

Использование взаимной информации как меры подобию при стохастической привязке изображений

А.Г. Ташлинский¹, Р.О. Коваленко¹, Р.М. Ибрагимов¹

¹Ульяновский государственный технический университет, Северный Венец 32, Ульяновск, Россия, 442027

Аннотация

Исследуется эффективность применения в качестве целевой функции стохастической привязки изображений взаимной информации Шеннона, Реньи и Тцаллиса. Показано, что при нелинейных яркостных искажениях привязываемых изображений использование этих теоретико-информационных мер даёт лучшие результаты, чем средний квадрат межкадровой разности и коэффициент межкадровой корреляции.

Ключевые слова

Изображение, привязка, оценивание, градиент, взаимная информация

1. Введение

Многие задачи обработки изображений требуют совмещения (привязки) изображений, полученных с различных датчиков и/или в разное время. Примерами могут служить дистанционный контроль природных ресурсов и динамики экосистем. Фактором, затрудняющим привязку, является то, что по яркостным характеристикам изображения могут существенно отличаться друг от друга. В условиях априорной неопределенности хорошо себя зарекомендовали стохастические релейные процедуры [1], сводящиеся к рекуррентной оптимизации многомерной целевой функции качества оценивания, основанной на мере подобию между парой изображений Z^1, Z^2 . Часто используемыми мерами являются средний квадрат межкадровой разности и коэффициент межкадровой корреляции [2], однако для рассматриваемой задачи они не всегда эффективны из-за уже отмеченного различия яркостных характеристик Z^1, Z^2 . Более устойчивые результаты дают теоретико-информационные меры, в частности взаимная информация (ВИ), применение которой до недавнего времени сдерживалось быстродействием вычислительных средств. В работе исследуется эффективность построения процедур стохастической привязки на основе ВИ Шеннона [3], Реньи [4] и Тцаллиса [5].

2. Постановки задачи и основные результаты

Безыдентификационную релейную стохастическую процедуру оценивания вектора параметров $\bar{\alpha}$ привязки можно задать в виде: $\hat{\alpha}_t = \hat{\alpha}_{t-1} \pm \Lambda_t \text{sign} \bar{\beta}_t(J(\hat{\alpha}_{t-1}, Z_t))$, где $\bar{\beta}(\cdot)$ - стохастический градиент целевой функции $J(\cdot)$; Λ - матрица обучения, определяющая скорость сходимости и точность оценок $\hat{\alpha}$; $Z_t = \{z_{jt}^1, z_{jt}^2\}$ - локальная выборка отсчетов изображений Z^1, Z^2 , используемая для нахождения $\bar{\beta}(\cdot)$ на t -й итерации; \bar{Z}^1 - передискретизированное по оценкам $\hat{\alpha}_{t-1}$ изображение Z^1 ; j_t - координаты отсчетов локальной выборки; $t = \overline{1, T}$ - номер итерации. Число отсчетов z_{jt}^2 в Z_t определяет объем μ локальной выборки.

Получены выражения для расчета стохастического градиента ВИ Шеннона, Реньи и Тцаллиса. При этом рассмотрено два подхода к прогнозу плотности распределения вероятностей (ПРВ) яркостей изображений по локальной выборке: на основе гистограмм [6] и окон Парзена [7]. Эффективность исследуемых видов ВИ анализировалась на различных классах изображений: оптических, разнозональных, с линейным и нелинейным искажением яркости, в условиях аддитивных и мультипликативных шумов. В качестве параметров

привязки использовались параметры аффинной модели геометрических деформаций. На рисунке приведен пример полученных результатов сходимости оценок параметров привязки, формируемых стохастической процедурой, при воздействии на изображение Z^1 аддитивного шума при отношении сигнал/шум (по дисперсиям), равном примерно 10, а на Z^2 – мультипликативного. Оцениваемыми параметрами были параллельный сдвиг (h_x, h_y) , угол поворота (φ) и коэффициент масштаба (κ) с начальным рассогласованием: $h_x = -2.2$, $h_y = 2.7$ (на рисунке не приведен), $\varphi = 3.0^\circ$, $\kappa = 1.1$. На рисунке (г) приведены также графики инвариантного к используемой модели привязки параметра – евклидова расстояния рассогласования E . Линия 1 соответствует ВИ Шеннона, 2 – Реньи, 3 - Тсаллиса. Результаты получены при $\mu = 50$ и усреднены по 30 реализациям.

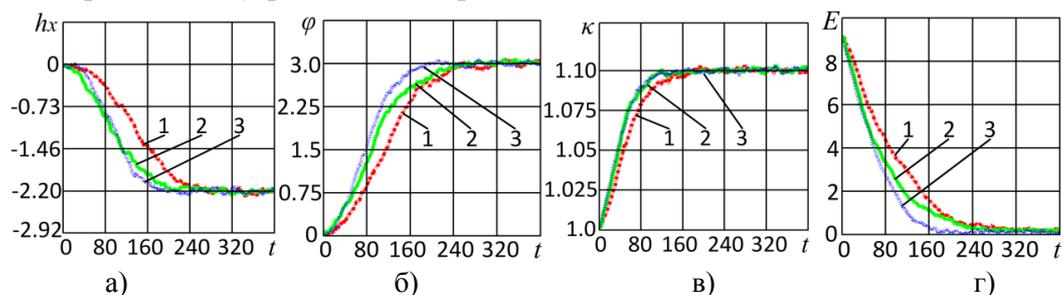


Рисунок 1: Сходимость параметров привязки

3. Заключение

В целом можно отметить, что прогноз ПРВ на основе гистограмм дает худшие результаты по сравнению с применением окон Парзена. Связано это с тем, что в последнем случае используется более полная информация об отсчетах локальной выборки. При равных условиях большую скорость сходимости оценок обеспечивает ВИ Тсаллиса, чуть худшие результаты дает ВИ Реньи. В целом теоретико-информационные меры при нелинейных яркостных искажениях привязываемых изображений существенно выигрывают по сравнению со средним квадратом межкадровой разности и коэффициентом межкадровой корреляции.

4. Благодарности

Работа поддержана грантами РФФИ № 18-41-730006 и № 19-29-09048.

5. Литература

- [1] Tashlinskii, A.G. Pseudogradient estimation of digital images interframe geometrical deformations // *Vision Systems: Segmentation and Pattern Recognition*. – 2007. – P. 465-494.
- [2] Tashlinskii, A.G. Analysis of methods of estimating objective function gradient during recurrent measurements of image parameters / A.G. Tashlinskii, P.V. Smirnov, S.S. Zhukov // *Pattern recognition and image analysis*. – 2012. – Vol. 22(3). – P. 399-405.
- [3] Maes, F. Medical image registration using mutual information / F. Maes, D. Vandermeulen, P. Suetens // *Proc. IEEE*. – 2003. – Vol. 91(10). – P. 1699-1722.
- [4] Wachowiak, M.P. Similarity metrics based on nonadditive entropies for 2D-3D multimodal biomedical image registration / M.P. Wachowiak, R. Smolikova, G.D. Tourassi, A.S. Elmaghraby // *Medical Imaging Conf., Proc. SPIE*. – 2003. – Vol. 5032. – P. 1090-1100.
- [5] Cvejic, N. Information fusion metric based on mutual information and Tsallis entropy // N. Cvejic, C.N. Canagarajah, D.R. Bull // *Electron. Lett.* – 2006. – Vol. 42(11). – P. 626-627.
- [6] Maes, F. Non-rigid image registration using mutual information / F. Maes, E. D'Agostino, D. Loeckx // *Compstat: Proceedings in Computational Statistics*. – 2006. – P. 91-103.
- [7] Parzen, E. On Estimation of a Probability Density Function and Mode / E. Parzen // *Annals of Math. Statistics*. – 1962. – Vol. 33. – P.1065-1076.