

DOI: 10.58168/MOTOR2024_5-11

УДК 620.179.13

Швырёв А.Н.

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры производства, ремонта и
эксплуатации машин ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Снятков Е.В.

кандидат технических наук, доцент
кафедры производства, ремонта и
эксплуатации машин ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Латынин А.В.

кандидат технических наук, доцент
кафедры производства, ремонта и
эксплуатации машин ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Чумаков Б.Н.

студент автомобильного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, РФ

Туркота Д.А.

студент автомобильного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, РФ

Астахова Е.А.

студент автомобильного факультета
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, РФ

Shvyriov A.N.

Ph. D., associate professor of production,
repair and operation of cars Federal State
Budget Educational Institution of Higher
Education "Voronezh State University
of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Snyatkov E.V.

Ph. D., associate professor of production,
repair and operation of cars Federal State
Budget Educational Institution of Higher
Education "Voronezh State University
of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Latynin A.V.

Ph. D., associate professor of production,
repair and operation of cars Federal State
Budget Educational Institution of Higher
Education "Voronezh State University
of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Chumakov B.N.

student of the automotive faculty Federal
State Budget Educational Institution of
Higher Education "Voronezh State University
of Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov", Voronezh, RF

Turkota D.A.

student of the automotive faculty Federal
State Budget Educational Institution of
Higher Education "Voronezh State University
of Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov", Voronezh, RF

Astakhova E.A.

student of the automotive faculty Federal
State Budget Educational Institution of
Higher Education "Voronezh State University
of Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov", Voronezh, RF

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСА
ТЕПЛОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ГИДРОСИСТЕМЫ**

**DEVELOPMENT OF AN OPERATION ALGORITHM
FOR THE HYDRAULIC SYSTEM THERMAL DIAGNOSTICS COMPLEX**

Аннотация: В статье приводится краткое описание применяемых методик тепловой диагностики. Описываются особенности разработки алгоритма действия комплекса диагно-

стики гидросистемы с использованием в его работе элементов искусственной нейронной сети. Обосновывается необходимость и правильность принятого технического решения.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, алгоритм, дистанционная диагностика, гидропривод, температура, надежность.

Abstract: The article provides a brief description of the thermal diagnostic techniques used. The features of the development of an algorithm for the operation of a hydraulic system diagnostic complex using elements of an artificial neural network in its operation are described. The necessity and correctness of the adopted technical solution is substantiated.

Keywords: artificial neural network, algorithm, remote diagnostics, hydraulic drive, temperature, reliability.

Современное состояние автомобильной техники неотъемлемо связано с мероприятиями, направленными в первую очередь на повышение надежности не только отдельных его узлов, но и автомобиля в целом. Обеспечение этих мероприятий достигается диагностическими работами и операциями контроля текущего технического состояния. Достижение эффективности перечисленных мер, обеспечивающих повышение надежности автомобиля и автотранспортных средств, предлагается осуществить использованием информационно-измерительных систем.

Среди современных методов дистанционного определения температуры различных узлов автотранспортных средств и навесного оборудования наиболее легкорезализуемым является метод инфракрасной термографии. Инфракрасная термография позволяет с высокой степенью точности дистанционно производить тепловые замеры. Известно, что существуют методики определения технического состояния и пробега автомобиля по рабочей температуре [1, 2, 4-11].

В данной статье предлагается разработать алгоритм действия комплекса диагностики гидросистемы. В работе комплекса дистанционной диагностики необходимо учесть возможность анализа тепловых сигнатур технического состояния рассматриваемых объектов. Для обеспечения эффективности использования предлагаемого комплекса и достоверности полученной информации требуется обеспечить высокую точность измерения термограмм и диагностических параметров, необходимых для принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации транспортного средства. Достоверность результатов измерений при помощи комплекса дистанционной диагностики результатов предлагается достигнуть при использовании интеллектуальных информационных систем с использованием искусственных нейронных сетей. Целесообразность таких проектных решений обосновывается в работах российских и зарубежных ученых [12-14, 16-20, 23-26].

Целью данной работы является разработка алгоритма проектирования программной логики с использованием нейросетей при создании комплекса дистанционной диагностики с возможностью использования средств теплового контроля, в том числе тепловизионного, для определения отказов, дефектов и контроля эксплуатационных показателей при штатной работе технических устройств. Общие методы и структура определения текущего технического состояния узлов автотранспортных средств, достигаемая с использованием методов теплового контроля, представлена на рис. 1.

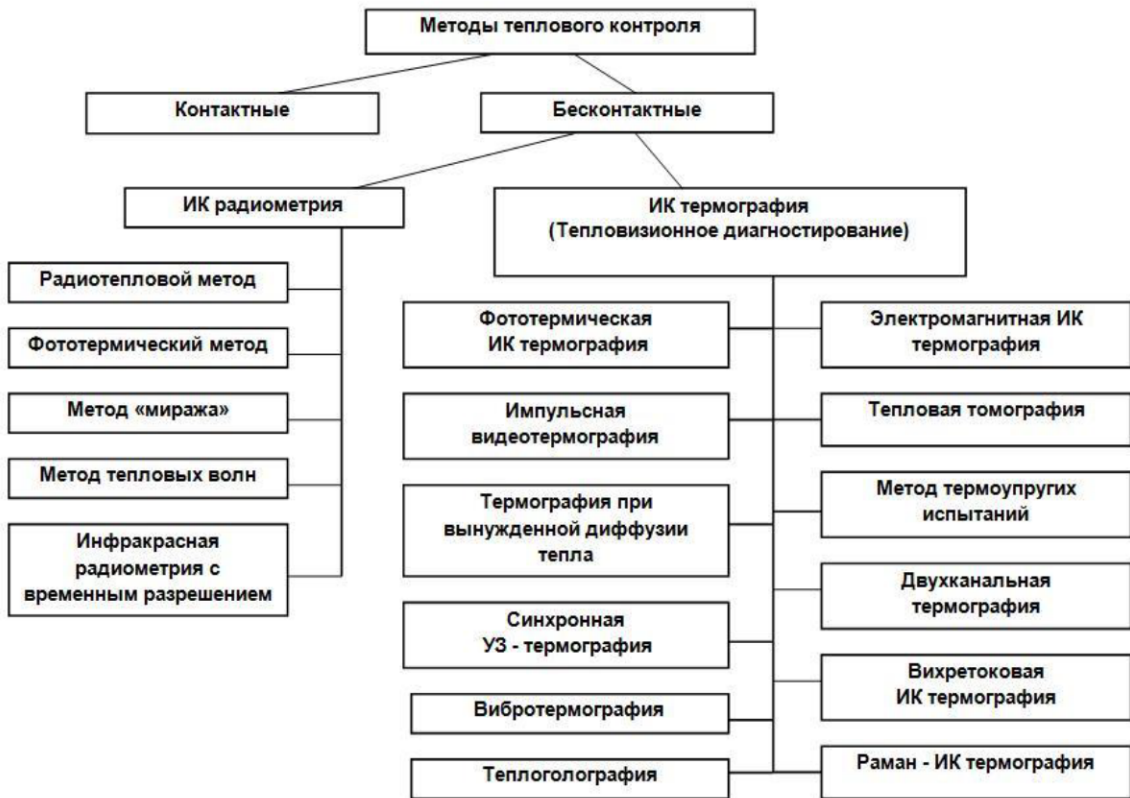


Рисунок 1 – Классификация методов теплового контроля

Обработка полученных данных тепловой диагностики схематично приводится на рис. 2.



Рисунок 2 – Сравнительная инфракрасная термография

Такая постановка задач и предлагаемое техническое решение стало возможным только при появлении искусственных нейронных сетей. Актуальность разработки обусловлена необходимостью решения проблемы, связанной с повышением надежности автотранспортных средств. При использовании метода тепловых измерений при контроле текущего технического состояния автомоби-

лей возникает сложная задача, связанная с обработкой больших объемов информации в кратчайшее время. Решение такой задачи предлагается выполнить за счет использования искусственной нейронной сети. В представленной статье за основу берется метод объектно-ориентированного подхода к анализу логики искусственных нейронных сетей [2, 21, 27].

Проектирование нейро-сетевого программного анализатора осуществлялось при помощи шаблона, именуемого «Проектировочный луч». Полученное решение в виде алгоритма действия комплекса тепловой диагностики гидросистемы автомобилей и автотранспортных средств, приведено на рис. 3 [15, 22].

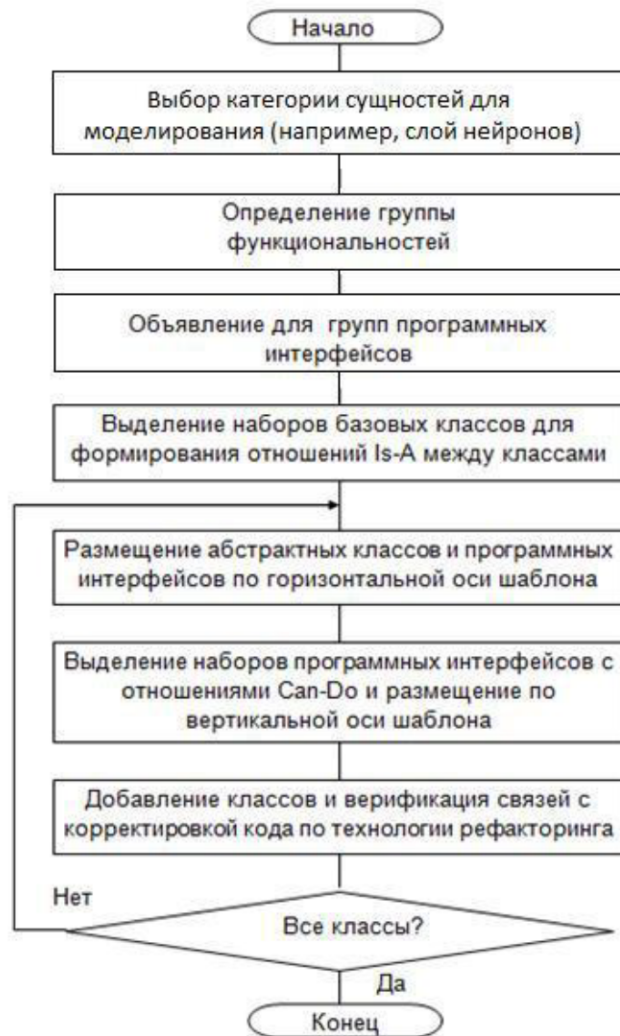


Рисунок 3 – Алгоритм действия комплекса диагностики гидросистемы

Предложенный алгоритм построения проектировочного грида является логическим развитием идей, сформулированных другими авторами. Однако именно представление проектировочных решений в виде описанного шаблона дало наибольшую формализацию и четкость при работе со сложными системами доменных классов. Проведенные эксперименты в процессе диагностики гидросистем выявляют дефекты с вероятностью 97 %.

Список литературы

1. Биргер, И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.
2. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. 3-е издание / Г. Буч. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2008. – 720 с.
3. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : ИД Спектр, 2009. – 544 с.
4. Гаскаров, Д. В. Интеллектуальные информационные системы : учеб. пособие для вузов / Д. В. Гаскаров. – М. : Высш. Шк., 2003. – 431 с.
5. Орнатский, П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники / П. П. Орнатский. – Киев : Вища школа, 1983. – 455 с.
6. Цапенко, М. П., Измерительные информационные системы : Структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование : учеб. пособие для вузов. – 2-е. изд. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 438 с.
7. Цветков, Э. И. Основы математической метрологии / Э. И. Цветков. – СПб. : Политехника, 2005. – 509 с.
8. Шляндин, В. М. Цифровые электроизмерительные приборы / В. М. Шляндин, В. В. Богданов, А. А. Богородицкий, Д. И. Леонтьев [и др.] ; под ред. В. М. Шляндина. – М. : Энергия, 1972. – 400 с.
9. Данилин, Н. С. Неразрушающий контроль качества продукции радиоэлектроники / Н. С. Данилин. – М. : Издательство стандартов, 1976. – 240 с.
10. Пархоменко, П. П. Основы технической диагностики. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / П. П. Пархоменко, В. В. Карибский, Е. С. Согомонян, В. Ф. Халчев. – М. : Энергия, 1976. – 464 с.
11. Хадсон, Р. Инфракрасные системы / Р. Хадсон. – М. : Мир, 1972. – 530 с.
12. Дорогов, А. Ю. Теория и проектирование быстрых перестраиваемых преобразований и слабосвязанных нейронных сетей / А. Ю. Дорогов. – СПб. : Политехника, 2014. – 328 с.
13. Иванов А. И. Многомерная нейросетевая обработка биометрических данных с программным воспроизведением эффектов квантовой суперпозиции / А. И. Иванов. – Пенза : Изд-во АО «Пензенский научно-исследовательский электротехнический институт», 2016. – 133 с.
14. Комарцова, Л. Г. Нейрокомпьютеры / Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 г.
15. Орлов, С. П. Интеллектуализация контроля и диагностики электронных приборов на основе нейронных сетей / С. П. Орлов, Р. В. Гири // Труды XXI Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018). – СПб. : СПб ГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 99-102.
16. Селиванова, З. М. Интеллектуализация информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов / З. М. Селиванова. – М. : Изд-во «Машиностроение-1», 2006. – 184 с.
17. Селиванова, З.М. Математические модели и алгоритм для совершенствования информационно-измерительной системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22. – № 4. – С. 520-534.
18. Селиванова, З. М. Комплексный метод повышения точности информационно-измерительной системы для определения теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Измерительная техника. – 2017. – № 5. – С. 44-48.
19. Ярушкина, Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем : учеб. пособие / Н. Г. Ярушкина. – Москва : Финансы и статистика, 2004. – 319 с.

20. Яхъяева, Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети : учеб. пособие / Г. Э. Яхъяева. – 2-е изд., испр. – Москва : Интернет-Ун-т Информ. Технологий ; БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. – 315 с.
21. Fowler, M. Patterns of Enterprise Application Architecture/M. Fowler. – Addison-Wesley, 2002. – 560 p.
22. Girin, R. V. The use of neural networks for testing and failure analysis of electronic devices / R. V. Girin, S. P. Orlov // Proc. of the II International Scientific Practical Conference “Fuzzy Technologies in the Industry (FTI 2018)”. – CEURWS.org/Vol – 2258/paper21. – 2018. – pp. 160-167.
23. Goodfellow, I. Deep learning/I. Goodfellow, Y. Bengio, Y. Courville. – URL : <http://www.deeplearningbook.org>.
24. Nykin, S. S. Neural networks. A Comprehensive Foundation. Second Edition / S. S. Nykin. – Prentice Hall, 1999. – 905 p.
25. Krizhevsky, A. ImageNet classification with deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. Hinton // NIPS'12 Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems. – 2012. – Vol. 1. – P. 1097-1105.
26. Nielsen, M. Neural Networks and Deep Learning, free online book / M. Nielsen. – URL : <http://neuralnetworksanddeeplearning.com>.
27. Norvig, P. Artificial Intelligence : A Modern Approach, Edition : 3rd / P. Norvig, S. Russell. – Pearson, 2010. – 1109 p.

References

1. Birger, I. A. Technical diagnostics / I. A. Birger. – M. : Mashinostroenie, 1978. – 240 p.
2. Butch, G. Object-oriented analysis and design with application examples. 3rd edition / G. Butch. – M. : I. D. Williams LLC, 2008. – 720 p.
3. Vavilov, V. P. Infrared thermography and thermal control / V. P. Vavilov. – M. : ID Spectrum, 2009. – 544 s
4. Gaskarov, D. V. Intelligent information systems : textbook. handbook for universities / D. V. Gaskarov. – M. : Higher School, 2003. – 431 p.
5. Ornatsky, P. P. Theoretical foundations of information and measurement technology / P. P. Ornatsky. – Kiev : Vishcha shkola, 1983. – 455 p.
6. Tsapenko, M. P., Measuring information systems : Structures and algorithms, system engineering design : textbook. handbook for universities. – 2nd ed. – M. : Energoatomizdat, 1985. – 438 p.
7. Tsvetkov, E. I. Fundamentals of mathematical metrology / E. I. Tsvetkov. – St. Petersburg : Politehnika, 2005. – 509 p.
8. Shlyandin, V. M. Digital electrical measuring devices / V. M. Shlyandin, V. V. Bogdanov, A. A. Bogoroditsky, D. I. Leontiev [et al.] ; edited by V. M. Shlyandin. – Moscow : Energiya, 1972. – 400 p.
9. Danilin, N. S. Non-destructive quality control of radioelectronics products / N. S. Danilin. – M. : Publishing House of Standards, 1976. – 240 p.
10. Parkhomenko, P. P. Fundamentals of technical diagnostics. Object models, methods and algorithms of diagnosis / P. P. Parkhomenko, V. V. Karibskiy, E. S. Soghomonyan, V. F. Khalchev. – M. : Energiya, 1976. – 464 p.
11. Hudson, R. Infrared systems / R. Hudson. – M. : Mir, 1972. – 530 p.
12. Dorogov, A. Yu. Theory and design of fast tunable transformations and loosely coupled neural networks / A. Yu. Dorogov. – St. Petersburg : Polytechnic, 2014. – 328 p.
13. Ivanov, A. I. Multidimensional neural network processing of biometric data with software reproduction of quantum superposition effects / A. I. Ivanov. – Penza : Publishing house of JSC Penza Scientific Research Electrotechnical Institute, 2016. – 133 p.

14. Komartsova, L. G. Neurocomputers / L. G. Komartsova, A.V. Maksimov. M. : Bauman Moscow State Technical University, 2004.
15. Orlov, S. P. Intellectualization of control and diagnostics of electronic devices based on neural networks / S. P. Orlov, R. V. Girin // Proceedings of the XXI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM in-2018). – St. Petersburg : SPb GETU "LETI", 2018. – pp. 99-102.
16. Selivanova, Z. M. Intellectualization of information and measuring systems for non-destructive testing of thermophysical properties of solid materials / Z. M. Selivanova. – M. : Publishing house "Mashinostroenie-1", 2006. – 184 p.
17. Selivanova, Z. M. Mathematical models and algorithm for improving the information and measurement system of non-destructive testing of thermophysical properties of materials / Z. M. Selivanova, T. A. Hoan // Bulletin of the Tambov State Technical University. – 2016. – Vol. 22. – No. 4. – pp. 520-534.
18. Selivanova, Z. M. An integrated method for improving the accuracy of an information and measuring system for determining the thermophysical properties of materials under the influence of destabilizing factors / Z. M. Selivanova, T. A. Hoan // Measuring technique. – 2017. – No. 5. – pp. 44-48.
19. Yarushkina, N. G. Fundamentals of the theory of fuzzy and hybrid systems : textbook. the manual / N. G. Yarushkina. – Moscow : Finance and Statistics, 2004. – 319 p.
20. Yakhyaeva, G. E. Fuzzy sets and neural networks : studies. the manual / G. E. Yakhyaeva. – 2nd ed., ispr. – Moscow : Internet-Un-t Inform. Technologies ; Binomial Laboratory of Knowledge, 2008. – 315 p.
21. Fowler, M. Patterns of enterprise application architecture / M. Fowler. – Addison-Wesley, 2002. – 560 p.
22. Girin, R. V. The use of neural networks for testing and analyzing failures of electronic devices / R. V. Girin, S. P. Orlov // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Fuzzy technologies in industry (FTI 2018)". – CEURWS.org/Vol - 2258/paper21. – 2018. – pp. 160-167.
23. Goodfellow, I. Deep learning/I. Goodfellow, Y. Benjio, Y. Courville. – URL : <http://www.deeplearningbook.org>.
24. Nykin, S. Neural networks. A comprehensive foundation. Second edition / S. S. Nykin. – Prentice Hall, 1999. – 905 p.
25. Krizhevsky, A. Classification of ImageNet using deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. Hinton // NIPS'12 Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems. – 2012. – Volume 1. – pp. 1097-1105.
26. Nielsen, M. Neural networks and deep learning: a free online book / M. Nielsen. – URL : <http://neuralnetworksanddeeplearning.com>
27. Norvig, P. Artificial intelligence : a modern approach, Edition : 3rd / P. Norvig, S. Russell. – Pearson, 2010. – 1109 p.