

Знаниеориентированное моделирование принятия решений для идентификации личности по фотопортрету на основе антропометрического метода и tRAKZ-метода.

Петросянц В.С., Зори С.А.

Донецкий национальный технический университет
porterbot@gmail.com, zori@pmi.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Petrosjanc V., Zori S. Knowledge-oriented modeling decision-making for person identification by photo basis on anthropometric and tRAKZ method. Article deals with photo handling, anthropometric points and selection and Knowledge-oriented decision-making for person identification

Введение

Прошло 100 лет с тех пор, как во Франции была введена система А. Бертильона для установления личности преступников, включавшая в себя словесный портрет. За это время для решения этой всегда актуальной и современной задачи криминалистами была разработана процедура проведения фотопортретной экспертизы [1, 2, 3], а также методики криминалистического описания внешности человека [1, 2]. В данных работах приводится описание антропометрических точек, которые используются в процессе идентификации человека по фотопортрету. Однако, ошибочно было бы считать, что криминалистическая фотопортретная экспертиза проводится только по некоторым количественным характеристикам, описывающим расстояния между данными точками.

К сожалению, на современном этапе не существует достаточно полных эффективных и высокоскоростных систем, производящих идентификации личности со стопроцентной степенью достоверности и качества. Таким образом, исследование методологий, алгоритмических баз и структур подобных систем является важной научно-технической проблемой.

1. Анализ существующих подходов

В процессе криминалистической идентификации по портрету изучаются такие характеристики элементов внешности, как форма, величина (относительная), положение, цвет (если сравниваемые снимки цветные), наличие (отсутствие) индивидуальных особенностей лица (морщины, родинки, шрамы и др.) и их количество, степень симметрии парных элементов, степень выраженности тех либо иных черт лица.

Следует отметить, что измерение расстояний между антропометрическими точками проводится экспертами только по горизонтали или по вертикали. В методике [4] упоминаются лишь 13 основных расстояний лица, изображенного в фас, но при необходимости количество анализируемых расстояний может быть увеличено экспертом. Несмотря на то, что в некоторые системы автоматической идентификации базируются на аналогичных принципах, не все точки, выделяемые криминалистами, могут в них использоваться.

Распознавание человека по изображению лица выделяется среди биометрических систем распознавания личности, тем что, во-первых, не требуют специального дорогостоящего оборудования, для большинства приложения достаточно персонального компьютера и обычной видеокамеры, во-вторых, отсутствует физический контакт человека с устройством. Известно множество автоматических систем распознавания лиц: Smith&Wesson (система ASID), ImageWare (система FaceID), Images Epic Solutions, Miros (система TrueFace), VissageTechnology (система Vissage Gallery), Visionicks (система FaeID) и пр...[6]

Проблема принятия классификационных и прогнозных решений в условиях неопределённости, имеющая важное прикладное значение, по-прежнему не решена из-за сложности и плохой формализуемости задач. Существующие искусственные нейронные сети (ИНС) и методы инженерии знаний, основанные на фреймовых, продукционных и других моделях знаний используются в вышеописанных системах, недостаточно эффективны по причине несовершенства способов предоставления и машинного манипулирования знаниями. Тем не менее, с каждым днем системы идентификации личности совершенствуются. Надежды большинства исследователей возлагаются на развитие знаниеориентированного направления в моделировании интеллектуальных умений

человека успешно принимать решения в условиях неопределённости, опираясь на интуицию и знания. Существует квантовый знаниеориентированный подход к принятию решений. Он основан на применении метода разноуровневых по структурной сложности алгоритмических квантов (порций) знаний (РАКЗ-метод)[3]. В нашем случае квантами знаний являются знания полученные после обработки фотопортрета объекта распознавания и сведения полученные от экспертов об объекте. Корректность и эффективность РАКЗ-метода обоснована доказанной теоремой (критерий внешнего дополнения), определяющей требуемое соотношение сложности квантовой модели и объёма выборочных обучающих знаний, т.е. условия, теоретически гарантирующие экраполяционные свойства предложенных РАКЗ-моделей[3].

2. Предварительная обработка исходных изображений

Целью предварительной обработки является приведение исходных изображений к единому масштабу, яркостным характеристикам и, желательно, единому ракурсу (одноименные черты лица должны располагаться в областях портрета с одинаковыми координатами).

Последовательность шагов такой обработки может быть следующей:

- поиск области лица на изображении;
- обнаружение центров зрачков на портрете;
- поворот изображения (если требуется) – центры зрачков должны находиться на горизонтальной прямой;
- масштабирование (нормализация всех портретов по определённому расстоянию между зрачками);
- кадрирование (вырезание прямоугольной области с заданными размерами из полученного в результате предыдущих шагов изображения);
- выравнивание яркостных характеристик исходного изображения;
- обработка фотопортрета в соответствии с требованиями дальнейших этапов идентификации, например выделение перепадов яркости.

3. Отбор антропометрических точек лица для принятия решений идентификации личности

Нами были отобраны антропометрические точки на основе которых были выделены признаки для идентификации.

В таблице 1 приведены признаки – приведенные расстояния (в пикселях) между характерными точками лица, которые чаще всего использовались при построении систем идентификации личности по портрету (рис.1):

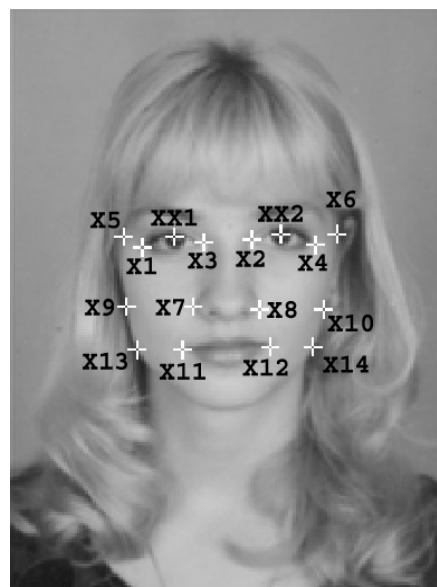


Рис.1 – Фотопортрет с локализованными антропометрическими точками.

Таблица 1 Антропометрические признаки

Обозначение 1	Описание	Обозначение 2
L1	Ширина лица на уровне губ	X13 X14
L2	Ширина лица на уровне носа	X9 X10
L3	Ширина лица на уровне глаз	X5 X6
L4	Ширина рта	X11 X12
L5	Ширина носа	X7 X8
L6	Расстояние от центра правого* зрачка до правого кончика носа	XX2 X8
L7	Расстояние от центра левого зрачка до левого кончика носа	XX1 X7
L8	Расстояние от центра правого зрачка до правого кончика рта	XX2 X12
L9	Расстояние от центра левого зрачка до левого кончика рта	XX1 X11
L10	Расстояние от центра правого зрачка до внутреннего уголка правого глаза	XX2 X2
L11	Расстояние от центра правого зрачка до внешнего уголка правого глаза	XX2 X4
L12	Расстояние от центра левого зрачка до внутреннего уголка левого глаза	XX1 X3
L13	Расстояние от центра левого зрачка до внешнего уголка левого глаза	XX1 X1

Кроме выше приведенных количественных признаков нами также были использованы качественные признаки, которые полнее

описывают объект принятия решений: пол, тип, телосложение, рост.

В свою очередь каждый признак может принимать одно из нескольких возможных значений. Для того, чтобы представить количественные признаки в бинарном виде мы, основываясь на статистических данных, разбили диапазон допустимых значений признака на интервалы. Таким образом каждая личность, изображенная на фотопортрете может быть описана массивом признаков в виде последовательности нулей и единиц, так называемым квантом (порцией знаний).

4. Исследование и применение tPAK3-метода

4.1 Формулировка базовых задач

Разработанная теория представления и манипулирования точными квантами знаний (tk-знаний) научно обосновывает построение эффективных знаниеориентированных систем принятия решений (ЗОСПР)[3]. Под представлением знаний понимается строгое определение достаточно широкого класса tk-знаний а терминах теории алгоритмов, а под манипулированием – реализацию формальных операций над квантами знаний, процедур логического рассуждения и вывода tk-знаний при компьютерном формировании принимаемых решений.

Существуют три основные задачи:

- A_t -задача формализации tk-знаний;
- B_t -задача распознавания (идентификация) объекта по результатам наблюдений;
- C_t -задача экстраполяции (прогнозирования) результатов наблюдений.

В A_t -задаче требуется формально определить понятия «tk-знания» и tPAK3-модели в условиях α -неопределенности, описать их алгоритмическое конструирование посредством квантовой структуризации разнотипных данных об объектах принятия решений (ОПР) с учётом его категории и семантики в конкретной предметной области

B_t -задача заключается в синтезе узнающих tPAK3-моделей и алгоритмов манипулирования tk-знаниями для определения значения целевой характеристики распознаваемого ОПР, т.е. идентификации его с заданной надёжностью по внешним наблюдениям, опираясь на предварительно накопленную БкЗ. Под целевой характеристикой ОПР будем понимать классифицирующий признак (параметр идентификации), соответствующий заданной цели. В частности, при узнавании образов решение принимается с целью отнесения наблюдаемой ситуации к одному из

определённых образов (классов), где целевым является признак класса или категории ОПР.

C_t -задача состоит в синтезе прогнозных tPAK3-моделей и алгоритмов манипулирования tk-знаниями для экстраполяции частичных наблюдений за ОПР, т.е. для прогнозирования с заданной надёжностью значений неизмеренных характеристик ОПР по измеренным значениям наблюдаемых характеристик, опираясь на предварительно построенную БкЗ.

4.2 Идея tPAK3-метода знаниеориентированного принятия решения

tPAK3-метод обеспечивает решение сформулированных выше A_t, B_t, C_t -задач на основе формального манипулирования tk-знаниями посредством векторно-матричных операторов преобразования и логического вывода квантов знаний различных уровней. Идея такого метода заключается в том, что разнотипные данные, факты и сведения об ОПР структурируются как порции (кванты) k-знаний и строго определяются как алгоритмические структуры в терминах теории алгоритмов. Тем самым решается A_t -задача путем алгоритмического конструирования содержательного класса M_t алгоритмических структур различных уровней сложности (0-й уровень: число, символ; 1-й уровень: вектор, функция; 2-й уровень: матрица, композиция функций). Именно класс M составляют все PAK3-модели под названием разноуровневых квантов знаний, которые образуются алгоритмически из терминальных структур посредством операторов суперпозиции и конкатенации. Благодаря такой структуризации, кванты знаний как порции информации представляются PAK3-моделями в предикатно-аналитической и векторно-матричной форме. Это обеспечивает машинное манипулирование знаниями средствами алгебр конечных предикатов и алгоритмических операторов индуктивного вывода (для синтеза базы знаний при обучении), а также дедуктивного и традуктивного выводов квантов знаний (для принятия решений).

A_t -задача формально описывается множественной четверкой:

$$A_t = \langle S, K_t, \Pi_t, Q_t \rangle \quad (1.1)$$

и состоит в построении класса M_t содержательных алгоритмических структур и операторных средств манипулирования ими на символическом языке S из множеств букв, цифр, спецсимволов и алгоритмических операций по правилам Π_t конструирования t-квантов с помощью конечного множества Q_t семантических кодов.

Под семантическим кодом $tk_s \in Q_t$ ($s=0,1,2,\dots$) понимаются символы, кодирующие t-квант, который отвечает виду и содержанию достоверных знаний s-го уровня.

В классе M_t tk-знаний допустимо применение некоторых операторов над разноуровневыми квантами: редукция (преобразования), традукция (вывод частного из частного), индукция (вывод общего из частного) и дедукция (вывод частного из общего). Операторным способом по прецедентам и цели определяется БкЗ как совокупность закономерностей природы классов ОПР и структур межпризнаковых связей.

Искомые прогнозирующие и распознающие правила принятия решений как новые tk-знания в В-,С-задачах находятся посредством дедуктивного вывода, т.е. путем применения к исходным (обучающим) знаниям и БкЗ операторов редукции и вывода.

Сущность tРАКЗ-метода заключается в реализации этой идеи следующими средствами. Исходные сведения об исследуемых ОПР извлекают из различных источников и формализуют в виде системы обучающих квантов tk-знаний младших уровней.

Путем индуктивного вывода из системы обучающих квантов находят кванты tk-знаний старшего уровня, описывающих БкЗ системой устойчивых характеристик идентифицируемых ОПР в форме обнаруженных закономерностей. В пространстве моделей объектов этим закономерностям отвечают «запретные» интервалы (области запретов). «Запретный» интервал представляет собой характеристическое множество из элементов пространства моделей, отвечающее имплицативной связи между теми признаками объектов, комбинации значений которых для данного класса образов запрещены (недопустимы).

Внутреннее представление разноуровневых квантов tk-знаний реализуется с помощью доменизированных векторно-матричных структур, описываемых средствами логики конечных предикатов. Найденная БЗ подвергается оптимизирующему преобразованию (редукции) с использованием операторов традуктивного вывода.

Искомое правило принятия решений (решающее правило (РП)) определяется как некоторый квант новых знаний посредством дедуктивного вывода из БЗ с учетом информации о результатах текущих наблюдений за объектом.

Качество найденного РП характеризуется критериальной оценкой, учитывающей степень доверия исходным знаниям и принимаемым гипотезам о существовании закономерностей природы идентифицируемых объектов.

5. Алгоритмическая формализация tk-знаний и их векторно-матричное представление

5.1 Терминальные кванты знаний

Пусть ОПР $\omega \in \Omega$ характеризуется множеством разнотипных признаков (параметров) X_1, X_2, \dots, X_n (в том числе и целевых), которые принимают значения из конечных множеств:

$$\begin{aligned} X_1 &= \{\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_{\rho_1}^1\}, \\ X_2 &= \{\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_{\rho_2}^2\}, \dots \\ X_n &= \{\alpha_1^n, \alpha_2^n, \dots, \alpha_{\rho_n}^n\} \end{aligned} \quad (1.2)$$

как определенных числовых доменов d_1, d_2, \dots, d_n .

Примем множество K_t терминальных t-квантов

$$K_t = \{tk_0 y, tk_0 \alpha, tk_1 \beta\}, \quad (1.3)$$

где $tk_0 y = [d_1 : d_2 : \dots : d_n] =$

$$[\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_{\rho_1}^1 : \alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_{\rho_2}^2 : \dots : \alpha_1^n, \alpha_2^n, \dots, \alpha_{\rho_n}^n]$$

называется доменизированным векторным терминальным t-квантом 0-го уровня с именем $y \in S$ и кодом $tk_0 \in Q_t$ с семантикой: «ОПР $\omega \in \Omega$ имеет n признаков, которые принимают значение из множеств X_j ($j = \overline{1, n}$)» (домены разделены «:»);

$$tk_1 \alpha = V_k^{(p)}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k, \dots, \alpha_p) = \alpha_k \quad (1.4)$$

отвечает известной примитивно-рекурсивной функции выбора $V_k^{(p)}$ в теории алгоритмов и называется выбирающим терминальным t-квантом 0-го уровня с именем $\alpha \in S$ и кодом $tk_0 \in Q_t$ с семантикой: «из k-мерной совокупности значений наблюдаемых признаков ОПР выбирается значение α_k »;

$$tk_1 \beta = X_{Y_j}(\alpha_k^{(j)}) = \begin{cases} 1, \dots, \alpha_k^j \in Y_j \\ 0, \dots, \alpha_k^j \notin Y_j \end{cases}, \quad (1.5)$$

называется характеристическим терминальным t-квантом 1-го уровня с именем $\beta \in S$ и кодом $tk_1 \in Q_t$ с семантикой: «значение характеристической функции $X_{Y_j}(\alpha_k^{(j)}) = 1$ отвечает достоверно зафиксированному значению $\alpha_k^{(j)}$ характеристики признака x_j »

ОПР, а при $X_{Y_j}(\alpha_k^{(j)})=0$ значение $\alpha_k^{(j)}$ не учитывается», где $Y_j = \{\alpha_k^{(j)}\}$ - множество достоверно зафиксированных значений j -ой характеристики.

Разноуровневые tk -знания образуются с помощью известного оператора суперпозиции (П-оператора) $h(\bar{x})$

$$h(x_1, \dots, x_n) = f(y_1, y_2, \dots, y_m) = f[g_1(x_1, \dots, x_n), g_{12}(x_1, \dots, x_n), \dots, g_m(x_1, \dots, x_n)] \quad (1.6)$$

и операторов строчной конкатенации символов или квантов e_i

$$CON_{i=1}^m \langle e_i \rangle = e_1 e_2 \dots e_m \quad (1.7)$$

и матричной конкатенации

$$CON_{i=1}^m [e_i] = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_m \end{bmatrix} \quad (1.8)$$

Вышеприведенные процедуры для краткости обозначаются $CON\langle \cdot \rangle$ - и $CON[\cdot]$ -операторами соответственно.

5.2 Алгоритмическое определение и конструирование многоуровневых tk -знаний

Примем алгоритмические структуры построенные из терминальных t -квантов множества K_t путем конечного числа применений П-оператора, $CON\langle \cdot \rangle$ -оператора и $CON[\cdot]$ -оператора, называются точными разноуровневыми алгоритмическими квантами знаний (tk -знаниями), которые образуют класс точных РАКЗ-моделей M_t . Этот класс обеспечивает векторно-матричное и предикатное представление ОПР (ситуаций, закономерностей) как точек или интервалов пространства B^n t -квантовых РАКЗ-моделей: $B^n = B_1 \times B_2 \times \dots \times B_n$. Здесь

B_j - множество, составляющей X_j разнотипных признаков ОПР $X^n = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ вследствие действия характеристического t -кванта $tk_1\beta$.

Декартово произведение J подмножеств $Z_j \subset X_j (j = \overline{1, n})$: $J = Z_1 \times Z_2 \times \dots \times Z_n$, выбранных по одному из множеств X_j называется интервалом пространства X^n .

Вследствие изоморфизма каждому $J \subset X^n$ отвечает интервал $J_B \subset B^n$. Исходя из

декартового произведения произвольный интервальный t -квант tk_1Y можно алгебраически описать конечным предикатом в виде элементной конъюнкции выражений $x_j \in Z \subset X_j (j = \overline{1, n})$ с семантикой «признак x_j ОПР принимает значения из подмножества Z множества X_j ». Этот предикат принимает значение истинности «1» только в точках соответствующего интервала.

Имплицативной закономерностью r -го ранга называется устойчивая связь между r признаками ОПР X_1, X_2, \dots, X_n из n допустимых признаков ($r \leq n$), который состоит в том, что запрещена хотя бы одна комбинация их значений из числа 2^r возможных. Имплицативные закономерности называют также запретами.

Характерно, что в классе M_t РАКЗ-моделей имеем единый формализм для описания различных фактов (ситуаций), имплицативных и функциональных закономерностей средствами tk -знаний.

Согласно закономерности r -го ранга описанной выше имплицативная связь тем устойчивее, чем меньше ранг, поскольку при этом увеличивается мощность интервалов, где эта связь проявляется.

Произвольный t -квант $tk_s B$ называется логическим следствием t -кванта $tk_s A$, $s=0, 1, 2, \dots$, если соответствующие им характеристические множества $E(\tilde{A})$ и $E(\tilde{B})$ находятся в соответствии $E(\tilde{B}) \subseteq E(\tilde{A})$. Этот факт записывается так: $tk_s A \Rightarrow tk_s B$

5.3 Операторы манипулирования tk -знаниями

Процесс получения логических следствий по произвольному t -кванту (Т-оператор) называется труктивным выводом имплицативных tk -знаний.

Простым же квантом tk -знаний называется запретный квант $tk_1\Pi$, труктивно следующий из заданной системы Σ , такой, что при любой замене «0» на «1» в его векторном представлении получается квант, уже не следующий труктивно из Σ .

Теорема 1.1. Для любой системы запретных квантов $tk_2 \rightarrow \Sigma_B$ существует эквивалентная ей минимальная система $tk_2 \rightarrow \Sigma_{BM}$, состоящая только из простых запретных квантов $tk_1\Pi_j$.

Теперь разберемся с определением запретного кванта. Запретный квант tk_1Z называется условно традуктивно следующим (Tu-оператор) из запретных квантов (tk_1X, tk_1Y) , если он традуктивно следует из $tk_1X \cup tk_1Y$ и не следует из каждого из них по отдельности. Расширяя понятие запретного кванта добавим, что запретные кванты tk-знаний tk_1Y или tk_2Y называются общезапретными (POZ-оператор), если соответствующие им конечные предикаты тождественно равны 1.

5.4 Общая методика решения базовых задач принятия решений tPAK3-методом

Общность предложенной методологии состоит в применении общего секционного принципа векторно-матричного представления доменами характеристик ОПР с их значениями в компонентах доменов, сквозного автоматического квантования информации, в единой структуре пространства tPAK3-моделей с возможностью их аналитического конечно-предикатного описания.

5.4.1 Методика решения задачи прогнозирования

На основании пункта 4.2, в котором изложены и обоснованы теоремами формальные процедуры манипулирования tk-знаниями в виде логических операций « $\wedge \vee \neg$ ».

V_t - задача состоит в экстраполяции с заданной надежностью значений неизмеренных признаков ОПР на базе построенной БкЗ, зная измеренные значения других признаков. Формально это значит: заданы наблюдения за ОПР $\omega \in \Omega$ в форме tk-знаний tk_1Y_ω и выборочные (обучающие) tk-знания $tk_2 \sum_0$ относительно зафиксированных n характеристик (признаков) ОПР данной проблемной области и целевого критерия прогнозирования. Требуется предварительно в режиме обучения построить БкЗ $tk_2 \overline{\sum_{BM}}$ как систему имплицативных закономерностей посредством индуктивного оператора вывода ее из выборочных $tk_2 \sum_0$, а затем посредством дедуктивного оператора вывести на основании БкЗ $= tk_2 \overline{\sum_{BM}}$ и наблюдений об r признаках ($r < n$) tk_1Y_ω искомые прогнозные tk-знания tk_1R_ω об $(n-r)$ признаках ОПР.

5.4.2 Методика решения задачи распознавания (идентификации)

S_t - задача заключается в синтезе алгоритма манипулирования k-знаниями, позволяющего, опираясь на предварительно накопленную БЗ, определить с заданной надежностью неизвестное значение целевой характеристики распознаваемого (идентифицируемого) объекта по его наблюдаемым характеристикам. Под *целевой характеристикой* здесь понимается признак либо комбинация классифицирующих признаков или параметров идентификации ОПР, соответствующих заданной цели. В частности, при распознавании образов решение принимается в целях отнесения наблюдаемого объекта к одному из определенных классов (образов) и целевым является признак, определяющий имя класса либо содержание распознаваемой категории.

Заключение

На данном этапе работы авторы занимаются дальнейшим исследованием и разработкой заниеориентированной системы принятия решения распознавания личности, для работы которой потребуется разработка алгоритмов оптимизации фотоизображений, выделения антропометрических признаков на уже оптимизированных фотопортретах, алгоритмов принятия решений с помощью tPAK3-метода.

Литература

1. Полевой Н.С. Криминалистическая кибернетика. М.: Изд-во МГУ, 1982. -208с.
2. Снетков В.А., Виниченко И.Ф., Житников В.С. и др. Криминалистическое описание внешности человека/ Под общ. ред. В.А. Снеткова. М.: МВД СССР ВНИИ, 1984. -127с.
3. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. Наукова думка – Киев.:2002. -420 с
4. Bigün J., Hans du Buf J.M. N-folded symmetries by complex moments in Gabor space and their application to unsupervised texture segmentation// IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intel.- 1994.-Vol.16.- No.1.- P.80-87.
5. Сироджа И.Б. Математическое и программное обеспечение интеллектуальных компьютерных систем. – Харьков.: ХАИ,1999. -247с.6.
6. Глазунов А. Компьютерное распознавание человеческих лиц. / Открытые системы – Безопасность (<http://www.osp.ru/os/2000/03/177945/>)
7. Виниченко И.Ф., Житников В.С., Зинин А.М., Овсянникова М.Н., Снетков В.А. Криминалистическое описание внешности человека. М.: Щит-М, 1998. -198с