

КРИТЕРІЇ ТА МОДЕЛІ БАГАТОКЛАСОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИНЦИПУ ONE-VS-ALL

к.т.н., доц. Полякова Т.В., ХНАДУ

У задачі зіставлення описів не завжди вихідні дані є досить коректними, тому виникає необхідність вибору поліпшеної в деякому сенсі множини ознак для зіставлення описів. У подібних випадках можуть застосовуватись методи оцінки параметрів, що враховують наявність викидів у вихідних даних, наприклад, схеми голосування, а також родина методів на основі випадкових вибірок (RANSAC). Схема роботи алгоритму RANSAC полягає в циклічному повторенні пошуку відповідності чотирьох ХО (характерних ознак) на досліджуваному об'єкті та еталоні. Найкращою відповідністю вважається та, в якій досягнутий мінімум суми відхилень всіх ХО об'єкта та еталона при деякому перетворенні за задану кількість циклів (≤ 2000). В результаті використовуються тільки ті точки, відхилення яких становить менше заданого порогу.

Запропонований метод зіставлення структурних описів відео-об'єктів на основі побудови та аналізу моделей ОПС (ознакових просторових структур) полягає в реалізації наступних основних етапів:

- 1) виокремлення на зображенні множини ХО та формування масивів u_i із значеннями координат x_i, y_i ;
- 2) побудова множини ОПС z_i у вигляді структури на основі u_i ;
- 3) цілеспрямована обробка множини ОПС з метою зменшення надлишковості та скорочення обсягу обчислень;
- 4) обчислення міри подоби між описами ОПС шляхом голосування компонентів описів;
- 5) ухвалення рішення про клас відео-об'єкту на основі значення обчисленого критерію подоби.

Будемо розглядати класифікацію як відображення структурних компонентів об'єкта у вигляді опису U на компоненти множини еталонів у вигляді кінцевої множини еталонних описів $\{U(j)\}_{j=1}^J$. Реалізуємо це відображення шляхом вирішення задачі оптимізації у вигляді

$$j^* = \arg \max_{j \in J} \vartheta(U, U(j)), \quad (1)$$

де J – множина номерів класів ($j^*, j \in J$),

$U, U(j)$ – відповідно опису у вигляді множин ОПС об'єкту і j -го еталону,

ϑ – міра подоби для множин.

Міра подоби є ненормованим показником для кількісного визначення ступеня подібності об'єктів. Максимальне значення величини $\mathfrak{Q}(U, U(j))$ означає, що об'єкт найкраще відповідає j -му еталону.

В якості міри \mathfrak{Q} може бути використана і метрика для множин. Такими метриками можуть бути метрики Хаусдорфа, Танімото та інші. Найкраща відповідність характеризує значення метрики, рівне нулю. З іншого боку відомо, що обчислення значень метрики для множин вимагає більшої кількості обчислювальних операцій, ніж обчислення подоби на основі кількості голосів елементів. Тому на практиці в більшості ситуацій для описів використовують міри подоби, а на рівні окремих елементів описів - метрики.

Зазвичай значення критерію \mathfrak{Q} обчислюється шляхом аналізу хеш-таблиці, побудованої на попередньому етапі класифікації на основі аналізу множини еталонних описів. Обчислення значення $\mathfrak{Q}(U, U(j))$ полягає в підрахунку кількості голосів, поданих елементами множини базисів в описі об'єкта за еталон з номером j у вигляді ОПС. Можлива кількість голосів, враховуючи нормування, залежить від методу голосування.

Достовірність класифікації із застосуванням конкретного методу може оцінюватись значенням критерію θ , обчислюється як відношення найближчого максимуму міри подоби серед еталонів бази до значення міри подоби аналізованого об'єкта із справжнім еталоном. Значення критерію $\theta \in [0,1]$ демонструє, наскільки впевнено здійснюється ухвалення рішення на основі розрахованого максимуму голосів, відданих за конкретний еталон. Чим менше значення θ (ближче до 0), тим значуще глобальне оптимальне рішення по відношенню до локального оптимуму, відповідно до найбільш близької серед інших (можливо, помилкових) класів. Експерименти довели, що для кількох еталонів бази Соil-20 із застосуванням традиційного методу параметр θ досягає значення $\theta = 0,8$, в той час як для запропонованого методу на основі ОПС значення $\theta = 0,02$, що значно краще щодо достовірності при розрізненні об'єктів. Таке низьке значення критерію θ для розробленого методу підтверджує його високий показник правильної класифікації для аналізованої бази відео-інформації.

Запропонований метод зіставлення, заснований за допомогою аналізу описів у вигляді структур просторових ознак із застосуванням голосування, за рахунок введення і використання в процесі обчислення подібності нових інформаційних зв'язків у вигляді відповідності структур в цілому призводить до вдосконалення процедури класифікації та забезпечує вирішення завдань з більш високим рівнем достовірності. Необхідної якості класифікації візуальних об'єктів з точки зору рівня стійкості до аддитивних перешкод для конкретних баз відеоданих можна досягти шляхом вибору міри подоби та критерію прийняття рішень про клас, враховуючи параметричне визначення.

Існує два найбільш поширених підходи до побудови моделей голосування стосовно ОПС.

Однозначне голосування. Шляхом обчислення мінімальної відстані від трійки α_q як ознаки об'єкта до елементів множини $\{\alpha_p\}_j$ j -го еталона визначається

$$\rho(\alpha_q, \{\alpha_p\}_j) = \min_p \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}), \quad (2)$$

де $\rho(\alpha_q, \alpha_{pj})$ – деяка метрика на множині ГЮ (геометричних інваріантних ознак).

Як метрику при зіставленні двох векторів ГПІ (трійок) можна використовувати, наприклад, Манхеттенську відстань

$$\rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) = |\zeta_q - \zeta_{pj}| + |\eta_q - \eta_{pj}| + |\gamma_q - \gamma_{pj}| \quad (3)$$

або євклидову метрику

$$\rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) = \sqrt{(\zeta_q - \zeta_{pj})^2 + (\eta_q - \eta_{pj})^2 + (\gamma_q - \gamma_{pj})^2}. \quad (4)$$

Далі необхідно оцінити важливість величини $\rho(\alpha_q, \{\alpha_p\}_j)$, отриманої при розрахунку значення (2) шляхом порівняння з деяким порогом ε для метрики. Якщо виконується умова $\rho(\alpha_q, \{\alpha_p\}_j) < \varepsilon$, то значення числа голосів j -го еталону збільшуємо на одиницю, вважаючи, що ознака α_q знайшла відповідність в описі еталону j . Тут кожна трійка α_q інваріантів еталона може сформулювати лише один голос (або не сформулювати). Максимальна кількість голосів в такій схемі дорівнює кількості ознак об'єкта.

Формально функція обчислення голосу має вигляд:

$$h(\alpha_q, j) = \begin{cases} 1, & \min_p \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) \leq \varepsilon, \\ 0, & \min_p \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) > \varepsilon. \end{cases} \quad (5)$$

Реалізація принципу однозначного голосування елементів z_i пов'язана з аналізом окремих рядків матриці P на предмет формування голосу, рівного 0 або 1. За отриманим набором відповідей (голосів) можна обчислити значення критерію подібності двох описів у вигляді суми

$$L(j) = \sum_{q=1}^{n_1} h(\alpha_q, j), \quad (6)$$

де n_1 – кількість ознак об'єкту.

Більш практичним є порівняння описів, починаючи з ознак еталона. В такому випадку здійснюється пошук еталонної інформації на невідомому об'єкті. Максимальна кількість голосів в цьому випадку дорівнює кількості ознак еталона.

Множинне голосування. Голос за еталон j надається кожен раз у випадку, якщо $\rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) \leq \varepsilon$. Максимальна кількість голосів в цьому методі дорівнює добутку кількості ознак об'єкта і еталону.

Формально функцію отримання голосу можна подати у вигляді:

$$h(\alpha_q, j) = \begin{cases} 1, & \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) \leq \varepsilon, \\ 0, & \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) > \varepsilon, \end{cases} \quad (7)$$

де α_q, α_{pj} – ознаки об'єкта й еталона j -го класу відповідно,

$\rho(\alpha_q, \alpha_{pj})$ – відстань між, $j \in J$,

ε – поріг значущості.

Підсумкова функція для класу-кандидата з номером j у випадку множинного та однозначного голосування співпадає і визначена виразом (6). Отримане значення критерію подоби ділиться на максимально можливу кількість голосів, в результаті чього маємо нормоване значення $L(j) \in [0,1]$, що дозволяє прийняти рішення відповідно до максимальної частки голосів, поданих за клас j .

Остаточний результат застосування методів зіставлення безпосередньо залежить від обраного порогу ε . Окрім того, прийняття рішення при множинному голосуванні завжди спирається на більшу кількість голосів, ніж однозначне, що потребує додаткового нормування.

Використання структурних просторових відношень елементів опису шляхом переходу у простір ГП, побудоване на основі координат ХО, дає можливість удосконалення структурної класифікації шляхом введення нових ресурсів, що мають інформаційні властивості високорівневої системи ознак.

Експериментальні дослідження ефективності запропонованих моделей для бази зображень Coil-20 проводились з використанням різних програмних бібліотек та платформ на мові Python, а саме: Anaconda, PyOpenCL. Просторова перешкода моделювалася шляхом переходу координат точок опису в межах від ± 1 до ± 3 з певною ймовірністю (рівень перешкоди).

Експерименти показали, що застосування моделі однозначного голосування більш перешкодостійкі, ніж множинне голосування. Наприклад, при значенні $p = 0,35$ ймовірність правильної класифікації в околі спотворення ± 3 для однозначного голосування склала 0,9, а для множинного – 0,83.

Застосування комбінацій координат ХО у вигляді відношень і побудова рішень, заснованих на групових властивостях підмножин множини ознак, закладено в природі структурного уявлення як спосіб грануляції інформації для отримання нових знань про об'єкт, що підлягає розпізнаванню.