

ANALISIS PERFORMANSI *IMAGE REGISTRATION PAIR MODE* BERBASIS *SPARSE REPRESENTATION*

SPARSE REPRESENTATION-BASED PERFORMANCE ANALYSIS OF PAIR MODE IMAGE REGISTRATION

Dwiki Kurniawan¹, Suryo Adhi Wibowo², Rissa Rahmania³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹dwikikurniawn@student.telkomuniversity.ac.id, ²suryoadhiwibowo@telkomuniversity.ac.id,

³saniarahmani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pengukuran kesamaan atau *similarity measure* adalah hal penting dalam *image registration*. Dalam penelitian kali ini penulis mengukur kesamaan dari dua buah gambar yang salah satunya sudah diregistrasikan dimana gambar pertama menjadi *groundtruth*. Pengukuran kesamaan telah banyak diteliti sebelumnya dengan banyak metode dengan hasil yang baik, tetapi masih ditemukan beberapa celah dimana pengukuran kesamaan tidak bisa diterapkan di semua kondisi. *Sparse Representation* (SR) adalah salah satu metode dalam pengukuran kesamaan di *image registration* dimana metode ini menghitung melalui indeks *sparseness* dari gambar. Keunggulan dari metode SR ini adalah akurasi dari kemiripan/kesamaan dari gambar masukan yang bisa terhitung dengan baik. Metode SR ini juga cukup kuat dalam menangani gambar dalam intensitas distorsi yang besar, yang banyak terdapat dalam gambar medis, gambar jarak yang jauh yang disebabkan perbedaan modalitas akuisisi dan kondisi iluminasi.

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini antara lain nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan nilai terbaik sebesar 39,5825, nilai *Peak-Signal to NoiseRatio* (PSNR) dengan nilai terbaik 16,18 dB, nilai *Structural Similarity Index* (SSIM) dengan nilai terbaik 0,8318, nilai *Correlation Coefficient* (CC) dengan nilai terbaik 0,732, dan nilai *Coherence* dengan nilai terbaik 0,268.

Kata Kunci: *image registration, sparse representation, gambar panchromatic, gambar multispectral, pengukuran kesamaan.*

Abstract

Similarity measure is an important thing in image registration. In this study the authors measures the similarity of the two images, one of which was registered where the first image became the groundtruth. Similarity measure have been studied previously with many methods with good results, but there are still some gaps where similarity measurements cannot be applied in all conditions. Sparse Representation (SR) is one method in measuring similarity in image registration where this method counts the sparseness' index of images. The advantage of this SR method is the accuracy of the similarities of the input images that can be counted well. The SR method is also strong enough to handle images in a large intensity of distortion, which is often found in medical images, long distance images caused by differences in acquisition modalities and illumination conditions.

The results obtained in this study include the value of Root Mean Square Error (RMSE) with the best value is 39,5825 the value of Peak Signal to NoiseRatio (PSNR) with the best value is 16,16 dB, the value of the Structural Similarity Index (SSIM) is 0,8313, the value of Correlation Coefficient (CC) with the best value is 0,732, and the value of Coherence with the best value is 0,268.

Keywords : *image registration, sparse representation, panchromatic image, multispectral image, similarity measure*

1. Pendahuluan

Image Registration adalah salah satu hal penting dalam *image processing* dan *computer vision* [1]. Dalam faktanya, rata-rata distorsi geometrik yang bernilai 0.3 piksel atau lebih yang akan memunculkan efek efek perbedaan yang terdeteksi oleh mata dalam penggabungan gambar [2]. Pengukuran kesamaan juga sudah menjadi topik aktif dalam beberapa tahun terakhir untuk diteliti namun masih ada beberapa celah dimana pengukuran kesamaan tidak bisa diterapkan di semua kondisi [3].

Dalam tugas akhir ini, penulis menggunakan sebuah metode dalam *similarity measure* di *image registration* yaitu dengan menggunakan metode *Sparse Representation*. Pada metode ini, penulis menggunakan masukan dua buah gambar, yaitu gambar *panchromatic* dan gambar *multispectral*. Kedua gambar tersebut memiliki perbedaan dalam resolusi dan sensor yang membuat penelitian ini lebih menantang.

2. Dasar Teori

2.1 *Image Registration*

Registrasi adalah proses mengubah kumpulan data yang berbeda menjadi satu sistem koordinat. Data dapat berupa gambar, data dari berbagai sensor, waktu, kedalaman, atau sudut pandang [4]. Registrasi diperlukan agar dapat membandingkan atau mengintegrasikan data yang diperoleh dari pengukuran yang berbeda ini. *Image registration* adalah salah satu hal penting dalam *image processing* dan *computer vision* [5]. *Image registration* sendiri bisa dibagi menjadi dua berdasarkan jumlah gambar masukannya, *image registration batch mode* dimana jumlah gambar masukannya yang akan diproses lebih dari dua dan *image registration pair mode* dimana gambar masukan yang diproses hanya sepasang.

2.1.1 *Multisensor Remotely Sensed Image Registration*

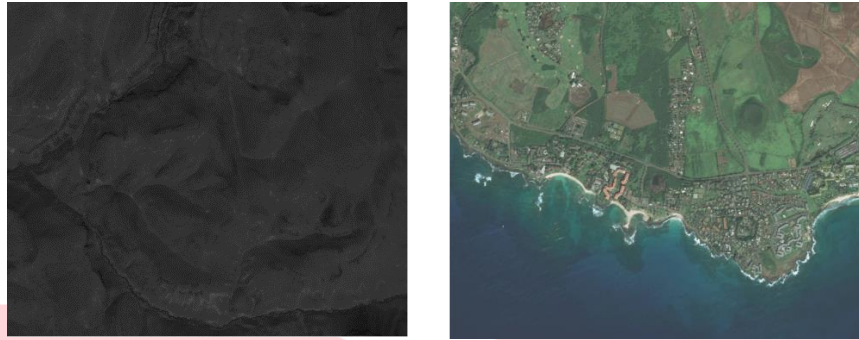
Multisensor Remotely Sensed Image Registration adalah operasi *image registration* jarak jauh yang memiliki keidentikan, yang mana sering diaplikasikan untuk penggabungan gambar dan deteksi perubahan. Gambar jarak jauh yang sama misalnya sebuah pegunungan, diambil dalam waktu yang berbeda, kondisi yang berbeda, dan berbagai kondisi pencahayaan dari sensor yang berbeda. Oleh karena itu, gambar masukan bisa memiliki perbedaan yang signifikan dalam nilai intensitas jika dibandingkan dengan gambar referensi [6].

2.1.2 *Remotely Sensed Image Fusion*

Remotely Sensed Image Fusion (RSIF) adalah kombinasi dari dua atau lebih gambar jarak jauh yang berbeda namun di tempat yang sama untuk membentuk gambar baru dengan menggunakan algoritma tertentu untuk memperoleh informasi yang lebih banyak dan lebih baik tentang suatu objek atau area studi [7]. RSIF sering diaplikasikan dalam beberapa hal, seperti pengembangan kota kota besar dan perubahan penggunaan lahan (konversi bentang alam menjadi kawasan industri dan pertanian) [8]. Adapun beberapa aplikasi lain dari RSIF adalah monitoring urbanisasi [9], geologi dan geomorfologi [10], agrikultur/pertanian [11][12], kehutanan [13], pemantauan bencana alam [14], dan pengelolaan zona pesisir pantai [15][16].

2.1.3 *Gambar Panchromatic dan Multispectral*

Gambar *panchromatic* adalah gambar yang diambil menggunakan sensor yang sensitif terhadap panjang gelombang cahaya. Gambar *panchromatic* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu *panchromatic* hitam-putih dan *panchromatic* infra merah. Gambar *multispectral* adalah gambar yang diambil dalam panjang gelombang tertentu di seluruh spektrum elektromagnetik. Panjang gelombang dapat dipisahkan dengan filter atau dengan menggunakan instrumen yang peka terhadap panjang gelombang tertentu, termasuk cahaya dari frekuensi di luar rentang cahaya tampak, yaitu infra merah dan ultra-violet. Pada Gambar 1 dibawah bisa dilihat contoh dari gambar *panchromatic* dan gambar *multispectral*.



Gambar 1. Gambar *panchromatic* (kiri), gambar *multispectral* (kanan) [17]

2.1.4 Registration's Tools

Software MATLAB 2018a menyediakan *registration's tools* untuk memudahkan penggunaannya dalam melakukan *image registration*, seperti *optimizer Regular Step Gradient Descent* yang berpasangan dengan *metric Mean Squares* dan *optimizer One Plus One Evolutionary* yang berpasangan dengan *metric Mattes Mutual Information*.

1) Regular Step Gradient Descent

Regular Step Gradient Descent Optimizer adalah sebuah *tools* optimasi dalam *image registration* yang disediakan oleh aplikasi MATLAB 2018a, dimana *optimizer* ini memiliki beberapa aspek yang mempengaruhi kualitas optimasinya dan sudah mempunyai nilai *default* di setiap aspeknya [18]. Aspek aspek tersebut antara lain *Gradient Magnitude Tolerance*, *Minimum Step Length*, *Maximum Step Length*, *Maximum Iteration*, dan *Relaxation Factor*.

2) Mean-Square Metric

Mean-Square Metric (MSM) adalah sebuah matrik pengukur kesamaan dalam *image registration* yang disediakan oleh aplikasi MATLAB 2018a. MSM bekerja dengan mengkuadratkan perbedaan nilai piksel di tiap titik pada setiap gambar masukan dan mengambil rata rata dari hasil perhitungan [19]. MSM adalah nilai *element-wise* hasil pengurangan/selisih dari dua buah gambar masukan. Nilai ideal dari MSM adalah 0.

2.2 Parameter Performansi

Untuk melakukan perhitungan performansi dari algoritma yang dirancang menggunakan beberapa parameter. Parameter performansi yang digunakan antara lain *Root Mean Square Error* (RSME), *Peak-Signal to Noise Ratio* (PSNR), *Structural Similarity Index* (SSIM), *Correlation Coefficient* (CC), dan *Coherence*.

3. Perancangan Simulasi Sistem

3.1 Desain Sistem

Sistem pada penelitian kali ini menggunakan bantuan *software* pengolahan matriks. Tahapan tahapan yang dilakukan sistem bisa dilihat di Gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

1) Akuisisi Gambar

Pada tahap ini penulis mencari gambar gambar yang akan diproses. Gambar yang dicari adalah gambar *panchromatic* dan gambar *multispectral*. Penulis berhasil mendapatkan gambar yang diinginkan melalui *Pleiades-1 Multispectral Imaging Satellite* [17] yang mana gambar gambar tersebut adalah gambar

tangkapan satelit yang berukuran 3260×3312 piksel untuk gambar *panchromatic* dan 3260×3310 piksel untuk gambar *multispectral*.

2) *Pre-processing*

Pada tahap ini gambar yang sudah diakuisisi sebelumnya melalui proses *cropping* dengan ukuran 300×300 piksel baik gambar *panchromatic* maupun gambar *multispectral*.

3) *Registration Process*

Pada tahap ini dibantu oleh *tools image registration* yang ada pada *software* pengolahan matriks, yaitu menggunakan *Gradient-Descent Optimizer* dan *Mean-Square Metric*.

4) *Similarity Measure*

Pada tahap ini, performansi *similarity* dari hasil *registration process* didapatkan. Analisisnya sendiri terbagi menjadi dua, *visual analysis* dan *mathematical analysis*. *Visual analysis* adalah analisis dimana melihat perbandingan selisih gambar *panchromatic* dengan *groundtruth* sebelum dan sesudah diregistrasikan. *Mathematical analysis* meliputi *Root Mean Square Error (RSME)*, *Peak-Signal to Noise Ratio (PSNR)*, *Structural Similarity Index (SSIM)*, *Correlation Coefficient (CC)*, dan *Coherence*.

4 Analisis Simulasi Sistem

4.1 Skenario dan Hasil Pengujian

Pengujian pada penelitian ini menggunakan tiga skenario yang mana setiap skenario memiliki pengaruh terhadap kualitas gambar keluaran, skenario yang digunakan sebagai berikut:

- 1) Menggunakan nilai *Maximum Step Length (MaxSL)* dari angka 0,001 sampai 0,9 untuk menemukan nilai terbaik dari MaxSL pada *registration process* di kasus *pair mode*.
- 2) Menggunakan nilai *Relaxation Factor (RF)* dari angka 0,001 sampai 0,9 untuk menemukan nilai terbaik dari MaxSL pada *registration process* di kasus *pair mode*.
- 3) Melakukan kembali *image registration* dengan menggunakan nilai terbaik MaxSL dan RF pada seluruh *dataset*.

4.2 Pengaruh nilai *Maximum Step Length* terhadap Kualitas Gambar Keluaran

Skenario pertama yaitu menggunakan nilai MaxSL dari angka 0,001 hingga 0,9 pada *registration process*. Nilai MaxSL terbaik dipilih berdasarkan *mathematical analysis* kualitas gambar keluaran dari *registration process* yang dilakukan. Hasil dari *image registration* dengan skenario pertama bisa dilihat di Tabel 1 dan Tabel 2 dibawah.

Nilai MaxSL pada nilai 0,001 sampai 0,003 menghasilkan kualitas gambar keluaran yang buruk karena pada nilai tersebut *optimizer* telah mencapai iterasi maksimum (*default*: 100) sebelum *optimizer* selesai mengkonvergensi semua bagian gambar. Nilai MaxSL pada nilai 0,03 sampai 0,9 menghasilkan kualitas gambar keluaran yang buruk karena *optimizer* selesai mengkonvergensi seluruh bagian gambar hanya dengan beberapa iterasi saja namun dengan akurasi yang rendah dikarenakan ukuran *step size* yang besar.

Hasil dari skenario pertama ini, didapatkan nilai MaxSL terbaik berada di angka 0,01 dimana memiliki nilai SSIM sebesar 0,77262 (tertinggi dibandingkan dengan nilai MaxSL lain), nilai CC sebesar 0,52987 (tertinggi jika dibandingkan dengan nilai MaxSL lain), nilai PSNR sebesar 12,89813, nilai RMSE sebesar 57,76081, dan nilai *Coherence* sebesar 0,47012 (terbaik dibandingkan dengan nilai MaxSL lain).

Tabel 1. Korelasi nilai MaxSL dengan nilai SSIM dan CC

Nilai MaxSL	SSIM	CC
0,001	0,34037	0,37432
0,003	0,42206	0,42728
0,005	0,77245	0,52981
0,007	0,7726	0,52986
0,009	0,77258	0,52985
0,01	0,77262	0,52987
0,03	0,24514	0,29934
0,05	0,24526	0,29924
0,07	0,23939	0,16147
0,09	0,24261	0,29649
0,1	0,23992	0,10694
0,3	0,2826	0,06529
0,5	0,14091	0,35654
0,7	0,18579	0,28479
0,9	0,02634	0,06564

Tabel 2. Korelasi nilai MaxSL dengan nilai PSNR, RMSE dan Coherence

Nilai MaxSL	PSNR	RMSE	Coherence
0,001	12,37358	61,35653	0,62567
0,003	12,55288	60,10299	0,57271
0,005	12,89798	57,76182	0,47018
0,007	12,89813	57,76085	0,47013
0,009	12,89809	57,76106	0,47014
0,01	12,89813	57,76081	0,47012
0,03	12,32202	61,72186	0,70065
0,05	12,32727	61,68453	0,70075
0,07	12,95082	57,41148	0,83852
0,09	12,32446	61,70448	0,7035
0,1	13,39375	54,55724	0,89305
0,3	13,42291	54,37437	0,9347
0,5	12,92195	57,60263	0,64345
0,7	12,96534	57,31562	0,7152
0,9	8,80696	92,5107	0,93435

4.3 Pengaruh nilai *Relaxation Factor* terhadap Kualitas Gambar Keluaran

Skenario kedua yaitu menggunakan nilai RF dari angka 0,001 hingga 0,9 pada *registration process*. Nilai RF terbaik dipilih berdasarkan *mathematical analysis* kualitas gambar keluaran dari *registration process* yang dilakukan. Hasil dari *image registration* dengan skenario kedua bisa dilihat di Tabel 3 dan Tabel 4 dibawah.

Berdasarkan data yang dipaparkan di Tabel 3 dan Tabel 4, kualitas gambar keluaran tidak berbeda terlalu jauh disetiap nilai RF. Kualitas gambar keluaran tidak berbeda terlalu jauh disetiap nilai RF dikarenakan pada *Regular Step Gradient-Descent Optimizer*, RF berfungsi untuk menentukan tingkat pengurangan *step size* ketika *optimizer* menemukan perubahan *gradient direction*. Jika tidak banyak perubahan *gradient direction* yang ditemukan oleh *optimizer*, otomatis tidak banyak perubahan kualitas gambar keluaran walaupun nilai RF berubah ubah karena tidak adanya perubahan *step size*.

Hasil dari skenario kedua, didapatkan nilai RF terbaik berada di angka 0,5 dimana memiliki nilai SSIM sebesar 0,7726 (tertinggi dibandingkan dengan nilai RF lain), nilai CC sebesar 0,52987, nilai PSNR sebesar 12,8981, nilai RMSE sebesar 57,7608, dan nilai *Coherence* sebesar 0,4701 (terbaik dibandingkan dengan nilai RF lain).

Tabel 3. Korelasi nilai RF dengan nilai SSIM dan CC

Nilai RF	SSIM	CC
0,001	0,73284	0,50376
0,003	0,76276	0,5188
0,005	0,74245	0,51439
0,007	0,76731	0,52694
0,009	0,76915	0,52886
0,01	0,76948	0,52899
0,03	0,77146	0,52953
0,05	0,77249	0,52983
0,07	0,77252	0,52986
0,09	0,77249	0,52984
0,1	0,77252	0,52985
0,3	0,77249	0,52984
0,5	0,7726	0,52986
0,7	0,77258	0,52986
0,9	0,77257	0,52986

Table 4. Korelasi nilai RF dengan nilai PSNR, RMSE dan Coherence

Nilai RF	PSNR	RMSE	Coherence
0,001	12,8218	58,27064	0,49623
0,003	12,86697	57,9684	0,48119
0,005	12,8549	58,04899	0,4856
0,007	12,89121	57,80689	0,47305
0,009	12,89688	57,76914	0,47113
0,01	12,8971	57,76767	0,471
0,03	12,89786	57,7626	0,47046
0,05	12,89808	57,76117	0,47016
0,07	12,89813	57,76083	0,47013
0,09	12,8981	57,76101	0,47015
0,1	12,89811	57,76093	0,47014
0,3	12,89811	57,76097	0,47015
0,5	12,89812	57,76087	0,47013
0,7	12,89811	57,76096	0,47014
0,9	12,89813	57,7608	0,47014

4.4 Terapan Nilai Terbaik dari MaxSL dan RF

Skenario pertama dan skenario kedua menghasilkan nilai terbaik dari MaxSL dan RF untuk *image registration* yang masing masing bernilai 0,01 untuk MaxSL dan 0,5 untuk RF. Contoh hasil *image registration* dengan menggunakan nilai terbaik dari MaxSL dan RF bisa dilihat di Gambar 3 dan Tabel 5 dibawah.



Gambar 3 *Difference* gambar sebelum diregistrasikan (kiri), *difference* gambar sesudah diregistrasikan (kanan)

Pada Gambar 3 bisa dilihat *difference* gambar setelah di registrasikan mengalami pengurangan dibandingkan gambar sebelum diregistrasikan. Wilayah di lingkaran kuning yang semakin gelap pada gambar yang telah di registrasikan mengindikasikan bahwa *image registration* ini berhasil membuat *difference* gambar mengalami pengurangan.

Berdasarkan data yang dipaparkan Tabel 5, kualitas gambar setelah diregistrasikan meningkat dibandingkan dengan gambar sebelum diregistrasikan. Data tersebut membuktikan bahwa sistem berhasil meng-*improve* kualitas gambar dalam *similarity measure* dengan *image registration* pada kasus *pair mode*.

Tabel 5. Perbedaan kualitas gambar sebelum diregistrasikan dan sesudah di registrasikan

Parameter	RMSE	PSNR	SSIM	CC	Coherence
Sebelum diregistrasikan	49,96188	14,15802	0,31446	0,62653	0,37346
Sesudah diregistrasikan	45,52941	14,96496	0,79711	0,70893	0,29106

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis performansi dari *image registration* yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada skenario pertama didapatkan bahwa nilai *Maximum Step Length* (MaxSL) yang terbaik untuk *image registration* dengan tools *Regular Step Gradient-Descent Optimizer* adalah 0,01.
- 2) Pada skenario kedua didapatkan bahwa nilai *Relaxation Factor* (RF) yang terbaik untuk *image registration* dengan tools *Regular Step Gradient-Descent Optimizer* adalah 0,5.
- 3) Setelah menggunakan nilai MaxSL terbaik dan nilai RF terbaik dalam *registration process*, didapatkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan nilai terbaik 39,5825, nilai *Peak-Signal to Noise Ratio* (PSNR) dengan nilai terbaik 16,181 dB, nilai *Structural Similarity Index* (SSIM) dengan nilai terbaik 0,8318, nilai *Correlation Coefficient* (CC) dengan nilai terbaik 0,732, dan nilai *Coherence* dengan nilai terkecil 0,268.
- 4) Algoritma *image registration* ini cocok dilakukan jika mempunyai jumlah *input data* yang terbatas.
- 5) Proses *cropping* mempengaruhi kualitas gambar keluaran hasil dari *registration process*.

Daftar Pustaka:

- [1] B. Zitova and J. Flusser, "Image registration methods: a survey," *Image and vision computing*, vol. 21, no. 11, pp. 977–1000, 2003.
- [2] P. Blanc, L. Wald, and T. Ranchin, "Importance and effect of co-registration quality in an example of pixel to pixel fusion process," in *2nd International Conference Fusion of Earth Data: merging point measurements, raster maps and remotely sensed images*. SEE/URISCA, Nice, France, 1998, pp. 67–74.
- [3] A. Sotiras, C. Davatzikos, and N. Paragios, "Deformable medical image registration: A survey," *IEEE transactions on medical imaging*, vol. 32, no. 7, p.1153, 2013.
- [4] L. G. Brown, "A survey of image registration techniques," *ACM computing surveys (CSUR)*, vol. 24, no. 4, pp. 325–376, 1992.
- [5] R. Szeliski et al., "Image alignment and stitching: A tutorial," *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, vol. 2, no. 1, pp. 1–104, 2007.
- [6] Li, C. Chen, F. Yang, and J. Huang, "Hierarchical sparse representation for robust image registration," *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 40, no. 9, pp. 2151–2164, 2017.
- [7] R. Gharbia, A. T. Azar, A. E. Baz, and A. E. Hassanien, "Image fusion tech-niques in remote sensing," *arXiv preprint arXiv:1403.5473*, 2014.

- [8] X. Wang and Q. Xu, "Multi-sensor optical remote sensing image registration based on line-point invariant," in *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. IEEE, 2016, pp. 2364–2367.
- [9] P. Gamba, "Image and data fusion in remote sensing of urban areas: status issues and research trends," *International Journal of Image and Data Fusion*, vol. 5, no. 1, pp. 2–12, 2014.
- [10] A. B. Pour and M. Hashim, "Integrating palsar and aster data for mineral deposits exploration in tropical environments: a case study from central belt peninsular malaysia," *International Journal of Image and Data Fusion*, vol. 6, no. 2, pp. 170–188, 2015.
- [11] L. Wang, Y. Tian, X. Yao, Y. Zhu, and W. Cao, "Predicting grain yield and protein content in wheat by fusing multi-sensor and multi-temporal remotesensing images," *Field Crops Research*, vol. 164, pp. 178–188, 2014.
- [12] B. A. Johnson, H. Scheyvens, and B. R. Shivakoti, "An ensemble pansharpening approach for finer-scale mapping of sugarcane with landsat 8 imagery," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 33, pp. 218–225, 2014.
- [13] S. Sheldon, X. Xiao, and C. Biradar, "Mapping evergreen forests in the brazilian amazon using modis and palsar 500-m mosaic imagery," *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, vol. 74, pp. 34–40, 2012.
- [14] F. Meyer, D. McAlpin, W. Gong, O. Ajadi, S. Arko, P. Webley, and J. Dehn, "Integrating sar and derived products into operational volcano monitoring and decision support systems," *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, vol. 100, pp. 106–117, 2015.
- [15] M. Henderson, T. F. Hart, R. Chasan, and J. Portolese, "Analysis of opticalsar data fusion and merged data set procedures in highly developed urbanizedcoastal ecosystems," in *IGARSS'98. Sensing and Managing the Environment. 1998 IEEE International Geoscience and Remote Sensing. Symposium Proceedings. (Cat. No. 98CH36174)*, vol. 2. IEEE, 1998, pp. 1131–1133.
- [16] P. Maglione, C. Parente, and A. Vallario, "High resolution satellite imagesto reconstruct recent evolution of domitian coastline," *American Journal of Applied Sciences*, vol. 12, no. 7, p. 506, 2015.
- [17] "Pleiades-1 Multispectral Imaging Satellite," <https://www.harrisgeospatial.com/Data-Imagery/Satellite-Imagery/High-Resolution/Pleiades>, [Online; accessed 20-April-2019].
- [18] "Regular Step Gradient Descent," <https://www.mathworks.com/help/images/ref/registration.optimizer.regularstepgradientdescent.html?stid=srchtitle>, [Online; accessed 8-Mei-2019].
- [19] "MeanSquares," <https://www.mathworks.com/help/images/ref/registration.metric.meansquares.html?searchHighlight=MeanSquares&stid=docsrchtitle>, [Online; accessed 8-Mei-2019].