

МЕТОД ПРЕДОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Л.В. Тананыкина

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем»

Цель исследования – отыскание метода получения инвариантного к условиям съемки изображения для применения корреляционно-экстремального метода сопоставления изображений в системах технического зрения. Предложен теоретико-информационный метод предобработки изображений, основанный на энтропийном анализе. Проведены исследования данного метода, которые показали, что изображения одной и той же сцены, полученные в различных условиях, после предобработки демонстрируют более стабильный коэффициент корреляции, чем исходные.

Введение

Методам предобработки отводится большое значение в современных технологиях анализа данных. Одна из основных задач предобработки изображений в задачах компьютерного зрения – это получение инвариантного к условиям съемки или синтеза представления входного изображения. Основными элементами, которые определяют внутреннюю структуру изображения, являются особые точки, линии, границы объектов, области заданной формы. В наиболее общем случае они могут задаваться контрастом по яркости, цвету, текстуре, причем направление перепада яркости (темный/светлый объект на светлом/темном фоне) или цвета также априорно не определено.

При получении нескольких изображений в различающихся условиях применение процедур распознавания, таких как корреляционный детектор, сильно затруднено. Однако и результаты структурного анализа с опорой на внутренние особые точки изображений, также не всегда демонстрируют устойчивость к изменению условий регистрации сцен.

Для решения проблем сопоставления нескольких изображений сцены, полученных в разных условиях, или даже различающихся по типу представления, предложен теоретико-информационный метод предобработки изображений и продемонстрирована его эффективность при использовании совместно с корреляционно-экстремальным алгоритмом.

Корреляционный анализ изображений. Постановка задачи

Одной из типовых задач технического зрения является поэлементное сравнение двух изображений одного и того же объекта, зарегистрированных различными датчиками, или двух изображений одного и того же объекта, полученных с помощью одного датчика, но в разное время. Чтобы осуществить такое сравнение, необходимо выполнить взаимную привязку этих изображений и таким образом скорректировать относительные пространственные сдвиги, различия в усилении, смещения, вызванные поворотом, а также геометрические искажения и искажения яркости каждого изображения.

Классический способ взаимной привязки (совмещения) пары функций состоит в том, что формируется величина, измеряющая корреляцию между этими функциями, и находится положение максимума функции корреляции.

Приведем пример. Допустим, нам необходимо сопоставить аэрофотоснимок топографической карте той же местности (рисунок 1).



Рисунок 1 – Изображения: а) снимок; б) карта

На рисунке 2 приведена корреляционная функция данных изображений.

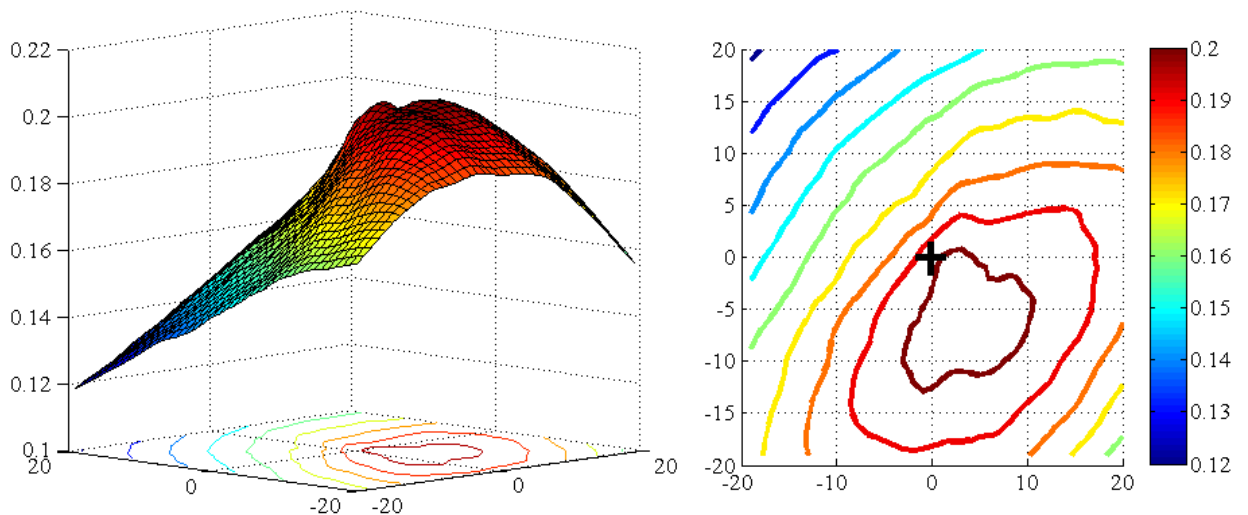


Рисунок 2 – Корреляционная функция изображений, приведенных на рис. 1

Из рисунка видно, что корреляционная функция имеет несколько максимумов (два равных по амплитуде максимума). Положения обоих максимумов отличны от точки с координатами $(0,0)$, хотя в данном примере сдвиг нулевой по обеим координатам. Данный

пример показывает, что корреляционно-экстремальный принцип имеет серьезные ограничения по типам сравниваемых изображений.

Обычно для сравнения таких разнородных изображений используют методы структурного анализа, выделяют особые точки и ищут соответствие между ними. Однако, известно, что даже на однотипных изображениях одной и той же сцены, полученных с некоторым сдвигом точки съемки или источника освещения, алгоритмы выделения особых точек могут давать значительные погрешности. Вследствие этого некоторые особые точки могут не иметь пары, а особые точки в паре будут иметь несколько отличающиеся пространственные положения. В случае разнородных изображений, подобных рассматриваемым в этом примере, вообще отсутствуют основания для предположения о том, что выделенные на них особые точки не будут уникальными для каждого из изображений.

Следует также учесть, что корреляционно-экстремальный метод при наличии решения дает более точное совмещение изображений, чем структурные методы, за счет использования всей имеющейся в изображении информации, а не только отдельных точек. Кроме того, имеются эффективные алгоритмы и аппаратные средства для выполнения корреляционного анализа изображений.

Поэтому представляет значительный практический интерес задача адаптации корреляционно-экстремального метода для использования при сравнении разнородных изображений. Предлагается для решения данной задачи использовать метод предобработки изображений, основанный на энтропийном анализе, в частности замене изображения картой его локальной энтропии, которая, как будет показано ниже, значительно более устойчива к влиянию исследуемых нами факторов, чем карта яркостей.

Метод предобработки изображений на основе энтропийного анализа

Решение проблемы достигается применением метода предобработки изображений на основе учета имеющихся в изображении внутренних статистических связей между его элементами. Данное решение основано на предположении, что статистически связанные между собой элементы в изменяющихся условиях получения изображения остаются статистически связанными.

Для выявления внутренних статистических связей в данных любой природы используются теоретико-информационные методы. В применении к решению поставленной задачи предлагается осуществить энтропийный анализ изображений, а именно вычислить карту локальной энтропии для каждого из исходных изображений.

Изображение рассматривается как реализация случайного процесса [3]. Локальная энтропия (H_i) характеризует степень неожиданности наступления i -го события, чем меньше его априорная вероятность, тем выше его локальная энтропия.

Определим, что будет пониматься в данном случае под «событием» и как вычислить вероятность его наступления:

- для каждой пары соседних отсчетов в строке вычисляется разность значений яркости (D_{row});

- для вычисленных значений вычисляется разность по столбцам (D_{col}).

Событием (e) считается конкретное сочетание значений двух соседних разностей D_{col} , вероятность его оценивается подсчетом количества вхождений этого сочетания по всему изображению и делением на общее количество рассмотренных пар пикселей.

Выходное изображение формируется путем замены каждого отсчета величиной, вычисляемой по формуле локальной энтропии (то есть строится карта локальной энтропии):

$$Y(i, j) = -\log p(e_{ij}). \quad (1)$$

На рисунке 3 приведены карты энтропий изображений, приведенных на рисунке 1.

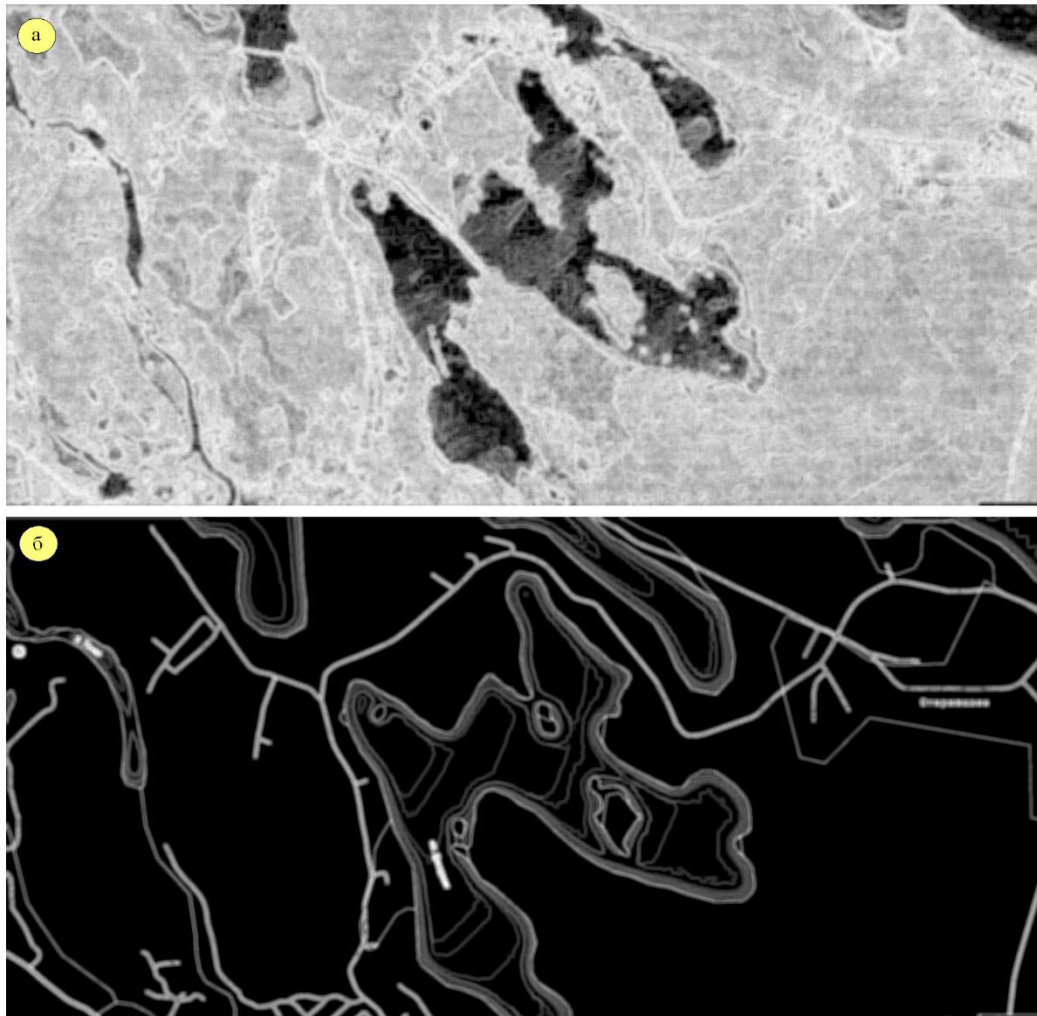


Рисунок 3 – Карты локальной энтропии: а) снимка; б) карты

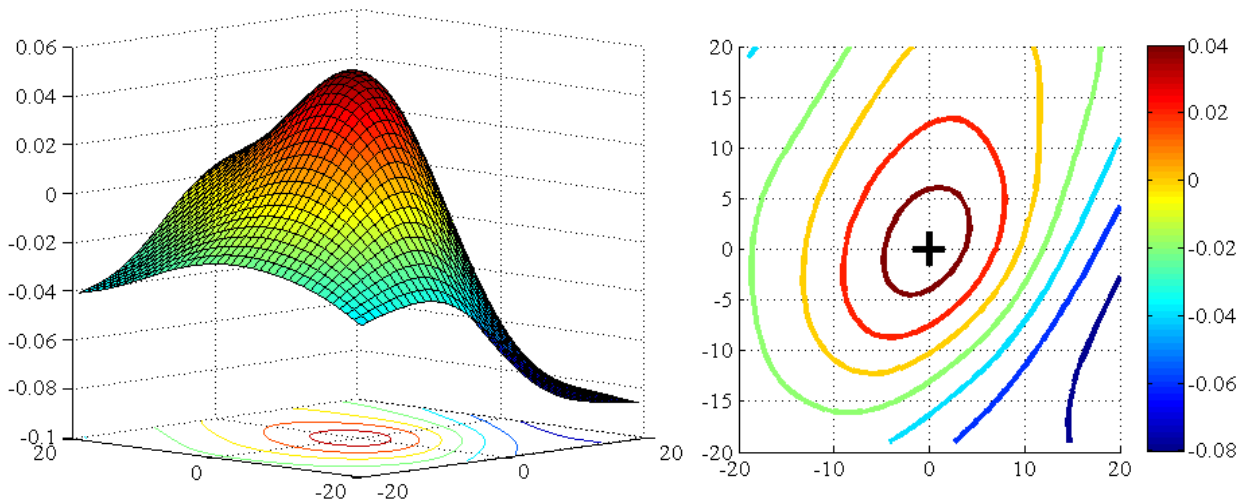


Рисунок 4 – Корреляционная функция энтропий изображений

Вид корреляционной функции (КФ) карт локальной энтропии приведен на рисунке 4. Из рисунка видно, что корреляционная функция имеет ярко выраженный максимум, соответствующий нулевому сдвигу.

Аналогичные результаты были получены при использовании других тестовых изображений: карты и аэрофотоснимки, снимки в зимнее и летнее время, оптические и инфракрасные снимки. Тестовые изображения после предобработки демонстрируют более выраженный коэффициент корреляции и более гладкую КФ, чем исходные изображения.

Таким образом, энтропийная предобработка изображений может быть рекомендована для использования при сопоставлении изображений корреляционно-экстремальным методом по двум причинам:

- она приводит к повышению корреляции между разнородными изображениями;
- корреляционная функция энтропийных карт более гладкая, чем корреляционная функция исходных изображений, за счет чего можно значительно уменьшить объем вычислений по поиску экстремума.

Заключение

Преимуществами корреляционного анализа является то, что данная технология уже отработана, имеются быстрые алгоритмы вычисления корреляции и существуют аппаратно реализованные решения. На сегодняшний день большой интерес представляют простые и дешевые корреляционные зрительные системы, реализованные в виде спецпроцессоров.

В данной работе была поставлена задача использовать корреляционный метод сравнения изображений, но в сложных условиях. Предобработка изображений на основе теоретико-информационной технологии позволяет более корректно и эффективно проводить сравнение изображений. Проведенные исследования метода предобработки на основе локальной энтропии показали, изображения одной и той же сцены, полученные в различных условиях, после предобработки демонстрируют более стабильный коэффициент корреляции, чем исходные. Разработанный метод препроцессинга позволил эффективно решать задачи автоматического совмещения изображений следующих типов:

- аэрофотоснимков, снятых в различное время;
- аэрофотоснимков и топографических карт;
- оптических и инфракрасных снимков.

Таким образом, применение разработанного метода позволит существенно расширить область применения корреляционно-экстремального метода сопоставления изображений в системах технического зрения.

Литература

1. О.В. Цветков, Л.В. Поливанайте, С.А. Куценко, М.В. Репина. Простая высокоинформативная метрика для оценки качества изображений в биомедицинских системах// Биотехносфера №1-2(31-32) 2014.
2. Сырякин В.И., Шидловский В.С. Корреляционно-экстремальные радионавигационные системы. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010.
3. Прэтт Э. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982.
4. Kullback S. Information theory and statistics. Gloucester: PeterSmith, 1978.