

ОБЛАСТИ ДОСТАТОЧНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПОИСКА ВИДЕОДАНЫХ

С.В. МАШТАЛИР, К.С. ЩЕРБИНИН

В работе предложен подход по решению задач альтернативного распознавания данных разной природы в произвольном метрическом пространстве. Рассмотрены условия формирования областей необходимости и достаточности в случае поиска на основе двух альтернатив, а также их соотношение между собой.

Ключевые слова: контекстный поиск, сходство, метрика, области достаточности и необходимости.

ВВЕДЕНИЕ

Распространение цифровых средств обработки видеоданных, Internet и локальных вычислительных сетей обусловили накопление информации, представленной в виде баз данных, которые, в зависимости от области применения, могут иметь произвольное содержание либо принадлежать к ограниченному классу. При этом наличие больших объемов данных не есть критично в условиях развития компьютерной техники. С другой стороны в задачах анализа и обработки видеоданных часто возникают ситуации, связанные с определением сходства различных мультимедийных фрагментов, что сделать довольно непросто ввиду большого количества обрабатываемых данных. В частности, это характерно для поиска в базах видеоданных. Это весьма развивающееся направление, связанное с интенсификацией информации и, зачастую, недостаточностью информации в текстовом режиме и даже в виде изображений [1-3].

При этом обработка видеопотоков связана с довольно серьезными затратами времени и системных ресурсов, поэтому необходимо разрабатывать подходы, позволяющие ускорить процесс поиска и максимально сократить количество сравнений, которые нужно провести. В связи с этим одним из подходов по решению подобных задач может быть переход к многомерным временным рядам с дальнейшим их анализом [4-9], с целью выделения характеристик, по которым можно определить сходство тех или иных видео фрагментов. Далее, если мы можем выделить некоторые такие характеристики, то можно сформулировать задачу альтернативного поиска для данных произвольной природы, т.к. в таком случае осуществим переход непосредственно от видео файлов к некоторому их числовому описанию, что позволяет использовать подходы, основанные на метрических сравнениях объектов.

Целью работы является формирование условий для областей необходимости и достаточности в задачах поиска на основе двух альтернатив.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим в некотором фазовом метрическом пространстве конечную конфигурацию точек, для которой нам известна матрица расстоя-

ний, то есть K – конфигурация точек $x_1, \dots, x_n \in \Phi$ – фазовое пространство и

$$\rho = \rho(x_i, x_j), \quad (1)$$

где $\rho(x_i, x_j)$ – расстояние между точками x_i, x_j для $i, j \in 1, \dots, n$.

Для выбранной текущей точки $y \in \Phi$ зададим расстояние до некоторой опорной точки $x^* \in K$, т.е.

$$\rho(y, x^*) = \delta. \quad (2)$$

Введем порог сходства объектов Δ , который характеризует меру сходства точек метрического пространства Φ с текущей точкой y . Таким образом, если

$$\rho(y, x_k) > \Delta, \quad (3)$$

то будем говорить, что точка x_k настолько отличается от y , что ее нет смысла сравнивать с ней в метрике фазового пространства Φ . Схематично описанное выше представлено на рис. 1.

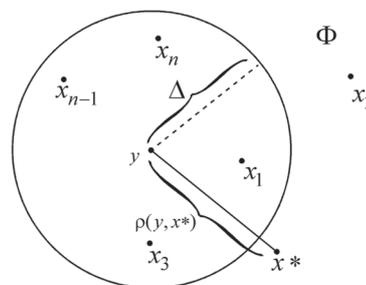


Рис. 1 Модель поиска сходства объектов в фазовом метрическом пространстве

На основе вышеперечисленного, ставим задачу создания процедуры определения наиболее близких точек конфигурации K к заданной точке $y \in \Phi$. При этом считаем, что существует матрица расстояний P , построенная на основе (1), мера сходства Δ (3) и известно расстояние между текущей точкой y и опорной точкой $x^* \in K$ (2).

2. ОПИСАНИЕ ОБЛАСТЕЙ ДОСТАТОЧНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТИ

Зафиксируем две точки заданной конфигурации $x_1, x_2 \in K$. Тогда естественно, что знание или построение процедуры выбора ближайшей среди них к текущей точке y позволяет в целом решить

поставленную задачу. При этом будем считать, что анализ (выбор ближайшей) любых пар точек множества K , а всего вариантов для анализа C_n^2 , в смысле временных и материальных затрат на фоне непосредственно измерения расстояния $\rho(y, x_1)$ и $\rho(y, x_2)$ является незначительной величиной. Так часто происходит на практике, в частности, для задачи обработки видеопоследовательностей, поскольку нахождение наиболее схожих кадров последовательности к заданному, т.е. нахождение ближайшей точки к y часто необходимо проводить в реальном времени, или хотя бы в условиях жестких временных ограничений. При этом надо учитывать, что измерение расстояний в фазовом пространстве Φ сложная и достаточно громоздкая процедура.

В связи с этим, стоит задача нахождения или формирования определенных критериев, которые позволили бы в фазовых пространствах типа \mathbb{R}^n , т.к. исходные данные – это набор чисел (расстояний), часть из которых представлена в виде матрицы, находить области достаточности и необходимости. Дадим следующие определения.

Определение 1. Областью достаточности D назовем область из \mathbb{R}^n , которая обладает следующими свойствами:

- 1) существует функция $\varphi: K \times K \rightarrow \mathbb{R}^n$, т.е.

$$\varphi(x_1, x_2) = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n);$$

- 2) для этой функции выполняется свойство: – если $\varphi(x_1, x_2) \in D$, то этого достаточно для нахождения

$$\min(\rho(y, x_1), \rho(y, x_2)). \quad (4)$$

При этом значения расстояний из (4) нам не известны, но мы можем сказать, какое из них наименьшее.

Определение 2. Областью необходимости N назовем область из \mathbb{R}^n , которая обладает следующими свойствами:

- 1) существует функция $\psi: K \times K \rightarrow \mathbb{R}^n$, т.е.

$$\psi(x_1, x_2) = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n);$$

- 2) для этой функции выполняется свойство: – если мы можем указать правильное неравенство из набора

$$\begin{aligned} \rho(y, x_1) &\geq \rho(y, x_2) \\ \rho(y, x_2) &\geq \rho(y, x_1), \end{aligned} \quad (5)$$

то должно выполняться условие $\psi(x_1, x_2) \in N$.

Смысл этих определений состоит в том, что размерность областей достаточности и необходимости определяется тем, насколько полно используется исходную информацию (т.е. чем полнее, тем размерность больше). С другой стороны, попадание $\varphi(x_1, x_2)$ в область D достаточно для выбора ближайшей точки к текущей точке y . И наоборот, если нам известна ближайшая точка к y , то необходимо, чтобы значение функции $\psi(x_1, x_2) \in N$. Знание области достаточности

позволяет в целом решить поставленную задачу. Ясно, что возможность выбирать ближайшую из любой пары точек позволяет последовательно найти ближайшую из множества K , если следовать процедуре:

1. Выбираем ближайшую из x_1 и x_2 .

2. Предположим, что это точка x_1 . Тогда x_2 – отбрасываем и переходим к шагу 3.

3. Выбираем ближайшую из x_1 и x_3 и переходим к шагу 2.

В итоге приходим к ближайшей точке по всему множеству K . При этом количество процедур выбора равно $\text{card}(K) - 1$. Тогда может быть сформулировано утверждение.

Утверждение. Знание области достаточности D для произвольной пары точек $x_1, x_2 \in K$ позволяет найти ближайшую к текущей точке y .

Далее проанализируем область необходимости. Для этого рассмотрим сначала свойство областей достаточности и необходимости.

Области D и N разбиваются на две подобласти $D_1, D_2 (N_1, N_2)$. Область D_1 соответствует ситуации, когда

$$\rho(y, x_1) \geq \rho(y, x_2), \quad (6)$$

а D_2 , когда

$$\rho(y, x_2) \geq \rho(y, x_1). \quad (7)$$

Тогда $D = D_1 \cup D_2$ и $D_1 \cap D_2 = \emptyset$ кроме ситуации, когда $\rho(y, x_1) = \rho(y, x_2)$. Аналогично свойство выполняется для N .

Теперь предположим: заведомо известно, что выполняется неравенство (6) или (7), тогда очевидно, что при справедливости (6) должно иметь место $\psi(x_1, x_2) \in N_1$, а при выполнении (7) – $\psi(x_1, x_2) \in N_2$.

Допустим, что

$$\psi(x_1, x_2) \notin N_1, \quad (8)$$

тогда из этого следует, что (6) не выполняется, а следовательно имеет место (7). Т.е. из $\psi(x_1, x_2) \notin N_1$ вытекает условие (7), т.е. оно является достаточным для (7) или же

$$\psi(x_1, x_2) \notin N_1 \subset D_2. \quad (9)$$

С другой стороны, если справедливо (8), то выполняется (7), а значит и $\psi(x_1, x_2) \in N_2$, таким образом, для областей справедлива цепочка включений

$$N_2 \subset \psi(x_1, x_2) \notin N_1 \subset D_2,$$

т.е.

$$N_2 \subset D_2. \quad (10)$$

Но D_2 – область достаточности неравенства (7), из которого вытекает область необходимости N_2 , таким образом

$$D_2 \subset N_2. \quad (11)$$

Из (10)-(11) вытекает, что $D_2 = N_2$. Аналогично можно показать, что $D_1 = N_1$. Следовательно, имеем

$$N = D. \quad (12)$$

На основании этого анализа сформулируем теорему.

Теорема. В случае задач нахождения ближайшей точки к текущей среди заданной конфигурации, когда выбор осуществляется на основе двух альтернатив (6), (7) область достаточности совпадает с областью необходимости, т.е. условия, характеризующие их, являются необходимыми и достаточными.

Замечание. Из теоремы вытекает, что если нам удалось построить область необходимости, то это в полном объеме решает поставленную задачу в смысле необходимых и достаточных условий. С другой стороны любая подобласть области достаточности также является таковой, таким образом, область достаточности можно сужать, чего нельзя делать с областью необходимости. Фактически теорема утверждает, что максимальная область достаточности совпадает с областью необходимости. В нашей ситуации области достаточности и необходимости должны удовлетворять включению $D \subset N$ и только $D_{max} = N$.

В рассуждениях предшествующих теореме конечно считается, что D_1, D_2 максимальные области достаточности для выполнения неравенств (6) и (7) соответственно.

Отметим, что при решении не альтернативных задач области D и N не должны удовлетворять теореме. В этом легко убедиться рассмотрев классическую задачу нахождения минимума или максимума для функции одной или нескольких переменных.

В заключение отметим, что можно ввести понятие совокупного фазового пространства.

Определение 3. Совокупным фазовым пространством F назовем двойку

$$F = \langle \Phi, U \rangle.$$

где Φ – фазовое пространство, которому принадлежит текущая точка y и конфигурация точек K , а U – набор исходных данных.

Тогда все результаты, полученные выше, справедливы и для обобщенного фазового пространства F . Это связано с тем, что при рассмотрении условий достаточности и необходимости мы не рассматривали набор исходных данных, который можно описать в виде

$$U = \{P, \delta, \Delta\}.$$

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

Далее необходимо рассмотреть возможность сравнения некоторых данных с целью определения меры их сходства, а также для определения мощностей областей достаточности и необходимости для заданных множеств точек и некоторого порогового значения (3). Для этого было выбрано множество из 100 точек, расположенных

на декартовой плоскости, которое представляло собой фазовое метрическое пространство. Было задано критичное расстояние Δ – порог сходства объектов. Была случайным образом выбрана точка y и был проведен процесс поиска областей достаточности и необходимости. В результате мы получили, что при альтернативном сравнении определение множества элементов сходных с y , было проведено в 17 раз быстрее, чем при полном переборе. Таким образом, мы можем утверждать, что получили достаточно эффективную процедуру поиска сходных объектов в условиях анализа сложных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен подход по решению задачи альтернативного поиска данных различной природы. Получены условия формирования областей необходимости и достаточности. Рассмотрены данные области для данной задачи и проанализировано их соотношение, на основе чего предложена теорема о том, какие должны быть условия для формирования областей необходимости и достаточности в условиях поиска на базе двух альтернатив.

Литература

- [1] Baigarova, N. S. and Bukhshtab, Yu. A., Some Principles of Organization for Searching through Video Data / Programming and Computer Software, Vol. 25, Nu. 3, 1999, pp. 165-170.
- [2] Ritendra Datta, Dhiraj Joshi, Jia Li and James Z. Wang Image Retrieval: Ideas, Influences, and Trends of the New Age / ACM Computing Surveys, vol. 40, no. 2, article 5, pp. 1-60, 2008.
- [3] R. Smith, S.-F. Chang. VisualSeek: a fully automated content-based image query system // Proc. ACM Intern. Conf. Multimedia, Boston, MA. – 1996. – P. 87-98.
- [4] Ширлев А.Н. Статистический последовательный анализ. – Москва: Наука, 1976. – 272 с.
- [5] Никифоров И.В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. – Москва: Наука, 1983. – 198 с.
- [6] Обнаружение изменений свойств сигналов и динамических систем // М. Бассвиль, А. Вилски, А. Банвенист и др. – М: Мир, 1989. – 278 с.
- [7] Гребенюк Е.А. Методы анализа нестационарных временных рядов с неявными изменениями свойств // Автоматика и телемеханика. – 2005. – №12. – С. 3-30 [8] Маликаускас В. Оценка моментов изменения свойств многомерных случайных последовательностей // Статистические проблемы управления. – 1988. – Вып.83. – С. 199-204.
- [9] Иберла К. Факторный анализ. – Москва: Статистика, 1980. – 398 с.

Поступила в редколлегию 23.11.2010



Машталир Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры информатики ХНУРЭ. Область научных интересов: обработка изображений, анализ временных рядов.



Щербинин Константин Сергеевич, аспирант кафедры информатики ХНУРЭ. Область научных интересов: контекстный поиск.

УДК 004.032 26

Области достаточности та необхідності при розв'язанні задач альтернативного пошуку відеоданих / С.В. Машталір, К.С. Щербінін // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. – 2010. Том 9. № 4. – С. 580-583.

В роботі запропонований підхід по розв'язанню задач альтернативного пошуку даних різної природи в довільному метричному просторі. Розглянуті умови

формування областей необхідності та достатності в випадку пошуку на базі двох альтернатив, а також їх співвідношення між собою.

Ключові слова: контекстний пошук, схожість, метрика, області необхідності та достатності.

Ил. 1. Библиогр.: 9 назв.

UDC 004.032 26

The sufficiency and necessity areas in solving problems of video alternative search / S.V. Mashtalir, K.S. Shcherbinin // Applied Radio Electronics: Sci. Mag. – 2010. Vol. 9. № 4. – P. 580-583.

This paper proposes an approach to the solution of problems of alternative data recognition in arbitrary metric spaces. The conditions for the formation of necessity and sufficiency areas in the case of search based on two alternatives and their relationship to each other are considered.

Keywords: content-based search, similarity, metrics, necessity and sufficiency areas.

Fig. 1. Ref.: 9 items.