



Pengelompokkan Wilayah Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial di Jawa Tengah dengan *Fuzzy Geographically Weighted Clustering-Gravitational Search Algorithm*

Clustering for Persons with Social Problem Welfare in Central Java using Fuzzy Geographically Weighted Clustering-Gravitational Search Algorithm

Syayidati Mashfuufah*, Indah Manfaati Nur, M Al Haris

Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author: syayidaa@gmail.com*, indahmnur@unimus.ac.id, alharis3@gmail.com

Abstrak

Salah satu indikator keberhasilan pembangunan kesejahteraan sosial di Jawa Tengah adalah semakin berkurangnya populasi Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial (PMKS). Suatu analisis perlu dilakukan untuk mendukung penanganan PMKS dan menciptakan usaha kesejahteraan sosial. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu mengelompokkan wilayah kabupaten/kota di Jawa Tengah berdasarkan 26 indikator PMKS. Algoritma *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC) merupakan analisis pengelompokkan yang memperhatikan efek kewilayahan. FGWC merupakan perbaikan dari algoritma *Fuzzy C-Means*. Namun FGWC memiliki keterbatasan pada tahap inisialisasi pusat awal kluster yang menyebabkan FGWC mudah terjebak dalam lokal optimal sehingga akan mempengaruhi hasil pengelompokkannya. Keterbatasan tersebut dapat ditangani dengan pendekatan *Gravitational Search Algorithm* (GSA) sehingga hasil yang diperoleh global optimal. Tujuan dari GSA yaitu mengoptimalkan nilai fungsi objektif agar tidak terjebak pada lokal optimal sehingga menghasilkan kualitas kluster yang baik. Penelitian ini menerapkan FGWC-GSA pada data PMKS Provinsi Jawa Tengah dengan 26 variabel indikator. Indeks validitas untuk mengevaluasi kluster optimal yang digunakan adalah PCI, CEI, XBI dan IFV. Hasil dari penelitian diperoleh dua kluster optimal. Kluster pertama beranggotakan 11 kabupaten, sedangkan kluster kedua beranggotakan 11 kabupaten dan kota.

Kata kunci: Pengelompokkan, FGWC, kesejahteraan, PMKS, indeks validitas

Abstract

One of some indicators of the successful of social welfare development in Central Java is decreasing the population of people with social welfare problems (PMKS). An analysis needs to be done to support the handling of PMKS and make a prosperous circumstance. One exertion that can be done is grouping or clustering the areas in Central Java based on 26 indicators of PMKS. Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) algorithm is a clustering analysis that observing the effect of area. FGWC is improvement of Fuzzy C-Means algorithm. However, FGWC has limitation in initialization centroid phase that makes it trapped to local optimal that effects the clustering result. The limitation can be addressed with the Gravitational Search Algorithm (GSA) approach so the result obtained global optimal. The purpose of GSA is to optimize the value objective function of FGWC. This research applied FGWC-GSA on PMKS in Central Java Province contained 26 indicators. Partition Coefficient Index, Classification Entropy Index, Separation Index, Xie Beni Index, and IFVIndex were applied to determine the best cluster. This research clustering the areas of Central Java in to two clusters. The first cluster contained 11 districts and the second cluster contained 11 districts and cities.

Keywords: Clustering, FGWC, welfare, PMKS, validity index



PENDAHULUAN

1. Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial (PMKS)

Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial (PMKS) adalah perseorangan, keluarga, kelompok, dan atau masyarakat yang mengalami hambatan, kesulitan atau gangguan dan tidak dapat melaksanakan fungsi sosialnya sehingga kebutuhan hidup baik jasmani, rohani maupun sosial tidak dapat terpenuhi dengan baik secara wajar dan memadai (Rachmawati & Harini, 2016)(Dinsos DIY, 2019). Salah satu indikator keberhasilan pembangunan kesejahteraan sosial di Jawa Tengah adalah semakin berkurangnya populasi Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial (PMKS) (Dinsos Jateng, 2017). Menurut Dinas Sosial Provinsi Jawa Tengah, pada tahun 2017 PMKS di Jawa Tengah turun sekitar 42 ribu yaitu sejumlah 4.92 juta sedangkan pada tahun 2016 sejumlah 4.96 juta. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan suatu analisis untuk mendukung penanganan PMKS dan menciptakan usaha kesejahteraan sosial. Salah satu hal yang dapat dilakukan yaitu mengelompokkan data PMKS sesuai dengan karakteristik masing-masing wilayah (Bappeda, 2013) dengan analisis kluster.

2. Analisis Kluster

Analisis kluster atau klustering merupakan suatu proses untuk membagi data menjadi beberapa kelompok sehingga objek dalam satu kelompok memiliki tingkat kemiripan yang besar dan sangat berbeda dengan objek pada kelompok lain (Han, Kamber, & Pei, 2012). Salah satu algoritma klustering yang telah sering digunakan dalam penelitian adalah algoritma *Fuzzy C-Means*.

Fuzzy C-Means (FCM) pertama kali diperkenalkan oleh Dunn (1973) kemudian dikembangkan oleh Bezdek (1981). FCM menghubungkan derajat keanggotaan dan jarak suatu objek pada pusat kelompoknya. Suatu objek akan cenderung menjadi anggota suatu kelompok jika objek tersebut memiliki nilai derajat keanggotaan tertinggi

3. *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC)

Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) adalah algoritma klustering yang merupakan perbaikan dari algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM). Pada algoritma FGWC efek kewilayahan telah diperhitungkan pada penghitungan nilai keanggotaannya (Mason & Jacobson, 2007). Penelitian (Son, Cuong, Lanzi, & Thong, 2012)(Son, Lanzi, Cuong, & Hung, 2013) telah menyatakan bahwa FGWC merupakan algoritma yang sesuai digunakan untuk efek kewilayahan. Namun FGWC mudah terjebak ke dalam lokal optima. Hal tersebut disebabkan inisialisasi pusat awal kluster dilakukan secara acak (Nurmala & Purwarianti, 2017).

4. *Gravitational Search Algorithm* (GSA)

Untuk menangani keterbatasan tersebut digunakan *Gravitational Search Algorithm* (GSA). GSA merupakan salah satu metode optimasi *heuristic* (Mulyanto & Wahono, 2015) yang berfokus mendapatkan solusi global dengan mengoptimalkan nilai fungsi objektif agar tidak terjebak pada lokal optima sehingga menghasilkan kualitas kluster yang baik. Penelitian dengan menggunakan algoritma FGWC-GSA pernah dilakukan oleh (Pamungkas & Pramana, 2018). Dari uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pengelompokan wilayah di Jawa Tengah berdasarkan indikator PMKS.

METODE

Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) pertama kali diperkenalkan oleh G.A Mason dan Jacobson Tahun 2007 (Mason & Jacobson, 2007). FGWC merupakan perbaikan dari algoritma FCM yang lebih peka terhadap unsur geografis karena melibatkan efek populasi dan jarak dalam perhitungan derajat keanggotaan pada tiap observasinya (Hadi, 2017). Penghitungan nilai *membership* pada FGWC ditunjukkan oleh rumus berikut ini (Mason & Jacobson, 2007).



$$\mu'_i = \alpha\mu_i + \beta \frac{1}{A} \sum_j w_{ij} \mu_j \quad (1)$$

μ'_i merupakan nilai *membership* barudariobjeki, μ_i merupakan nilai *membership* lama pada objek, w_{ij} adalah ukuran penimbang. Nilai α dan β didefinisikan sebagai berikut.

$$\alpha + \beta = 1 \quad (2)$$

Penimbangkeanggotaandidefiniskansebagaiberikut:

$$w_{ij} = \frac{(m_i m_j)^b}{d_{ij}^a} \quad (3)$$

m_i adalah jumlah populasi wilayah i, m_j adalah jumlah populasi dari wilayah j, d_{ij} merupakan jarakantar wilayah i dan wilayah j. a dan b bernilai 1.

Ketebatasan FGWC yang mudah terjebak ke dalam lokal optima dapat ditangani dengan *Gravitational Search Algorithm* (GSA) yang diusulkan oleh Rashedi pada Tahun 2009 (Rashedi, Nezamabadi-pour, & Saryazdi, 2009) dengan meminimumkan nilai fungsi objektif FGWC. Fungsi objektif FGWC didefinisikan sebagaiberikut.

$$J_{FGWC}(U, V; X) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n u_{ik}^m |v_i - x_k|^2 \rightarrow \min \quad (4)$$

U adalah matrikskeanggotaan, V adalah matriks untuk pusat kluster, X adalah matriksuntuk data, v_i adalah pusatklusteruntukobjek $-i$, dan u_i adalah elemen dari matriks keanggotaan, sertax_kmerupakanitik data. Pusat kluster didefinisikan sebagaiberikut:

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m} \quad (5)$$

Serta matrikskeanggotaandapatdihitungdenganrumusberikut

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{\|v_i - x_k\|}{\|v_j - x_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (6)$$

Gravitational Search Algorithm (GSA)

GSA memiliki tujuan untuk memperbaiki eksplorasi dan eksploitasi populasi berbasis algoritma untuk mencapai solusi optimal. GSA terinspirasi dari hukum gerakan dan gravitasi Newton. Langkah pertama dalam GSA adalah inialisasi secara acak nilai agen. Kemudian menghitung gaya total pada masing-masing agen dengan rumus berikut.

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_i(t)M_j(t)}{R_{ij}(t)} (x_i^d(t) - x_j^d(t)) \quad (7)$$

Dimanax_i^d menunjukkan posisi agen, (t) adalah konstan gravitasi pada t, M_i adalah massa dari agen i dan $R_{ij}(t)$ adalah jarak *Euclidean* di antara agen.

$$R_{ij}(t) = \|X_i(t), X_j(t)\|_2 \quad (8)$$

Massa agen $M_i(t)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \quad (9)$$



$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^N m_j(t)} \quad (10)$$

$fit_i(t)$ merupakan nilai *fitness* dari solusi. *The best* dan *the worst* ditentukan oleh nilai *fitness* tersebut. Berikut ini ada dua fungsi untuk meminimumkan *the best* dan *the worst*:

$$best(t) = \min_{j \in \{1 \dots N\}} fit_j(t)$$

$$worst(t) = \max_{j \in \{1 \dots N\}} fit_j(t)$$

Percepatan(a) dan kecepatan (v) masing-masing agen didefinisikan sebagai berikut:

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_i(t)} \quad (11)$$

$$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) \times a_i^d \quad (12)$$

Langkah terakhir adalah *update* posisi masing-masing agen x

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t+1) \quad (13)$$

Ulangi langkah di atas hingga iterasi maksimum atau hingga kriteria berhenti terpenuhi.

Indeks Validitas

Indeks validitas kluster memiliki tujuan untuk penentuan kriteria objektif untuk menentukan nilai partisi dari algoritma klustering sehingga diperoleh kluster optimal (Mashfuufah & Istiawan, 2018).

Partition Coefficient Index (PCI)

PCI menghitung nilai rata-rata dari derajat keanggotaan pada masing-masing objek dalam matriks keanggotaan (Bezdek, 1981). Kluster optimal diperoleh ketika nilai PCI maksimum.

$$PCI = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^N \mu_{ij}^2 \right) \quad (14)$$

Classification Entropy Index (CEI)

CEI digunakan untuk menentukan kesamaran dari partisi kelompok. Kluster terbaik diperoleh ketika nilai CEI minimum.

$$CEI = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^N \mu_{ij} \log \mu_{ij} \quad (15)$$

Xie Beni Index (XBI)

XBI bertujuan menghitung rasio dari total varians dalam kluster dan pemisahan kluster (Xie & Beni, 1991). Kluster terbaik diperoleh ketika nilai XBI minimum.

$$XBI = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^N (\mu_{ij})^m \|x_j - v_i\|^2}{N \min_{i,j} \|v_k - v_i\|^2} \quad (16)$$

IFV Index

IFV sering digunakan untuk memvalidasi pengelompokan *fuzzy* dengan data spasial, karena sifatnya yang *robust* dan stabil. Ketika nilai IFV maksimum maka kualitas kluster semakin baik. Ukuran persamaannya diuraikan sebagai berikut (Hu, Meng, & Shi, 2008).

$$IFV = \frac{1}{c} \sum_{j=1}^c \left\{ \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \mu_{kj}^2 \left[\log_2 c - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \log_2 \mu_{kj} \right]^2 \right\} \frac{SD_{max}}{\sigma_D} \quad (17)$$

Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang dilakukan.



1. Menentukan parameter awal FGWC yaitu menentukan jumlah klaster(c), nilai *fuzziness* (m), iterasi maksimum, nilai *threshold* dan parameter fungsi pembobot
2. Menginisialisasi pembobot geografis dengan rumus (3)
3. Menginisialisasi matriks keanggotaan dengan rumus (2)
4. Menghitung pusat klaster dengan rumus (5)
5. Menentukan nilai *fitness* dengan rumus (4)
6. Menentukan *the best* dan *the worst*
7. Menghitung jumlah massa dengan rumus (10)
8. Menghitung percepatan dengan rumus (11)
9. Menghitung gaya dengan rumus (7)
10. Menghitung kecepatan dengan rumus (12)
11. Memperbaiki nilai matriks keanggotaan dengan rumus (6)
12. Mengamati kriteria pemberhentian
13. Menentukan solusi terbaik. Solusi terbaik diperoleh dari kriteria hasil indeks validitas.
14. Menarik kesimpulan.
15. Selesai





HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan dataset kuderPenyandang MasalahKesejahteraanSosial (PMKS) di ProvinsiJawa Tengah tahun 2017 yang diperoleh dari Dinas Sosial Provinsi Jawa Tengah. Data tersebut terdiri dari 26 variabel indikator PMKS dan sejumlah 35 unit observasi yaitu 29 Kabupaten dan 6 kota di Jawa Tengah. Tabel 1. di bawah ini merupakan hasil evaluasi indeks validitas pada percobaan kluster dua hingga delapan. Nilai dengan huruf tebal merupakan kluster optimal yang ditentukan oleh masing-masing indeks validitas.

Tabel 1:

Nilai Indeks Validitas Masing-masing Kluster				
Kluster	PCI	CEI	XBI	IFV Indeks
2	0.80857	0.31684	0.33531	98.27078
3	0.68225	0.56811	0.84105	193.68791
4	0.55029	0.83301	4.53380	171.71962
5	0.51231	0.90877	3.09E+12	184.2751

Dari tabel 1. Dapat diketahui bahwa indeks validitas PCI memberikan nilai maksimum pada percobaan kluster kedua, CEI dan XBI memberikan nilai minimum pada percobaan kluster kedua. Sedangkan IFV Indeks memberikan nilai maksimum pada percobaan kluster ketiga. Dari ke lima indeks validitas yang digunakan sebagai evaluasi kluster optimal, empat diantaranya memberikan kluster optimal yaitu dua kluster. Untuk itu, pengelompokan Kabupaten /kota di Jawa Tengah berdasarkan 26 indikator PMKS.

Setelah melakukan pengelompokan menggunakan algoritma FGWC-GSA, dilakukan visualisasi hasil pengelompokan dalam bentuk peta pada gambar 2. berikut ini.

Gambar 1:
Peta Hasil Pengelompokan



Wilayah yang diberi warna merah terang merupakan wilayah yang menjadi bagian dari kluster pertama, sedangkan wilayah yang diberi warna merah gelap merupakan wilayah yang menjadi bagian dari kluster kedua. Berikut ini disajikan tabel keanggotaan pada masing-masing kluster.

Tabel 1: Keanggotaan Masing-masing Kluster

Kluster 1	Kluster 2	
Kabupaten Kendal	Kabupaten Cilacap	Kabupaten Kudus
Kabupaten Batang	Kabupaten Banyumas	Kabupaten Demak
Kabupaten Pemalang	Kabupaten Banjarnegara	Kabupaten Semarang
Kabupaten Tegal	Kabupaten Purworejo	Kabupaten Temanggung
Kabupaten Purbalingga	Kabupaten Wonosobo	Kabupaten Pekalongan



Kabupaten Kebumen	Kabupaten Magelang	Kabupaten Brebes
Kabupaten Sukoharjo	Kabupaten Boyolali	Kota Magelang
Kabupaten Wonogiri	Kabupaten Klaten	Kota Surakarta
Kabupaten Grobogan	Kabupaten Karanganyar	Kota Salatiga
Kabupaten Blora	Kabupaten Sragen	Kota Semarang
Kabupaten Jepara	Kabupaten Rembang	Kota Pekalongan
	Kabupaten Pati	Kota Tegal

Klaster pertama beranggotakan 11 kabupaten di Jawa Tengah, sedangkan klaster kedua beranggotakan 18 kabupaten dan 6 kota di Jawa Tengah. Berdasarkan indikator PMKS, karakteristik dari masing-masing klaster adalah sebagai berikut:

1. Klaster pertama memiliki karakteristik wilayah yang memiliki jumlah anak berhadapan hukum besar, jumlah anak dengan kecacatan besar, jumlah anak yang menjadi tindak kekerasan besar, jumlah penyandang disabilitas besar, jumlah tuna susila besar, jumlah gelandangan besar, jumlah orang dengan HIV/AIDS besar, jumlah korban penyalahgunaan narkoba besar, jumlah pekerja migran bermasalah sosial besar, jumlah korban bencana sosial besar, jumlah fakir miskin besar dan jumlah keluarga bermasalah sosial psikologis besar.
2. Klaster kedua memiliki karakteristik wilayah yang memiliki jumlah anak balita terlantar besar, jumlah anak terlantar besar, jumlah anak jalanan besar, jumlah anak yang memerlukan perlindungan khusus besar, jumlah lanjut usia terlantar besar, jumlah pengemis besar, jumlah pemulung besar, jumlah kelompok minoritas besar, jumlah bekas warga binaan Lembaga pemasyarakatan besar, jumlah korban *trafficking* besar, jumlah korban tindak kekerasan besar, jumlah korban bencana alam besar, jumlah perempuan rawan sosial ekonomi besar dan jumlah komunitas adat terpencil besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Hasil pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Tengah berdasarkan 26 indikator PMKS dengan menggunakan algoritma FGWC-GSA adalah sebagai berikut.
 - a. Klaster 1 terdiri dari Kabupaten Kendal, Kabupaten Batang, Kabupaten Pemalang, Kabupaten Tegal, Kabupaten Purbalingga, Kabupaten Kebumen, Kabupaten Wonogiri, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Blora dan Kabupaten Jepara
 - b. Klaster 2 terdiri dari Kabupaten Cilacap, Kabupaten Banyumas, Kabupaten Purworejo, Kabupaten Wonosobo, Kabupaten Kudus, Kabupaten Demak, Kabupaten Semarang, Kabupaten Temanggung, Kabupaten Pekalongan, Kabupaten Magelang, Kabupaten Boyolali, Kabupaten Klaten, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Sragen, Kabupaten Rembang, Kabupaten Pati, Kabupaten Brebes, Kota Magelang, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Semarang, Kota Pekalongan dan Kota Tegal

DAFTAR PUSTAKA

- Bappeda. (2013). *Kajian Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial (PMKS)*. Kabupaten Temanggung.
- Bezdek, J. C. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. (M. Nadler, Ed.) (1st ed.). New York: Springer. <https://doi.org/DOI 10.1007/978-1-4757-0450-1>
- Dinsos DIY. (2019). *Buku Panduan Pemutakhiran Data PMKS dan PSKS TAHUN 2019*. Yogyakarta: Dinas Sosial Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Dinsos Jateng. (2017). *Data Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial Tahun 2017*. Semarang: Dinas Sosial Provinsi Jawa Tengah.
- Hadi, B. S. (2017). *Pendekatan Modified Partikel Swarm Optimazion dan Artificial Bee Colony Pada Fuzy Geographically*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data Mining Concepts and Techniques* (Third). Morgan Kaufmann.
- Hu, C., Meng, L., & Shi, W. (2008). Fuzzy Clustering Validity for Spatial Data. *Geo-Spatial Information Science*, 11(3), 191–196. <https://doi.org/10.1007/s11806-008-0094-8>
- Mashfuufah, S., & Istiawan, D. (2018). Penerapan Partition Entropy Index, Partition Coefficient Index dan Xie Beni Index untuk Penentuan Jumlah Kluster Optimal pada Algoritma Fuzzy C-Means dalam Pemetaan Tingkat Kesejahteraan Penduduk Jawa Tengah. *The 7th University Research Colloquium*, 51–60.
- Mason, G. a., & Jacobson, R. D. (2007). Fuzzy Geographically Weighted Clustering. *Proceedings of the 9th International Conference on Geocomputation*, (1998), 1–7.
- Mulyanto, A., & Wahono, R. S. (2015). Penerapan Gravitational Search Algorithm untuk Optimasi Klasterisasi Fuzzy C-Means. *Journal of Intelligent Systems*, 1(1), 42–47.
- Nurmala, N., & Purwarianti, A. (2017). Improvement of Fuzzy Geographically Weighted Clustering-Ant Colony Optimization Performance using Context-Based Clustering and CUDA Parallel Programming. *Journal of ICT Research and Applications*, 11(1), 21–37. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.res.appl.2017.11.1.2>
- Pamungkas, I. H., & Pramana, S. (2018). Improvement Method Of Fuzzy Geographically Weighted Clustering Using Gravitational Search Algorithm. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informasi*, 1, 10–16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21609/jiki.v1i1.580>
- Rachmawati, T. R., & Harini, D. (2016). Analisis Kinerja Organisasi di Dinas Sosial, Tenaga Kerja, dan Transmigrasi Kabupaten Semarang (Studi Kasus Pada Bidang Sosial Pelayanan Bantuan Dan Jaminan Sosial Terhadap Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial). *Journal of Public Policy And Management Review*, 5(2).
- Rashedi, E., Nezamabadi-pour, H., & Saryazdi, S. (2009). GSA: A Gravitational Search Algorithm. *Information Sciences*, 179(13), 2232–2248. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2009.03.004>
- Son, L. H., Cuong, B. C., Lanzi, P. L., & Thong, N. T. (2012). A Novel Intuitionistic Fuzzy Clustering Method for Geo-Demographic Analysis. *Expert Systems with Applications*, 39(10), 9848–9859. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.167>
- Son, L. H., Lanzi, P. L., Cuong, B. C., & Hung, H. A. (2013). Data Mining in GIS: A Novel Context-Based Fuzzy Geographically Weighted Clustering Algorithm. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 2(3), 235–238. <https://doi.org/10.7763/ijmlc.2012.v2.121>
- Xie, X. L., & Beni, G. (1991). A Validity Measure for Fuzzy Clustering. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 13(841–847).