

004.8+504(043)
Ш 97

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

М. Шуф

ШУФНАРОВИЧ МАР'ЯНА АНТОНІІВНА

004.8+504(043)

УДК 681.5:504.06

Ш 97

**СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ
РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ КЕРУВАННІ
ОБ'ЄКТАМИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Спеціальність 05.13.07 – Автоматизація процесів керування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2014

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Горбійчук Михайло Іванович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Мещеряков Леонід Іванович
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»,
професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем



доктор технічних наук, професор
Пістун Євген Павлович,
Національний університет
«Львівська політехніка»,
завідувач кафедри автоматизації теплових і хімічних процесів

Захист відбудеться **30 жовтня 2014р. о 14⁰⁰** годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15).

Автореферат розісланий «19» вересня 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03,
кандидат технічних наук, професор

М. М. Дранчук



an2472

ГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

актуальність теми. Під дією природних і антропогенних факторів об'єкти природокористування змінюють свій стан і така зміна, у багатьох випадках, негативно впливає на середовище проживання людини. Одним із способів компенсації негативного впливу є залучення автоматизованих систем до керування станом об'єктів природокористування, що забезпечить формування ефективних рішень в умовах складності, невизначеності та нестационарності процесу. Завданнями таких систем є контроль основних показників об'єктів природокористування, їх обробка з використанням методів штучного інтелекту для вироблення управлінських рішень, направлених на зменшення вмісту забруднень земель сільськогосподарського призначення, а також на запобігання катастрофічних ситуацій в результаті підняття рівня води рік.

Вирішення такої наукової задачі неможливе без створення адекватних математичних моделей, які б у достатній мірі відображали причинно-наслідковий характер процесів, що протікають в об'єктах природокористування під дією природних і антропогенних факторів. Математичне моделювання природних процесів здійснюється у двох напрямках – аналітичне та емпіричне. Аналітичне моделювання має обмежене застосування із-за складності і великої розмірності екологічних систем. Емпіричне моделювання привернуло до себе значну увагу після появи робіт акад. О. Г. Іваненка, у яких започаткований ефективний апарат побудови моделей оптимальної складності - індуктивний метод самоорганізації моделей. Недоліком цієї групи методів є їх обмежене застосування у випадку великої розмірності об'єктів моделювання, якими і є об'єкти природокористування.

У зв'язку з цим актуальною науково-практичною задачею є синтез системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень з метою ефективного керування об'єктами природокористування та прогнозування зміни їх станів на основі методів побудови емпіричних моделей з використанням ідей штучного інтелекту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрям досліджень є складовою частиною тематичного плану кафедри комп'ютерних систем та мереж Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Тематика роботи є також частиною науково-дослідних робіт, що здійснювалися за планами наукових досліджень ІФНТУНГ в рамках держбюджетних тем: "Синтез комп'ютерних систем і мереж для об'єктів нафтогазового комплексу" (затв. Науковою радою ІФНТУНГ протокол №5/31 від 26.09.2005р.); "Синтез комп'ютерних систем і мереж для об'єктів нафтогазового комплексу і контролю за навколишнім середовищем" (затв. Науковою радою ІФНТУНГ протокол №5/55 від 19.10.2009р.); "Науково-методичні основи діагностування та управління у нафтогазовій промисловості для оптимізації витрат енергоресурсів" (номер державної реєстрації 0107U001560).

У вищезазначених темах НДР автор був безпосереднім виконавцем робіт щодо розробки методів моделювання зміни стану ґрунтів забруднених територій, класифікації ґрунтів за вмістом важких металів, прогнозування рівня води у ріці, системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка та вдосконалення математичних методів моделювання і на цій основі синтез системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при керуванні об'єктами природокористування.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких основних задач:

- аналіз процесу зміни стану об'єктів природокористування як об'єкта керування, аналіз особливостей існуючих методів і автоматизованих систем керування для інтелектуалізації процедур прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування;
- розробка методів моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування для прийняття ефективних рішень при керуванні ними;
- синтез структури і розробка програмного забезпечення системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування на основі запропонованих методів та моделей.
- розробка рекомендацій щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій засобами системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень і апробація результатів дослідження.

Об'єктом дослідження є процес зміни стану об'єктів природокористування під дією природних і антропогенних факторів, що потребує прийняття ефективних управлінських рішень в умовах невизначеності.

Предметом дослідження є системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування на основі оцінки екологічного стану ґрунтів техногенно-навантажених територій та прогнозування зміни рівня води у ріках.

Методи дослідження. Вирішення поставлених задач досягнуто шляхом використання методів порівняльного аналізу, систематизації й узагальнення (для аналізу методів і систем підтримки прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування), методів системного аналізу (для визначення сутності ефективних рішень), теорії нейронних мереж (для моделювання стану ґрунтів), нечіткої логіки (для класифікації ґрунтів за вмістом забруднення) та принципів генетичних алгоритмів (для побудови прогностичної моделі рівня річки відповідно до погодних умов), методів математичної статистики (для оцінки достовірності результатів моделювання), методів теорії автоматичного керування (для розробки системи та алгоритму її функціонування).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розвитку і поглибленні математичного моделювання шляхом застосування сучасних методів штучного інтелекту, у синтезі системи підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при керуванні об'єктами природокористування та визначається наступними науковими результатами:

вперше:

- розроблено метод оцінювання стану ґрунтів на території Прикарпаття із застосуванням теорії нейронних мереж. Це дасть змогу встановити аномальні концентрації елементів-забрудників та автоматизувати процес прийняття

ефективних рішень при керуванні техногенним навантаженням досліджуваної території;

- розроблено, на основі нечіткої логіки, метод класифікації ґрунтів досліджуваної території за рівнем їх забруднення, що дає можливість визначити екологічно-безпечні території та керувати екологічною ситуацією в області;

- розроблено метод прогнозування рівня води в ріках Прикарпаття на базі синтезованих оптимальних за структурою емпіричних моделей з використанням генетичних алгоритмів, що дає змогу на основі зібраних даних про погодні умови отримати прогноз рівня ріки з випередженням до 24 діб з оцінкою достовірності прогнозу за $\Delta^2(S)$ критерієм та за довірчими інтервалами.

- синтезована система інтелектуальної підтримки прийняття рішень, яка на основі запропонованих моделей і методів, дозволяє приймати ефективні рішення при керуванні рівнем ріки р. Дністер, що в свою чергу дає можливість запобігти виникненню катастрофічних ситуацій.

знайшов подальший розвиток:

- метод побудови емпіричних моделей складних коливних процесів на засадах генетичних алгоритмів у частині обґрунтованого вибору структури моделі, що дало змогу синтезувати модель оптимальної складності і значно зменшити обсяг обчислень.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що розроблені методи, моделі, а також алгоритмічне та програмне забезпечення, побудоване на їх основі, дають змогу виконувати прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування (рівнем забруднення ґрунтів та рівнем води у р. Дністер). Їх ефективність підтверджена на фактичних даних польових спостережень території Галицького району в період з 01.05 по 01.08.2003р. та спостережень за рівнем води в р. Дністер на гідропості в с. Нижнів Тлумацького району Івано-Франківської області в період з 01.03 по 01.08.2007р.

Розроблена система інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води у р. Дністер та рекомендації з її використання, прийняті до впровадження в Дністровському інженерно-екологічному центрі розробки протипаводкових заходів для підвищення екологічної безпеки Івано-Франківської області (ДІЕЦ) при ІФНТУНГ (акт від 15.04.2014 р.). Результати досліджень впроваджені в навчальний процес кафедри комп'ютерних систем та мереж ІФНТУНГ для студентів напрямку підготовки 6.050102 – Комп'ютерна інженерія у робочих програмах дисциплін «Алгоритми і методи обчислень» та «Спеціалізовані комп'ютерні системи» (акт від 23.04.2014 р.).

Особистий внесок здобувача. Основні наукові положення та результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором особисто. У роботах, написаних із співавторами, дисертанту належать такі результати: у роботах [1,11] – здійснено аналіз і обґрунтування використання ідей штучного інтелекту для оцінки стану об'єктів природокористування; [2] – розроблено метод класифікації стану ґрунтів за рівнем їх забруднення з використанням нечіткої логіки; [3] – запропоновано метод довгострокового помісячного прогнозування стоку р. Дністер; [4] – проведено аналіз методів синтезу математичних моделей коливних процесів з

некратними частотами; [5, 13] – запропоновано метод побудови математичних моделей складних процесів на засадах генетичних алгоритмів; [6] – виконаний синтез оптимальної за складністю математичної моделі для прогнозування рівня води у р. Дністер у залежності від погодних умов; [7, 8] – розроблено метод моделювання стану ґрунтів забруднених територій Галицького району з використанням штучних нейронних технологій; [9] – розроблено метод побудови ліній ізоконцентрацій важких металів з використанням штучних нейронних мереж та алгоритм їх суміщення з картою території Галицького району; [10] – виконано класифікацію стану ґрунтів за рівнем їх забруднення з використанням нечіткої логіки; [12] – розроблено метод синтезу математичних моделей коливних процесів з некратними частотами на основі генетичних алгоритмів; [14] – отримано математичну модель прогнозування рівня води у р. Бистриця Надвірнянська у залежності від погодних умов; [15, 17] – отримано математичну модель прогнозування рівня води у р. Дністер у залежності від погодних умов; [16] – оцінено точність моделювання ґрунтів забруднених територій Галицького району з використанням штучних нейронних мереж; [18] – запропоновано структуру системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня р. Дністер.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і одержали позитивну оцінку на міжнародних та всеукраїнських конференціях: міжнародній науково-практичній конференції «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів» (Дніпропетровськ, 2008р.); міжнародній конференції «Problems of decision making unter uncertainties (PDMU – 2008)» (Київ-Рівне, 2008 р.); науково-практичній конференції «Глобалізаційні процеси в природокористуванні» (Алушта, 2008 р.); XV міжнародній конференції з автоматичного управління «Автоматика-2008» (Одеса, 2008 р.); XI всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Україна наукова» (Київ, 2009 р.); міжнародній проблемно-науковій міжгалузевій конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління» (Бучач, 2010 р.); міжнародній проблемно-науковій міжгалузевій конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління» (Бучач, 2011 р.); XXXIX міжнародній науково-практичній конференції «Physico-mathematical and technical sciences as postindustrial foundation of the informational society evolution» та III етапі чемпіонату з технічних та фізико-математичних наук (Лондон, 2012 р.); I міжнародній науково-практичній конференції «The third Planet from Sun: Modern Theories and Research Practice in the Field of Earth and Space sciences» та I етапі чемпіонату з наук про Землю і Космос (Лондон, 2013 р.); XX міжнародній конференції з автоматичного управління, присвяченій 100-річчю з дня народження академіка НАНУ О. Г. Івахненка «Автоматика-2013» (Миколаїв, 2013 р.); всеукраїнській науково-практичній конференції аспірантів, молодих вчених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості» (Івано-Франківськ, 2013 р.).

Публікації. Основні результати дисертації викладені у 18 наукових працях (в тому числі 2 публікації у виданнях, що включені до наукометричних баз, таких як Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory, DRIVER, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), WorldCat, Directory of Open Access Journals (DOAJ) та Socrates Impulse, що підтверджено сертифікатом № SI-013/0012): 6 статей в наукових фахових виданнях; 1 патент України та 11 публікацій у збірниках доповідей міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 199 сторінок, із них 137 сторінок основного тексту, що включає 38 рисунків і 8 таблиць. Список використаних джерел налічує 136 найменувань на 15 сторінках, 11 додатків на 43 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* розкрито стан наукової проблеми та її значущість, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано зв'язок вибраного напрямку досліджень з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та визначено основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів для інтелектуальної підтримки прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування, розглянуто особистий внесок здобувача, наведені відомості про апробацію та впровадження результатів роботи.

У *першому розділі* проведено аналіз літературних джерел та окреслено сучасний стан сформованої наукової задачі, подано характеристику процесу зміни стану об'єкта природокористування як об'єкта керування, відображено його структурну схему, розглянуто сучасні методи моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування, проаналізовано вітчизняні та зарубіжні розробки в області інтелектуальної підтримки прийняття рішень і визначено особливості процесу керування станом об'єктів природокористування.

Проблемам автоматизації процесів керування технологічними системами присвячено теоретичні та прикладні дослідження таких вітчизняних та зарубіжних вчених як В. В. Ткачов, М. О. Алексеев, Є. П. Пістун, Л. І. Мещеряков, Г. Н. Семенов, М. І. Горбійчук, І. Ю. Сергеев, А.С. Клюев, О.С. Соболев, А. Брайсон, К. Острем та ін., а процесам керування екологічними системами - Г. І. Клим, Л. М. Заміховський, О. М. Адаменко, В. Б. Мокін, А. В. Яцишин, О. О. Івашук, О. В. Мельников, Р. Сроуф та ін. Проведені дослідження дозволяють описати процес зміни стану об'єктів природокористування під дією природних і антропогенних факторів на рівні формальних і математичних моделей, що є важливим етапом створення системи автоматизованого керування процесом, включаючи елементи інтелектуального керування.

Побудова математичних моделей процесів, що відбуваються у навколишньому середовищі під впливом різноманітних факторів, та їх подальшого прогнозування є не до кінця дослідженою, що пов'язане з винятковою складністю природних систем, їх індивідуальною унікальністю та динамічністю природних процесів, направленість яких часто важко передбачити. Розглянуто і проаналізовано методи математичного

моделювання та прогнозування рівня забруднення ґрунтів та зміни рівня води в ріках. Аналіз досліджень даної проблеми показав, що для підвищення ефективності керування об'єктами природокористування доцільно залучати до моделювання методи штучного інтелекту.

На сьогодні існує ряд комп'ютеризованих та автоматизованих систем, в тому числі інтелектуальних, які здатні забезпечити підтримку прийняття управлінських рішень в процесі керування станом компонентів навколишнього середовища. Проведений аналіз підтверджує, що сучасний стан створення та розвитку систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування знаходиться на ранній стадії застосування у природокористуванні.

Виконаний аналіз дозволив обґрунтувати вибір напрямку дослідження, сформулювати мету і завдання дисертаційної роботи.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено теоретичним дослідженням та обґрунтуванню розробки методів моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування для прийняття ефективних рішень при керуванні ними: моделювання стану ґрунтів з використанням штучних нейромереж, класифікація стану ґрунтів на засадах нечіткої логіки, моделювання рівня ріки на принципах генетичних алгоритмів.

1. При моделюванні стану ґрунтів за вмістом важких металів C_i , у будь-якій точці досліджуваного району отримані результати досліджень можуть бути апроксимовані певною математичною залежністю

$$C_i = f(X, Y), \quad (1)$$

де X і Y - координати точок відбору проб.

В результаті відображення $C_i = f(X, Y)$ необхідно забезпечити не лише формування адекватних вихідних сигналів у відповідності із всіма прикладами навчальної вибірки, але й і зі всіма можливими вхідними сигналами, які не ввійшли до навчальної вибірки. Аналіз існуючих способів апроксимації показав, що найбільшій уваги заслуговує спосіб функціонального наближення до (1) з використанням теорії нейромереж.

Одна із проблем, що може виникнути при застосуванні нейромереж – це неприйняття. Один із способів усунення неприйняття – це збільшення розмірності нейромережі. Інший спосіб – це регуляризація мережі. Дослідження показали, що регуляризація значно зменшує несприйнятливість мережі, але при цьому зростають затрати часу на її навчання.

З точки зору усунення неприйняття більш ефективними є радіальні мережі, які, на відміну від мереж зі зворотним поширенням, вимагають більшої кількості нейронів. У результаті проведеного аналізу нейромереж з врахуванням неприйняття нейромережі виявлено, що найкращою є узагальнена регресійна нейромережа, яка належить до класу радіальних нейромереж.

2. Для класифікації стану ґрунтів розроблено систему нечіткого висновку, яка на основі інформації про концентрацію важких металів у ґрунті, дає змогу судити про один із станів ґрунту. Для цього така система вміщує базу правил нечітких

продукцій і реалізує нечіткий вивід висновків на основі посилань і умов, які подані у формі нечітких лінгвістичних висловлювань.

База правил системи нечіткого висновку сформована на основі можливих комбінацій концентрацій k важких металів у ґрунті із n термів. Загальна кількість правил, які утворюють базу становить $N = \binom{n}{k} = n^k$. Для кожної комбінації концентрацій важких металів проведено оцінку стану ґрунтів на основі таблиці, яка формується автоматично у відповідності із розробленою програмою.

На етапі фазифікації знаходяться всі значень функції належності $b'_i = \mu(C_i)$ для кожної із підумов всіх правил, які входять в утворену базу правил системи нечіткого висновку. Значення b'_i утворюють множину $B = \{b'_i\}$.

Етап агрегування визначає істинність умов за кожним із правил системи нечіткого висновку. При цьому значення b'_i використовуються як аргументи логічної операції "and". У результаті виконання операції агрегування знаходиться множина значень $B' = \{b''_i\}$.

Активізація у системі нечіткого висновку є процедурою знаходження степені істинності як алгебраїчний добуток значень b'' на значення вагових коефіцієнтів F_i для кожної із підумов правил нечітких продукцій. Після знаходження множини $C = \{c_i\}$ визначаються функції належності кожної із підумов для вихідної лінгвістичної змінної за правилом міні-активізації: $\mu'(y) = \min(c_i, \mu(y))$.

На етапі акумуляції виконується об'єднання функцій належності $\mu'(y)$ з метою отримання функції належності вихідної величини.

Завершальним етапом нечіткого висновку є дефазифікація, яка на основі результатів акумуляції дає можливість визначити детерміноване значення вихідної величини (стан ґрунту) і за цим значенням судити про степінь його забруднення важкими металами. Для виконання числових розрахунків на етапі дефазифікації використано метод центра ваги (центроїд).

3. Зміну рівня води в ріці в залежності від погодних умов представлено математичною моделлю, що містить тренд $h(t)$, який носить лінійний характер, та існує гармонічна складова $G(t)$, зумовлена сезонною зміною метеорологічних умов, тобто

$$\tilde{H}_t = H_t + G(t) + h(t), \quad (2)$$

де H_t - залишкова складова.

У загальному випадку лінійний тренд описується поліномом степені n

$$h(t) = \sum_{i=0}^n \theta_i t^i, \quad (3)$$

де t - час.

Параметри θ , рівняння регресії (3) знайдено за методом найменших квадратів (МНК).

Складову $G(t)$ представлено у вигляді гармонічного ряду з некротними частотами

$$G(t) = A_0 + \sum_{j=1}^m (A_j \sin(t\omega_j) + B_j \cos(t\omega_j)), \quad (4)$$

де t - такти відліку часу, $t = 1, 2, 3, \dots, N$; A_0, A_j, B_j - параметри гармонічного ряду (4); $\omega_j = \omega_{j-1} + \Delta\omega_j$ - некратні частоти, $j = 1, 2, 3, \dots$

Для опису залишкової складової використано поліном степені r

$$H_i = \sum_{i=0}^{M-1} a_i \prod_{j=1}^k x_j^{s_j}, \quad (5)$$

де $M = \frac{(r+n)!}{r!n!}$ - кількість членів полінома; a_i - коефіцієнти полінома; s_j - степені аргументів, які повинні задовольняти обмеженню $\sum_{j=1}^k s_j \leq r$; k - кількість незалежних змінних.

Суму гармонік ряду (4), у якому коефіцієнти A_0, A_j, B_j визначені за методом найменших квадратів, а число гармонік і їх частоти вибрані так, щоб отримати мінімум деякого зовнішнього критерію селекції називають гармонічним трендом оптимальної складності.

Задачу синтезу оптимального гармонічного ряду (4) представлено у вигляді наступної процедури.

Вибрано функції

$$g(i+p) = \sum_{j=1}^m (A_j \sin((i+p)\omega_j) + B_j \cos((i+p)\omega_j)),$$

$$g(i-p) = \sum_{j=1}^m (A_j \sin((i-p)\omega_j) + B_j \cos((i-p)\omega_j)).$$

Для знаходження параметрів A_0, A_j, B_j і ω_j гармонічного тренду спочатку визначені вагові коефіцієнти α_p , з умови мінімізації нев'язки

$$B = \sum_{i=m+1}^{N-m} b_i^2, \quad (6)$$

де

$$b_i = g(i+m) - \sum_{p=0}^{m-1} \alpha_p (g(i+p) + g(i-p)) + g(i-m), \quad i = \overline{m+1, N-m} \quad (7)$$

характеризує точність, з якою коливний процес виражається через задану суму гармонічних складових. У формулі (7) величини g відповідних дискретних аргументів замінено на $g(i) = G(t_i)$.

Отже, отримано наступну задачу

$$\min_{\bar{\alpha}} J(\bar{\alpha}) = \sum_{i=m+1}^{N-m} \left(z_{i,m} - \sum_{p=0}^{m-1} \alpha_p g_{i,p} \right)^2,$$

де $\bar{\alpha} = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{m-1})^T$ - вектор вагових коефіцієнтів; $z_{i,m} = \bar{g}(i+m) + \bar{g}(i-m)$; $g_{i,p} = \bar{g}(i+p) + \bar{g}(i-p)$.

Для визначення частот ω_j розв'язано рівняння

$$P_m z^m + P_{m-1} z^{m-1} + \dots + P_1 z + P_0 = 0, \quad (8)$$

де $z = \cos \omega$, коефіцієнти P_i , $i = 0, 1, \dots, m-1$ є функціями вагових коефіцієнтів α_p , $p = 0, 1, \dots, m-1$.

Рівняння (8) має m коренів, які однозначно визначають ω_j , $j = \overline{1, m}$.

Задачу синтезу оптимального гармонічного ряду розв'язано з використанням генетичних алгоритмів. Утворено хромосому довжиною m , в якій на i -тому місці буде стояти нуль або одиниця в залежності від того чи частота ω_j вилучена із вибраного повного ряду m чи залишена. Набір хромосом утворює популяцію. Із всієї популяції вибрано особи, що найбільше пристосовані, тобто такі, які мають найбільше (найменше) значення функції пристосованості. У задачі синтезу моделей коливних процесів функцією пристосованості виступає комбінований критерій селекції

$$\rho = \sqrt{n_d^2 + B^2}, \quad (9)$$

де n_d^2 - критерій зміщення, який обчислюється за такою формулою:

$$n_d^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (g_i(R) - g_i(S))^2}{\sum_{i=1}^N g_i^2}. \quad (10)$$

де B - функція нев'язки, що визначається як (7); $g_i(R)$, $g_i(S)$ - величини, значення яких обчислені відповідно на множині точок N за формулою (4), а коефіцієнти моделі (4) знайдені відповідно на множинах $N_R + N_Q$ і N_S (N_R - навчальна; N_Q - перевірна; N_S - екзаменаційна).

Отже, задача синтезу моделі коливного процесу зводиться до вибору із початкової популяції такої хромосоми, яка забезпечує мінімальне значення критерію селекції (9).

Оскільки, кожній частоті ω_j відповідає пара коефіцієнтів A_j , B_j , то у сформованій хромосомі подвоєно одиниці і нулі. Якщо, наприклад, згенерована на першому кроці хромосома була такою: $Ch = [1001011]$, то після подвоєння вона набуде вигляду: $Ch_d = [11000011001111]$. У моделі (4) завжди присутній коефіцієнт A_n , то до хромосоми Ch_d на першу позицію добавлено одиничний ген і отримано $Ch_{d0} = [111000011001111]$. Генетичний алгоритм складається із наступних кроків. Формування початкової популяції (ініціалізація); оцінка пристосованості хромосоми у популяції; перевірка умов зупинки алгоритму; селекція хромосом; формування нової популяції потомків. Після виконання умов зупинки алгоритму отримано хромосому Ch_{d0}^* , яка визначає модель (4) оптимальної складності.

Після виділення із експериментальних даних лінійного тренду і гармонічної складової отримано залишкову складову H_f , яку описано емпіричною моделлю (5). Як правило, структура моделі (5) невідома. Тому для вибору структури моделі (5) був запропонований індуктивний метод самоорганізації моделей, ідейну сторону якого визначає теорема Геделя. Стосовно задачі визначення структури моделі (5)

геделівський підхід означає застосування зовнішнього критерію, який дає можливість однозначного вибору єдиної моделі із заданого класу моделей. Визначення зовнішнього критерію здійснюється на нових даних, які не використовувались при синтезі моделі (5). Отже, всі дані, які отримані у результаті експерименту, розбиваються на дві частини навчальну - N_r і перевіірочну - N_o .

Аналіз відомих методів генерації моделей-претендентів таких як МГУА, комбінаторний та комбінований дав змогу вибрати комбінаторний метод, оскільки на відміну від інших методів він дає можливість отримати модель, де аргументами виступають входні величини системи. Суттєвим недоліком комбінаторного методу є неможливість його реалізації при високій розмірності емпіричної моделі (5). Для зняття проблеми великої розмірності застосовано генетичний підхід.

При комбінаторному методі синтезу моделі із повного полінома (5) отримано емпіричну модель, де частина параметрів приймає значення нуля. Інші параметри, що залишились, будуть відмінні від нуля. Утворено упорядковану структуру довжиною M , в якій на i -тому місці буде стояти одиниця або нуль в залежності від того чи параметр a_i , $i = \overline{1, M-1}$ моделі (5) відмінний від нуля, чи нульовий.

Таким чином, задача синтезу емпіричної моделі полягає у виборі із початкової популяції такої хромосоми, яка забезпечує найкраще значення функції пристосованості. Алгоритм розв'язку поставленої задачі аналогічний раніше розробленому для виділення гармонічного тренду.

У *третьому розділі* викладено результати експериментальних досліджень об'єктів природокористування, а також результати моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування із застосуванням розроблених методів.

1. Реалізовано метод моделювання стану ґрунтів на основі розповсюдження ртуті у ґрунті на території Галицького району Івано-Франківської області. Для цього на вхід неймережі подаються координати точок відбору проб, які були приведені до безрозмірних величин, за такими формулами

$$x_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (11)$$

$$y_i = \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}}, \quad (12)$$

де X_i , Y_i - координати i -тої проби, $i = \overline{1, N}$; X_{\min} , Y_{\min} - мінімальні значення координат X_i та Y_i ; X_{\max} , Y_{\max} - максимальні значення координат X_i та Y_i ; N - кількість проб відбору.

Як навчальну послідовність, використано значення концентрацій ртуті у ґрунті $C_{ел}$, які отримані за результатами аналізу проб за координатами X_i , Y_i . Величини $C_{ел}$, також були приведені до безрозмірного вигляду

$$z_i = \frac{C_i - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}}. \quad (13)$$

На виході навченої радіальної нейромережі отримано концентрації ртуті у ґрунті будь-якої точки досліджуваної території z_i у безрозмірних одиницях. Використавши формулу $C_{ел} = z_i^* (C_{ел}^{max} - C_{ел}^{min}) + C_{ел}^{min}$, отримано вміст ртуті у розмірних одиницях (мг/кг). За допомогою програми написаної в середовищі MatLab, отримано зображення ліній ізоконцентрації ртуті в ґрунті досліджуваної території Галицького району. Результати виходу узагальненої радіальної нейромережі, накладені на топографічну карту Галицького району, утворюють комп'ютерну карту розповсюдження ртуті на території цього району (рис.1).

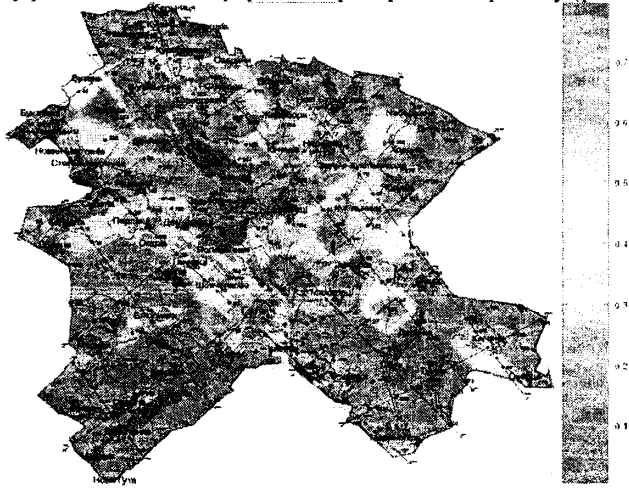


Рисунок 1 – Лінії ізоконцентрації ртуті у ґрунтах Галицького району суміщених з топографічною картою

Для даної моделі коефіцієнт кореляції становить $K_{ZZ} = 0,9899$, що свідчить про високу ступінь збіжності експериментальних значень z_i до значень z_i^* , які отримані у відповідності з моделлю.

2. Використано розроблений науково-обґрунтований метод класифікації стану ґрунтів, на основі нечіткої логіки, для оцінки екологічного стану ґрунтів території Галицького району за вмістом в них декількох важких металів (мідь (Cu), свинець (Pb) і цинк (Zn)). Забруднення ґрунтів важкими металами визначено за сумарним показником забруднення Z_c , який представлено формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\phi i}}, \quad (14)$$

де C_i , $C_{\phi i}$ - концентрація i -го металу та його фонове значення; n - кількість присутніх у ґрунті металів.

За значенням сумарного показника забруднення відома шкала, яка відображає небезпеку забруднення ґрунтів для здоров'я людини.

База правил системи нечіткого висновку сформована на основі можливих комбінацій концентрацій важких металів Cu, Pb і Zn у ґрунті. Загальна кількість правил, що утворюють базу знань знаходять за формулою $N = 7^3 = 343$. Для кожної комбінації обчислювались показник Z_c у відповідності з формулою (14). Результати розрахунків зведені у таблицю, яка формується автоматично у відповідності із розробленою програмою (табл.1 є фрагментом загальної таблиці).

Таблиця 1

Оцінка стану ґрунту за вмістом в ньому важких металів

№ правила	Cu	Pb	Zn	Z_c	Оцінка стану	Позначення
1.	Фон малий	Фон малий	Фон середній	0,839966	Сприятливий	<i>fv</i>
2.	Фон малий	Фон середній	Фон малий	0,840171	Сприятливий	<i>fv</i>
3.	Фон середній	Фон малий	Фон малий	0,854663	Сприятливий	<i>fv</i>
4.	Фон середній	Фон середній	Фон малий	1,187997	Сприятливий	<i>fv</i>
5.	Фон середній	Фон малий	Фон середній	1,187792	Сприятливий	<i>fv</i>

На основі таблиці концентрацій важких металів у ґрунті складена база нечітких продукцій. Наведено фрагмент такої бази продукцій у відповідності з табл.1.

1. if (Cu is BS) and (Pb is BS) and (Zn is PS) then (StateSoils is fv) (1)
2. if (Cu is BS) and (Pb is BM) and (Zn is BS) then (StateSoils is fv) (1)
3. if (Cu is BM) and (Pb is BS) and (Zn is BS) then (StateSoils is fv) (1)
4. if (Cu is BM) and (Pb is BM) and (Zn is BS) then (StateSoils is fv) (1)
5. if (Cu is BM) and (Pb is BS) and (Zn is BM) then (StateSoils is fv) (1)

Як приклад застосування розробленої методики було оцінено стан ґрунту в с.Яблунів Галицького району. Отримані значення концентрацій важких металів у ґрунті у мг/кг: $C_{Cu} = 3,9$, $C_{Pb} = 41,6$ і $C_{Zn} = 33,6$ за допомогою розробленої програми визначено, що стан ґрунту – md (помірно небезпечний).

3. Розроблений метод синтезу математичної моделі оптимальної складності складних процесів на базі генетичних алгоритмів апробовано на прикладі побудови моделі зміни рівня води у р. Дністер в залежності від погодних умов. На рис. 2, показані результати моделювання зміни рівня води р. Дністер як функції параметрів метеоумов. Із графіка видно, що мають місце досить задовільні збіги між розрахунковими і експериментальними даними.

За допомогою побудованої математичної моделі оптимальної складності виконано прогнозування рівня води в р. Дністер. На рис. 3 показаний результат прогнозування рівня води в ріці Дністер на наступні 24 доби. З рисунка видно, що отримані значення за побудованою математичною моделлю досить близькі до фактичних значень рівня води.

Для оцінки якості прогнозу при самоорганізації прогнозуючих моделей на новій множині даних N_s , що не використовується в побудові математичної моделі, визначено середньоквадратичне відхилення обчисленого за моделлю прогнозованого значення y_i , і дійсного значення Y_i :

$$\Delta^2(S) = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} (Y_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^{N_s} Y_i^2} \rightarrow \min. \quad (15)$$

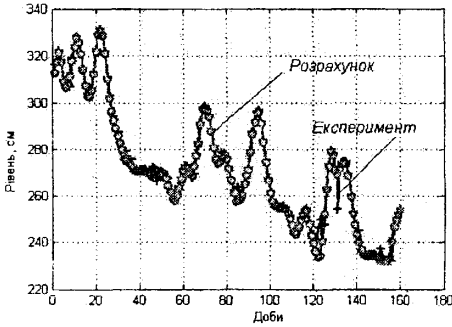


Рисунок 2 - Залежність рівня води у р. Дністер від погодних умов

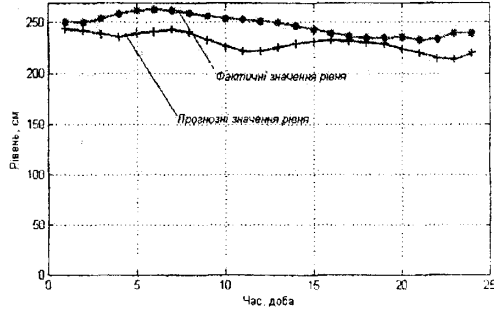


Рисунок 3 - Результати прогнозування рівня води на екзаменаційній множині

Обчислене за формулою (15) значення критерію дає можливість встановити якість прогнозу: при умові $\Delta^2(S) \leq 0,5$ - прогноз вважається високої якості, при $\Delta^2(S) \leq 0,8$ - прогноз задовільний, а при $\Delta^2(S) = 1$ відповідає точності прогнозу за кліматичним середнім. При $\Delta^2(S) > 1$ застосовувати прогнозуючу модель не має змісту, оскільки модель не точна, тобто мають місце значні відхилення від реального досліджуваного процесу.

Отримане значення критерію $\Delta^2(S) = 0,0058$ свідчить про задовільну точність прогнозу рівня ріки Дністер. Крім того якість прогнозу визначалась шляхом побудови довірчих інтервалів для лінії регресії $y = a_0 + a_1 Y$, де a_0, a_1 - коефіцієнти лінії регресії; Y, y - фактичні та прогнозовані значення рівня води, при рівні значущості $\alpha = 0,001$.

У *четвертому розділі* синтезовано систему інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води в ріках Прикарпаття, в основу якої покладений розроблений метод синтезу оптимальної за складністю математичної моделі зміни рівня ріки у залежності від погодних умов на засадах генетичних алгоритмів. Система застосована для вироблення протипаводкових рішень у відповідності до поточного та прогнозованого стану річки Дністер.

Представлено структуру системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води в ріках Прикарпаття (рис. 4).

Система інтелектуальної підтримки прийняття рішень реалізує наступні функції: збір метеоданих та значень рівня води ріки і передачу їх з пунктів спостереження на автоматизоване робоче місце оператора, де формується база даних, виконується обробка та аналіз поточного стану, прогнозування рівня ріки і на основі цих результатів прийняття ефективних управлінських рішень з метою запобігання катастрофічних наслідків повеней.

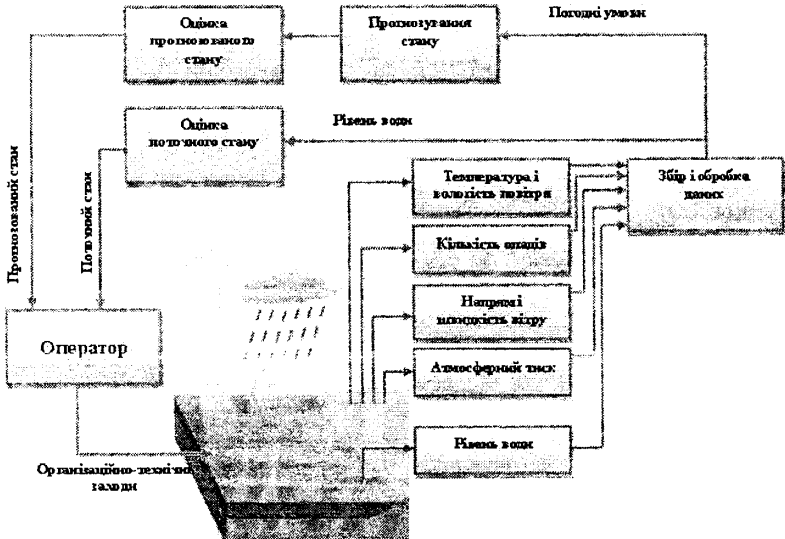


Рисунок 4 – Структурна схема системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води в ріках Прикарпаття

В системі для збору метеоданих використано набір радіодавачів метеостанції, а для вимірювання рівня води використано радарний давач рівня, що розміщуються безпосередньо у наперед вибраних пунктах спостереження. Процедура визначення рівня води в ріці має наступну послідовність кроків: 1) фіксується базовий рівень води в ріці - h_b за допомогою мірної рейки при нормальних погодних умов для досліджуваної території; 2) визначається відстань до базового рівня - h_o давачем рівня за тих самих погодних умов; 3) зафіксувавши давачем значення до поточного рівня h_m , рівень ріки знаходять за формулою:

$$\tilde{H}_l = h_o + h_m - h_b. \quad (16)$$

На карті досліджуваної території (р. Дністер с. Нижнів Тлумачького району Івано-Франківської області) наведено схему розміщення давачів збору інформації (рис. 5). Враховуючи те, що хвиля паводку в більшості випадків рухається значно повільніше, ніж атмосферний фронт, давачі метеостанції розташовано у пунктах спостереження вище за течією ріки.

На АРМ оператора здійснюється прогнозування рівня води за допомогою спеціального програмного забезпечення, що розроблене відповідно до

запропонованого методу синтезу математичної моделі зміни рівня ріки у залежності від погодних умов з використанням генетичних алгоритмів.

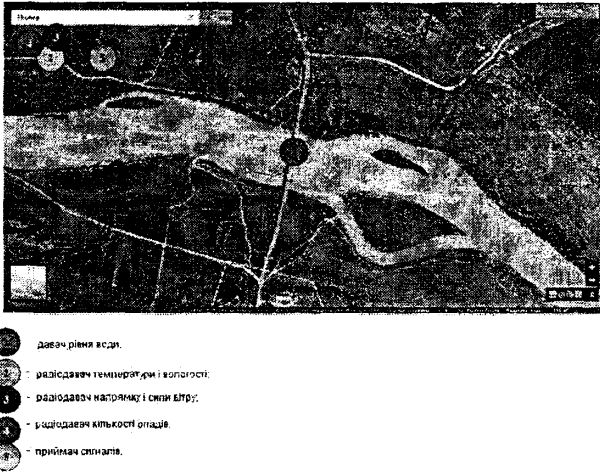


Рисунок 5 - Розміщення давачів для збору даних

За результатами прогнозованого рівня ріки оператор оцінює майбутній паводковий стан ріки: “нормальний”, “допустимий”, “загрозливий”, “катастрофічний”, що дає змогу формувати рекомендації щодо ефективних заходів, які допоможуть запобігти виникненню катастрофічної ситуації.

У *висновках* сформульовано наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

У *додатках* наведені структуровані фактичні дані польових спостережень території Галицького району та дані спостережень за рівнем води в р. Дністер на гідропості в с. Нижнів Тлумачького району Івано-Франківської області і дані про погодні умови, програми та результати моделювання, а також представлено акти щодо впровадження отриманих результатів дисертаційних досліджень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення науково-практичної задачі в галузі автоматизації процесів керування - розроблено методи та систему інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при керуванні об'єктами природокористування і отримано такі основні результати:

1. Проведено аналіз процесу зміни стану об'єктів природокористування під дією природних та антропогенних факторів як об'єкта керування, проаналізовано методи моделювання та прогнозування стану об'єктів природокористування як основи побудови моделей для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Розглянуто особливості застосування інтелектуальних систем при керуванні об'єктами природокористування і прийнятті рішень, встановлено рівень

використання інтелектуальних систем при керуванні станом природного середовища. Проаналізовано існуючі автоматизовані системи керування для інтелектуалізації процедур прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування.

2. Запропоновано метод моделювання стану ґрунтів на основі нейромережових технологій, який дає змогу автоматизувати процес побудови дійсних значень ізоліній концентрацій елементів-забрудників в ґрунтах досліджуваної території. Використано узагальнену радіальну нейромережу для отримання значень концентрацій важких металів за межами досліджуваних точок, що відкриває можливість застосування методу при обмежених об'ємах апріорної інформації про об'єкт дослідження. Ефективність запропонованого методу моделювання стану ґрунтів підтверджено результатами польових спостережень, які проводилися на території Галицького району. Отримані результати моделювання стану ґрунтів можуть бути використані у прийнятті управлінських рішень з метою встановлення екологічно-безпечних районів при проведенні сільськогосподарської діяльності.

3. Представлено метод класифікації стану ґрунтів досліджуваної території за вимірним вмістом важких металів в них, який оснований на використанні нечіткої логіки, що автоматизує та підвищує достовірність процесу класифікації стану ґрунтів на вибраній території. Із використанням даного методу визначено екологічний стан ґрунтів Галицького району, що є базою знань для прийняття відповідних рішень щодо впровадження необхідних заходів для зміни стану ґрунтів досліджуваної території, а також для оцінки екологічної безпеки території.

4. Розроблено метод прогнозування рівня води в річках Прикарпаття на основі синтезу моделі оптимальної складності із застосуванням ідей генетичних алгоритмів, який у порівнянні з існуючими методами моделювання складних процесів дає змогу синтезувати математичні моделі будь-якої складності та вибрати оптимальну за структурою адекватну модель і значно зменшити об'єм обчислень. Побудовано математичну модель зміни рівня води ріки Дністер в залежності від погодних умов на основі запропонованого методу синтезу складних моделей на базі ідей генетичних алгоритмів та виконано прогноз, що дає змогу з випередженням до 24 діб визначати рівень води у ріці Дністер. Точність результатів прогнозування, отриманих за побудованою математичною моделлю зміни рівня води ріки Дністер, перевірено критерієм регулярності на множині даних, що не використовуються при побудові моделі. Обчислене значення критерію $\Delta^2(S) = 0,0058$, а також побудовані довірчі інтервали свідчать про те, що побудована математична модель з вірогідністю до 0,99 здатна прогнозувати зміну рівня води в ріці Дністер у залежності від погодних умов.

5. Синтезовано структуру і розроблено програмне забезпечення системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень за прогнозованими значеннями рівня води в ріках Прикарпаття, отриманих на основі розробленої математичної моделі зміни рівня ріки у залежності від погодних умов на засадах генетичних алгоритмів. Розроблена система реалізує задачі контролю та прогнозування рівня ріки і на основі аналізу її стану генерує відповідні експертні рішення щодо виконання

необхідних організаційно-технічних заходів для усунення поточної чи запобігання виникненню майбутньої катастрофічної ситуації.

6. Розроблено рекомендації щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій засобами системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень, яку прийнято до впровадження в Дністровському інженерно-екологічному центрі розробки протипаводкових заходів для підвищення екологічної безпеки Івано-Франківської області при ІФНТУНГ, а також отримані результати досліджень застосовуються у навчальному процесі ІФНТУНГ, що підтверджено відповідними актами впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДІСТРОВАЦІЇ

1. Горбійчук М. І. Метод оцінки екологічної ситуації Галицького району на базі теорії нейромереж / М. І. Горбійчук, О. В. Пендерецький, М. А. Шуфнарівич // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2008. - №1(17). – С.159-163.

2. Горбійчук М. І. Метод оцінки стану ґрунтів з використанням fuzzy-технологій / М. І. Горбійчук, О. В. Пендерецький, М. А. Шуфнарівич // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 3/5(33). – С. 29 – 32.

3. Горбійчук М. І. Довгострокове прогнозування стоку ріки Дністер / М. І. Горбійчук, О. В. Пендерецький, М. А. Шуфнарівич // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2009. - № 1 (19). – С. 20 – 23.

4. Горбійчук М. І. Метод синтезу математичних моделей коливних процесів з некрайними частотами / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2010. - №1(23). – С. 105 - 112.

5. Горбійчук М. І. Метод побудови математичних моделей складних процесів на засадах генетичних алгоритмів / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич // Штучний інтелект. – 2010. - № 4. – С. 50 – 57.

6. Горбійчук М. І. Метод прогнозування рівня води у р. Дністер у залежності від погодних умов / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 3/4 (63). – С. 13 – 19.

7. Пат. 92534. Україна, МПК (2009), G01N 33/24, G01N 5/00 Спосіб визначення концентрацій важких металів у ґрунті / Горбійчук М. І. Пендерецький О. В., Шуфнарівич М. А.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - № а2009 00727; заявл. 02.02.2009; опуб. 10.11.2010. Бюл. № 21., 2010 – 6 с.

8. Горбійчук М. І. Математичне моделювання забруднення ґрунтів Галицького району на базі теорії нейромереж / М. І. Горбійчук, О. В. Пендерецький, М. А. Шуфнарівич // Автоматика – 2008: матеріали XV Міжнародної конференції з автоматичного управління, м. Одеса, 23-26 вересня 2008р. – Одеса, 2008. - С.746-749.

9. Пендерецький О. В. Методика дослідження екологічного стану техногенно-трансформованих ґрунтів на основі теорії нейромереж / О. В. Пендерецький, Г. В. Кіт, М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич // Екологічні проблеми техногенного-

навантажених регіонів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, травень 2008р. – Дніпропетровськ, 2008. – С.191-192.

10. Горбійчук М. І. Застосування fuzzy-технологій для оцінки стану ґрунтів / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич // Problems of decision marking under uncertainties: Materials digest of the International Conference, Kyiv-Rivne, May 12–17, 2008, - Kyiv-Rivne, 2008. – С. 268-272.

11. Пендерський О. В. Помісячне прогнозування стоку р. Дністер / О. В. Пендерський, Г. В. Кіт., М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич // Глобалізаційні процеси в природокористуванні: матеріали науково-практичної конференції, АР Крим, м. Алушта, 19-23 травня 2008р. - Алушта, 2008. – С.42-44.

12. Горбійчук М. І. Метод синтезу математичних моделей коливних процесів з некротними частотами / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич / Україна наукова: матеріали шостої всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, м. Київ, 21-23 грудня 2009р. - Київ, 2009. – С. 37 -39.

13. Горбійчук М. І. Метод побудови математичних моделей складних процесів на засадах генетичних алгоритмів / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич / Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління: матеріали міжнародної проблемно-наукової міжгалузевої конференції, м. Бучач, 01-04 червня 2010р. - Бучач, 2010. – С. 328 – 332.

14. Горбійчук М. І. Метод синтезу математичних моделей рівня води у р. Бистриця Надвірянська в залежності від погодних умов / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич / Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління: матеріали міжнародної проблемно-наукової міжгалузевої конференції, Бучач, 17-20 травня 2011р. – Бучач, 2011 - С. 378 – 382.

15. Горбійчук М. І. Построение математических моделей сложных процессов на принципах генетических алгоритмов / М. И. Горбийчук, М. А. Шуфнарівич / Physico-mathematical and technical sciens as postindustrial foundatino of the informational society evolution: Materials digest of the XXXIX International Research and Practice Conference and the III stage of the Championship in technical, physical and mathematical sciences, London, December 19 - 24, 2012 – London, 2013. – С. 32 – 35.

16. Горбійчук М. І. Метод картографічного моделювання забруднення ґрунтів на основі теорії нейросетей / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич / The third Planet from Sun: Modern Theories and Research Practice in the Field of Earth and Space sciences: Materials digest of the L International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Earth and Space sciences, London, May 21 – 26, 2013. London, 2013 – С. 131 – 135.

17. Горбійчук М. І. Прогнозування складних процесів на засадах генетичних алгоритмів / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич // Автоматика-2013: матеріали ХХ міжнародної конференції з автоматичного управління, присвяченої 100-річчю з дня народження академіка НАНУ О. Г. Івахненка, м. Миколаїв, 25-27 вересня 2013р. - Миколаїв, 2013. – С. 341-342.

18. Горбійчук М. І. Інтелектуальна система прийняття рішень при прогнозуванні повеней / М. І. Горбійчук, М. А. Шуфнарівич / Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції аспірантів, молодих вчених і студентів, м. Івано-Франківськ, 8 – 11 жовтня 2013 р. – Івано-Франківськ, 2013. – С.178-180.

АНОТАЦІЯ

Шуфнарівич М. А. Система інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при керуванні об'єктами природокористування. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2014.

Дисертацію присвячено розробці та вдосконаленню методів математичного моделювання станів об'єктів природокористування для інтелектуальної підтримки прийняття рішень у процесі антропогенного та природного навантаження територій.

На основі аналізу сучасних методів та систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень проведено теоретичні дослідження щодо удосконалення процедури прийняття рішень при керуванні об'єктами природокористування із залученням методів штучного інтелекту. Удосконалено метод моделювання стану ґрунтів досліджуваної території, шляхом застосування штучних нейронних мереж для побудови дійсних значень ізоліній концентрацій важких металів, і використано його для встановлення екологічно-чистих районів. Отримано метод класифікації стану ґрунтів за вмістом в них важких металів з використанням нечіткої логіки, який є основою для прийняття відповідних управлінських рішень щодо покращення стану ґрунтів досліджуваної території. Розроблено метод побудови математичних моделей складних екологічних процесів на засадах генетичних алгоритмів і використано при прогнозуванні коливань процесів рівня води р. Дністер у залежності від погодних умов.

Розроблено систему інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води в ріках Прикарпаття, отриманих на основі синтезованої математичної моделі зміни рівня ріки у залежності від погодних умов на засадах генетичних алгоритмів.

Ключові слова: об'єкт природокористування, керування екологічними процесами, математичне моделювання, прогнозування, інтелектуальна підтримка прийняття рішень.

АННОТАЦИЯ

Шуфнарівич М. А. Система интеллектуальной поддержки принятия решений в условиях неопределенности при управлении объектами природопользования. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - автоматизация процессов управления. - Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Министерство образования и науки Украины, Ивано-Франковск, 2014.

Диссертация посвящена разработке и усовершенствованию методов математического моделирования состояний объектов природопользования для интеллектуальной поддержки принятия решений в процессе антропогенной и природной нагрузки территорий.

На основе анализа современных методов и систем интеллектуальной поддержки принятия решений проведены теоретические исследования по усовершенствованию процедуры принятия решений при управлении объектами природопользования с привлечением методов искусственного интеллекта и определены особенности применения автоматизированных систем в процессе охраны среды. Усовершенствован

метод моделирования состояния почв исследуемой территории путем применения искусственных нейронных сетей к построению действительных значений изолиний концентраций тяжелых металлов, использовано его для установления экологических чистых районов. На основе данного метода предложен алгоритм определения аномального содержания тяжелых металлов в почвах. Получен метод классификации состояния почв по содержанию в них тяжелых металлов с использованием нечеткой логики. Установлено экологическое состояние почв с использованием данного метода, что является основой к принятию соответствующих управленческих решений по улучшению состояния исследуемой территории. Предложен метод синтеза математических моделей колебательных процессов с некратными частотами, который дает возможность выбрать оптимальную по структуре адекватную модель и значительно уменьшить объем вычислений. Построена математическая модель изменения уровня воды реки Днестр в зависимости от погодных условий на основе предложенного метода синтеза сложных процессов на базе идей генетических алгоритмов и выполнен прогноз уровня реки.

Разработана система интеллектуальной поддержки принятия решений по результатам прогнозирования уровня воды в реках Прикарпатья, полученных на основе синтезированной математической модели изменения уровня реки в зависимости от погодных условий на основе генетических алгоритмов.

Ключевые слова: объект природопользования, управление экологическими процессами, математическое моделирование, прогнозирование, интеллектуальная поддержка принятия решений.

ABSTRACT

Shufnarovych M. A. The system of the intellectual support of making decisions in the natural resources control under uncertain conditions.- Manuscript.

The thesis for a candidate of a technical sciences degree on specialty 05.13.07 - automation of the processes of control. - Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ministry of education and science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2014.

The thesis researches the development and improvement of methods of the mathematical modeling of the states of nature objects to support intellectually decisions making procedure in the process of anthropogenic and natural load of the territories.

On the basis of the analysis of modern methods and systems of intellectual decisions making support the theoretical research of the improvement of the procedure of decisions making support in the management of nature objects involving methods of artificial intelligence is held. The method of modeling of the state of soils in the territory under study using artificial neural networks to set up valid values of heavy metals concentrations isolines is improved. This method is also used to establish ecologically clean areas. The method of classification of the state of soils containing heavy metals is received using fuzzy logic. This method is the basis for the appropriate management decisions to improve soil conditions of the area under study. The method of setting up of mathematical models of complex ecological processes based on genetic algorithms is developed. This method is used to predict oscillatory processes of the water level in Dniester depending on weather conditions.

A system of the intellectual support of making decisions based on the results of forecasting water levels in the Precarpathian rivers received from the synthetic mathematical model of river level changes depending on weather conditions on the basis of genetic algorithms is elaborated.

Keywords: objects of nature management, environmental processes, mathematical modeling, forecasting, intellectual

НТБ
ІФНТУНГ



an2472