

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

А. Айкенов¹, Ж. А. Даев²

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе

²Казахско-Русский Международный университет, Актобе

На сегодняшний день обстановка с влиянием загрязняющих факторов на экологическую обстановку является одним из приоритетных тем на повестке дня во многих странах мира. Воздействие загрязнения окружающего воздуха на население рассматривается как значительный фактор, способствующий развитию множества заболеваний [1, 2]. Загрязнение воздуха представляет серьезную угрозу для здоровья населения во всем мире. Проблема с загрязнением воздуха не теряет своей актуальности, несмотря на внедрение новых технологий, и передовых методов в промышленности, энергетике и на транспорте [3, 4].

В ряде работ показано, что загрязнение атмосферного воздуха является основным экологическим фактором, обуславливающим высокий уровень риска для здоровья в урбанизированных районах [6, 7]. В настоящее время воздушный бассейн практически любого населенного пункта загрязнен сотнями химических веществ, уровень которых, как правило, превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК), а их совокупное воздействие еще более значимо [1, 5].

Если рассматривать данную проблему на примере городов Казахстана, то она состоит из совокупности различных влияющих факторов. На самом деле загрязнение воздуха в Казахстане вызвано следующим рядом факторов. Первым в списке стоит недавний рост добычи и переработки полезных ископаемых, таких как производство свинца, цинка, фосфора и хрома. Горнодобывающая промышленность производит огромное количество отходов. Накапливается 20 миллиардов тонн этих отходов, треть из которых ежедневно загрязняет воздух. Отечественные горнодобывающие предприятия используют старые, неэффективные системы очистки, в результате чего в атмосферу выбрасываются тонны вредных веществ.

Следующая причина загрязнения воздуха - сжигание газа на факельных установках при добыче нефти и газа. Последнее сопровождается выбросами сажи и других продуктов сгорания. Не все добывающие предприятия строят установки подготовки и комплексной очистки газа, сжигая его, несмотря на требования правительства к утилизации и очистки. Последнее способствует загрязнению воздуха углекислым газом.

Еще одним основным источником загрязнения воздуха являются автомобили на бензине и дизельном топливе. Увеличение количества автомобилей, особенно в крупных городах Казахстана, приводит к высокому уровню загряз-

нения воздуха диоксидом азота, оксидом углерода и органическими веществами.

Следующим фактором является рассеяние выбросов промышленных предприятий в результате производственных процессов при сжигании промышленных продуктов. По сути, это весь перечень вредных веществ, вызывающих высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в Казахстане. Распространение загрязняющих веществ в воздушном бассейне над территорией населенных пунктов существенно влияет на качество атмосферного воздуха в городах, пригородах и поселках.

Все вышеперечисленные проблемы обострились из-за проблем с вентиляцией воздуха в крупных городах и из-за плохой архитектурной планировки или особенностей ландшафта. Недостаточное проветривание атмосферного пространства населенных пунктов приводит к накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, а их концентрации остаются на очень высоком уровне.

В связи с этим во многих странах внедряются системы мониторинга экологического состояния отдельных местностей и городов. Особенно актуальной данной проблема становится, когда экологическая депрессия усиливается в больших городах со стороны крупных промышленных предприятий. Поэтому все большую актуальность приобретают автоматизированные системы экологического мониторинга, которые должны помогать местным властям в вопросах регулирования и воздействия на источники загрязнения воздушного бассейна. Разработка и создание подобных систем требует обработки большого количества информации от различных источников с разной природой, поэтому формализация моделей, которые ложатся в основу подобных систем требует большой подготовки. Альтернативой классическим методам математического моделирования принципа и алгоритмов таких систем могут послужить методы искусственного интеллекта и машинного обучения. Поэтому в рамках настоящей работы рассматривается описание системы, которая может быть построена в виде нечеткого классификатора, выполняющего контроль и мониторинг состояния воздушного бассейна отдельного района города либо всего города.

Для разработки подобных систем можно использовать методы нечеткой логики и нечеткого моделирования, которые способны более просто и легко организовать формализацию процесса принятия решения о состоянии воздушного бассейна на исследуемом участке. Для этого введем несколько наиболее важных переменных в качестве лингвистических переменных с соответствующими термами, и укажем функциональную зависимость между ними с помощью нечеткой базы правил, которая обеспечит условия взаимодействия между лингвистическими переменными.

Среди наиболее опасных факторов, которые оказывают негативное воздействие на здоровье жителей города выделяются следующие: Аммиак; Взвешенные частицы (пыль); Взвешенные частицы ПМ-10; Взвешенные частицы ПМ-2,5; Фтористый водород; Диоксид азота; Сернистый газ; Медь; Мышьяк;

Озон (уровень земли); Оксид азота; Монооксид углерода; Сероводород; Сульфаты; Фенол; Формальдегид; Хлор; Хлористый водород; Фтористый водород.

В качестве выхода нечеткого классификатора могут служить не просто состояния о степени загрязнения, а уровень рисков либо вероятностей возникновения отдельных заболеваний, которые вызываются отдельным либо комплексным действием перечисленных лингвистических переменных, которые будут составлены из опасных факторов, перечисленных выше.



Рисунок 1 - Структура нечеткого классификатора

На рисунке 1 представлена структура нечеткого классификатора, который выполняет классификацию состояния воздушного бассейна исследуемой местности относительно риска заболеваний. Риск заболеваний обусловлен сочетанием веществ, которые выбраны в качестве лингвистических переменных на входе классификатора. Количество термов, которые входят в состав каждой переменной выбирается в зависимости от задач и степени их воздействия на воздух исследуемой местности. Алгоритм работы нечеткого классификатора может быть построен с помощью известных нечетких моделей типа Мамдани, Такаги – Сугено, реляционных моделей либо нечетких мультимodelей, описание которых можно найти в работе [9].

Разработка подобных систем мониторинга окружающей среды позволит быстро формализовать задачи, которые стоят перед большими городами с целью минимизировать влияние опасных факторов на здоровье человека. Другой важной особенностью данных систем является их способность давать заключения, которые могут быть использованы при протоколировании действия совокупности влияющих факторов. С другой стороны, подобные системы могут быть спроектированы под другие особенности мониторинга, которые преследуют другие цели на основе экспертных мнений или объективных источников данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bergstra A.D., Brunekreef B. The mediating role of risk perception in the association between industry-related air pollution and health // *Plos One*. – 2018. – Vol. 13(5). DOI: 10.1371/journal.pone.0196783.
2. Brauer M., Freedman G. Ambient air pollution exposure estimation for the global burden of disease 2013 // *Environmental Science & Technology*. – 2016. – Vol. 50(1). – P. 79–88.
3. de la Gala Morales M., Holgado F.R. Ambient air levels and health risk assessment of benzo(a)pyrene in atmospheric particulate matter samples from low-polluted areas: Application of an optimized microwave extraction and HPLC-FL methodology // *Environmental Science and Pollution Research International*. – 2015. – Vol. 22(7). – P. 5340–5349.
4. Feng J., Yu H. PM_{2.5} levels, chemical composition and health risk assessment in Xinxiang, a seriously air-polluted city in North China // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2017. – Vol. 39(5). – P. 1071–1083.
5. Koman P.D., Hogan K.A. Examining joint effects of air pollution exposure and social determinants of health in defining “at-risk” populations under the clean air act: susceptibility of pregnant women to hypertensive disorders of pregnancy // *World Medical & Health Policy*. – 2018. – Vol. 10(1). P. 7–54.
6. Lee J.Y., Kim H. Ambient air pollution-induced health risk for children worldwide // *The Lancet. Planetary Health*. – 2018. – Vol. 2(7). – P. e285–e286.
7. Liu X., Zhang H. A novel computational solution to the health risk assessment of air pollution via joint toxicity prediction: A case study on selected PAH binary mixtures in particulate matters // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2019. – Vol. 170. – P. 427–435.
8. Liu X., Zhu H., et al. Public’s health risk awareness on urban air pollution in Chinese megacities: The cases of Shanghai, Wuhan and Nanchang // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2016. – Vol. 13(9). DOI: 10.3390/ijerph13090845
9. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат. – М.: Бинном. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.