких систем та основних математичних засобів визначення рухів об'єктів. Завдання визначення інтелектуальних методів реалізації аналізу рухів на основі досвіду людини та практичного втілення таких методів є предметом наступних досліджень авторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. E. Arbogast and R. Mohr. 3D structure inference from image sequences. *Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 5(5), 1991.
2. Aggarwal, J. K., & Cai, Q. (1997, June). Human motion analysis: A review. *Proceedings of the Nonrigid and Articulated Motion Workshop '97* (pp. 90-102).
3. Bertini, M., Del Bimbo, A., & Nunziati, W. (2003, November). Model checking for detection of sport highlights. *Proceedings of the 5th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval* (pp. 215-222).
4. Bobick, A. F. (1997). Movement, activity and action: The role of knowledge in the perception of motion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 352(1358), 1257-1265.
5. Campbell, L. W., & Bobick, A. E. (1995, June). Recognition of human body motion using phase space constraints. *Proceedings of the Fifth International Conference on Computer Vision* (pp. 624-630).
6. Cedras, C., & Shah, M. (1995). Motion-based recognition a survey. *Image and Vision Computing*, 13(2), 129-155.
7. Chaquet, J. M., Carmona, E. J., & Fernández-Caballero, A. (2013). A survey of video datasets for human action and activity recognition. *Computer Vision and Image Understanding*, 117(6), 633-659.
8. Gorelick, L., Blank, M., Shechtman, E., Irani, M., & Basri, R. (2007). Actions as space-time shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(12), 2247-2253.
9. Монк. С. Raspberry Pi. Сборник рецептов. Решение программных и аппаратных задач. Себастопол: O'Reilly Media, 2016. 528 с.
10. Guesgen, H. W., & Marsland, S. (2016). Using Contextual Information for Recognising Human Behaviour. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, 7(1), 27-44.
11. Han, J., Shao, L., Xu, D., & Shotton, J. (2013). Enhanced computer vision with microsoft kinect sensor: A review. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 43(5), 1318-1334.
12. Hoffmann, M., Marques, H. G., Arieta, A. H., Sumioka, H., Lungarella, M., & Pfeifer, R. (2010). Body schema in robotics: A review. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, 2(4), 304-324.
13. Ivanov, Y. A., & Bobick, A. F. (2000). Recognition of visual activities and interactions by stochastic parsing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(8), 852-872.
14. Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14(2), 201-211.
15. Rohr, K. (1994). Towards model-based recognition of human movements in image sequences. *CVGIP. Image Understanding*, 59(1), 94-115.
16. Таненбаум Е., Везеролл Д. Компьютерные сети. Санкт-Петербург: Питер, 2019, 960 с.
17. Yang, M., Lin, Z., Tang, W., Zheng, L., & Zhou, J. (2014). Human Action Recognition Based on Kinect. *Journal of Computer Information Systems*, 10(12), 5347-5354.
18. Artem Bronnikov, Nevludov Igor, Oleksandr Tsybmal. Flexible manufacturing tendencies and improvements with visual sensing / *Eskisehir Technical University Journal of Science and Technology. Applied Sciences and Engineering*, 2019. Vol. 20, ICONAT issue, P. 77-83.
19. Open Source Computer Vision Library (OpenCV), <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>.
20. Lowe, D.G. 2001. Local feature view clustering for 3D object recognition. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Kauai, Hawaii, pp. 682-688.
- D. G. Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 2(60):91-110, 2004.