

Автоматизація моніторингу гідрохімічного стану підземних вод АЕС
Автоматизация мониторинга гидрохимического состояния подземных вод АЭС
Automation of monitoring of the hydrochemical state of NPP groundwater

1. **Номер державної реєстрації** - 0115U000329,
2. **Науковий керівник** - д.т.н., доцент Аушева Н.М., Аушева Н.Н., Ausheva Nataliia N.

3. Суть розробки, основні результати
(укр.)

Розроблено комплекс рішень, що спрямовані на вдосконалення математичного та програмного забезпечення автоматизованого моніторингу об'єктів навколишнього середовища за рахунок розширення математичних методів розв'язання спеціалізованих задач предметної області, покращення показників швидкодії обміну інформацією між компонентами системи та оптимізації використання пам'яті.

Запропоновано універсальне рішення програмного забезпечення моніторингу навколишнього середовища у вигляді узагальненої структури Intelligent GIS (різновиду просторової системи підтримки прийняття рішень) з визначеними та вдосконаленими програмними засобами реалізації всіх складових частин. Створено програмний інструментарій розробки оптимальних за критеріями ресурсоемності прикладних продукційних систем за рахунок розширення оболонки CLIPS Treat алгоритмом співставлення зі зразком та додатковими засобами визначення ресурсів пам'яті та часу. Розширено реалізований в ArcGIS метод сплайнів можливістю моделювання тривимірних поверхонь на основі сплайнів Безьє. Запропоновано швидкодіючі алгоритми розв'язання інтегральних рівнянь типу Вольтера, які необхідні для дослідження динамічних систем з непараметричними динамічними характеристиками, на основі врахування властивостей виродженості ядер з забезпеченням незмінної кількості операцій на кожному обчислювальному кроці. Розроблено паралельні алгоритми розв'язання оберненої задачі міжсвердловинної томографії, які враховують широкий діапазон вимог до точності отриманих розв'язків та ефективності міжпроцесорних взаємодій при розв'язанні на багатопроцесорних комп'ютерних системах (в основу покладено метод регуляризації Тихонова). Розроблено програмний комплекс автоматизації моніторингу гідрохімічного стану підземних вод АЕС.

Розробка відповідає світовому рівню. Результати роботи впроваджено на підприємстві ПАТ „Центральний гірничо-збагачувальний комбінат”, м. Кривий Ріг для використання в автоматизації процесу моніторингу екологічних наслідків масових промислових вибухів у кар'єрах і їх впливу на стан ґрунтових вод в зоні впливу підприємства.

(рос.)

Разработан комплекс решений, направленных на усовершенствование математического и программного обеспечения автоматизированного мониторинга объектов окружающей среды за счет расширения математических методов решения специализированных задач предметной области, улучшения показателей быстродействия при обмене информацией между компонентами системы и оптимизации использования памяти.

Предложено универсальное решение программного обеспечения мониторинга окружающей среды в виде обобщенной структуры Intelligent GIS (разновидности пространственной системы поддержки принятия решения) с определенными и усовершенствованными программными средствами реализации всех составных частей. Создан программный инструментарий разработки прикладных продукционных систем, оптимальных по критериям ресурсоемкости, за счет расширения оболочки CLIPS Treat алгоритмом сопоставление с образцом и дополнительными средствами определения ресурсов памяти и времени. Расширен реализованный в ArcGIS метод сплайнов возможностью моделирования трехмерных поверхностей на основе сплайнов Безьє.

Предложены быстродействующие алгоритмы решения интегральных уравнений типа Вольтера, которые необходимы для исследования динамических систем с непараметрическими динамическими характеристиками, на основе учета свойств вырожденности ядер с обеспечением неизменного количества операций на каждом вычислительном шаге. Разработаны параллельные алгоритмы решения обратной задачи межскважинной томографии, которые учитывают широкий диапазон требований к точности полученных решений и эффективности межпроцессорных взаимодействий при решении на многопроцессорных компьютерных системах (в основу положен метод регуляризації Тихонова). Разработан программный комплекс автоматизации мониторинга гидрохимического состояния подземных вод АЭС.

Разработка отвечает мировому уровню. Результаты работы внедрены на предприятии ПАТ "Центральный горно-обогатительный комбинат", г. Кривой рог для использования в автоматизированном процессе мониторинга экологических последствий массовых промышленных взрывов в карьерах и их влияния на состояние грунтовых вод в зоне влияния предприятия.

(англ.)

The complex of solutions had been developed which are directed at perfecting the mathematical and the software of the automated monitoring of the environment through the expansion of mathematical methods for solving specific tasks a subject domain, improvement of indicators speed of information exchange between system components and optimizing memory usage.

The universal solution to environmental monitoring software environment in the form of the generalized structure Intelligent GIS (variety of Spatial Design Support System) with certain and improved software realization of all component parts had been proposed. The software tools for the development of optimal resource intensity criteria of applied production systems had been created through the expansion shell CLIPS Treat pattern matching algorithm and additional resource definition of memory and time. The method of spline, which implemented in ArcGIS had been extended by the possibility of modeling three-dimensional surfaces based on Bezier splines. Fast algorithms for solving integral equations of Volterra type had been proposed, which are necessary for the research of dynamical systems with non-parametric dynamic characteristics, based on consideration of the properties of nuclei the degeneracy with ensuring of a unchangeable number of operations at each computational step. Parallel algorithms for solving inverse problem between borehole tomography had been developed, which consider a wide range of requirements for the accuracy of the solutions and efficiency in solving interprocessor interactions on multiprocessor computer systems (based on the method of Tikhonov regularization). Software system of the automate the monitoring of hydrochemical status of groundwater NPP had been developed.

The elaboration corresponds to international level. The results of the work had been embed in the enterprise at PJSC "Central Iron Ore Enrichment Works", с. Kryviy Rih for use in automation of the process of monitoring the environmental consequences of mass industrial explosions in careers and their impact on the ground waters in the area of influence of the enterprise.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

1. А.с. № 67951. Україна, Комп'ютерна програма «Розширення засобів відстеження процесу співзавлення зі зразком у середовищі CLIPS» / С.І. Шаповалова, О.О. Мажара (Україна).- заявл. № 68486, 28.07.2016 ; опубл. 17.10.2016, Бюл. №42.
2. А.с. № 67946. Україна. Комп'ютерна програма „Комп'ютерна програма інтерактивного керування побудовою графічних об'єктів за допомогою портативних пристроїв” / Н.М. Аушева, Б.М. Педос (Україна). – заяв. № 68481, 28.07.2016; опубл. 17.10.2016, Бюл. №42.

5. Порівняння зі світовими аналогами

Представлені на ринку програмного забезпечення геоінформаційні систем вирішення загальних задач геології, наприклад, K-MINE (компанія «КРИВБАССАКАДЕМИНВЕСТ»,

Україна), ГеоПоиск (ВАТ " Сибнефть-Ннг", Росія; Інститут кібернетики ім.В.М.Глушкова НАН України та Український державний геологорозвідувальний інститут, Україна) не містять або мають недостатні можливості математичного моделювання саме гідрохімічних процесів у ПВ. Найближчим аналогом програмного забезпечення, яке відповідає меті даної НДР, є програмна система гідрогеологічного моделювання ModTech та її компонент ГІС GeoLink версії 3.* (ЗАО "Геолінк Консалтинг", Росія), які розроблені безпосередньо для розв'язання задач гідрогеодинаміки. Зокрема, запропоновано розв'язання задач моделювання геофільтрації та масопереноса. Однак галузь призначення цих програмних продуктів – обґрунтування інженерних заходів при будівництві.

Розроблене програмне забезпечення гідрохімічного моніторингу підземних вод проммайданчику АЕС дозволяє запобігти недостатньо точному або несвоєчасному аналізу поточної ситуації та сприяє підвищенню безпечності експлуатації станцій. Порівняння показників показує, що існуючі на вітчизняних АЕС аналоги є розрізненими за функціями і засобами реалізації, що унеможливує їх поєднання в комплекс з єдиною інформаційною базою і набором інструментарію обробки інформації та графічних побудов.

Рівень розробки перевищує кращі вітчизняні зразки у галузі створення програмного забезпечення моніторингу територій, які знаходяться під впливом діяльності АЕС.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Створений програмний продукт та його інтерфейси відповідають рівню, необхідному для його подальшої комерціалізації.

Потреба у зовнішніх інвестиціях для проведення стадії дослідної експлуатації, доопрацювання програмного продукту за її результатами та промислового впровадження складає 100 тис. грн.

У разі практичного використання результатів роботи та наступного прийняття й реалізації відповідних управлінських рішень можливе, зокрема, зменшення витрат на проведення моніторингу геологічного середовища на 10-12% за рахунок підвищення ефективності управлінських рішень енергетичних, гірничо-видобувних підприємств.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації)

Можливими користувачами розробленої автоматизованої системи моніторингу геологічного середовища в зоні впливу споруд АЕС можуть бути фахівці відділів експлуатації великих енергетичних об'єктів (атомних станцій України, металургійних, хімічних, енергетичних, машинобудівних підприємств), які здійснюють господарську діяльність, не пов'язану з використанням надр, і потребують систематичного проведення геологічного моніторингу.

8. Стан готовності розробки

Підготовлено альфа-версію автоматизованої системи моніторингу гідрохімічного стану підземних вод в зоні впливу споруд АЕС

Система може бути використана для дослідної експлуатації.

9. Існуючі результати впровадження

Результати роботи впроваджено на підприємстві ПАТ „Центральний гірничо-збагачувальний комбінат”, м. Кривий Ріг для використання в автоматизації процесу моніторингу екологічних наслідків масових промислових вибухів у кар'єрах і їх впливу на стан ґрунтових вод в зоні впливу підприємства.

10. Форма участі інвестора (яка краща форма участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті%, частка від прибутку%, інше)

11. **Обсяг інвестицій** (необхідна для результатів проекту сума інвестицій в доларах США)

12. **Мета інвестицій** (розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше).

13. **Назва підрозділу, телефон, e-mail**

НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", теплоенергетичний факультет, кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем.

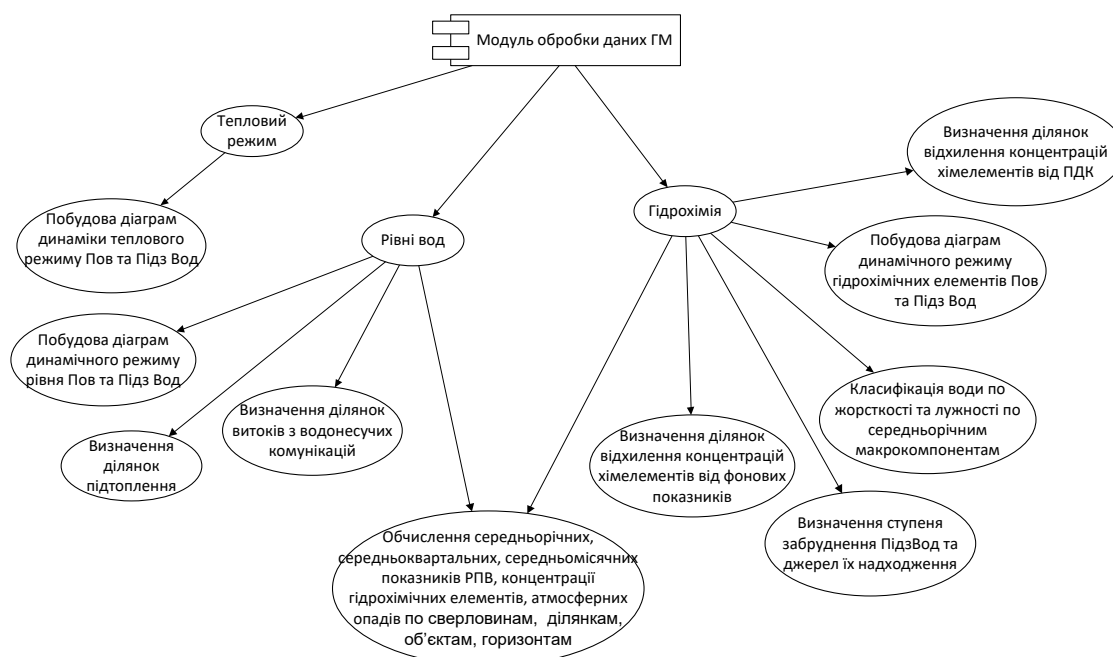
Тел. 406 85 55.

e-mail: nataauscheva@gmail.com.

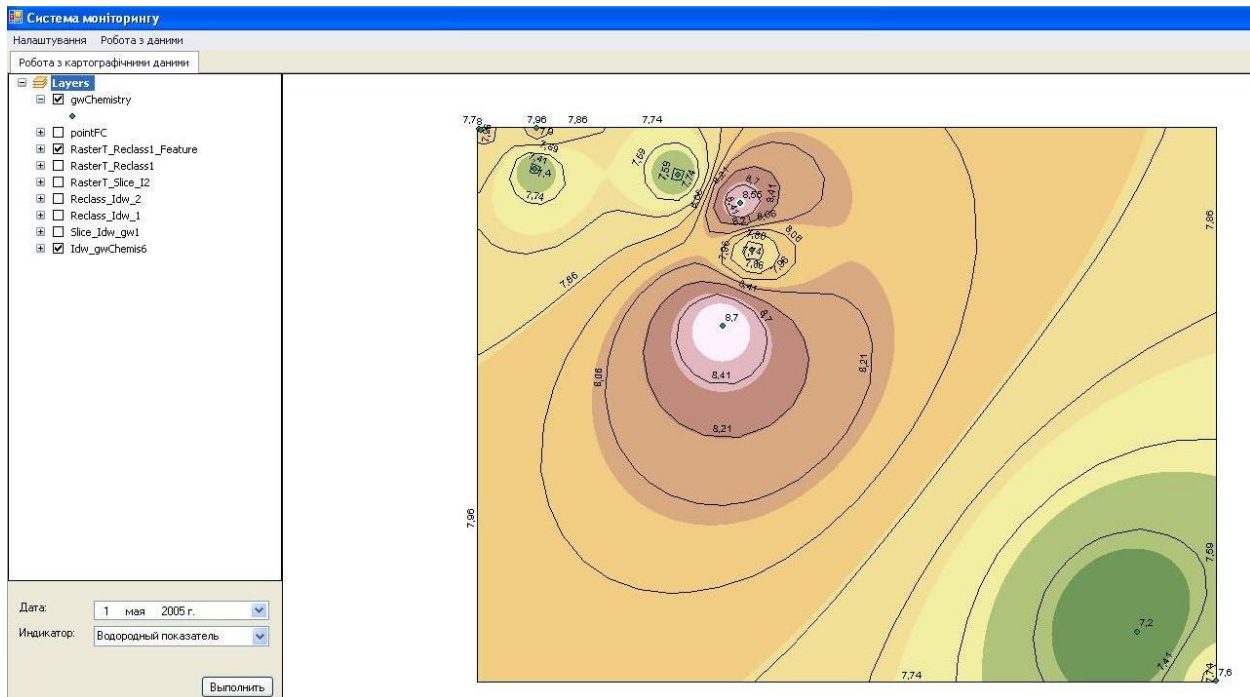
14. **Фото або декілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (рекламного характеру).**



Картографічне представлення даних моніторингу



Обробка даних гідрогеологічного моніторингу



Тематична карта розповсюдження водню з нанесеними лініями гідроізогіпси за даними ЗАЕС

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації)

1. Лук'яненко С.О. Економічна безпека територіально-виробничих комплексів: енергетика, екологія, інформаційні технології “Недінські читання - 2015” / С.О. Лук'яненко, Н.В.Карасва // Київ: Видавництво «МП Леся», 2015. – 256с.
2. Аушева Н.М. Математичне забезпечення програмного інструментарію розробки систем екологічного моніторингу: монографія / Н.М. Аушева, С.І. Шаповалова, О.О. Мажара.- К.: НТУУ «КПІ», 2016.- 172 с. (Підготовлено до видання)
3. Медведєва В.М. Транслятори: внутрішнє подання програм та інтерпретація [Текст]: навч.посіб./ В.М. Медведєва, В.А.Третьак. - К.: Текст, 2015.-144с.
4. Аушева Н.М. Моделювання плоских сіток на основі ізотропних B-сплайнів / Н.М.Аушева, А.Л.Гурін // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2015. – Вип.3(54). – С.528-533. (РИНЦ, GOOGLE Scholar)
5. Shapovalova, S. Formalization of basic pattern matching algorithms in production systems / Shapovalova, S., Mazhara, O. [Text] // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies.- 2015.-№ 4/3(76).-P. 22-27. (SCOPUS)
6. Аушева Н. М. Інтерактивне управління поверхнями засобами мобільних пристроїв/ Н.М. Аушева, Б.М. Педос // Вісник Херсонського національного технічного університету.-Вип.3(58).-Херсон:ХНТУ, 2016р.- С.477-481. (РИНЦ, GOOGLE Scholar)
7. Mazhara, O.O., Production system for express diagnostics of the agriculture and natural resources objects for portable devices [Text] / Mazhara, O.O., Shapovalova, S.I. // International Conference on Electronics and Information Technology of the IEEE, EIT 2016 - Conference Proceedings, 2016.-P.79-83. (SCOPUS)
8. Shapovalova S. Production system shell for mobile devices [Text] / S. Shapovalova, O. Mazhara // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. пр. — Кам'янець-Подільський: К-ПНУ, 2015.-С. 131-141.
9. Аушева Н.М. Моделювання кривих Безье на основі уявних дотичних / Н.М.Аушева, А.Л.Гурін // Зб. наук. пр.: Сучасні проблеми моделювання.– Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – Вип.4. - С.9-13.
10. Аушева Н. М. Моделювання плоских сіток на основі ізотропних кривих за годографом Піфагора/ Н.М. Аушева // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник.-Вип.48.- Луцьк:ЛНТУ, 2015р.- С.13-17.

11. Мажара О.А. Реализация Treat алгоритма на основе сопоставления с образцом в программной оболочке CLIPS / О.А.Мажара // Электронное моделирование.- 2015.- Вып. 37(5).- С.61-75.
12. Аушева Н. М. Изотропні фундаментальні сплайни / Н.М. Аушева // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького. - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. – Вип.6.- С.3-7.
13. Аушева Н. М. Конструювання поверхонь та ортогональних сіток на основі ізотропного параметричного многочлена Лагранжа/ Н.М. Аушева // Містобудування та територіальне планування : науково-технічний збірник/ Відп. Редактор М.М. Осетрін.- Вип.59.-К.:КНУБА, 2016р.- С.16-22.
14. Мажара О.О. Програмний інструментарій розробки продукційних систем з урахуванням обмежених ресурсів: дис. канд. техн. наук зі спеціальності 01.05.03 – математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем. – Київ, 2016. – 160 с.

16. Надати ключові слова до розробки

Гідрохімічний моніторинг, геоінформаційна система, експертна система