

Klasifikasi Kendaraan Menggunakan *LEARNING VECTOR QUANTIZATION*

Imelda*¹, Agus Harjoko²

¹Program Studi Teknik Informatika, FTI Universitas Budi Luhur, Jakarta

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *¹imelda.duma@mail.ugm.ac.id, imelda@budiluhur.ac.id, ²aharjoko@ugm.ac.id

Abstrak

Klasifikasi kendaraan penting dilakukan mengingat sering terjadi kesalahpahaman melakukan klasifikasi karena disamakan dengan merk. Klasifikasi kendaraan sudah banyak dilakukan dari tampak depan, tampak belakang dan tampak atas, namun belum ada yang melakukan klasifikasi kendaraan dari tampak samping. Oleh karena itu tujuan paper ini adalah agar dapat mengklasifikasi kendaraan dari tampak samping. Klasifikasi kendaraan yang digunakan adalah metodologi Learning Vector Quantization.

Kata kunci—Klasifikasi Kendaraan, Learning Vector Quantization

Abstract

Vehicle classification is important to remember frequent misunderstanding of the classification due to be equated with the brand. Vehicle classification has been done from the front, rear and looked up, but no one has determined the classification of the vehicle from a side view. Therefore the aim of this paper is to classify vehicles from the side view. Classification methodology used vehicle is Learning Vector Quantization.

Keywords—Vehicle Classification, Learning Vector Quantization

1. PENDAHULUAN

Ketika menuju suatu tempat untuk memenuhi kebutuhan hidup maka seseorang memerlukan transportasi sebagai alat mobilitas. Alat mobilitas yang biasa digunakan adalah kendaraan. Alat mobilitas biasanya dipilih berdasarkan keamanan, kenyamanan, kecepatan dan kebutuhannya.

Seringkali orang banyak salah mengklasifikasi kendaraan karena klasifikasi kadang diidentikkan dengan merk. Permasalahan inilah yang diangkat menjadi penelitian dalam paper ini yaitu bagaimana mengklasifikasi kendaraan sesuai dengan undang – undang yang berlaku.

Kendaraan, menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan [1] pada Bab VII pasal 47, terdiri dari kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Kendaraan bermotor dikelompokkan berdasarkan jenisnya yaitu: sepeda motor, mobil penumpang, mobil bus, mobil barang dan kendaraan khusus. Kendaraan tidak bermotor dikelompokkan menjadi kendaraan yang digerakkan oleh tenaga orang dan kendaraan yang digerakkan oleh tenaga hewan.

Penelitian tentang klasifikasi kendaraan telah banyak dilakukan, baik yang membahas tentang implementasinya [2], yang digunakan dalam video [3][4][5][6], sensor wireless magnetik [7][8], algoritma [9][10] dan metode [11][12] klasifikasi kendaraan, fitur ekstraksi [13], kondisi di malam hari [14]. Klasifikasi kendaraan yang diujikan dalam penelitian yang telah ada adalah dari tampak atas [15], dari tampak depan[6][16], dari tampak belakang [6], namun belum ada yang melakukan klasifikasi kendaraan dari tampak samping. Tujuan paper ini adalah agar dapat mengklasifikasi kendaraan dari tampak samping. Manfaat paper ini adalah agar dapat mengklasifikasi kendaraan dengan benar. Untuk pembahasan paper ini hanya dibahas kendaraan bermotor yaitu sepeda motor, mobil penumpang, mobil bus dan mobil barang.

Adapun metodologi yang digunakan pada klasifikasi kendaraan ini adalah *Learning Vector Quantization*. Penelitian yang membahas menggunakan metodologi *Learning Vector Quantization* telah banyak dilakukan, baik riset [17] maupun dalam penerapan lain [18]-[24]. Pada paper ini akan dijelaskan tentang *Learning Vector Quantization* (LVQ), *flowchart Learning Vector Quantization* (LVQ), algoritma *Learning Vector Quantization* (LVQ), arsitektur *Learning Vector Quantization* (LVQ), Roadmap Klasifikasi Kendaraan dengan *Learning Vector Quantization* (LVQ), dan Hasil Eksperimen.

2. KLASIFIKASI KENDARAAN DENGAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* (LVQ)

Learning Vector Quantization (LVQ) adalah suatu metode klasifikasi pola yang masing – masing unit output mewakili kategori atau kelas tertentu (beberapa unit output seharusnya digunakan untuk masing-masing kelas). Vektor bobot untuk sebuah unit output sering dinyatakan sebagai sebuah vektor referensi. Diasumsikan bahwa serangkaian pola pelatihan dengan klasifikasi yang tersedia bersama dengan distribusi awal dari vektor referensi. Sesudah pelatihan, sebuah jaringan LVQ mengklasifikasikan vektor input dengan menugaskan ke kelas yang sama sebagai unit output, sedangkan yang mempunyai vektor referensi diklasifikasikan sebagai vektor input [25].

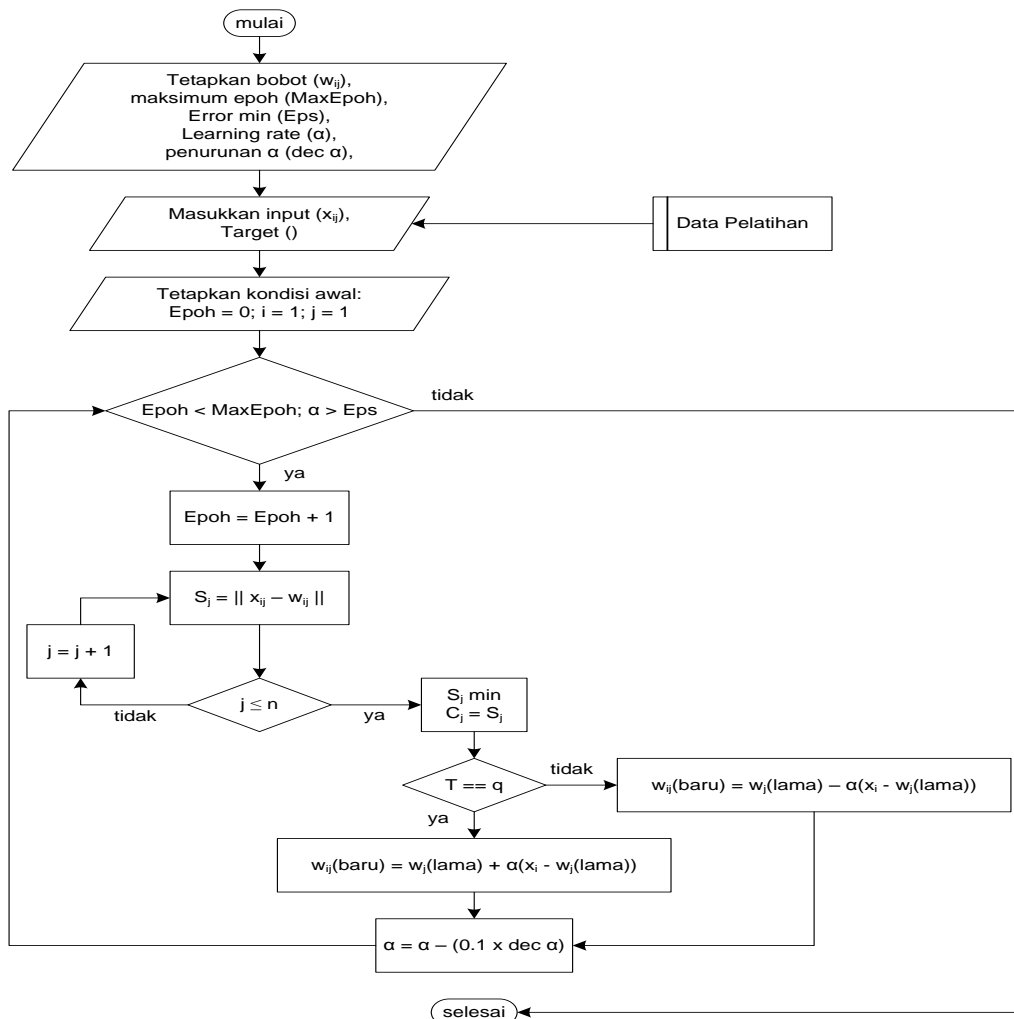
Dalam tulisan lain dikatakan bahwa, *Learning Vector Quantization* (LVQ) adalah suatu metode untuk melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor input. Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor-vektor input. Jika 2 vektor input mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor input tersebut ke dalam kelas yang sama [26].

Algoritma *Learning Vector Quantization* telah banyak digunakan untuk klasifikasi dan pengenalan suatu object. Diagram alir LVQ ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan langkah-langkah dari algoritma *Learning Vector Quantization* adalah sebagai berikut :

1. Tetapkan: bobot (w), maksimumEpoh (MaxEpoh), error minimum yang diharapkan (Eps), Learning rate (α).
2. Masukkan: Input $x(m,n)$; Target $T(1,n)$
3. Tetapkan kondisi awal: epoh = 0; err = 1
4. Kerjakan jika: (epoh < MaxEpoh) atau ($\alpha > \text{eps}$)
 - a. epoh = epoh + 1;
 - b. kerjakan untuk $i = 1$ sampai n
 - i. tentukan J sedemikian hingga $\|x - w_j\|$ minimum (sebut sebagai C_j)
 - ii. perbaiki w_j dengan ketentuan:
 - o jika $T = C_j$ maka: $w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) + \alpha(x - w_j(\text{lama}))$
 - o jika $T \neq C_j$ maka : $w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) - \alpha(x - w_j(\text{lama}))$
 - c. Kurangi nilai α

dengan

- x : vektor pelatihan ($x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$)
- T : kategori yang benar untuk vektor pelatihan
- w_j : vektor bobot unit output j ($w_{1j}, \dots, w_{ij}, \dots, w_{nj}$)
- C_j : kategori yang diwakili oleh unit output j
- $\|x - w_j\|$: jarak euclidean antara vektor input dan vektor bobot untuk unit output j.



Gambar 1. Flowchart Learning Vector Quantization [22].

Proses pada klasifikasi kendaraan ditunjukkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut bagian atas merupakan proses-proses pengolahan citra digital untuk mendapatkan ciri obyek kendaraan. Bagian bawah adalah LVQ yang menerima masukan berupa ciri-ciri kendaraan hasil pemrosesan citra digital. Keluaran LVQ adalah kelas kendaraan. Bagian bagian tersebut dijelaskan secara lebih rinci sebagai berikut.

Input Data Citra

Data citra yang digunakan adalah data gambar kendaraan hanya yang tampak samping sesuai dengan rencana penempatan kamera pada studi kasus yang diambil.

Resize

Ukuran gambar diubah menjadi kecil dan disamakan ukurannya untuk meningkatkan tingkat pengenalan kendaraan.

Grayscale

Oleh karena warna kendaraan tidak berpengaruh terhadap kelas kendaraan maka citra diubah menjadi grayscale. Kelas kendaraan hanya dipengaruhi oleh bentuk kendaraan.

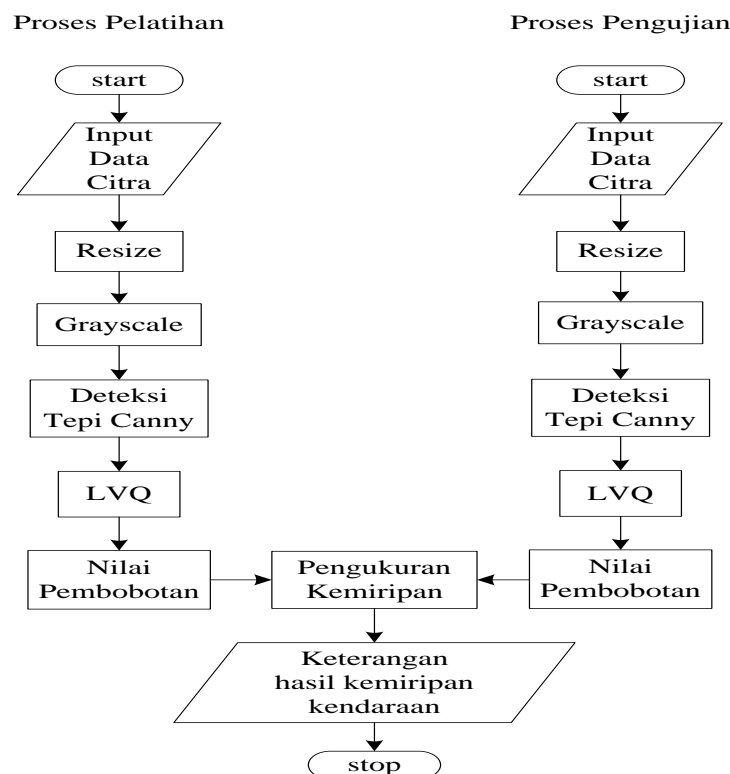
Deteksi Tepi Canny

Deteksi tepi yang digunakan adalah deteksi tepi Canny karena deteksi ini memiliki kelebihan yaitu dapat memberikan hasil deteksi yang optimal [27]. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan informasi bentuk dari kendaraan yang akan diklasifikasi.

Learning Vector Quantization (LVQ)

Proses *Learning Vector Quantization* dilakukan setelah deteksi tepi. LVQ terdiri dari dua bagian, bagian pelatihan dan bagian pengenalan. Proses Pelatihan tujuannya mencari bobot data-data yang dimiliki pada masing-masing gambar kendaraan. Pada proses pelatihan ini akan dihasilkan bobot. Bobot ini akan digunakan pada proses pengujian atau klasifikasi kendaraan.

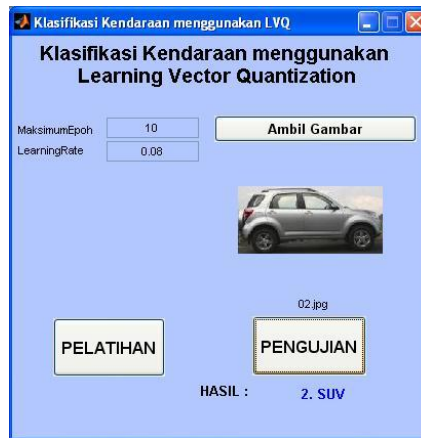
Pelatihan merupakan langkah standar klasifikasi kendaraan untuk menentukan kategori kendaraan yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu diambil gambar kendaraan yang belum dikenali untuk dilakukan pengujian. Pada saat pengujian dilakukan uji coba untuk perbandingan sehingga jika gambar yang diuji menyerupai dengan salah satu gambar yang ada di pelatihan maka gambar akan dikatakan pada kelas yang sama dengan gambar pelatihan tersebut.



Gambar 3. Proses pada klasifikasi kendaraan dengan LVQ

3. HASIL EKSPERIMEN

Gambar 4 menunjukkan tampilan program Matlab untuk klasifikasi kendaraan yang menggunakan *Learning Vector Quantization*.















Gambar 4. Tampilan Program

Tabel 1 menampilkan hasil pengujian terhadap kendaraan yang ada di dalam database. Dalam tabel ditampilkan gambar kendaraan, deteksi tepi canny untuk tiap kendaraan, dan learning rate dari 0,01 sampai 0,1.

Pengujian untuk mengklasifikasi kendaraan dari tampak samping akan dilakukan terhadap gambar kendaraan yang sudah dikenalkan pada proses pelatihan dan yang belum dikenalkan pada proses pelatihan. Uji klasifikasi kendaraan menggunakan 16 sampel gambar kendaraan.

Tabel 1. Hasil percobaan terhadap kendaraan yang ada di dalam database

Gambar kendaraan	Deteksi tepi canny kendaraan	Learning Rate									
		0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
		11.3899	13.9037	13.9469	13.9361	13.4857	13.4113	13.6238	13.2774	13.5288	13.4868
		3.Kijang Inova	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan
		11.1792	11.2253	11.2621	11.334	11.3528	11.3865	11.4862	11.3926	11.587	11.5533
		2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV
		10.8642	10.8651	8.2884	8.2884	11.542	11.5384	8.2884	11.5376	8.2884	8.2059
		8. Bis	8. Bis	6. Truk	6. Truk	3.Kijang Inova	3.Kijang Inova	6. Truk	3. Kijang Inova	6. Truk	6. Truk
		10.6852	10.8271	10.9707	11.0662	11.0558	11.187	11.3439	11.2756	11.703	12.619
		4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek
		11.668	11.5787	11.5248	11.4081	11.3095	11.2594	11.2765	11.1238	11.1078	11.0696
		5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport
		9.3355	8.5396	8.5396	8.5396	8.5396	8.5396	8.5396	8.5396	8.5396	8.4547
		6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk

		7.4672	7.4672	11.0886	11.1094	11.0214	10.9914	11.3662	11.048	8.5396	11.3416
		6. Truk	6. Truk	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton
		8.0691	8.0691	8.0691	8.0691	8.0691	8.0691	8.0691	10.7066	8.0691	7.9899
		6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	8. Bis	6. Truk
		12.3973	12.3676	12.4077	12.4014	12.0092	11.9451	12.1368	11.8327	12.0579	12.0236
		1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan	1. Sedan
		11.1656	11.2145	11.2537	11.3279	11.3505	11.3864	11.488	11.3963	11.5933	11.5609
		2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV	2. SUV
		11.1317	11.1331	11.1368	11.1404	10.9517	10.9498	11.147	10.9517	11.0626	11.0602
		3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova	3. Kijang Inova
		11.3646	11.5186	11.6743	11.7781	11.7711	11.9139	12.0833	12.0138	12.471	12.619
		4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek	4. Sepeda Motor Bebek
		10.9248	10.8442	10.7962	10.6889	10.5998	10.5549	10.5733	10.4323	10.4188	10.3851
		5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport	5. Sepeda Motor Sport
		9.3355	9.3355	9.3355	9.3355	9.3355	9.3355	9.3355	9.3355	9.3355	9.2416
		6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk	6. Truk
		11.3522	11.5126	11.6273	11.6474	11.5547	11.5227	11.9241	11.5813	11.9338	11.8911
		7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton	7. Truk Tronton
		10.6939	10.6946	10.6966	10.6986	10.7006	10.7026	10.7046	10.7066	10.7087	10.7107
		8. Bis	8. Bis	8. Bis	8. Bis	8. Bis	8. Bis	8. Bis	8. Bis	8. Bis	8. Bis

Dari 16 gambar kendaraan hasil pengujian diatas diperoleh informasi bahwa learning rate yang dapat mengklasifikasi kendaraan dengan benar adalah learning rate 0,08.

Setiap pola pasti akan mendapatkan jarak terendah terhadap suatu bobot meskipun gambar obyek yang diambil tidak sesuai (bukan kendaraan) sehingga sangat dimungkinkan terjadi kesalahan dalam mengklasifikasi obyek yang dalam hal ini adalah kendaraan. Untuk

mengatasi permasalahan ini diperlukan nilai ambang (threshold) sehingga jarak suatu vektor terhadap bobot kelas akan dibatasi. Jika nilai melebihi nilai ambang, maka vektor tidak akan dikenali. Jika nilai belum melebihi nilai ambang maka vektor akan tetap dikenali namun tidak tepat atau dengan kata lain akan terjadi kesalahan dalam mengklasifikasi kendaraan [18].

4. KESIMPULAN

Dalam paper ini telah dijelaskan tentang klasifikasi kendaraan dari tampak samping menggunakan *Learning Vector Quantization*. Agar dapat mengklasifikasi kendaraan dengan benar maka nilai bobot pengujian dibandingkan dengan nilai bobot pelatihan. Dari hasil eksperimen diperoleh data bahwa ada beberapa kendaraan yang berhasil dengan benar dikenali, ada beberapa kendaraan yang tidak dikenali, ada beberapa kendaraan yang salah ketika dikenali. Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa learning rate yang terbaik adalah 0,08 dengan maksimum Epoch 10.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, http://118.97.61.233/perundangan/images/stories/doc/uu/uu_no.22_tahun_2009.pdf, diakses tanggal 12 Agustus 2012.
- [2] Zaman, B.; Jatmiko, W.; Wibowo, A.; Imah, E.M.; , "Implementation vehicle classification on Distributed Traffic Light Control System neural network based," *Advanced Computer Science and Information System (ICACSIS), 2011 International Conference on* , pp.107-112, 17-18 Dec. 2011
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6140794&isnumber=6140728>
- [3] Daigavane, P.M.; Bajaj, P.R.; Daigavane, M.B.; , "Vehicle Detection and Neural Network Application for Vehicle Classification," *Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2011 International Conference on* , pp.758-762, 7-9 Oct. 2011
doi: 10.1109/CICN.2011.168
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6112973&isnumber=6112808>
- [4] Kafai, M.; Bhanu, B.; , "Dynamic Bayesian Networks for Vehicle Classification in Video," *Industrial Informatics, IEEE Transactions on* , vol.8, no.1, pp.100-109, Feb. 2012
doi: 10.1109/TII.2011.2173203
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6058652&isnumber=6133473>
- [5] Gandhi, T.; Trivedi, M.M.; , "Video Based Surround Vehicle Detection, Classification and Logging from Moving Platforms: Issues and Approaches," *Intelligent Vehicles Symposium, 2007 IEEE* , vol., no., pp.1067-1071, 13-15 June 2007, doi: 10.1109/IVS.2007.4290258
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4290258&isnumber=4290055>

- [6] Mithun, N. C.; Rashid, N. U.; Rahman, S. M. M.; , "Detection and Classification of Vehicles From Video Using Multiple Time-Spatial Images," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* , vol.PP, no.99, pp.1-11, Feb 2012, doi: 10.1109/TITS.2012.2186128
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6156444&isnumber=4358928>
- [7] Wei Zhang; Guozhen Tan; Nan Ding; Yao Shang; Mingwen Lin; , "Vehicle Classification Algorithm based on Binary Proximity Magnetic Sensors and Neural Network," *Intelligent Transportation Systems, 2008. ITSC 2008. 11th International IEEE Conference on* , vol., no., pp.145-150, 12-15 Oct. 2008, doi: 10.1109/ITSC.2008.4732522
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4732522&isnumber=4732517>
- [8] Kaewkamnerd, S.; Pongthornseri, R.; Chinrungrueng, J.; Silawan, T.; , "Automatic vehicle classification using wireless magnetic sensor," *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, 2009. IDAACS 2009. IEEE International Workshop on* , vol., no., pp.420-424, 21-23 Sept. 2009, doi: 10.1109/IDAACS.2009.5342949
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5342949&isnumber=5342880>
- [9] Yong-Kul Ki; Doo-Kwon Baik; , "Vehicle-Classification Algorithm for Single-Loop Detectors Using Neural Networks," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on* , vol.55, no.6, pp.1704-1711, Nov. 2006, doi: 10.1109/TVT.2006.883726
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4012533&isnumber=4012519>
- [10] Jolevski, I.; Markoski, A.; Pasic, R.; , "Smart vehicle sensing and classification node with energy aware vehicle classification algorithm," *Information Technology Interfaces (ITI), Proceedings of the ITI 2011 33rd International Conference on* , vol., no., pp.409-414, 27-30 June 2011
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5974057&isnumber=5973970>
- [11] Ajmal, A.; Hussain, I.M.; , "A simple and novel method for vehicle detection and classification (a model based test)," *Applied Sciences and Technology (IBCAST), 2012 9th International Bhurban Conference on* , vol., no., pp.58-63, 9-12 Jan. 2012
doi: 10.1109/IBCAST.2012.6177527
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6177527&isnumber=6177513>
- [12] Mazaheri, M.; Mozaffari, S.; , "Real time adaptive background estimation and road segmentation for vehicle classification," *Electrical Engineering (ICEE), 2011 19th Iranian Conference on* , vol., no., pp.1-6, 17-19 May 2011
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5955677&isnumber=5955412>
- [13] Bailing Zhang; Chihang Zhao; , " , " *Image and Graphics (ICIG), 2011 Sixth International Conference on* , vol., no., pp.920-925, 12-15 Aug. 2011, doi: 10.1109/ICIG.2011.185
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6005630&isnumber=6005527>

- [14] Gritsch, G.; Donath, N.; Kohn, B.; Litzenberger, M.; , "Night-time vehicle classification with an embedded, vision system," *Intelligent Transportation Systems, 2009. ITSC '09. 12th International IEEE Conference on* , vol., no., pp.1-6, 4-7 Oct. 2009
doi: 10.1109/ITSC.2009.5309875
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5309875&isnumber=5309513>
- [15] Shiquan Peng; Harlow, C.A.; , "A system for vehicle classification from range imagery," *System Theory, 1996., Proceedings of the Twenty-Eighth Southeastern Symposium on* , vol., no., pp.327-331, 31 Mar-2 Apr 1996, doi: 10.1109/SSST.1996.493523
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=493523&isnumber=10635>
- [16] Jun-Wei Hsieh; Shih-Hao Yu; Yung-Sheng Chen; Wen-Fong Hu; , "Automatic traffic surveillance system for vehicle tracking and classification," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* , vol.7, no.2, pp. 175- 187, June 2006, doi: 10.1109/TITS.2006.874722
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1637673&isnumber=34325>
- [17] Xiaojun Shen; Chen, J.; , "Study on Prediction of Traffic Congestion Based on LVQ Neural Network," *Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2009. ICMTMA '09. International Conference on* , vol.3, no., pp.318-321, 11-12 April 2009, doi: 10.1109/ICMTMA.2009.242
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5203210&isnumber=5203125>
- [18] Wahyono, E.S., Ernastuti, "Identifikasi Nomor Polisi Mobil Menggunakan Metode Jaringan Saraf Buatan *Learning Vector Quantization*", diakses di http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/industrial-technology/2009/Artikel_50405248.pdf tanggal 9 Agustus 2012 jam 12.47.
- [19] Rakhmanullah, A., "Autentifikasi Pengenalan Pola Tanda Tangan Manual Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan LVQ (Learning Vector Quantization) Dan Tanda Tangan Digital Menggunakan Algoritma Rsa (Riset Shamir Adleman)", Thesis, diakses di <http://lib.uin-malang.ac.id/thesis/fullchapter/05550002-afif-rakhmanullah.ps> tanggal 10 Agustus 2012 jam 11.52.
- [20] Fadlil, A., Yeki, S., "Sistem Verifikasi Wajah menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Learning Vector Quantization*", *Jurnal Informatika*, Vol 4, No. 2, Juli 2010, www.journal.uad.ac.id/index.php/JIFO/article/download/332/155.
- [21] Nurkhozin, A., Irawan, M.I, Mukhlash, I., "Klasifikasi Penyakit Diabetes Mellitus menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dan *Learning Vector Quantization*", *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*, 14 Mei 2011.
- [22] Qur'ani, D.Y., Rosmalinda, S., "Jaringan Syaraf Tiruan *Learning Vector Quantization* untuk Aplikasi Pengenalan Tanda Tangan", *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Infomasi 2010 (SNATI 2010)*, Yogyakarta, 19 Juni 2010, ISSN: 1907 – 5022.

- [23] Ramadona, A., Nasrun, M., Siswoyo, B., “*Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk mengenali Angka dengan Metode Learning Vector Quantization*”, diakses di <http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/15/jbptunikompp-gdl-s1-2004-amanuramad-737-Aplikasi-Q.pdf>, tanggal 9 Agustus 2012, jam 13.55.
- [24] Wirdiani, N.K.A., “*Pembentukan Pola Khusus Untuk Ekstraksi Ciri Pada Sistem Pengenalan Aksara Bali Cetak*”, Thesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Udayana, Denpasar, 2011, http://www.pps.unud.ac.id/thesis/pdf_thesis/unud-211-1184866289-tesis.pdf.
- [25] Kristanto, Andri, “*Jaringan Syaraf Tiruan (Konsep Dasar, Algoritma dan Aplikasi)*”, ISBN:979-3469188, Yogyakarta: Penerbit Gava Media, Edisi Pertama, Cetakan Pertama, 2004, hal. 139 – 143.
- [26] Kusumadewi, Sri, “*Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*”, ISBN: 9793289198, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, Edisi Pertama, Cetakan Pertama, 2003, hal. 258 - 273.
- [27] Winarno, Edy, Aplikasi Deteksi Tepi pada *Realtime Video* menggunakan Algoritma *Canny Detection*, Jurnal Teknik Informasi Dinamik, ISBN: 0854-9524, vol. 16, no. 1, Januari 2011, pp. 44 – 49.