

- dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France) // Environmental Chemistry. 2012. Vol. 9, no. 5. P. 438–449. doi:10.1071/EN12081.
5. РД 52.24.476-2007 Массовая концентрация нефтепродуктов в водах. Методика выполнения измерений ИК- фотометрическим методом.
 6. Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I. Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment // Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 104663G (30 November 2017). doi: 10.1117/12.2287127; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287127>.
 7. Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects. // National Research Council Division on Earth and Life Studies; Transportation Research Board; Ocean Studies Board; Marine Board; Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. 2003. 277 p. [http://www.nap.edu GC1085 .O435 2002/628.1%6833—dc21.2002015715](http://www.nap.edu/GC1085.O435.2002/628.1%6833—dc21.2002015715).
 8. Huhnerfuss H., Garrett W. D. Experimental sea slicks: Their practical applications and utilization for basic studies of air-sea interactions // Journal of Geophysical Research. 1981. Vol. 86. P. 439–447.
 9. Lombardini P. P., Fiscella B., Trivero P., Cappa C., Garrett W. D. Modulation of the spectra of short gravity waves by sea surface films: slick detection and characterization with a microwave probe // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 1989. Vol. 6. P. 883–890.
 10. Иванов А. Ю. Стики и плёночные образования на космических радиолокационных изображениях // Исследование Земли из космоса.– 2007.– №3.– С. 73–96.
 11. Хайлов К. М. Экологический метаболизм в море.– Киев: Наукова Думка, 1971.– 250 с.
- References**
1. Streleckaya buhta – povsednevnoe lico Sevastopola. URL: <http://krymania.ru/streleckaya-buhta-v-sevastopole/#name2>
 2. Kompleks gidrobiologicheskij mul'tiparametricheskij pogruzhnoj avtonomnyj «KONDOR». URL: <http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multi-turbidimeter-kondor>
 3. Boss E., Pegau W. S., Zaneveld J. R. V. et al. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf // Journal of Geophysical Research. 2001. Vol. 106, no. C5. P. 9499–9507.
 4. M. Tedetti, R. Longhitano, N. Garcia, C. Guigue, N. Ferretto and M. Goutx. Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France) // Environmental Chemistry. 2012. Vol. 9, no. 5. P. 438–449. doi:10.1071/EN12081.
 5. RD 52.24.476-2007 Massovaya koncentraciya nefteproduktov v vodah. Metodika vypolneniya izmerenij IK- fotometricheskim metodom.
 6. Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I. Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment // Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 104663G (30 November 2017). doi: 10.1117/12.2287127; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287127>.
 7. Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects. // National Research Council Division on Earth and Life Studies; Transportation Research Board; Ocean Studies Board; Marine Board; Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. 2003. 277 p. [http://www.nap.edu GC1085 .O435 2002/628.1%6833—dc21.2002015715](http://www.nap.edu/GC1085.O435.2002/628.1%6833—dc21.2002015715).
 8. Huhnerfuss H., Garrett W. D. Experimental sea slicks: Their practical applications and utilization for basic studies of air-sea interactions // Journal of Geophysical Research. 1981. Vol. 86. P. 439–447.
 9. Lombardini P. P., Fiscella B., Trivero P., Cappa C., Garrett W. D. Modulation of the spectra of short gravity waves by sea surface films: slick detection and characterization with a microwave probe // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 1989. Vol. 6. P. 883–890.
 10. Ivanov A. YU. Sliki i plyonochnye obrazovaniya na kosmicheskix radiolokacionnyh izobrazheniyah // Issledovanie Zemli iz kosmosa.– 2007.– №3.– С. 73–96.
 11. Hajlov K. M. Ekologicheskij metabolizm v mo-re.– Kiev: Naukova Dumka, 1971.– 250 s.

УДК 621.431.36

DOI: 10.34046/aumsuomt92/21

О ПРИМЕНЕНИИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

М.С. Николаева

Рассматриваются принципы построения искусственных нейронных сетей для системы контроля качества работы судового оборудования, связанного с защитой окружающей среды. Концентрация вредных веществ в отработанных газах и льяльных водах зависит от множества факторов, связанных как с состоянием оборудования, так и от внешних условий. Аналитически описать эту зависимость чрезвычайно сложно, поэтому для мониторинга состояния оборудования предлагается использовать искусственные нейронные сети. В работе описываются способы создания нейронной сети типа самоорганизующейся карты признаков и методы ее обучения.

Ключевые слова: защита окружающей среды, мониторинг, искусственная нейронная сеть, обучение нейронной сети, векторное квантование.

The principles of constructing artificial neural networks for a quality control system for the operation of ship equipment related to environmental protection are considered. The concentration of harmful substances in exhaust gases and bilge waters depends on many factors related to both the condition of the equipment and external conditions. Analytically describing this dependence is extremely difficult, therefore, it is proposed to use artificial neural networks to monitor the state of equipment. The paper describes how to create a neural network such as a self-organizing feature map and methods for its training.

Keywords: environmental protection, monitoring, artificial neural network, training of the neural network, vector quantization.

Интенсивное развитие судоходства на водных путях привело к строительству качественно нового флота: с мощными энергетическими установками, высокими грузоподъемностью и скоростью. Массовая эксплуатация такого флота сопровождается ростом его воздействия на окружающую среду. Интенсивное использование топлива сопровождается значительным загрязнением окружающей среды.

Растущие масштабы распространения загрязняющих веществ над океаном в результате сжигания топлива, особенно эмиссия в атмосферу оксидов серы, вызывают все большие опасения, и данная проблема усугубляется по мере роста мирового флота и увеличения глобальных масштабов потребления бункерного топлива.

Проблемам снижения токсичных выбросов от судовых энергетических установок посвящены работы ученых: О.А. Гладкова, С.А. Богатых, В.А. Звонова, С.П. Зубрилова, В.А.Маркова, Л.А. Новикова, В.И. Смайлиса, В.Н. Стаценко, А.Ф. Дорохова, В.И. Толщина, Д.В. Щавелева, С.В. Кирпиченко, Д.Е. Авдевина, В.С.Кузина, Т.В.Чуба.

Остро стоящая проблема снижения выбросов оксидов серы решается многими способами, в частности: предварительной очисткой топлива от соединений серы, топливоподготовкой, заменой вида топлива при входе в прибрежную зону, очисткой выхлопных газов перед выбросом в атмосферу, применением мокрых процессов, использованием сухих методов очистки и другими.

Несмотря на многочисленные исследования, проводимые в направлении борьбы с загрязнением окружающей среды, многие вопросы остаются нерешенными. В частности, важной задачей остается поиск методов контроля качества работы судовых энергетических установок и разработка современных средств анализа и обработки результатов измерений различных параметров, характеризующих состояние судового оборудования и влияние его на окружающую среду.

В связи с этим актуальной задачей является выявление факторов, влияющих на появление вредных выбросов, а также разработка методов контроля технических характеристик и режимов работы энергетических установок и их элементов

с целью прогнозирования наступления нежелательных последствий, связанных с загрязнением окружающей среды.

Изучение проблемы загрязнения окружающей среды водным транспортом ведется, в основном, по двум направлениям. Первое связано с изучением загрязнения атмосферы выбросами из энергетических установок окислов серы и азота, углерода. Учитывая, что в России выпускается топливо с содержанием серы, не превышающим 3,5 %, а на транспортных судах в основном эксплуатируется мало и среднеоборотные дизеля, выбросы серы с условного судна можно оценить равным 1-1,5 т/сутки, а окисла азота – 2-5 т/сутки.

Одним из главных токсичных компонентов отработавших газов являются оксиды серы. На основе анализа литературы установлено, что горючее вещество топлива состоит в основном из трех химических элементов: углерода, водорода и серы. При горении происходит быстрое соединение кислорода с этими горючими элементами, сопровождающееся выделением тепла. Для подавляющего большинства топлива важны только углерод и кислород, так как содержание серы слишком мало, чтобы внести заметный вклад в выделение тепла. Однако, с точки зрения загрязнения атмосферы продуктами сгорания, первое место по массе принадлежит диоксиду серы. Оксиды серы образуются при сжигании серосодержащего топлива. Основным оксидом серы, образующимся при сжигании серосодержащего топлива, является диоксид серы (SO_2) и только 5-7% мол. приходится на триоксид серы (SO_3).

Второе направление в изучении причин загрязнения окружающей среды связано с другим источником экологической опасности при эксплуатации водного транспорта, работающих на традиционных нефтяных видах топлива – загрязнение акваторий портов, рек и водоёмов за счет так называемых «подсланевых вод», которые образуются в машинных отделениях судов и отличаются высоким содержанием нефтепродуктов.

Особую опасность представляют нефтеносные кислоты, содержащиеся в нефти и нефтепродуктах. Концентрация нефти в воде 20 – 30 мг/л вызывает нарушение условно-рефлекторной дея-

тельности рыб, их гибель. Донные нефтяные отложения в анаэробных условиях (при дефиците кислорода) сохраняются длительное время и являются источником вторичного загрязнения водоёмов.

Источниками загрязнения могут являться также нефть и нефтепродукты, попадающие в водные ресурсы вследствие недостаточной герметичности корпусов нефтеналивных судов, утечки нефтепродуктов в процессе перегрузки и др. Загрязнение акваторий портов, рек и водоёмов нефтью и нефтепродуктами затрудняет все виды водопользования. Влияние нефти, керосина, бензина, мазута, смазочных масел на водоём проявляется в ухудшении физических свойств воды (замутнение, изменение цвета, вкуса, запаха), растворении в воде токсических веществ, образовании поверхностной плёнки, понижающей содержание в воде кислорода, а также осадка нефти на дне водоёма.

Анализ литературных источников за последние несколько лет позволяет сделать вывод о том, что исследование проблемы загрязнения окружающей среды на водном транспорте сводится, в основном, либо к поиску новых технологий очистки, либо к модернизации, совершенствованию существующих систем и методов. Сравнительно немного работ, связанных с проблемой диагностики, выявлению связей между условиями эксплуатации судового оборудования и загрязнением окружающей среды. Однако именно такого рода исследования представляет интерес с точки зрения организации контроля качества работы систем очистки и прогнозирования возможного наступления нежелательных последствий для окружающей среды.

В качестве примера можно привести работу [1], в которой приведены результаты инструментального замера газоанализатором выбросов оксидов азота, серы и летучих органических соединений в отработанных газах судового главного малооборотного двигателя танкера MAN 6S60MC в широком диапазоне нагрузок.

Для того, чтобы иметь возможность оперативно влиять на состояние окружающей среды, или, по крайней мере, прогнозировать его изменения, необходимо иметь математическую модель, описывающую связи между параметрами энергетической установки и количеством вредных веществ в выбросах. Однако, как было сказано выше, эти связи носят существенно нелинейный характер и их очень трудно формализовать. Дело в том, что количество вредных веществ в выбросах энергетической установки зависит не только

от применяемого способа очистки и типа очистного оборудования, но и от множества других факторов, таких, как износ оборудования, качество используемого в данный момент топлива, температура окружающей среды и т.д.

Энергетическую установку можно рассматривать как динамическую систему, состояние которой в каждый момент времени характеризуется набором выходных параметров, которые могут влиять на состояние окружающей среды. Задачей оптимального управления такой системой является нахождение входных управляющих воздействий, минимизируется некоторый интегральный показатель, характеризующий наносимый окружающей среде вред.

Для решения такой трудно формализуемой задачи традиционно применяются два основных подхода. Первый связан с применением экспертных систем, основой которых является база знаний рассматриваемой предметной области. Эта база знаний содержит набора правил вида «если ... то ...» и набора правил построения цепочки логических выводов, приводящих к нужному решению.

Другой подход основан на применении нейронных сетей [2]. Важным свойством нейронной сети является способность к обучению и к обобщению полученных знаний. Натренированная на ограниченном множестве обучающих выборок, она обобщает накопленную информацию и вырабатывает ожидаемую реакцию применительно к данным, не обрабатывавшимся в процессе обучения.

Наиболее подходящим типом нейронной сети для решения поставленной задачи является самоорганизующаяся карта признаков Кохонена [3].

Рассмотрим некоторую техническую систему или устройство, состояние которой в каждый момент времени описывается набором из n вещественных чисел, диапазон возможных значения которых задан. Будем называть этот набор вектором n -мерного пространства и обозначать

$$x = [\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n] \in \mathbb{R}^n. \quad (1)$$

Если известны минимальные и максимальные возможные значения этих параметров, то их можно нормировать, то есть перейти к безразмерным величинам, значения которых лежат в интервале $(0,1)$. Будем считать, что все компоненты вектора (1) этому условию удовлетворяют.

В качестве компонент вектора x могут быть использованы все доступные измерению параметры устройства (мощность, частота вращения коленчатого вала, расход воздуха и т.д.) и параметры окружающей среды (температура, давление, влажность). В этом наборе должны быть как

примеры штатных ситуаций, когда при работе системы количество вредных веществ находится в допустимых пределах, так и примеры ситуаций, при которых выброс вредных веществ выше допустимого. В некоторых случаях нештатные ситуации можно воспроизвести при испытаниях системы, но в целом ряде случаев имитировать серьезные отказы слишком дорого. В таких случаях нештатные ситуации приходится моделировать.

Разделение векторов входных сигналов на подгруппы называется задачей кластеризации. Эту задачу можно решать с помощью сети Кохонена, которая является эффективным программным инструментом для визуализации многомерных данных. Сеть преобразует нелинейные статистические соотношения между многомерными данными в простые геометрические связи между изображающими их точками на устройстве отображения низкой размерности, в виде регулярной двумерной сетки узлов, пример которой показан на рис. 1.

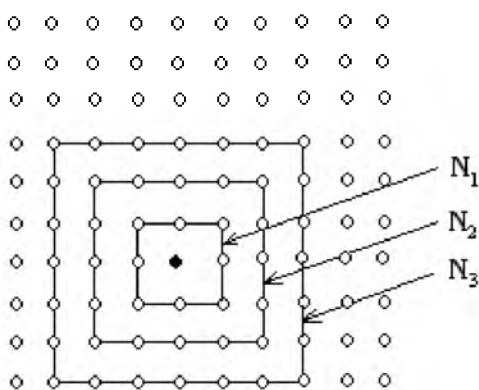


Рисунок 1 – Самоорганизующаяся карта признаков Кохонена размером 10x10. Для выделенного цветом узла показаны его топологические окрестности N_1 , N_2 , N_3

Узлы выходного слоя нумеруются в определенном порядке, например, по очереди слева направо и сверху вниз. Каждый нейрон выходного слоя связан с каждым входным элементом, на которые подаются входные сигналы $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$. Вначале каждому i -му нейрону приписываются n весовых коэффициентов (по числу входных параметров) – вектор $m_i(0)$, $i=1,2,\dots, K$, где K – количество узлов.

В процессе обучения для каждого вектора x из обучающего набора отыскивается индекс c того нейрона, вектор весовых коэффициентов которого ближе всего к заданному:

$$c = \arg \min_i \{ \|x - m_i\| \},$$

где $\|x - m_i\|$ – евклидово расстояние между векторами.

Весовые коэффициенты этого нейрона, а также ближайшие к нему (см. рис.1) изменяются по формуле

$$m_c(t + 1) = m_c(t) + h_{ci}(t)[x(t) - m_i(t)],$$

где $t=0, 1, 2, \dots$ – дискретное время, $h_{ci}(t)$ – некоторая функция соседства, монотонно убывающая к нулю (сглаживающее ядро).

В процессе обучения происходит упорядочивание весовых коэффициентов и карта разбивается на ряд областей (кластеров), которые по окончании обучения можно разметить (например, раскрашивая их разными оттенками серого цвета), указав допустимые сочетания измеряемых параметров и те, которые приводят к отклонениям от нормы.

Если теперь подать на вход сети сигнал с данными о состоянии контролируемой системы, будет найден нейрон с вектором весов, ближайший к входному вектору и на карте отобразится точка в том или ином кластере. Таким образом появляется возможность не только оценивать текущее состояние оборудования, но и прогнозировать его поведение.

Литература

1. Зиненко Н.Н. Методика контроля состава отработанных газов судовых малооборотных двигателей в эксплуатации / Н.Н. Зиненко, Н.И. Николаев, В.Е. Панамарев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2015. – № 3 (31). – С. 108-116.
2. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 382 с.
3. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 655 с.
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 343 с.
5. Lynde Y., Buzo A., Gray R. An algorithm for vector quantizer design // IEEE Trans. Comm., 1980. – Vol. 28. – Pp. 84-95.
6. Studenikin D.E. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english) [текст] / D.E. Studenikin, E.V. Khekert, M.A. Modina // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – Т. 1. – № 1 (39). – С. 205-208.
7. Каракаев А.Б., Луканин А.В., Хекерт Е.В. Разработка методологии, методов и моделей анализа влияния различных вариантов построения структуры и режимов поддержания и восстановления работоспособности судовых электроэнергетических систем (часть 1) // Эксплуатация морского транспорта. – 2016. – № 3(80). – С.54-60.

References

1. Zinchenko N.N. Technique for controlling the exhaust gas composition of marine low-speed engines in opera-

- tion // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O.Makarova, 2015, № 3 (31). – Pp. 108–116 (in Russian).
2. Kruglov V.V. Artificial neural networks. Theory and practice, 2002.– 323 p. (in Russian).
 3. Kohonen T. Self-Organizing Maps, 2008.– 655 p.
 4. Osovsky S. Neural networks for information processing, 2002.– 343 p. (in Russian).
 5. Lynde Y., Buzo A., Gray R. An algorithm for vector quantizer design // IEEE Trans. Comm., 1980.– Vol. 28.– Pp. 84-95.
 6. Studenikin D.E. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english) [tekst] / D.E. Studenikin, E.V. Khekert, M.A. Modina // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. T. 1. № 1 (39). S. 205-208.
 7. Karakaev A.B., Lukanin A.V., Hekert E.V. Razrabotka metodologii, metodov i modelej analiza vliyaniya razlichnyh variantov postroeniya struktury i rezhimov podderzhaniya i vosstanovleniya rabotosposobnosti sudovyh elektroenergeticheskikh sistem (chast' 1). Eksploatatsiya morskogo transporta. 2016. № 3(80). S.54-60.

УДК 62-822, 626.02
DOI: 10.34046/aumsuomt92/22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОГРУЖНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

*А.В. Куницкий, кандидат технических наук
М.Н. Чура, кандидат технических наук*

В статье рассмотрены вопросы экологической безопасности погружных гидроприводов подводных донных и плавающих машин, в которых используются рабочие жидкости на органической и синтетической основе. Такие рабочие жидкости относятся к загрязнителям моря по критериям, определяемым положениями Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененной протоколом 1978 г. к ней. Утечки этих жидкостей при эксплуатации подводных гидроприводов приводят к загрязнению окружающей среды. Рассчитаны объемы возможных установившихся утечек и залповых выбросов, на примере погружного гидропривода мощностью 10 кВт и определены возможные убытки на устранение последствий аварий и покрытие ущерба, нанесенного окружающей среде от рассчитанных объемов выбрасываемой жидкости. Рассмотрена возможность полного устранения указанных убытков за счет применения экологически чистых биodeградирующих водосодержащих рабочих жидкостей класса HFC. Применение рабочих жидкостей подобного класса упрощает конструкцию погружного гидропривода за счет исключения дополнительных уплотнительных устройств. Установлена целесообразность разработки рекомендаций методов проектирования погружного экологически безопасного гидропривода использующего рабочие жидкости класса HFC с учетом фактического состояния элементной базы гидропривода.

Ключевые слова: погружной гидропривод, рабочая жидкость, аварийные выбросы, рукава высокого давления, экологический ущерб, биodeградирующая жидкость

The article is dedicated to the issues of ecological safety while using submersible hydraulic drives and floating machines which consume organic-base and synthetic-base hydraulic fluids. Such hydraulic fluids are marine pollutants in compliance with the criteria defined by the provisions of MARPOL 73/78 (International Convention for the prevention of Pollution from Ships). The leakages of the above mentioned fluids during submersible hydraulic drives operation cause the environmental pollution. By the example of the submersible hydraulic drive with the capacity of 10 kwt the volumes of possible leakages and burst releases were identified as well as the possible expenses to respond the consequences of emergency situations which affected the environment by the exhaust of the definite amount of fluid. The opportunity of the full elimination of the mentioned expenses by the application of nature friendly biodegradable water-base fluids of HFC class has been considered. The use of such class hydraulic fluids facilitates the design of submersible hydraulic drive by the elimination of sealing devices. There is a certain practicability to develop methodological recommendations for submersible ecological safe hydraulic drive with the consumption of HFC class hydraulic fluids considering the actual condition of hydraulic drive elements base.

Keywords: submersible hydraulic drive, hydraulic fluid, emergency releases, high-pressure hose, ecological damage, biodegradable fluid

Современные работы по гражданскому строительству в прибрежных зонах, примером которых является возведение морских сооружений и портов, прокладка трубопроводов и кабелей проводятся на морских акваториях на достаточно

больших глубинах. На практике, как правило, встречается небольшое число площадок, удовлетворяющих всем требованиям. Возникающие проблемы решаются путем проведения предварительных работ с применением специальных видов