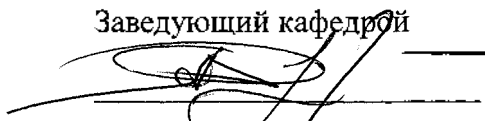


Машиностроительный факультет

Кафедра «Интеллектуальные и мехатронные системы»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой


  
А.В.Гулай

“ 29 ” 07 2022 г.

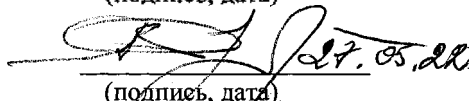
**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Вейвлет-анализ шумовых сигналов при акустической диагностике машин  
Специальность 1-55 01 02 «Интегральные сенсорные системы»

Обучающийся  
группы 10307118


 19.05.2022 Гефликх Д.С.  
(подпись, дата)

Руководитель проекта

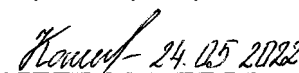
 27.05.22 Гулай А.В.  
(подпись, дата)

Консультант:

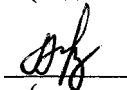
по экономическому разделу

 27.05.22 Зеленковская Н.В.  
(подпись, дата)

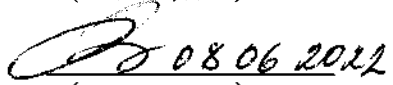
по разделу охраны труда

 24.05.2022 Кот Т.П.  
(подпись, дата)

по электронной презентации

 14.06.22 Янулевич А.В.  
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

 08.06.2022 Волкова З.Н.  
(подпись, дата)

Объем дипломного проекта:  
расчетно-пояснительная записка 104 страниц;  
графическая часть 17 листов;  
магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 121 с.; 19 рис.; 29 табл.; 34 источн.; 5 прил.

### ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ, СВЁРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, АНАЛИЗ СИГНАЛОВ, АКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

Объектом разработки является метод и реализующее его программное обеспечение на основе вейвлет-преобразования и искусственной нейронной сети для контроля дефектов и режимов работы в акустической динамике машин.

Целью проекта является разработка метода диагностики и функционирующего программного обеспечения, реализующего данный метод, на основе вейвлет-преобразования и искусственной нейронной сети, обученной на собранных данных.

В процессе выполнения дипломного проекта разработан метод диагностики и собственная модель программного обеспечения. Были составлены блок-схемы алгоритмов обучения модели и программного обеспечения.

Областью применения является диагностирование неисправностей и определение режимов работы механизмов и машин.

## РЕФЕРАТ

Дыпломны праект: 121 с.; 19 мал.; 29 табл.; 34 крын.; 5 дад.

### ВЭЙВЛЕТ-ПЕРАЎТВАРЭННЕ, СКРУТАЧНАЯ НЕЙРОНАВАЯ СЕТКА, АНАЛІЗ СІГНАЛАЎ, АКУСТЫЧНАЯ ДЫЯГНОСТЫКА

Аб'ектам распрацоўкі з'яўляецца метада і праграмае забеспячэнне, якое яго рэалізуе, на аснове вэйвлет-пераўтварэння і штучнай нейронавай сеткі для кантролю дэфектаў і рэжымаў работы ў акустычнай дынаміцы машын.

Мэтай праекта з'яўляецца распрацоўка метаду дыягностыкі і функцыянуючага праграмнага забеспячэння, якое рэалізуе дадзены метада на аснове вэйвлет-пераўтварэння і штучнай нейронавай сеткі, навучанай на сабраных дадзеных.

У працэсе выканання дыпломнага праекта распрацаваны метада дыягностыкі і ўласная мадэль праграмнага забеспячэння. Былі складзеныя блок-схемы алгарытмаў навучання мадэлі і праграмнага забеспячэння.

Вобласцю прымянення з'яўляецца дыягнаставанне няспраўнасцяў і вызначэнне рэжымаў работы механізмаў і машын.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – 2001. – 464 с.
2. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование//Успехи Физических Наук, 2001, Т. 171, N 5, С. 465.
3. Lei Y., Jia F., Lin J., Xing S., Ding S.X. An Intelligent Fault Diagnosis Method Using Unsupervised Feature Learning Towards Mechanical Big Data//IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2016, Vol. 63, No. 5, P. 3137-3147.
4. Chen J., Li Z., Pan J., Chen G., Zi Y., Yuan J., Chen B., He Z. Wavelet transform based on inner product in fault diagnosis of rotating machinery: A review//Mechanical Systems and Signal Processing, 2016, Vols. 70-71, Wavelet transform based on inner product in fault diagnosis of rotating machinery, P. 1-35.
5. Selesnick I.W., Baraniuk R.G., Kingsbury N.C. The dual-tree complex wavelet transform//IEEE Signal Processing Magazine, 2005, Vol. 22, No. 6, P. 123-151.
6. Новиков Л. Основы вейвлет-анализа сигналов. Учебное пособие. – 1999. – 152 с.
7. Shukla P.D. Complex Wavelet Transforms and Their Applications. – 2003. – 185 p.
8. Wang Y., He Z., Zi Y. Enhancement of signal denoising and multiple fault signatures detecting in rotating machinery using dual-tree complex wavelet transform//Mechanical Systems and Signal Processing, 2010, Vol. 24, No. 1, P. 119-137.
9. Sun W., Yao B., Zeng N., Chen B., He Y., Cao X., He W. An Intelligent Gear Fault Diagnosis Methodology Using a Complex Wavelet Enhanced Convolutional Neural Network//Materials, 2017, Vol. 10, No. 7, P. 790.
10. Duan Y., Liu F., Jiao L., Zhao P., Zhang L. SAR Image segmentation based on convolutional-wavelet neural network and markov random field//Pattern Recognition, 2017, Vol. 64, P. 255-267.
11. Aytar Y., Vondrick C., Torralba A. SoundNet: Learning Sound Representations from Unlabeled Video//arXiv:1610.09001 [cs], 2016, SoundNet.
12. Sainath T.N., Kingsbury B., Saon G., Soltau H., Mohamed A., Dahl G., Ramabhadran B. Deep Convolutional Neural Networks for Large-scale Speech Tasks//Neural Networks, 2015, Vol. 64, P. 39-48.
13. Saravanan N., Ramachandran K.I. Incipient gear box fault diagnosis using discrete wavelet transform (DWT) for feature extraction and classification using artificial neural network (ANN)//Expert Systems with Applications, 2010, Vol. 37, No. 6, P. 4168-4181.
14. Ben Ali J., Fnaiech N., Saidi L., Chebel-Morello B., Fnaiech F. Application of empirical mode decomposition and artificial neural network for automatic bearing fault diagnosis based on vibration signals//Applied Acoustics, 2015, Vol. 89, P. 16-27.
15. Xian G. Mechanical failure classification for spherical roller bearing of hydraulic injection molding machine using DWT-SVM//Expert Systems with Applications, 2010, Vol. 37, No. 10, P. 6742-6747.

16. Chattopadhyay P., Konar P. Feature Extraction using Wavelet Transform for Multi-class Fault Detection of Induction Motor//Journal of The Institution of Engineers (India): Series B, 2014, T. 95, C. 73-81.
17. Ramesh Babu N., Jagan Mohan B. Fault classification in power systems using EMD and SVM//Ain Shams Engineering Journal, 2017, Vol. 8, No. 2, P. 103-111.
18. Chen Z., Li C., Sanchez R.-V. Gearbox Fault Identification and Classification with Convolutional Neural Networks//Shock and Vibration, 2015, Vol. 2015, P. e390134.
19. Zeng X., Liao Y., Li W. Gearbox fault classification using S-transform and convolutional neural network//2016 10th International Conference on Sensing Technology (ICST) 2016 10th International Conference on Sensing Technology (ICST). – Nanjing, China: IEEE, 2016. – P. 1-5.
20. Cao P., Zhang S., Tang J. Preprocessing-Free Gear Fault Diagnosis Using Small Datasets With Deep Convolutional Neural Network-Based Transfer Learning//IEEE Access, 2018, Vol. 6, P. 26241-26253.
21. Yu L., Yao X., Yang J., Li C. Gear Fault Diagnosis through Vibration and Acoustic Signal Combination Based on Convolutional Neural Network//Information, 2020, Vol. 11, No. 5, P. 266.
22. Yao Y., Wang H., Li S., Liu Z., Gui G., Dan Y., Hu J. End-To-End Convolutional Neural Network Model for Gear Fault Diagnosis Based on Sound Signals//Applied Sciences, 2018, Vol. 8, No. 9, P. 1584.
23. Kingsbury N. Design of Q-shift complex wavelets for image processing using frequency domain energy minimisation//in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing. – IEEE, 2003. – C. 1013-1016.
24. Kingsbury N. Complex Wavelets for Shift Invariant Analysis and Filtering of Signals//Applied and Computational Harmonic Analysis, 2001, Vol. 10, No. 3, P. 234-253.
25. Qin P., Xu W., Guo J. An empirical convolutional neural network approach for semantic relation classification//Neurocomputing, 2016, Vol. 190, P. 1-9.
26. Han Y., Lee S., Nam J., Lee K. Sparse feature learning for instrument identification: Effects of sampling and pooling methods//The Journal of the Acoustical Society of America, 2016, Vol. 139, Sparse feature learning for instrument identification, No. 5, P. 2290-2298.
27. Kingma D.P., Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization//arXiv:1412.6980 [cs], 2017, Adam.
28. Будума Н., Локашо Н. Основы глубокого обучения. Создание алгоритмов для искусственного интеллекта следующего поколения. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2020. – 304 с.
29. Санитарные нормы и правила «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения от 28.06.2013 г. № 59.

30. Гигиенический норматив «Предельно-допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», утвержденный постановлением Министерства здравоохранения от 28.06.2013 г. № 59.
31. Гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» утвержденный постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 30 апреля 2013 г., № 33.
32. Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» утвержденный постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 11 октября 2017 г., № 92.
33. ТКП 339-2011 «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний».
34. Типовая инструкция по охране труда при использовании в работе офисного оборудования, утвержденная постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 14.04.2021 № 25.