системы. Спроектированы принципиальная электрическая схема и соответствующие печатные платы; осуществлены калибровки воспринимающих элементов. Синтезировано алгоритмически-программное обеспечение управления соответствующим оборудованием. Исследовано, с использованием осциллограмм, качество работы технического обеспечения автоматики. Проведена производственная проверка подсистемы мониторинга внешних температуры и влажности.

Система управления, подсистема мониторинга, влажность, температура, воспринимающие элементы, надежность.

The expediency of development of software and hardware subsystem monitoring process parameters in the greenhouse: temperature and humidity. The technological requirements of means of this subsystem. Designed schematic diagrams and printed circuit boards, by perceiving calibration elements. Synthesized algorithmically software controls the equipment. Investigated, using oscillograms, the quality of engineering of automation. A check of the production subsystem monitor external temperature and humidity.

Control system, a subsystem monitoring, humidity, temperature, perceiving elements, reliability.

УДК 504.064:625.711

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЧНОМУ УПРАВЛІННІ

Г.М. Желновач, кандидат технічних наук
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Розглянуто особливості застосування інформаційних систем в екологічному управлінні. Встановлено доцільність використання нейромережевого моделювання для розробки системи екологічного моніторингу на прикладі екологічного моніторингу придорожнього простору автомобільних доріг.

Екологічне управління, інформаційна система, екологічний моніторинг, автомобільна дорога.

Головною особливістю екологічного управління є гармонізація двох надскладних динамічних систем – природної та антропогенної, які мають велику кількість внутрішніх взаємозв'язків між елементами і підсистемами.

Необхідність формування та вдосконалення інформаційних систем екологічного управління обумовлена як внутрішніми (інформаційне забезпечення процесів прийняття екологічно безпечних управлінських рішень

© Г.М. Желновач, 2014

щодо реалізації національної екологічної стратегії, екологічної політики), так і зовнішніми (дотримання міжнародних екологічних зобов'язань) потребами.

Мета досліджень – обґрунтування специфічних особливостей застосування інформаційних систем при організації екологічного управління, зокрема екологічного моніторингу, на локальному, регіональному, національному та міжнародному рівнях.

Матеріали та методика досліджень. В Україні формування інформаційних систем екологічного управління, як і інших складових національної інформаційної інфраструктури, має відбуватися відповідно до певних міжнародних вимог.

Розвиток інформаційних систем у суспільних науках та екології зокрема відбувався у три етапи.

1-й етап. Системи першого покоління, які за кордоном називаються «Системи електронної обробки даних» (Data processing systems), а в Україні – «Автоматизовані системи управління» (АСУ), базуються на застосуванні «заданого підходу». Тобто для вирішення кожної проблеми в системі окремо формувалися дані і створювалася відповідна алгоритмічна модель. Недоліками таких систем є їх інформаційна та алгоритмічна надмірність, оскільки вони занадто прикладні та орієнтовані на автоматизацію «паперових» технологій.

2-й етап. Системи другого покоління відомі під назвою «Управлінські інформаційні системи» (Management information systems). Структура таких систем орієнтована на операційну обробку даних, для яких характерний структурований потік інформації, інтеграція задач з обробки даних. Перевагою таких систем є можливість колективного доступу до даних, тобто створення єдиної бази даних з централізованим управлінням. Такі системи також називаються – «Системи управління базами даних» (СУБД). Основним недоліком систем з такою структурою є наявність надлишкової бази даних та проблеми опису самих даних. Нині відбувається інтенсивний розвиток і широке розповсюдження інформаційних систем, основою яких є СУБД.

3-й етап. Структура інформаційних систем третього покоління (діють нині) орієнтована на загальний аналіз даних та алгоритмічні моделі вироблення рішень, які називаються «Системи підтримки прийняття рішень» (Decisiyn Support Systems). Вони являють собою комп'ютерні автоматизовані системи, метою яких є допомога людям, котрі приймають рішення в складних умовах для повного та об'єктивного аналізу предметної діяльності. Системи підтримки прийняття рішень (СППР) виникли в результаті злиття управлінських інформаційних систем і систем управління базами даних [2].

Для аналізу та подання пропозицій в СППР використовуються різні методи: інформаційний пошук, інтелектуальний аналіз даних, пошук знань у базах даних, міркування на основі прецедентів, імітаційне моделювання, еволюційні обчислення,генетичні алгоритми, нейронні мережі, ситуаційний аналіз, когнітивне моделювання та ін. Деякі з цих методів розробля-

ються в рамках штучного інтелекту і носять назву інтелектуальних СППР або ІСППР [4, 5].

Першочерговою задачею при організації системи екологічного моніторингу придорожнього простору автомобільних доріг є виявлення екологічно небезпечних та потенційно екологічно небезпечних ділянок автомобільної дороги для розміщення на них пунктів екологічного моніторингу. Враховуючи складність та тривалість проведення експериментальних досліджень; нелінійність зміни вхідних параметрів та фактичну неможливість внутрішнього відстеження змін систем зв'язків доцільно синтезувати відповідну нейронну мережу, яка б за умов неповноти та розмитості інформації розраховувала якість придорожнього простору – здійснювала дорадчо-експертні функції, використовуючи як критерій достовірності та реальності результатів результати експериментальних досліджень.

Результати досліджень. Згідно з вимогами побудови цієї моделі були виділені 5 змінних параметрів, що будуть у неї закладені. Працюватиме модель за визначених стабільних умов відносно зони дорожньо-кліматичного районування, категорії дороги та типу покриття.

У процесі синтезу ймовірнісної нейронної мережі оцінки якості придорожнього простору як вхідні використали величини: середню швидкість руху транспортного потоку; рівність; інтенсивність; міжремонтні строки експлуатації; поздовжній похил (таблиця).

Фактичні та нормативні діапазони зміни вхідних величин

С, км/год	Р, см/км	І, авт./добу	М, роки	П, ‰
23 – 105	45 – 160	839 – 11162	1 – 29	0 – 20

Вхідними даними для мережі є номер категорії (образу), до якої належить одержаний набір вхідних величин. Нейромережевий шар додавання має по одному елементу для кожної категорії з навчальної множини даних – 3. До всіх елементів цього шару йдуть зв'язки тільки від елементів шару зразків, що належать до відповідного образу. Активність елемента шару зразків визначається за формулою.

$$O_j = \exp\left(\frac{-\sum (w_{ij} - x_i)^2}{\sigma^2}\right), \quad (1)$$

де w – значення вагових коефіцієнтів; σ – параметр, який задає ширину функцій; x_i – невідомий вхідний зразок.

Вагові значення зв'язків, що йдуть від елементів шару зразків до елементів шару додавання, фіксуються рівними 1. Елемент шару додавання підсумовує вихідні значення елементів шару зразків. Ця сума дає оцінку значення функції щільності розподілу ймовірності для сукупності примірників відповідній категорії. Вихідні елементи являють собою дискримінатори порогової величини, що вказують елемент шару додавання з максимальним значенням активації (тобто вказують на одну із 3-х категорій).

У контексті завдань роботи необхідна не стільки дискретна класифікація, скільки отримання значення виходу шару додавання, який вираховує щільності розподілу ймовірності для сукупності примірників відповідної категорії. Тобто на виході цього шару є можливість відслідковувати динаміку зміни або потенційної зміни належності до однієї з 3-х категорій. При цьому воно відбуватиметься не суворим вказанням категорій, а ймовірності належності. Створивши певну градуювальну шкалу, можна з точки зору Байєсівської статистики знати кількісну оцінку забрудненості.

Певним недоліком такого підходу є відсутність статистичної бази, яка б охоплювала весь теоретично можливий діапазон значень оцінки якості придорожнього простору: 1,0 – 4,0 балів. Однак для дослідження вибрано типові ділянки автомобільних доріг, за якими можна з певною вірогідністю робити висновок про інші у межах відповідного регіону. Враховуючи особливість моделювання із використанням нейронних мереж, їхню здатність до узагальнюючого, неформалізованого та наближеного висновку, можна стверджувати, що достатньо точне моделювання здійснюватиметься у діапазоні більшому як мінімум на 20 % від опрацьовуваного: 1,35 – 3,45 балів.

Для синтезу та дослідження відповідної нейронної мережі використовувався програмний пакет Statistica 7.0 Neural Networks. Функціональним критерієм є мінімізація помилки нейронної мережі за відсутності її перенавчання.

З метою перевірки роботи нейронної мережі у кожному із категоріальних блоків під час навчання довільно були виключені по два набори вхідних даних та вихідних змінних для їх використання при перевірці роботи синтезованої ймовірнісної нейронної мережі.

Архітектура ймовірнісної мережі, побудована у рамках роботи, містить: 5 нейронів вхідного шару, 51 нейрон шару розрахунку щільності розподілу та 3 вихідних нейрони (рис. 1).

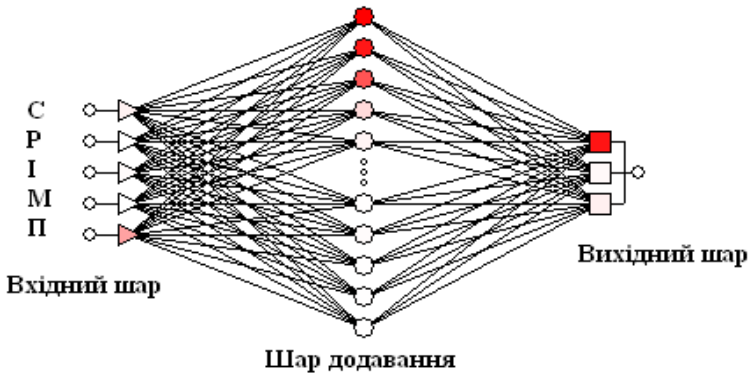

Рис. 1. Архітектура ймовірнісної нейронної мережі оцінки якості придорожнього простору

Оптимізація параметрів нейромоделі здійснюється на основі лінійних підходів та методу імітації «відпалювання» стосовно розподілу ймовірностей Гіббса:

$$P(\overline{x^*} \to \overline{x_{i+1}} \mid \overline{x_i}) = \begin{cases} 1, F(\overline{x^*}) - F(\overline{x_i}) < 0 \\ \exp(-\dfrac{F(\overline{x^*}) - F(\overline{x_i})}{Q_i}), \; F(\overline{x^*}) - F(\overline{x_i}) \geq 0 \end{cases}, \quad (2)$$

де $Q_i > 0$ – елементи довільно спадаючої до нуля послідовності; $F(x)$ – функція щільності ймовірностей.

Виходячи з емпіричних міркувань, значення коефіцієнта згладжування – 0,25.

Провівши створення та навчання ймовірнісної нейронної мережі оцінки якості придорожнього простору, одержали такі значення середньоквадратичної похибки навчання в одиницях виходу: навчальний блок – 0,16 %; контрольний блок – 0,17 %; тестовий блок – 0,15 %. Тобто, нейронна мережа «не завчила» вибірку навчальних даних, точність класифікації становить 96,1 %. Якість моделювання, одержана при навчанні, задовольняє технологічним вимогам.

При цьому аналіз графіків розподілу ймовірностей показує, що нейронна мережа «відчуває» певну спорідненість ділянок «А» та «С» (рис. 2).

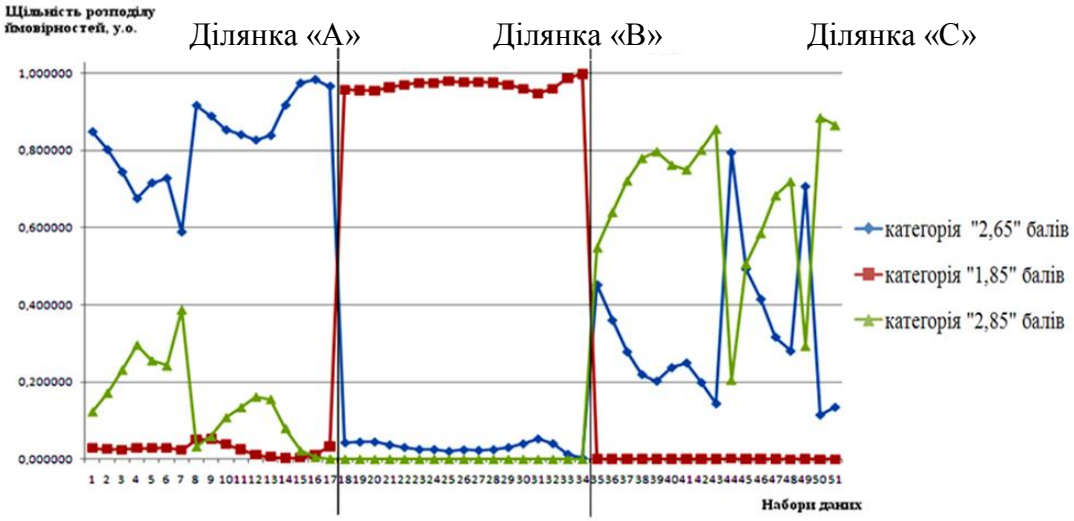

Рис. 2. Графіки щільності розподілу ймовірностей

Аналіз результатів, які були одержані під час перевірки роботи нейронної мережі на вибірках даних, які не використовувались під час навчання, показав погіршення якості моделювання, що є звичайним при опрацюванні мережею невідомих наборів. З шести наборів даних вірно класифіковано 5: точність функціонування створеної ймовірнісної нейронної мережі – 83,3 %. Також на 10 – 25 % зменшились значення щільності розподілу ймовірностей категорій-переможців. Однак у цілому якість моделювання залишилась достатньою для практичного застосування створеної нейронної мережі.

Наступним кроком є створення дорадчої системи генерування програмного коду нейронної мережі, який можна використовувати в інших середовищах, для чого були застосовані функціональні можливості пакета Statistica Neural Networks та перекодовано нейронну мережу на мову про-

грамування C++. Однак, враховуючи недостатню наповненість проблемної області експериментальними даними, на початковому етапі використання лише нейромережевої моделі для якісного аналізу буде недостатнім. Тому опрацювання виходу нейронної мережі здійснюватиме відповідне рівняння регресії (рис. 3), яке було одержано шляхом опрацювання вхідних даних (рис. 2).

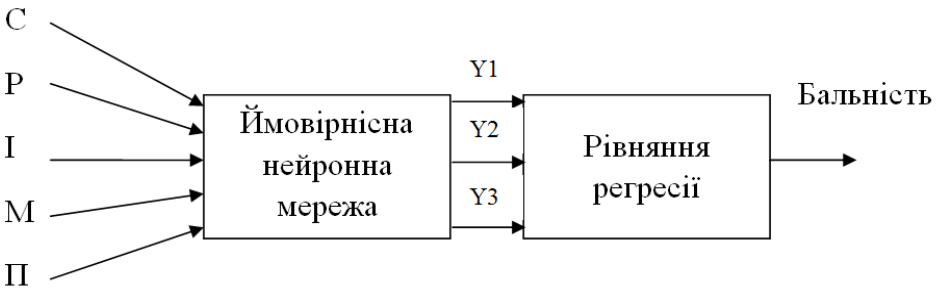

Рис. 3. Структура нейромережево-регресійної моделі оцінки якості придорожнього простору

Незалежними змінними є виходи трьох шарів додавання нейронної мережі (Y1, Y2, Y3), які вираховують щільності розподілу ймовірності для сукупності примірників відповідної категорії, залежною змінною – значення бальності.

Обробка експериментальних даних здійснювалась у програмному пакеті Statistica 7.0 Neural Network, одержано нелінійне рівняння регресії для бальності; при рівні ймовірності 0,95, коефіцієнті множинної детермінації 0,997, коефіцієнті множинної кореляції 0,998, стандартному відхиленні оцінки 0,126 (рис. 4).

$$B = -3{,}60804 + 13{,}02108 \cdot Y1 - 6{,}76729 \cdot Y1^2 - 0{,}8476 \cdot Y2 + 6{,}26728 \cdot Y2^2 + 6{,}45207 \cdot Y3^2 . \quad (4)$$

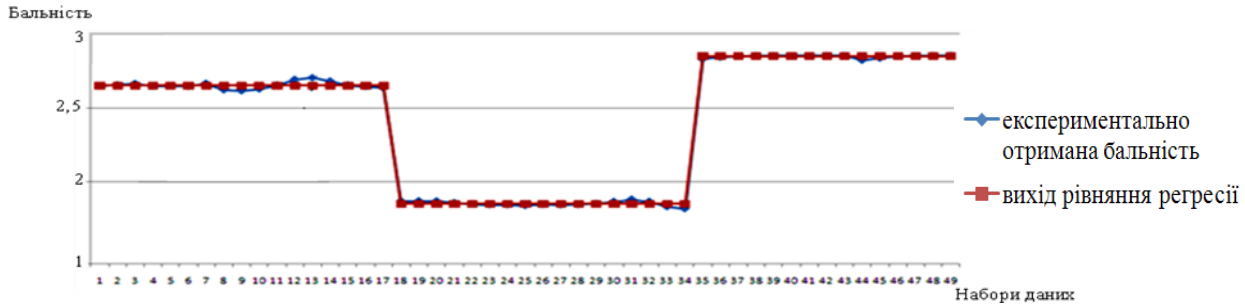

Рис. 4. Порівняння експериментальних даних із виходом рівняння регресії

Практичне використання включатиме ряд етапів (рис. 5), завдання яких, виходячи з недостатньої кількості інформації, буде напрацювання нових даних та підлаштування вже створеної ймовірнісної нейронної мережі [1, 3, 6].

Експертна оцінка проводитиметься при недостатності статистичних матеріалів, виходячи із щільності розподілу ймовірностей щодо відомих категорій (балів) – близькості до них. При відносній однаковості розподілу

вибиратиметься група схожих категорій, до яких буде найближчою апостеріорна ймовірність.

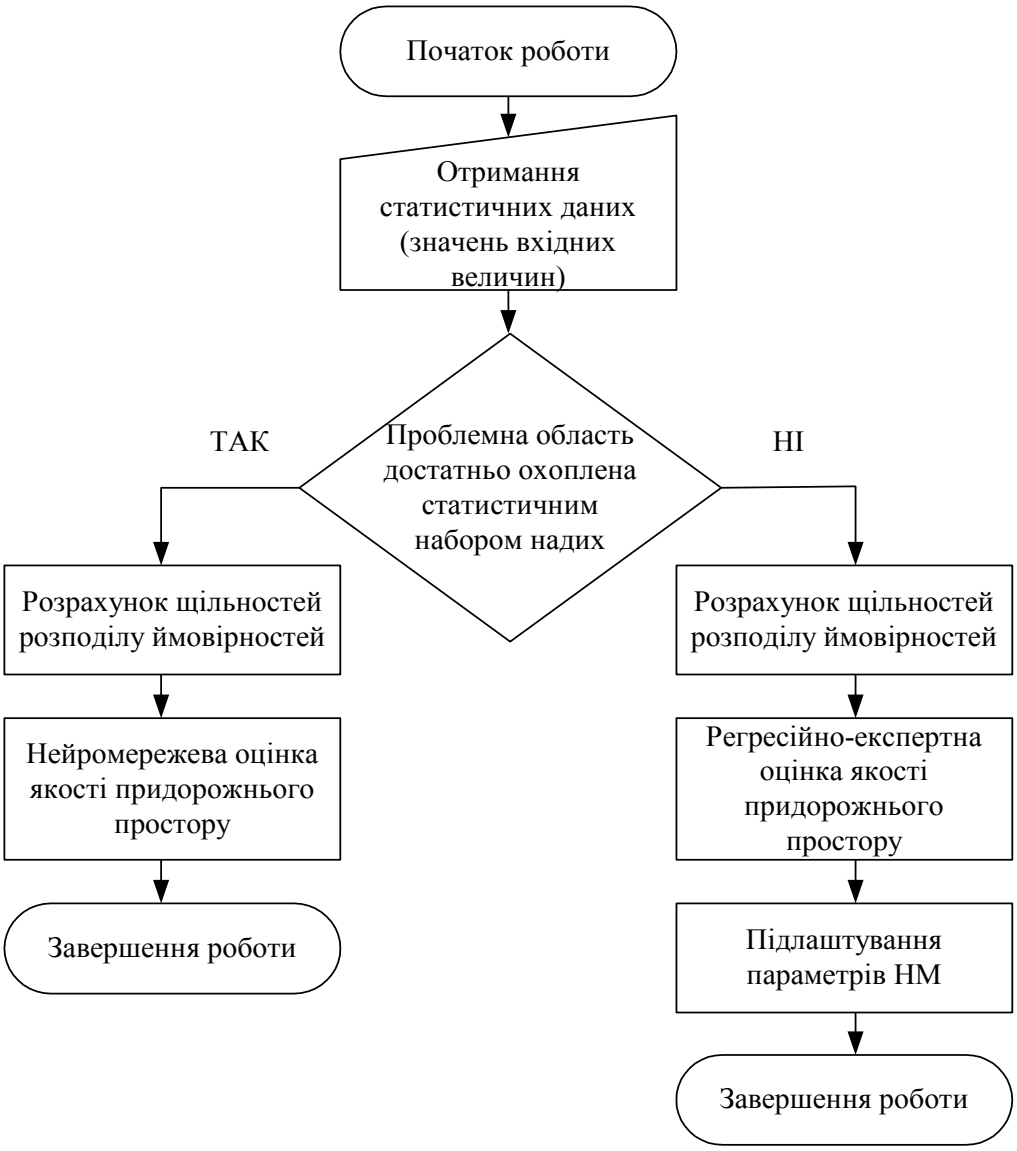

Рис. 5. Блок-схема алгоритму використання нейромережевої оцінки якості придорожнього простору

Отже, ймовірнісні нейронні мережі доцільно використовувати для оцінки якості придорожнього простору, що підтверджується якістю моделювання на навчальних (точність – 96,1 %) та вибірках, що раніше не досліджувалися (точність – 83,3 %). Практичне використання розробленої ймовірнісної нейронної мережі вимагатиме значного доповнення статистичних матеріалів проблемної області.

Висновки

1. Саме інформаційні системи третього покоління за своїми можливостями і потужністю відповідають класу задач, що стоять перед системами екологічного управління. Впровадження таких систем має на меті надати нову якість управлінню, підвищити його оперативність, ефективність і за своїм ха-

рактером більше відповідає особливостям екологічного управління. В Україні такі методи мають у більшій мірі теоретичне застосування.

2. Більш практичне значення нині для систем вітчизняного екологічного управління має модернізація і розвиток спеціалізованих інформаційних систем екологічного спрямування, розглянутих ранише, а саме – державні природні кадастри, системи екологічного моніторингу, екологічного картографування, еколого-господарські баланси територій, геоінформаційні системи та інше.

3. Доведено доцільність застосування нейромережевого модулювання для розробки системи екологічного моніторингу автомобільних доріг в умовах неповноти та розмитості інформації.

Список літератури

1. Внукова Н. В. Вибір екологічно значимих параметрів автотранспортних систем для оцінки екологічної небезпеки придорожнього простору / Н. В. Внукова, Г. М. Желновач // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – №12. – С. 119–123.
2. Екологічне управління / [В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, О.Г. Білявський та ін.]. – К.: Либідь, 2004. – 432 с.
3. Желновач Г.М. Інформаційно-дорадча система аналізу стану придорожнього середовища / Г.М. Желновач // Тези доповідей Міжнародної наук.-техн. конф. молодих вчених «Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК». – К.: НУБіП України, 2013. – С. 75–76.
4. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
5. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.– М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
6. Штепа В. М. Ймовірнісна нейромережева модель оцінки стану придорожнього середовища / В.М Штепа, Н.А. Заєць, Г.М. Желновач // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Серія "Технічні науки." – Харків: СПДФО «Черв'як», 2011. – Вип. 117 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – С. 120–122.

Рассмотрены особенности применения информационных систем в экологическом управлении. Установлена целесообразность использования нейросетевого моделирования для разработки системы экологического мониторинга на примере экологического мониторинга придорожного пространства автомобильных дорог.

Экологическое управление, информационная* система, экологический *мониторинг, автомобильная дорога.

There was examined the features of information systems in environmental management. There was established the feasibility of neural network modeling for the environmental monitoring development as an example for environmental monitoring of highways roadside area.

Environmental management, information systems, environmental monitoring, highway.