

وزارت علوم تحقیقات و فناوری



گروه کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته هوش مصنوعی

شناسایی خودکار مدولاسیون‌های دیجیتال و آنالوگ

استاد راهنما

دکتر بهزاد مظفری تازه‌کند

استاد مشاور

دکتر محمدعلی بادمچی‌زاده

پژوهش‌گر

مجتبی اوچاقلو

سال دفاع

۱۳۹۲

چکیده

در این پایان‌نامه دو الگوریتم جهت شناسایی شمای مدولاسیون‌های مورد استفاده در سیستم‌های بی‌سیم و سیستم DVB-S2 پیشنهاد شده است. الگوریتم اول، برای شناسایی مدولاسیون‌های BPSK، QPSK و GMSK پیشنهاد شده است. در خلال کلاس‌بندی، کلاس‌بندی‌کننده‌های DAG-SVM، SVM سلسله‌مراتبی و شبکه‌ی عصبی PNN جهت انتخاب کلاس‌بندی‌کننده مناسب با هم مقایسه شده‌اند و نهایتاً شبکه‌ی عصبی PNN به دلیل درصد شناسایی بالا به عنوان کلاس‌بندی‌کننده انتخاب شده است. ویژگی‌های استفاده شده شامل دو دسته ویژگی ترکیبی است، دسته اول ویژگی‌های لحظه‌ای سیگنال و دسته دوم ویژگی‌های آماری مراتب بالا شامل کیومولانت‌ها مرتبه‌ی چهارم می‌باشند. نکته‌ی قابل ذکر در استخراج ویژگی‌ها به دلیل وابستگی دو ویژگی لحظه‌ای به فرکانس حامل، فرض شده فرکانس حامل در دست بوده یا تخمین زده شده است.

الگوریتم دوم، برای شناسایی مدولاسیون‌های QPSK، PSK8، APSK16 و APSK32 پیشنهاد شده است. مدولاسیون‌های پیشنهادی در سیستم مخابرات ماهواره DVB-S2 کاربرد دارند. در این الگوریتم از ۵ ویژگی، حوزه‌ی ویولت و کیومولانت‌های مرتبه‌ی چهار جهت شناسایی مدولاسیون‌ها استفاده شده است. الگوریتم برای محدوده‌ی $\text{SNR} \leq -6\text{db}$ طراحی شده است. الگوریتم جهت شناسایی نیازی به هیچ اطلاعات اولیه، از سیگنال دریافتی ندارد. جهت کلاس‌بندی، SVM سلسله‌مراتبی پیشنهاد شده است. در نهایت این الگوریتم توانسته با ۱۰۰ درصد موفقیت مدولاسیون‌ها را شناسایی کند.

کلمات کلیدی: شناسایی خودکار مدولاسیون، ترکیب ویژگی‌ها، ماشین بردار پشتیبان، شبکه‌ی عصبی احتمالی

فهرست مطالب

۱- فصل اول	۱
هدف مسئله	۲
سوال‌های تحقیق	۳
ضرورت و اهمیت تحقیق	۳
فرضیات تحقیق	۳
اهداف اصلی و فرعی	۳
روش تحقیق	۴
روش جمع آوری اطلاعات	۴
کاربرد تحقیق	۴
معرفی ساختار پایان‌نامه	۴
۲- فصل دوم	۵
۱-۲- بررسی الگوریتم‌های موجود	۷
۱-۱-۲- روش‌های مبتنی بر تئوری تصمیم DTBA	۷
۲-۱-۲- روش‌های مبتنی بر تطبیق ویژگی FMBA	۹
۲-۲- تقسیم‌بندی الگوریتم‌های شناسایی مدولاسیون بر اساس نوع سیگنال	۱۰
۱-۲-۲- الگوریتم‌های شناسایی خودکار مدولاسیون برای سیگنال‌های آنالوگ	۱۰
۲-۲-۲- الگوریتم‌های شناسایی خودکار مدولاسیون برای سیگنال‌های دیجیتال	۱۲
۳-۲-۲- الگوریتم‌های شناسایی خودکار مدولاسیون برای سیگنال‌های دیجیتال و آنالوگ	۱۷
۳-۲- نتیجه‌گیری	۱۹
۳- فصل سوم	۲۰
۱-۳- مدل سیگنال	۲۱

۲۲	..... ویژگی‌های کلیدی	۲-۲
۲۲	..... ITD حوزه زمان	۱-۲-۳
۲۷	..... تبدیل	۲-۲-۳
۳۰	..... آماری	۳-۲-۳
۳۶	..... نمونه‌ها	۴-۲-۳
۳۶	..... عبور از صفر	۵-۲-۳
۳۶	..... EMD تجزیه به روش تجربی	۳-۳
۳۹	..... نتیجه‌گیری	۴-۳
۴۱	..... فصل چهارم	۴-۴
۴۲	..... درخت تصمیم DT	۱-۴
۴۴	..... خوشه بندی	۲-۴
۴۵	..... K-means خوشه‌بندی	۱-۲-۴
۴۶	..... Fuzzy c-means خوشه	۲-۲-۴
۴۸	..... خوشه‌بندی کوه	۳-۲-۴
۵۰	..... خوشه‌بندی تفاضلی	۴-۲-۴
۵۱	..... ANN شبکه‌های عصبی مصنوعی	۳-۴
۵۲	..... پرسپترون	۱-۳-۴
۵۴	..... شعاع مبنا	۲-۳-۴
۵۶	..... PNN شبکه‌های عصبی احتمالی	۳-۳-۴
۵۸	..... SVM ماشین بردار پشتیبان	۴-۴
۵۹	..... ماشین بردار پشتیبان خطی	۱-۴-۴

۶۱	..... ۲-۴-۴- ماشین بردار پشتیبان غیرخطی
۶۴	..... ۳-۴-۴- ماشین بردار پشتیبان چند کلاسه
۶۴	..... ۴-۴-۴- درخت تصمیم SVM
۶۵	..... ۵-۴-۴- کلاس بندی کننده ی DAGSVM
۶۶	..... ۵-۴- نتیجه گیری
۵۹	..... ۵- فصل پنجم
۷۰	..... ۱-۵- بخش اول : الگوریتم پیشنهادی اول
۷۱	..... ۱-۱-۵- معرفی مدولاسیون ها
۷۲	..... ۲-۱-۵- تولید داده
۷۳	..... ۳-۱-۵- استخراج ویژگی
۸۰	..... ۴-۱-۵- کلاس بندی
۸۴	..... ۵-۱-۵- نتیجه گیری
۸۶	..... ۲-۵- بخش دوم : الگوریتم پیشنهادی دوم
۸۶	..... ۱-۲-۵- معرفی مدولاسیون ها
۸۷	..... ۲-۲-۵- تولید داده
۸۷	..... ۳-۲-۵- استخراج ویژگی
۸۸	..... ۴-۲-۵- کلاس بندی
۸۹	..... ۵-۲-۵- نتیجه گیری
۹۱	..... نتیجه گیری و کارهای آینده
۹۶	..... مراجع

- [1] A. K. Nandi and E. E. Azzouz "Automatic Analogue Modulation Recognition", Elsevier Signal Processing, Vol. 46, No. 2, 211-255, 1995.
- [2] P. A. J. Nagy, "Analysis of a method for classification of analogue modulated radio signals", Proceedings of the 1994 European Association for signal Processing VII Conference, Edinburgh, Scotland, pp. 1015-1018, Sep. 1994.
- [3] P. M. Fabrizio, L. B. Lopes, and G. B. Lockart, "Receiver recognition of analogue modulation types", Proceedings of the 1986 International Conference on Radio Receiver and Associated Systems, Bangor, Wales, pp. 135-140, 1986.
- [4] Y. O. Al-Jalili, "Identification algorithm of upper sideband and lower sideband SSB signals", Elsevier Signal Processing, Vol. 42, No. 2, pp. 207-213, March 1995.
- [5] E. Avci, D. Avci, "Using combination of support vector machines for automatic analog modulation recognition", Expert Systems With Applications, Vol. 36, pp. 3959-3964, 2009.
- [6] H. Guldemir, A. Sengur, "Comparison of clustering algorithms for analog modulation classification", Expert Systems With Applications, Vol. 30, pp. 642-649, 2006.
- [7] E. E. Azzouz, A. K. Nandi, "Automatic identification of digital modulation types", Elsevier Signal Processing, Vol. 30, pp. 55-69, 1994.
- [8] M. L. D. Wong, A. K. Nandi, "Automatic digital modulation recognition using spectral and statistical features with multi-layer perceptrons", Proceedings of the sixth International Symposium on Signal Processing and its Applications, Kuala Lumpur, Vol. 2, pp. 390-393, Aug. 2001.
- [9] S. -Z Hsue and S. S. Soliman, "Automatic modulation recognition of digitally modulated signals", Proceedings of the 1989 IEEE Military Communications Conference, Boston, Vol. 3, pp. 645-649, Oct. 1989.
- [10] S. -Z Hsue and S. S. Soliman, "Automatic modulation classification using zero crossing", IEE Proceedings for Radar and Signal Processing, Vol. 137, No. 6, pp. 459-464, Dec. 1990.
- [11] K. Hassan, I. Dayoub, W. Hamouda and M. Berbineau, "Automatic Modulation Recognition Using Wavelet and Neural Network", Intelligent Transport Systems Telecommunications, (ITST), 9th International Conference, Lille, pp. 234 - 238, Oct. 2009.

- [12] A. Ebrahimzadeh, "Automatic Modulation Recognition Using RBFNN and Efficient Features in Fading Channel", Networked Digital Technologies, 2009. NDT '09. First International Conference, Ostrava, pp. 485 - 488, July 2009.
- [13] A. Ebrahimzadeh, M. Hossienzadeh, "A Novel Using GA-Based Clustering and Spectral Features for Modulation Classification" , Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference, Yichang, pp. 4705 - 4708 , Sept. 2011.
- [14] Li. Shi-ping, CHEN Fang-chao, W.Long, "Modulation Recognition Algorithm of Digital Signal Based on Support Vector Machine", Control and Decision Conference (CCDC), 2012 24th Chinese, pp. 3326 - 3330, Taiyuan, May 2012.
- [15] M. Farhang, H. Dehghani, H. Bahramgiri, "Multi-Receiver Modulation Classification for Satellite Communications Signals", 2011 IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA2011), Kuala Lumpur, pp. 569-573, Nov. 2011.
- [16] Y. Hou, H. Tian, "An Automatic Modulation Recognition Algorithm Based on HHT and SVD", 2010 3rd International Congress on Image and Signal Processing (CISP2010), Yantai ,pp. 3577-3581, Oct. 2010.
- [17] W. Dan, G. Xuemai, G. Qing, "A New Scheme of Automatic Modulation Classification Using Wavelet and WSVM", Mobile Technology, Applications and Systems, 2005 2nd International Conference, Guangzhou, pp. -5, Nov. 2005.
- [18] F. K. Faek, "Digital Modulation Classification Using Wavelet Transform and Artificial Neural Network", Journal of Zankoy Sulaimani, Vol. 13, Part A, pp. 59-70, 2010.
- [19] K. M. Ho, C. Vaz and D. G. Daut, "Automatic Classification of Amplitude, Frequency, and Phase Shift Keyed Signals in the Wavelet Domain", Sarnoff Symposium, 2010 IEEE, pp. 1 - 6, Princeton, NJ, April 2010.
- [20] N. Ahmadi, "Using Fuzzy Clustering and TTSAS Algorithm for Modulation Classification Based on Constellation Diagram" , Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 23, pp. 357-370, 2010.
- [21] L. Peri-Hua, Z. Hong-xin, W. Xu-ying, X. Nan, X. Yuan-yuan, "Modulation recognition of communication signal based on higher order cumulants and support vector machine", The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, Vol. 19, pp. 61-55, June 2012.
- [22] F. He, Y. Yin, L. Zhou, X. Xu, H. Man, "Principal Component Analysis of Cyclic Spectrum Features in Automatic Modulation Recognition", The 2010 Military

Communications Confrence- Unclassed Program- Waveforms and Signal Processing Track, San Jose, CA ,pp. 1737-1742,Nov. 2010.

[23] H. Wang, B. Zhang, J. Wu, Y. Han, X. Wu, R. Jia, "A Research on Automatic Modulation Recognition With the Combination of The Rough Sets and Neural Network", 2010 First International Conference on Pervasive Computing, Signal Processing and Applications, Harbin, pp. 807-810,Sept. 2010.

[24] A. A. Nandi, E. E. Azzouz, "Algorithm for Automatic Modulation Recognition of Communication Signals", IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 46, NO. 4, Apr. 1998.

[۲۵] شعریاف تبریزی س، خادمی م. و مولوی کاخکی م، "جداسازی کور مدولاسیون‌های مخابراتی با استفاده از بردارهای ماشین تکیه‌گاه"، نشریه مهندسی برق و کامپیوتر ایران، سال ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۷

[26] J. Yuan, Z. Zhao-Yang, Q.Pei-Liang, "Modulation Classification of Communication Signals", IEEE Military Communications Confrence, Vol. 3,pp. 1470 - 1476,Nov. 2004.

[27] M. Kang, C. Lee, J.Joo, "Automatic Recognition of Analog and Digital Modulation Signals Using DoE Filter", Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium, Icheon, pp. 609 - 614 , Sept. 2009.

[28] Z. Yu, "Automatic Modulation Classification of Communication Signals", Degree of Doctor of Philosophy, Department of Electrical and Computer Engineering, New Jersey Institute of Technology, Aug. 2006.

[29] A. F. Young, "Classification Digital Modulation Types in Multipath Enviroments", Postgraduate, Electrical Engineering, Naval Postgraduate School, June. 2008.

[30] <http://djj.ee.ntu.edu.tw/TFW.htm>

[31] http://home.deib.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/

[32] M. Bazarghan, H. Safari, D. E. Innes, E. Karami, and S. K. Solanki, "A nanoflare model for active region radiance: application of artificial neural networks", A&A, Vol. 492, pp. L13 - L16, Dec. 2008.

[33] T.Harris, "Quantitative credit risk assessment using support vector machines: Broad versus Narrow default definitions",Expert Systems with Applications, Vol. 40, pp. 4404–4413, Sep . 2013.

[34] <http://ceit.aut.ac.ir/~shiry/lecture/machine-learning/ml.html>

[35] <http://cnx.org/content/m13131/latest/>

[36]<http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-odulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php>

[37] Morello, A., Mignone, V., "DVB-S2: The Second Generation Standard for Satellite Broad-Band Services", Proceedings of the IEEE, Vol. 94, pp. 210 - 227, Jan. 2006.

[38] Y. Jin, E. Angelini, A. Laine," Wavelets in Medical Image Processing: De-noising, Segmentation, and Registration",Department of Biomedical Engineering, Columbia University,New York, NY, USA.