

В.О. Артемчук, Київ
І.П. Каменева, Київ
О.О. Попов, Київ
А.В. Яцишин, Київ

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ В ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Abstract. Based on the results of the analysis of modern computer monitoring and control systems in the field of environmental safety, it was proposed to expand the capabilities of the specialized AISEEM system: to include in this system a number of Data Mining methods for structuring and visualizing complex environmental information.

Вступ

На сьогодні фахівці в галузі екології широко використовують сучасні комп'ютерні програми для вирішення задач екологічної безпеки атмосфери загалом та аналізу даних мережі моніторингу стану атмосферного повітря в задачах управління енергетичною безпекою зокрема.

Проте можливості більшості таких програм обмежені, оскільки вони є спеціалізованими й орієнтовані на вузьке коло задач. Як правило, кінцевий результат роботи цих програмних продуктів отримують на основі обробки значень рівня концентрації забруднюючих речовин, обчислених засобами математичного моделювання або виміряних на пунктах спостереження. Такі програми доволі точно вирішують задачі, орієнтовані на оцінку локальних навантажень на атмосферу. Проте для вирішення більш складних задач моніторингу та контролю екологічного стану довкілля на рівні міста або регіону необхідні принципово інші спеціалізовані програмні засоби.

Проаналізуємо найбільш поширені сучасні комп'ютерні системи, які використовують для вирішення задач у сфері охорони атмосферного повітря, щоб визначити їх можливості, основні переваги та недоліки, і на основі проведеного аналізу визначити основні вимоги для подальшого розвитку та удосконалення спеціалізованої автономної системи AISEEM, розробленої в ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України.

Інформаційні та програмні засоби в галузі екобезпеки України

Урядова інформаційно-аналітична система. На сайті [1] показано можливості урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС). Ця система призначена для інформаційно-аналітичної підтримки процесів підготовки, ухвалення та контролю управлінських рішень стосовно надзвичайних ситуацій. На цей час система діє цілодобово в режимі on-line в усіх територіальних органах управління

ДСНС України. УІАС НС вирішує задачі обробки, аналізу та надання керівництву органів виконавчої влади повної та достовірної інформації щодо при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а також прогнозування та моделювання їх виникнення та розвитку.

Програмний комплекс ЕОЛ-2000[h]. На сайті Міністерства екології та природних ресурсів України представлено перелік затверджених програмних продуктів, які використовують при охороні атмосферного повітря [2]. До основних програм розрахунку забруднення атмосфери на ЕОМ належать «ЕОЛ», «ЕОЛ + FON», «PLENER», «ЕОЛ +», «ЕОЛ –2000[h]», «ЕОЛ (ГАЗ)-2000[h]», «Еколог – Газ» [3]. Дані програми призначені для проведення розрахунків забруднення на ЕОМ від стаціонарних джерел промислових підприємств у приземних та верхніх шарах атмосфери із застосуванням методики ОНД-86. На території України їх використовують у практичній діяльності окремі підприємства, установи, організації, а також природоохоронні органи, що здійснюють управління у сфері охорони атмосферного повітря.

Комплекс програм АРМ ЕКО. Цей комплекс розроблено Державним підприємством «ДНДІАСБ», і на його основі створено вітчизняну систему «ЕКОЛОГІЯ». «ЕКОЛОГІЯ» – це система, здатна значно поліпшити та прискорити процес формування екологічної звітності (документів з інвентаризації джерел викидів та розділу «Оцінки впливу на навколишнє середовище проектної документації»), а також дає змогу проводити розрахунки розсіювання забруднюючих речовин за затвердженими методиками ОНД-86. Автоматизація роботи з даними та зручний графічний інтерфейс виключають розбіжності та відхилення у вихідних формах, а також сприяють ефективному використанню робочого часу користувачів [4].

Інформаційно-аналітична система «Екотранс». В роботі [5] наведено приклад екологічного моніторингу підприємств Дніпропетровської залізниці з використанням інформаційно-аналітичної системи «Екотранс», розробленої в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту. Користувач системи має можливість:

- вибирати для вводу й перегляду даних конкретне підприємство з існуючого списку з урахуванням року та кварталу звітності;
- задавати режим виводу підсумкової інформації для групи підприємств або всіх підприємств;
- переглядати і корегувати нормативно-довідкову інформацію;
- переглядати екологічну ситуацію, що склалася на заданий момент часу, на кольоровій карті-схемі всієї залізниці або окремих її ділянок;
- зберігати та відновлювати звітності за обраною тематикою за заданий період щодо конкретного підприємства або для групи підприємств;
- проводити аналіз екологічного стану окремих підприємств як за загальною кількістю забруднювальних речовин, так і за їх окремими видами;
- проводити порівняльне оцінювання якості природоохоронних заходів

у масштабах підприємства, служби, відділення або залізниці;

– на основі отриманої інформації розробляти низку заходів щодо поліпшення екологічного стану підприємства.

Програма EcoStat запропонована для широкого використання Держуправлінням екології та природних ресурсів Житомирської області [6]. Вона має дві важливі функції: наповнення бази даних результатами спостережень і забезпечення користувачів швидким й мобільним доступом до інформації. Практична цінність цього програмного продукту – всебічний доступ до екологічної інформації, можливість швидкого пошуку та формування звітів про склад і кількість викидів в атмосферне повітря.

В роботах [7, 8] звертається увага на те, що наведені вище спеціалізовані програмні інструментарії на основі ГІС спрямовані лише на вузьке коло фахівців. Відзначено, що для оперативного інформування населення цей підхід має певні обмеження: розрахунки можливі лише за наявності спеціалізованого (але не загальнодоступного) програмного забезпечення; картографічна інформація ГІС обмежується для використання комерційними ліцензіями розробників. Таким чином, інформування населення за наявності існуючого інструментарію можливе за умов усунення наведених обмежень або їх спрощення.

Як альтернативний підхід для усунення зазначених обмежень розроблено структуру та створено інформаційний ресурс мережі Internet для візуалізації полів концентрацій забруднювальних речовин в атмосфері від викидів стаціонарних джерел забруднення, що використовує сервіс Google Maps™. Розроблений інформаційний ресурс розміщено на сайті [9].

На електронному ресурсі [10] наведено приклади використання ГІС для вирішення задач екологічної безпеки атмосфери в регіонах України.

Нагадаємо також про комп'ютерні програми, орієнтовані на оцінку локальних навантажень на атмосферу на території Росії. Ці програми узгоджені з Головною геофізичною обсерваторією ім. А.І. Воєйкова (Росія) [11] і використовують методика ОНД-86.

Закордонні системи

До закордонних систем, які вирішують задачі моніторингу атмосферного повітря, можна віднести програмні комплекси: AirQUIS, AQMIS, AquisNet, AirWare, SAAQIS тощо. На жаль, відсутність багатьох вхідних даних для таких систем суттєво ускладнює можливість їх використання на території нашої держави. Заслужують на увагу також системи та програмні комплекси, призначені для АЕС.

Найбільш відомі з них це RODOS (загальноєвропейська система), RECASS і NOSTRADAMUS (Росія), ARGOS (Данія, Швеція), JSPEEDI (Японія), NARAC (США). Однак наведені програмні засоби орієнтовані на вирішення лише окремих питань роботи підприємств або надають допомогу у формуванні звітності щодо їх впливу на навколишнє середовище. Серед основних недоліків – використання застарілих методик, зокрема ОНД-86,

обмеженого набору даних, відсутність блоку оцінювання ризиків, що не дає можливості вирішувати актуальні наукові задачі управління безпекою та комплексно оцінювати стан атмосферного повітря [12, 13].

Також необхідно підкреслити, що сучасні закордонні системи екологічного моніторингу, які пропонується на ринку, коштують занадто дорого. Загалом закордонні системи моніторингу довілля мають достатньо розвинену апаратну частину і досить обмежене в можливостях базове програмне забезпечення. В разі придбання таких систем необхідно враховувати додаткові витрати для адаптації базових програм та розробки сучасного аналітичного програмного забезпечення.

Система AISEEM

Закордонні системи не враховують вимог та норм діючої в Україні нормативно-методичної документації у сфері екологічного моніторингу довілля. Тому впровадження закордонних систем потребує великих разових витрат з подальшим щорічним фінансуванням істотних експлуатаційних витрат на підтримку системи моніторингу, що навряд чи може бути прийнятним в сучасних економічних умовах.

Тобто, можна зробити висновок, що з економічної точки зору більш перспективним має бути створення нової системи підтримки прийняття рішень для управління екологічною безпекою, адаптованої для українського ринку, з показниками ефективності, не гіршими за існуючі аналоги.

В ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України науковцями тематичної групи екологічного аналізу та прогнозу розроблено інформаційно-комп'ютерну прогнозну систему MathMapMod [12], яка входить до складу інформаційно-аналітичної системи еколого-енергетичного моніторингу AISEEM [14], також розробленої цим колективом. AISEEM враховує більшість зазначених вимог, і тому нові розробки планується реалізувати в рамках цієї системи.

Для інтеграції програмних засобів інтелектуального аналізу даних в систему мережі моніторингу стану атмосферного повітря необхідно вирішити проблему інтеграції в єдину програмну систему інструментальних засобів, призначених для реалізації двох підходів: 1) інформаційних технологій інтелектуального аналізу та візуалізації даних екологічного моніторингу урбанізованих територій з урахуванням експертних знань; 2) методів математичного моделювання техногенних навантажень на конкретні території (на прикладах енергетичних підприємств міст України).

Структурна схема аналізу інформації та моделювання в контексті розширення функцій системи AISEEM показана на рис. 1. В наступних розробках планується суттєво розширити програмне забезпечення AISEEM щодо моніторингу небезпечних ситуацій з урахуванням експертних оцінок, нормативних документів та результатів математичного моделювання.

В роботах [15, 16] проведено дослідження щодо адаптації в систему AISEEM алгоритмічних та програмних засобів інтелектуального аналізу даних (зокрема, засобів Data Mining), спрямованих на виявлення прихованих

закономірностей, ключових параметрів або взаємозв'язків між змінними у великих масивах неструктурованих даних.

Програмне забезпечення Data Mining

Коротко проаналізуємо відомі програмні засоби Data Mining щодо перспектив застосування в сфері екологічної безпеки.

Наведемо загальну класифікацію інструментів Data Mining згідно KDnuggets [<https://www.kdnuggets.com/>], де перераховано інструменти загального і специфічного призначення, серед яких можна виділити безкоштовні та комерційні інструменти. Найбільш популярна група інструментів містить наступні категорії:

- набори інструментів;
- класифікація даних;
- кластеризація і сегментація;
- інструменти статистичного аналізу;
- аналіз текстів (Text Mining), вилучення відхилень;
- інструменти візуалізації.

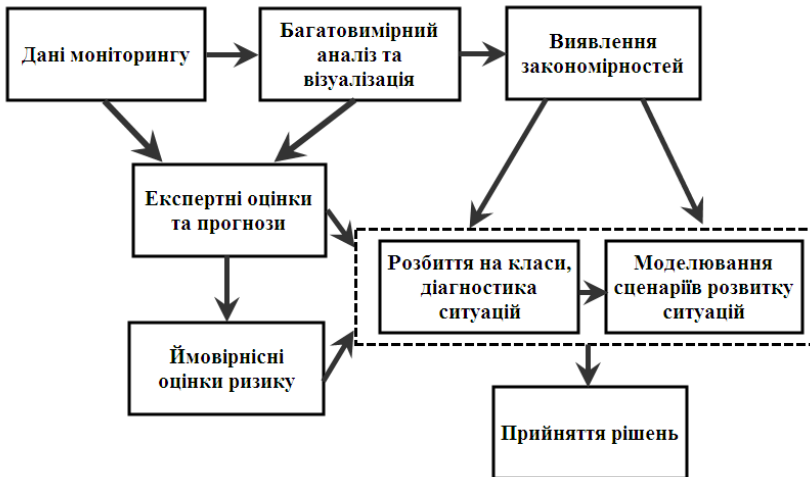


Рис. 1. Схема аналізу інформації з урахуванням експертних знань

До категорії «набори інструментів» відносять засоби, які включають методи класифікації, кластеризації та попередньої підготовки даних. До цієї групи належать такі відомі комерційні інструменти як:

– Clementine. Data Mining з використанням Clementine є бізнес-процесом, розробленим для мінімізації часу рішення задач. Clementine підтримує процес Data Mining: доступ до даних, перетворення, моделювання, оцінювання та впровадження.

– DBMiner 2.0 Enterprise – потужний інструмент для дослідження великих баз даних.

– IBM Intelligent Miner for Data. Інструмент, що пропонує останні Data Mining-методи, підтримує повний Data Mining процес: від підготовки даних до презентації результатів.

– Oracle Data Mining (ODM) – інструмент, що забезпечує GUI, PL/SQL-інтерфейси, Java-інтерфейс та використовує методи: байєсівську класифікацію, алгоритми пошуку асоціативних правил, кластерні методи, SVM та інші.

– SPSS є один з найбільш популярних інструментів, що підтримує багато методів Data Mining.

– Statistica Data Miner – інструмент, що забезпечує всебічний, інтегрований статистичний аналіз даних, має потужні графічні можливості, управління базами даних, а також додаток розробки систем.

– Окремо можна виділити програмні засоби для задач кластеризації та сегментації, де також є комерційні і безкоштовні інструменти.

– Комерційні інструменти:

– ClustanGraphics3, ієрархічний кластерний аналіз "зверху вниз", підтримуються потужні графічні можливості;

– CViz Cluster Visualization – продукт для аналізу наборів даних з великою розмірністю, забезпечує візуалізацію наповнення кластерів об'єктами;

– PolyAnalyst, пропонує кластеризацію, засновану на алгоритмі локалізації аномалій (Localization of Anomalies, LA);

– StarProbe, заснований на Web крос-платформної системі, включає методи кластеризації, нейронні мережі, дерева рішень, візуалізацію і т.д.;

Вільно розповсюджені інструменти:

– Autoclass C, "навчання без вчителя" за допомогою байєсівської мереж від NASA, працює з-під операційних систем Unix і Windows;

– CLUTO, реалізований набір алгоритмів кластеризації, заснованих на поділі даних;

– Databionic ESOM Tools, інструмент представлений набором програм для кластеризації, візуалізації і класифікації, реалізований алгоритм ESOM - виходять самоорганізуючі карти;

– MCLUST / EMCLUST, в інструменті реалізовано створення кластерів за допомогою модельного підходу (modelbased) і дискримінантного аналізу, ієрархічна кластеризація.

– PermutMatrix. Програмне забезпечення для кластерного аналізу, з хорошими графічними можливостями, та реалізацією кількох методів ієрархічного кластерного аналізу;

– PROXIMUS. Інструмент для зменшення розмірності, кластеризації та виявлення зразків в дискретних наборах даних;

– ReCkless є набором кластерних алгоритмів, заснованих на концепції k-найближчих сусідів. Інструмент перед проведенням кластеризації виконує пошук і ідентифікацію шумів і викидів для зменшення їх впливу на результати кластеризації.

Як видно з опису, окремі програмні продукти поєднують в собі реалізацію декількох методів, зокрема, досить часто разом з кластерними методами також реалізовані і методи візуалізації. Окремі інструменти орієнтовані тільки на роботу з дискретними даними. Отже, це має бути враховано при виборі програмного забезпечення для розширення AISEEM.

Програмне забезпечення для задач класифікації.

Існує велика кількість сучасних інструментів для вирішення задач класифікації. Інструменти цієї групи будують моделі, які ділять вихідний набір даних на два або більше дискретних класу. Інструменти класифікації, відповідно до використовуваних методів, можна розділити на окремі категорії: правила, дерева рішень, нейронні мережі, Байєсовські мережі, метод опорних векторів тощо.

Програмне забезпечення для задач оцінювання і прогнозування.

Прикладом комерційного програмного забезпечення цієї групи є інструмент Alyuda Forecaster XL. Цей інструмент реалізований у вигляді Excel-надбудови і призначений для вирішення завдань прогнозування і оцінювання з використанням нейронних мереж.

Програмний пакет Statistica

До програмного забезпечення Data Mining також належить програмний пакет для статистичного аналізу Statistica Data Miner, розроблений компанією StatSoft, який реалізує функції аналізу даних, управління даними, видобутку даних, візуалізації даних з залученням статистичних методів.

На рис. 2 показано ряд інструментів Statistica Data Miner для видобутку нових даних та знань, на рис. 3 – приклад аналізу інформації методом дерев рішень, що входить в пакет Statistica.



Рис. 2. Ряд інструментів STATISTICA для «видобутку нових даних»

В цілому, дослідження сучасних методів та програмних засобів інтелектуального аналізу даних показало, що серед великої кількості запропонованих інструментів необхідно обрати обмежене число таких, які допоможуть розширити можливості системи AISEEM та сприяти вирішенню більш широкого кола актуальних задач охорони довкілля.

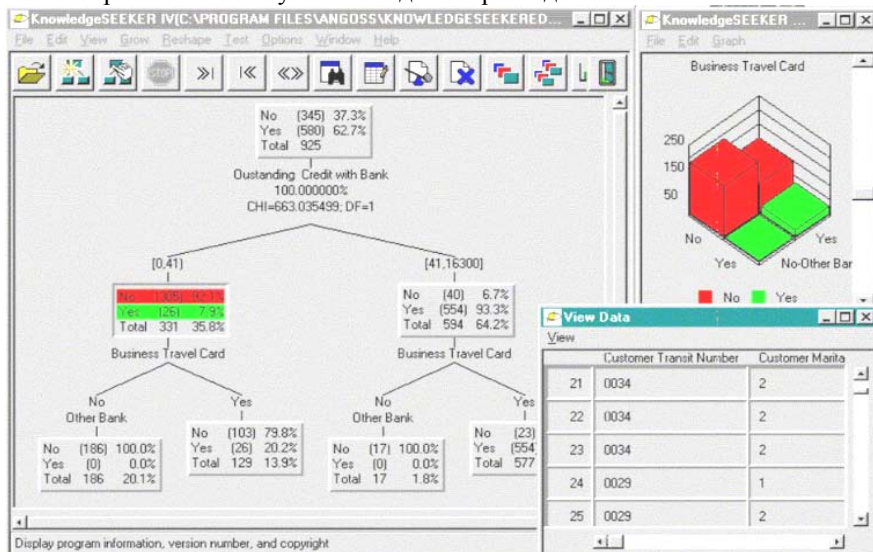


Рис. 3. Приклад обробки інформації методом дерев рішень.

Висновки

Враховуючі великі витрати на придбання та адаптацію зарубіжних комп'ютерних засобів в галузі екологічної безпеки, набуває актуальності розробка автономної системи підтримки прийняття рішень для управління екологічною безпекою, адаптованої для українського ринку, з показниками ефективності, не гіршими за існуючі аналоги.

На основі розробленої раніше в ППМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України інформаційно-аналітичної системи еколого-енергетичного моніторингу AISEEM запропоновано створити розширену версію автономної системи моніторингу та управління довкіллям, розраховану на широкий клас задач аналізу неструктурованої інформації з різних джерел, виявлення латентних знань та закономірностей, прийняття рішень в умовах ризику.

1. УІАС НС [Електронний ресурс] // Веб-сайт ТОВ «KIT». – Дата доступу 05.04.2017. – Режим доступу : <http://www.kitsoft.kiev.ua>. – Загол. з екрану.
2. Перелік програмних продуктів в галузі охорони атмосферного повітря [Електронний ресурс] / Міністерство екології та природних ресурсів України. – Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу : <http://www.menr.gov.ua/content/article/5964?print=true>. – Загол. з екрану.

3. ЭКОЛОГИЯ [Електронний ресурс] // Веб-сайт ТОВ «Софт фонд» – Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу : <http://www.sfund.kiev.ua /rus/products/ecology.htm>. – Загол. з екрану.
4. АРМ Еколога [Електронний ресурс] // Веб-сайт ДП ДНДІАСБ – Дата доступу 3.03.2017. – Режим доступу : <http://www.ndiasb.kiev.ua/index.php>. – Загол. з екрану.
5. Яришкіна Л.О. Екологічні проблеми залізниць Придніпров'я / Л.О. Яришкіна // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2010. – Вып. 48. – С.144-149.
6. Шикіна О.В. До питання про комп'ютеризацію банку даних моніторингових спостережень повітряного басейну [Електронний ресурс] / О.В Шикіна., Г.В. Скиба // Інтернет-спільнота «Промислова екологія». – Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу : <http://www.eco.com.ua>. – Загол. з екрану.
7. Горячев Г.В. Використання ГІС-методики ОНД-86 для моделювання поширення забруднюючих речовин у атмосферному повітрі / Г.В. Горячев, М.А. Гаврилюк / Збірник наукових праць Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем. – Х. : Райдер, 2008. – С.165-168.
8. Горячев Г.В. Використання Google Maps для побудови тематичних карт забруднення від викидів стаціонарних джерел [Електронний ресурс] / Г.В. Горячев, В.Ю. Горячев // Інтернет-спільнота «Промислова екологія». – Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу : <http://www.eco.com.ua>. – Загол. з екрану.
9. Розрахунки приземних концентрацій забруднюючих речовин [Електронний ресурс] // Веб-сайт. – Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу : <http://ond86.eco-pro.org.ua>. – Загол. з екрану.
10. ДНВЦ «Природа» [Електронний ресурс] // Веб-сайт ДНВЦ «Природа» – Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу : <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=>. – Загол. з екрану.
11. Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова [Електронний ресурс] // Веб-сайт. – Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу <http://www.voeikovmgo.ru>. – Загол. з екрану.
12. Яцишин А.В. Комп'ютерні засоби прогнозування техногенних навантажень на атмосферу / А.В. Яцишин, О.О. Попов, В.О. Артемчук // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – Вип. 5/2 (41). – С.33-36.
13. Яцишин А.В. Комплексне оцінювання та управління екологічною безпекою при забрудненні атмосферного повітря. Дисертація ... докт. тех. наук. Київ, 2013. – 402 с.
14. Артемчук В.А. Информационно-аналитическая система эколого-энергетического мониторинга / В.А. Артемчук, О.А. Грибан // Моделювання та інформаційні технології. Спец. випуск. – 2010. – Т. 1. – С.120-128.
15. Яцишин А.В. Принципи та методи управління екологічною безпекою на основі інтелектуального аналізу даних мережі моніторингу атмосферного повітря / А.В. Яцишин, Ю.Г. Куцан, В.О. Артемчук, І.П. Каменева, О.О. Попов, В.О. Ковач // Электронное моделирование. – 2019. – Том 41 № 4 – С.85-102.
16. Яцишин А.В. Засоби інтелектуального аналізу та візуалізації геопросторових даних моніторингу атмосферного повітря /А.В. Яцишин, Ю.Г. Куцан, В.О. Артемчук, І.П. Каменева, О.О. Попов, В.О. Ковач // Электронное моделирование. – 2019 (подано до друку).

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3610634>

Поступила 5.08.2019р.