

УДК 004.8/681.5

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).220-227](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).220-227)

О. П. Голик, доц., канд. техн. наук, **Р. В. Жесан**, доц., канд. техн. наук, **Ісмаїл Мухаммед**, асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна
e-mail: dego@ukr.net

Обґрунтування автоматизації комп'ютерно-інтегрованої технології ідентифікації та моніторингу нафтових забруднень

В статті виконано аналіз останніх досліджень з технологій очистки морських вод від нафтових забруднень та обґрунтовано доцільність розробки робота зі штучним інтелектом, який зможе безпосередньо у місці забруднення здійснювати аналіз ступеня забруднення та виконувати відповідні очисні заходи. Запропоновано методику досліджень.

штучний інтелект, нафтові забруднення, робот, нейронна мережа

Е. П. Голик, доц., канд. техн. наук, **Р. В. Жесан**, доц., канд. техн. наук, **Исмаил Мухаммед**, асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

Обоснование автоматизации компьютерно-интегрированной технологии идентификации и мониторинга нефтяных загрязнений

В статье выполнен анализ последних исследований технологий очистки морских вод от нефтяных загрязнений и обосновано целесообразность разработки робота с искусственным интеллектом, который сможет непосредственно в месте загрязнения осуществлять анализ степени загрязнения и выполнять соответствующие очистительные действия. Предложена методика исследований.

искусственный интеллект, нефтяные загрязнения, робот, нейронная сеть

Постановка проблеми. Однією з багатьох екологічних проблем різних галузей промисловості, зокрема паливно-енергетичного комплексу, є забруднення природного середовища нафтою та нафтопродуктами. Морські перевезення завдають велику шкоду морським екосистемам. Найбільші втрати нафти пов'язані з її транспортуванням з районів добування. Внаслідок аварійних ситуацій та скидання за борт танкерами промивних та баластних вод з'являються постійні поля забруднення на трасах морських шляхів. Під час аварії може розлитися до 40-50 тис.т. нафти та уражається поверхня площею близько 100 км² [1]. Навіть при простій морського транспорту відбуваються втрати нафтопродуктів та нафти.

Заходи з охорони навколишнього середовища, які спрямовані на очистку вод від нафтових забруднень, не можуть повністю усунути дану проблему. Тому площа забруднених територій зростає і формуються техногенні скупчення в приповерхневій гідросфері.

Таким чином актуальним є вдосконалення методів ідентифікації та моніторингу нафтових забруднень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [2] для моніторингу забруднення нафтою запропоновано використовувати технологію знімків SAR (Synthetic-aperture radar). Технологія KOMPSAT-5 (Korea MultiPurpose SATellite) переносить S-діапазон SAR для спостереження за Землею та здатний отримувати денну та нічну візуалізацію при будь-яких погодних умовах. Було досліджено регіон Перської затоки. Дана технологія дозволяє виявити географічне розташування та розмір плям забруднення нафтою та нафтопродуктами.

Автором було запропоновано методику, яка полягає в ідентифікації областей розливу нафти, фільтрації зображень та візуальному аналізі розливів нафти. В результаті автор запропонував створити систему моніторингу розливів нафти в режимі реального часу на основі супутникових знімків SAR.

Однак дана технологія не дозволяє в повній мірі оцінити хімічний склад забруднень та усунути плями забруднень, які можуть залишатись на поверхні до 10 днів і більше.

Оцінити хімічний склад нафтових забруднень безпосередньо у місці аварії було наведено у роботі [3]. Авторами запропоновано дворівневий протокол польових досліджень для моніторингу залишків розливів нафти внаслідок аварії DWH (Deepwater Horizon), які було виявлено поблизу берегів Мексиканської затоки. Було досліджено 11 проб зразків забруднень за хімічними характеристиками. Даний метод дозволяє оцінити вид нафтових забруднень не тільки у морській воді, а й на прибережних територіях. Від існуючих методів він відрізняється тим, що є простішим та дешевшим у використанні.

Однак збір матеріалів для дослідження виконується уручну і потім матеріал надходить до лабораторії. Це призводить до неможливості використовувати даний метод у режимі реального часу для очистки нафтових забруднень, оскільки людина не завжди може потрапити вчасно до місця аварії і одночасно виконати дії з очищення забруднень.

В роботі [4] авторами представлено інформаційний підхід для розрахунку розливів нафти. На основі даних з супутникових систем було побудовано карти розподілу нафтових забруднень, які будуть корисні для роботи органів по боротьбі з забрудненнями морських вод. Метод розробки карт можна використовувати для будь-яких місцевостей, а отримані карти можна використовувати лише для місцевостей, що мають схоже географічне розташування з Лівійським узбережжям.

Авторами розглянуто способи очистки морських акваторій від нафтових забруднень [5]. Наведено механічні, фізико-хімічні та біологічні способи. Проведено аналіз кожного способу та виявлено їх переваги та недоліки. Механічні та фізико-хімічні методи здатні видалити нафту з поверхні води, однак при боротьбі з емульсованою нафтою та тонкою плівкою вони практично безсилі. Авторами запропоновано усунути даний недолік за допомогою біоремедаційного способу очистки водної екосистеми.

Робота [6] присвячена автоматизації процесів біологічної очистки стічних вод підприємств нафтової промисловості. Авторами використано нейронну мережу в задачі керування комплексом очисних споруд, яка дозволяє прогнозувати значення показників якості очищеної води, згідно виміряних на вході показників неочищеної води. Для розв'язання даної задачі використано керування «з попередженням». Однак розроблену нейронну мережу не можна використовувати для будь-яких місцевостей, оскільки вона навчена для конкретного підприємства нафтової промисловості.

Запропоновано метод виявлення нафтових забруднень [7]. Автором у якості основи використано дані дистанційного зондування та методи геоінформатики. За допомогою радіолокаційних зображень було проведено ідентифікацію забруднень, що залишають танкери на поверхні води. Крім того, було використано дані системи автоматичної ідентифікації суден, що дозволило довести причетність суден до нафтових забруднень.

В роботах [8, 9] запропоновано для очистки поверхні води використовувати мульти-робота, який запобігає розповсюдженню нафтових плям. Основними компонентами робота є модуль GPS, модуль передавача та цифровий компас, мікроконтролер і регулятор напруги. Однак даний робот не виконує очистку води від

нафтових плям, а запобігає зростанню площі нафтових забруднень. Для реалізації поставленої в роботі мети необхідно мати близько сотні таких робіт.

В роботі [10] виконано аналіз існуючих технологій очистки поверхні води від нафтових забруднень. Автором зазначено, що дані технології потребують удосконалення, проте запропоновані роботи краще працюють, ніж комерційні скімери у важкодоступних місцях.

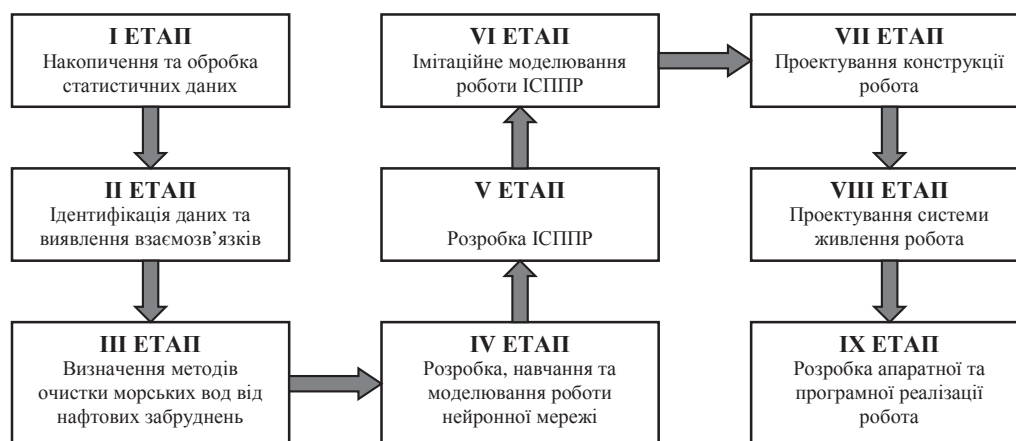
Постановка завдання. Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що технології автоматизованого комп'ютерно-інтегрованого моніторингу та ідентифікації нафтових забруднень потребують вдосконалення. Більшість робіт присвячена методам очистки нафтових забруднень для конкретних місцевостей, і тому не можуть бути універсальними.

Оскільки розливи нафти в морських водах відбуваються часто, то збитки морській екосистемі є суттєвими. Нафтові компанії не можуть попередити розливи нафти в майбутньому, але вони повинні бути готові до того, щоб швидко реагувати на заподіяні збитки. Такі технології знаходяться на ранній стадії розвитку.

Головне щоб ці технології були там, де відбудеться наступний розлив нафтопродуктів.

Метою роботи є розробка науково-обґрунтованої автоматизованої комп'ютерно-інтегрованої технології ідентифікації та моніторингу нафтових забруднень, шляхом розробки робота зі штучним інтелектом, який зможе безпосередньо у місці забруднення здійснювати аналіз ступеня забруднення та виконувати відповідні очисні заходи.

Основний матеріал. Для досягнення поставленої мети необхідно розробити методику досліджень, яка повинна містити відповідні етапи роботи, показані на рис. 1.



ІСППР – Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень

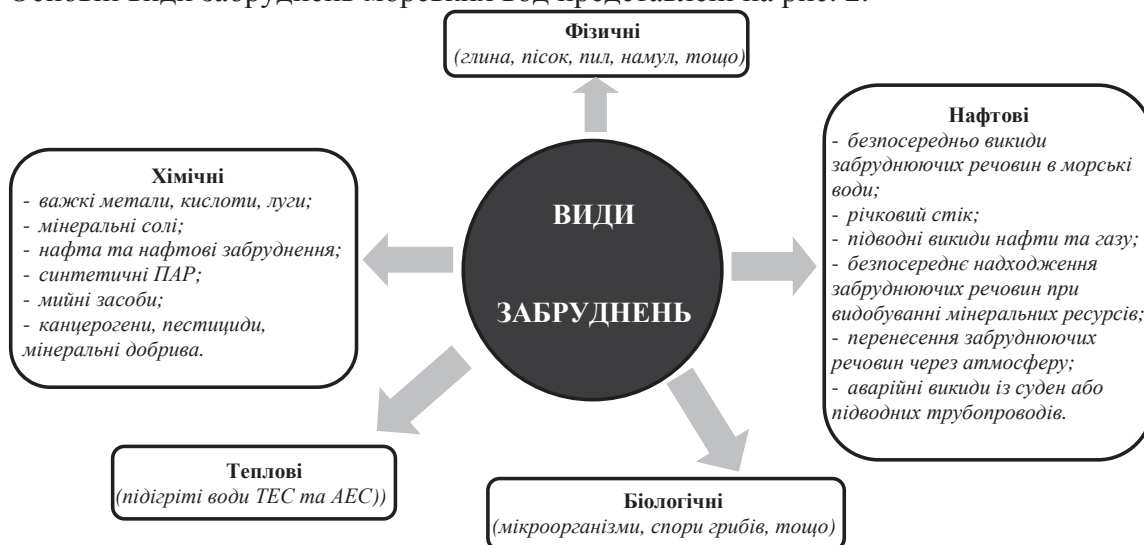
Рисунок 1 – Етапи розробки автоматизованої комп'ютерно-інтегрованої технології моніторингу та ідентифікації нафтових забруднень

Пропонується наступна методика.

На першому етапі необхідно провести дослідження типів нафтових забруднень, їх хімічного складу, властивостей та інші показники.

Джерелами забруднення, як правило, є нафтопереробні та нафтоочисні станції. Крім того при морських перевезеннях танкери також забруднюють воду, шляхом зливу баластних вод, промивки нафтових контейнерів та випадкових аварій. Найбільш часто нафтові розливи трапляються в таких географічних місцевостях: Атлантичне узбережжя США, Балтійське, Чорне та Середземне моря, Перська затока, Панамський канал, пролив Ла-Манш, узбережжя Японії, Мексиканська затока та ін.

Основні види забруднень морських вод представлені на рис. 2.



ПАР – поверхнево-активні речовини; ТЕС – теплова електростанція; АЕС – атомна електростанція

Рисунок 2 – Види забруднень морських вод

До складу нафти в основному входять вуглеводні компоненти, а саме: парафіни (до 90% складу), циклопарафіни (30-60%), ароматичні вуглеводні (20-40%), олефіни (до 10%).

Нафтові забруднення мають наступні властивості:

- властивості безпосередньо самої нафти;
- гідрологічний режим моря;
- рівень та характер фонового забруднення;
- концентрація в нафті та у воді поверхнево-активних речовин.

Наразі відомо два основних способи розв'язання проблеми забруднення морської води:

- заходи з попередження забруднення морської води;
- заходи з очистки існуючих забруднень.

В даній роботі пропонується розробити роботу, який буде займатися очисткою нафтових забруднень, шляхом моніторингу та ідентифікації нафтових забруднень.

Основними причинами аварій, внаслідок яких виникають забруднення, є:

- деформація дна, зсуви та розмиви;
- стирання труб у місці їх перетину;
- пошкодження при дії торосистих льодових утворень;
- корозія труб.

Першим кроком необхідно виконати заходи з ліквідації забруднень морського середовища. На ефективність таких заходів впливають наступні чинники: швидкість вітру; великі площі розливів; висока в'язкість нафти.

Проаналізувавши заходи зі збору нафти з поверхні води можна припустити, що робот повинен виконувати наступні дії:

1. Збір розлитої нафти.
2. Ідентифікацію забруднення.
3. Вибір сорбенту для поглинання нафти.
4. За допомогою хімічних та біологічних препаратів розчинити нафтові плями.

5. Спалювання нафти та інші методи.

Крім того, необхідно розробити базу даних та базу знань, за допомогою яких робот мав би змогу на місці розливу оцінити тип забруднення та обрати найбільш підходящий метод очистки.

Опис глобальної логічної структури бази даних можна представити у вигляді схеми. Схема бази даних, як правило, дуже складна, оскільки вона визначає всі типи елементів даних, які зберігаються в базі даних, а також усі зв'язки між ними. При побудові схеми та підсхеми необхідно врахувати необов'язковий, можливий, умовний та обов'язковий зв'язки.

Ідентифікація проводиться з метою порівняння нафтових забруднень, розпізнавання та встановлення відповідності між розпізнаним нафтовим забрудненням і його еталонем. У процесі ідентифікації визначають відповідності між існуючим розливом нафти і його зразком, які характеризуються сукупністю певних ознак.

Для цього можна застосувати наступні способи ідентифікації: класифікаційний, посилальний, описовий, описово-посилальний та унікальних найменувань. Використання сполучення «об'єкт-ім'я» є обов'язковою умовою ідентифікації.

Класифікаційний метод доцільно використовувати в тих випадках, коли необхідно ідентифікувати групи однорідних об'єктів. Таким чином можна з великої кількості об'єктів виділяти саме ті, що мають певні ознаки.

Якщо відомі конкретні характеристики (властивості, показники, особливі ознаки, тощо) в нормативних або технічних документах, то слід обирати посилальний спосіб ідентифікації.

Описовий спосіб дає змогу ідентифікувати конкретний об'єкт шляхом опису його характеристик. При цьому однорідні об'єкти, що мають однакові найменування, сферу застосування і показники, можуть відрізнитись один від одного значеннями цих показників.

Якщо використовувати лише частину основних характеристик об'єкта у поєднанні з посиланням на документ, в якому наведені його характеристики, то слід використовувати описово-посилальний метод ідентифікації.

В ідентифікації у процесі встановлення тотожності використовують дві стадії: аналітичну та синтетичну. Процес встановлення тотожності полягає у всебічному вивченні та аналізі ознак об'єктів ідентифікації. Після проведення вивчення ознак здійснюється їх порівняння. Можливі наступні випадки:

- відсутній ідентифікований об'єкт;
- порівняння з ознаками ідентифікованого об'єкта неможливе.

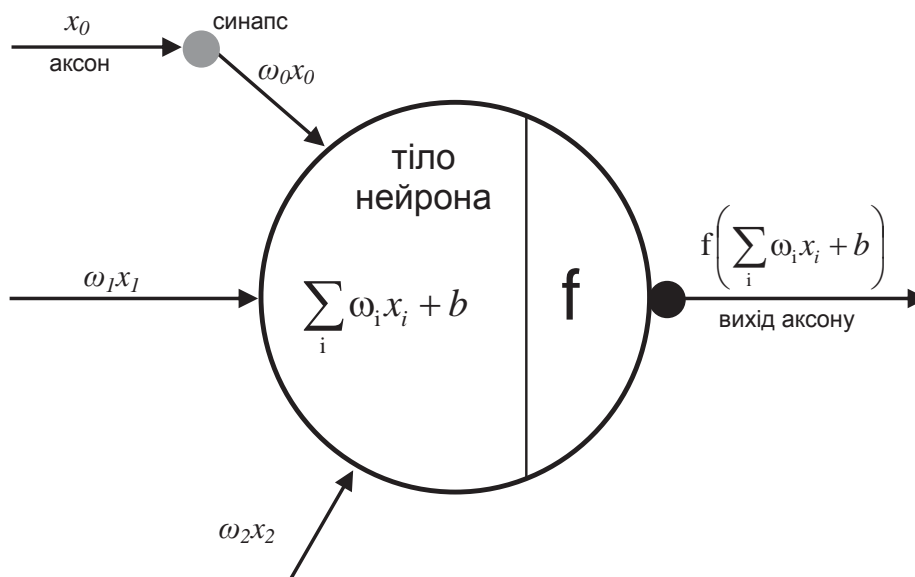
Кожен з об'єктів має множинність ознак, тому доцільно використовувати нечітку логіку. Для початку доцільно розглянути об'єкт з одним виходом та n входами. Вхідні змінні можуть бути кількісними ф якісними. Крім того необхідно ввести поняття лінгвістичних змінних та терми для їх оцінки. Після чого необхідно виконати фазифікацію змінних, обрати алгоритм опрацювання інформації та побудувати функції належності.

Штучні нейронні мережі дають змогу відтворити здатність навчатися і виправляти помилки. Штучний нейрон отримує вхідні сигнали через кілька вхідних каналів. Кожен вхідний сигнал проходить через з'єднання, що має певне значення. З кожним нейроном пов'язане порогове значення. Обчислюється зважена сума входів, з неї віднімається граничне значення. На рис. 3 наведена модель штучного нейрону [11].

Моделювання роботи нейронних мереж зі штучним інтелектом зручно виконувати за допомогою програмного пакету MATLAB. Саме для інтелектуальних нейронних мереж доцільно використовувати графічний інтерфейс користувача NNTool

(Neural Network Toolbox). Це дозволить у заданому діапазоні зміни вхідних змінних з заданою точністю відтворювати та моделювати довільну неперервну функцію цих змінних.

Для запобігання перенавчання мережі можна використати підхід, коли на початку роботи похибка мережі при навчальних та контрольних тестах буде однаковою. Якщо контрольна похибка перестала зменшуватись або почала зростати – це вказує на те, що навчання слід завершити. Таким чином необхідно провести серію експериментів з різними мережами щоб обрати найбільш придатну. Якщо в результаті послідовних кроків навчання та контролю похибка залишається недопустимо великою, то доцільно змінити модель нейронної мережі (ускладнити мережу, збільшити кількість нейронів тощо).



x_i – вхідний сигнал; ω_i – вага вхідного сигналу; f – функція активації; b – ваговий коефіцієнт

Рисунок 3 – Модель штучного нейрону

Крім того можна використати модульний принцип навчання. Такий підхід представляє собою пошук рішення не в усьому просторі вагових коефіцієнтів, а лише в деякій його частині. Перевагами такого принципу навчання є: висока швидкість навчання мережі; більш зручний метод підбору структури нейронної мережі; контроль за навчанням.

Оскільки такі роботи повинні працювати у зовнішніх умовах, зокрема у морських водах, то для їх живлення доцільно використовувати сонячну енергію. При проектуванні систем гарантованого живлення роботів з сонячними установками необхідно володіти інформацією про сонячний енергетичний потенціал місцевості, де планують використовувати роботів.

Висновки. Для того щоб розробити робота, який повинен в реальному часі виконувати функції моніторингу, ідентифікації та очистки морських вод від нафтових забруднень, необхідно володіти інформацією про види розливів нафти, їх хімічний склад та методи і засоби очистки. На основі отриманої інформації створити бази даних та знань, що дасть змогу розробити нейронну мережу для робота.

Оскільки наслідки забруднень нафтопродуктами можуть швидко зростати, то потрібно щоб такі роботи були розташовані безпосередньо на морському транспорті. Таким чином можна усунути проблему дистанційного зондування.

Наразі триває роботи з накопичення статистичних даних та розробка бази даних.

Список літератури

1. Соловйова Ж. Ф., Непейна Г.В. Забруднення світового океану нафтопродуктами. *Наукові праці. Екологія*. 2011. Т. 150, № 138. URL: <http://ecology.chdu.edu.ua/article/view/63687/59185> (дата звернення: 12.03.2019).
2. Harahsheh, H. A. Oil spill detection and monitoring of Abu Dhabi coastal zone using Kompsat-5 SAR Imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 2016. Vol. XLI-B8, P. 1115-1121. URL: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B8/1115/2016/isprs-archives-XLI-B8-1115-2016.pdf> (Last accessed 24 Apr 2019).
3. Han Y., Clement T.P. Development of a field testing protocol for identifying Deepwater Horizon oil spill residues trapped near Gulf of Mexico beaches. *PLoS ONE*, 2018 Vol. 13(1). DOI: 10.1371/journal.pone.0190508.
4. Eljabri, Abdallah & Gallagher, Caroline. Developing Integrated Remote Sensing and GIS Procedures for Oil Spills Monitoring at Libyan Coast. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2012. Vol. 44. URL: <http://www.ipcbee.com/vol44/004-ICEBS2012-C10001.pdf> (Last accessed 12 Apr 2019).
5. Долгополова В. Л., Патрушева О. В. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений. *Молодой ученый*. 2016. №29 (133). С. 229-234. URL: <https://moluch.ru/archive/133/37456/> (дата звернення: 13.05.2019).
6. Плехов В. Г., Дьяченко В. В., Дьяченко И. Л. Автоматизация процессов биологической очистки сточных вод предприятий нефтяной промышленности. *Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология*. 2012. №14. С. 22-33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-protsessov-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod-predpriyatij-neftyanoj-promyshlennosti> (звернення: 13.05.2019).
7. Затягалова В.В. Геоэкологический мониторинг загрязнений моря по данным дистанционного зондирования. *Образовательные ресурсы и технологии*. 2014. №5(8). С. 95-100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geoekologicheskij-monitoring-zagryazneniy-morya-po-dannym-distsionnogo-zondirovaniya> (дата звернення: 13.05.2019).
8. Zahugi E.M.H., Shanta M.M., Prasad T.V. Design of multi-robot system for cleaning up marine oil spill. *International Journal of Advanced Media and Communication*. 2012. Vol. 2, № 4. P. 33-43. URL: https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/information_technology/DESIGN%20OF%20MULTI.pdf (Last accessed: 20.05.2019).
9. Zahugi E.M.H., Shanta M.M., Prasad T.V. Oil spill cleaning up using swarm of robots. *Advances in Computing and Information Technology. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2013. Vol. 178. P. 215-224. DOI: 10.1007/978-3-642-31600-5_22.
10. Using robots to clean oil spills. *Robotics tomorrow*: веб-сайт. URL: <https://www.roboticstomorrow.com/article/2013/12/using-robots-to-clean-oil-spills> (Last accessed: 14.05.2019)
11. Convolution neural networks for visual recognition: веб-сайт. URL: <http://cs231n.github.io> (Last accessed: 05.05.2019)

References

1. Solovjova, Zh., & Nyepyeina, G. (2011), Zabrudnennya svitovogo okeanu naftoproduktamy [The pollution of the World Ocean oil products]. *Naukovi pratsi. Ekolohiya – Scientific works. Ecology*, Vol. 150, 138, 76-81. Retrieved from <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/ecology/2011/150-138-18.pdf> [in Ukrainian].
2. Harahsheh, H. A. (2016). Oil spill detection and monitoring of Abu Dhabi coastal zone using Kompsat-5 SAR Imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, Vol. XLI-B8, 1115-1121. Retrieved from <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B8/1115/2016/isprs-archives-XLI-B8-1115-2016.pdf> [in English].
3. Han, Y. & Clement, T.P. (2018). Development of a field testing protocol for identifying Deepwater Horizon oil spill residues trapped near Gulf of Mexico beaches. *PLoS ONE*, Vol. 13(1). DOI: 10.1371/journal.pone.0190508 [in English].
4. Eljabri, Abdallah & Gallagher, Caroline. (2012). Developing Integrated Remote Sensing and GIS Procedures for Oil Spills Monitoring at Libyan Coast. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol. 44, Retrieved from <http://www.ipcbee.com/vol44/004-ICEBS2012-C10001.pdf> [in English].

5. Dolgopolova, V.L., & Patrusheva, O.V. (2016). Sposobyi ochistki morskikh akvatoriy ot neftyanyih zagryazneniy [Methods for cleaning offshore areas from oil pollution]. *Molodoy ucheniy - Young scientist*, №29(133), 229-234. Retrieved from <https://moluch.ru/archive/133/37456/> [in Russian].
6. Plehov, V.H., Dyachenko, V.V. & Dyachenko, I.L. (2012). Avtomatizatsiya protsessov biologicheskoy ochistki stochnyih vod predpriyatiy neftyanoy promyshlennosti [Automation of processes of biological wastewater treatment of oil industry enterprises]. *Vestnik PNIPU. Himicheskaya tehnologiya i biotekhnologiya - Bulletin PNRPU. Chemical technology and biotechnology*, №14, 22-33. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-protsessov-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod-predpriyatiy-neftyanoy-promyshlennosti> [in Russian].
7. Zatyagalova, V.V. (2014). Geoekologicheskii monitoring zagryazneniy morya po dannym distantsionnogo zondirovaniya [Geoecological monitoring of sea pollution from remote sensing data]. *Obrazovatelnyie resursyi i tehnologii - Educational resources and technology*, №5(8), 95-100. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/geoekologicheskii-monitoring-zagryazneniy-morya-po-dannym-distantsionnogo-zondirovaniya> [in Russian].
8. Zahugi E.M.H., Shanta M.M. & Prasad T.V. (2012). Design of multi-robot system for cleaning up marine oil spill. *International Journal of Advanced Media and Communication*, Vol. 2, № 4, 33-43. Retrieved from https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/information_technology/DESIGN%20OF%20MULTI.pdf [in English].
9. Zahugi, E.M.H., Shanta, M.M. & Prasad, T.V. (2013). Oil spill cleaning up using swarm of robots. *Advances in Computing and Information Technology. Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 178, 215-224. DOI: 10.1007/978-3-642-31600-5_22 [in English].
10. Using robots to clean oil spills. *Robotics tomorrow. robotictomorrow.com*. Retrieved from <https://www.robotictomorrow.com/article/2013/12/using-robots-to-clean-oil-spills> [in English].
11. Convolution neural networks for visual recognition. *cs231n.github.io*. Retrieved from <http://cs231n.github.io> [in English].

Olena Holyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Roman Zhesan**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mohammad Ismail**, postgraduate

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Rationale for the Development of Automated Computer-integrated Technology for the Identification and Monitoring of Oil Pollution

Large oil spills in seawater are not regular, but the damage to the marine ecosystem is significant. Petroleum companies and oil shipment vessels can not prevent oil spills in the future, but they must be prepared to respond quickly to damages. Such technologies are at an early stage of development.

The purpose of the article is to study modern automated technologies for monitoring, identification and purification of marine waters from oil pollution. The analysis of recent research has been performed and the need to develop a robot with artificial intelligence has been substantiated. A research methodology and stages of work are proposed. This robot should directly at place oil spill analyze the degree of pollution and clean the sea water. To develop a robot, it is suggested to use statistical methods (for processing data and identifying interactions); mathematical apparatus of fuzzy logic and neural networks; intelligent decision support systems; methods of simulation. Using the database and knowledge base, the robot will be able, depending on the type of pollution, to choose a method of cleaning sea water from oil pollution.

In order to develop a robot that should perform the functions of monitoring, identifying and purifying seawater from oil pollution in real time, it is necessary to have information on types of oil spills, their chemical composition and methods of purification. On the basis of the information obtained, create databases and knowledge that will enable the development of the intellectual system with the neural network. Since the impacts of oil pollution can grow rapidly, it is necessary that such works be located directly at the facility (near wells, oil refineries, oil pipelines, etc.), in particular, by sea transport. This can solve the problem of remote sensing of oil spills. In addition, when developing a robot, it is necessary to consider the possibility of analyzing meteorological information. Now is working is ongoing on the accumulation of oil pollution statistics.

artificial intelligence, oil pollutions, robot, neural network

Одержано (Received) 26.05.2019

Прорецензовано (Reviewed) 27.05.2019

Прийнято до друку (Approved) 04.06.2019