

Національна академія наук України

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО
ПРОСТОРУ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ
ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ І МОНІТОРИНГУ

Василенко Владислав Михайлович, кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу інформаційних та комунікаційних технологій Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Приступа Володимир Віталійович, кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу інформаційних та комунікаційних технологій Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Триснюк Тарас Васильович, кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу прикладної інформатики Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Реферат роботи

Київ – 2020

Актуальність роботи. Світовий досвід довів, що для підвищення якості, оперативності, комплексності та ефективності системи моніторингу довкілля необхідно поєднувати з сучасними інноваційними засобами і технологіями: автоматизовані та автоматичні вимірювальні системи; геоінформаційні аналітичні системи для обробки інформації, з урахуванням закономірностей її зміни і у часі, і у просторі.

Робота є циклом досліджень, виконаних у 2012-2020 роках з метою розробки методів, технологій та засобів створення систем комплексного моніторингу довкілля для підвищення якості, оперативності, комплексності та ефективності процесів збирання даних спостережень з використанням технологій дистанційного зондування землі, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Опубліковані праці відомих вчених доводять наукове обґрунтування доцільності використання розроблених теорій, методів та прогнозів. Проте механізм прогнозування припускає використання великої кількості змінних і чинників, що відповідно приводить до стрімкого нагромадження експериментальних даних і ускладнює комплексну інтеграцію. Побудова прогнозу динаміки аномалій й одержання на його основі оцінки можливих наслідків потребує не тільки регулярного виконання серії спостережень, але й наявності ефективних способів їхнього оброблення та передачі даних. Забезпечення передачі даних для адаптивного управління і моніторингу здійснюється безпосередньо через системи безпроводового зв'язку. Системи мобільного зв'язку першого покоління 1G, другого покоління 2G, третього покоління 3G, четвертого покоління 4G LTE-Advanced, п'ятого покоління 5G, WiMax та WiFi, вимагають застосування інформаційних технологій, які дозволяють ефективно передавати дані в режимі реального часу. В таких системах забезпечення заданого рівня достовірності передачі інформації здійснюється за рахунок використання інформаційних технологій адаптації

та кодування. Останні досягнення в інформаційних технологіях дозволили отримати надзвичайно потужні засоби для становлення принципів і методів цифрового моделювання об'єктів реальності у формі геопросторових даних, технології створення і використання інформаційних систем. У випадку підвищення рівня шумів існуючі методи забезпечення достовірності інформації на основі корегуючих кодів не забезпечують заданих показників ефективності передачі інформації. Тому постає питання застосування багаторівневої параметричної адаптації параметрів кодових конструкцій, що забезпечить передачу інформації для адаптивного управління і моніторингу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась в рамках Стратегії національної екологічної політики України на період до 2020 року. Результати дослідження увійшли до науково-дослідних робіт «Геоєкологічний моніторинг водних об'єктів України: комплексна оцінка та прогнозування стану» (номер державної реєстрації №0116U000795), «Розробка та обґрунтування регіональних критеріїв припустимих змін екологічного стану поверхневих вод, геологічного середовища, приземного шару атмосфери» (номер державної реєстрації №0117U000004), «Розробка нових програмних засобів і технологій пошуку, впорядкування, обробки та представлення інформації у інформаційному просторі» (номер державної реєстрації №0114U000798), «Розробка методологічних засад інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі єдиної інформаційної платформи» (номер державної реєстрації №0117U000002) Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України.

Метою роботи є підвищення ефективності безпроводових систем передачі даних через забезпечення достовірності інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам.

Задачі дослідження:

– проаналізувати сучасний світовий та вітчизняний досвід та розробити і впровадити нові методи, підходи, моделі та інформаційні технології

забезпечення передачі інформації для адаптивного управління та моніторингу;

– удосконалити методи моделювання та прогнозування змін стану довкілля, з урахуванням їх просторово-часових особливостей;

– запропонувати нові підходи до оптимізації передачі інформації для моніторингу довкілля з урахуванням комплексного взаємовпливу різних факторів;

– розробити та впровадити теоретичні основи інтегрованого аналізу екологічних даних та їх передачу у системах екологічного моніторингу.

Наукова новизна отриманих результатів. До нових наукових результатів, отриманих у роботі, відносяться:

1. Розроблено моделі та інформаційні технології створення і реалізації єдиної системи комплексного моніторингу довкілля та забезпечення передачі інформації для оперативного управління.

2. Запропоновано інформаційну технологію для забезпечення достовірності інформації при обміні даними в мережах безпроводового зв'язку екологічного моніторингу за рахунок каскадного кодування, яка полягає в удосконаленні процесу формування кодових конструкцій за рахунок введення додаткових кодів з урахуванням впливу навмисних завад.

3. Запропоновано моделі адаптивної передачі інформації на локальному та регіональному рівнях, як поєднання інформаційно-вимірювальної та інформаційно-управляючої підсистем, які враховують можливість одночасної обробки даних автоматичних систем спостережень.

4. Вдосконалено процес прийняття рішення для адаптивного управління та моніторингу за рахунок використання додаткової апріорної інформації та невизначеності декодування підсистем компонентів довкілля – атмосферного повітря, поверхневих вод та донних відкладів, підземних вод, ґрунтів і рослинності, біорізноманіття.

5. Встановлено, що використання інформаційної технології забезпечення достовірності інформації для адаптивного управління та моніторингу за рахунок багаторівневої параметричної адаптації кодових

конструкцій дозволяє забезпечити задане значення достовірності інформації при зменшенні значення відношення сигнал/шум (ВСШ) на 0.4 дБ в залежності від розміру блоку переданих даних.

6. Вдосконалено математичну модель оцінки достовірності передачі інформації безпроводових систем за умов впливу завад, як природного так і штучного походження.

7. Розроблено метод вибору параметрів каскадного кодування безпроводових систем з урахуванням впливу навмисних завад по відношенню до джерел інформації (служби об'єкта, підприємства, центр управління регіональною системою моніторингу тощо), обробки накопичення та архівування вимірювальних даних, інформаційного пошуку і доступу до архівної інформації.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що наведені вище наукові результати у своїй сукупності утворюють нові інформаційні технології забезпечення передачі інформації для адаптивного управління і моніторингу за рахунок багаторівневої параметричної адаптації кодових конструкцій. Впровадження результатів роботи може дозволити:

1. Забезпечувати достовірність інформації в системах екологічного моніторингу при передачі даних в умовах апріорної невизначеності та комплексному моніторингу довкілля.

2. Застосувати комплекс програмних і технічних засобів, що забезпечує: отримання (збирання) інформації про параметри навколишнього природного середовища на об'єкті і на контрольованій території, первинну обробку інформації, передачу інформації в інформаційно-керуючу систему.

3. Оцінювати достовірність інформації в умовах апріорної невизначеності при обміні даними в безпроводових системах екологічного моніторингу за рахунок застосування кодових конструкцій.

4. Результати роботи доцільно використовувати відомчими й науково-дослідними організаціями з метою забезпечення достовірності адаптивних безпроводових систем передачі даних.

5. Результати роботи використовуються та впроваджені в роботі ТОВ «Інформаційна безпека», ТОВ «НікС», ТОВ«РДЛ», науково-виробничій впроваджувальній фірмі «Геотехнологія», Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління.

Зміст роботи.

В представлений роботі розглянуто проблему підвищення ефективності передачі інформації для адаптивного управління і моніторингу. Багаторівневі системи моніторингу і контролю стану довкілля забезпечують інтегрування та комплексний аналіз даних про стан усіх складових довкілля, як окремих регіонів, так і усієї країни в цілому з можливістю обміну даними з аналогічними міжнародними системами моніторингу та визначення рівня техногенної та екологічної безпеки.

Інформаційні технології забезпечують швидку інтеграцію різноманітних даних, зокрема, корекцію та поновлення інформації у процесі моніторингу, контроль логічної узгодженості різних даних, перетворення систем координат, автоматичну генералізацію тощо.

Аналіз проведених моніторингових досліджень в різних регіонах України протягом 2012-2020 років показав, що усі варіанти відбору проб компонентів довкілля можуть бути зведені до певної моделі.

Розроблена в роботі інформаційно-аналітична модель проведення екологічних досліджень та передачі інформації для адаптивного управління і моніторингу за реальних умов передбачає наступні складові:

1. Окрема схема відбору характеризує тільки одне певне забруднення. У випадку виявлення декількох забруднень, кількість схем відбору формується відповідно до кількості виявлених забруднень.

2. Схема відбору проб повинна включати мінімум одну пробу, особливо у випадку неможливості відбору фонові проби для заданого шару ґрунту, земельної ділянки.

3. При відборі проби у місці забруднення обов'язкове виконання відбору об'єднаної проби.

4. Точкові проби можуть бути відібрані у випадку однорідності ґрунту або відходів в даному шарі досліджуваної ділянки.

5. У випадку, коли відібрана проба не характеризує забруднення, вона може належати різним схемам відбору. Проби, що характеризують забруднення, належать тільки одній схемі відбору.

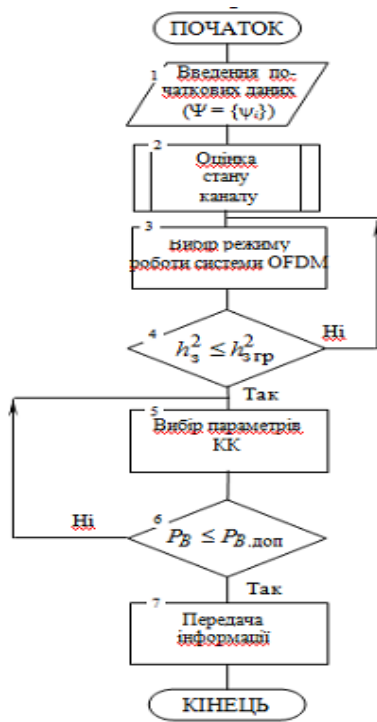
6. При відборі проби у місці забруднення обов'язкове виконання відбору об'єднаної проби.

7. Точкові проби можуть бути відібрані у випадку однорідності ґрунту або відходів в даному шарі досліджуваної ділянки.

8. У випадку, коли відібрана проба не характеризує забруднення, вона може належати різним схемам відбору. Проби, що характеризують забруднення, належать тільки одній схемі відбору.

З розвитком інформаційних технологій та систем мобільного зв'язку четвертого покоління 4G LTE-Advanced, п'ятого покоління 5G, WiMax та WiFi оперативні дані про забруднення території можна передавати з використанням безпроводових інформаційно-телекомунікаційних систем.

Сутність запропонованого методу передачі інформації полягає в адаптивній зміні параметрів кодових конструкцій систем екологічного моніторингу в залежності від зміни завадової обстановки. Для оцінки ефективності запропонованих результатів авторами проведено імітаційне моделювання з використанням математичного пакету *Mathcad* та програмного продукту Borland C++ Builder та здійснено вибір параметрів кодових конструкцій при впливі шумових завад (Рис.1). Використання кодових конструкцій призводить до підвищення достовірності передачі інформації та енергетичного виграшу кодування, який складає 15,5 відсотків.



1. Введення вихідних даних. Вводяться параметри передавального пристрою і каналу зв'язку $\Psi = \{\psi_i\}$, $i = \overline{1, m}$, а також заданої швидкості передачі інформації $V_{\text{доп}}$.

2. Оцінка стану каналу зв'язку. На даному етапі оцінюється стан каналу зв'язку та визначається вектор завад z .

3. Вибір режиму роботи системи OFDM. В залежності від значення відношення сигнал-завада, вибирається варіант передачі даних з використанням тільки потужних субканалів

Рис.1. Схема алгоритму реалізації методу адаптивного вибору параметрів кодових конструкцій

та встановлюється граничне значення відношення сигнал-завада $h_3^2_{\text{гр}}$, яке визначається на етапі проектування і залежить від стану каналу.

Канали, в яких відношення сигнал-завада менше допустимого, відключаються.

4. Перевірка виконання умови $h_3^2 \leq h_3^2_{\text{гр}}$.

5. Вибір параметрів кодових конструкцій. В залежності від завадової обстановки відбувається вибір кодів Радемахера, Уолша, Ріда-Соломона.

6. Перевірка виконання умови $P_B \leq P_{B_{\text{доп}}}$.

Проведений аналіз показав, що основними перевагами безпроводових систем є підвищена ефективність, більша гнучкість при користуванні, зниження вартості при розширенні систем та їх обслуговуванні.

Найбільш ефективним з представлених в роботі алгоритмів декодування передачі екологічної інформації для використання в безпроводових засобах передачі даних є алгоритм декодування LOG-MAP, який мінімізує ймовірність помилкового декодування біт інформації.

При обробці і передачі моніторингової інформації за станом навколишнього середовища враховуються наступні показники:

- контроль гамма-випромінювання в режимі автоматичного вимірювання на стаціонарних постах контролю;
- контроль стану атмосферного повітря за основними забруднюючими речовинами (CO, SO₂, NO₂) на автоматизованих стаціонарних постах контролю, які проектується на селитебній території в зоні впливу підприємств – найбільших забруднювачів довкілля;
- контроль осадження аерозолів з повітря на одному посту контролю;
- контроль за нерозповсюдженням радіоактивних забруднень та радіоактивних речовин у місцях їх складування;
- збір, обробку та зберігання інформації в центрі управління моніторингом.

Розроблення сучасної інформаційної технології враховує нові підходи та методи для адаптивного управління і моніторингу, що дозволяє проектувати структурні системи обробки даних спостереження та інтеративної деталізації складових, які виконують операції із вхідними, вихідними та довідковими даними. Алгоритм запропонованих моделей реалізовано у вигляді прикладної програми (EcoFonIndex) в середовищі програмування Dev-C++ Version 4.9.9.2 Bloodshed software та імітаційної моделі IP-мережі з адаптивним кодуванням та ортогонально-частотним мультиплексуванням, що дозволяє проводити оцінювання компонентів екологічного моніторингу та оперативно передавати одержану інформацію для адаптивного управління і моніторингу.

Для планування, контролю і стимулювання підвищення екологічної безпеки необхідно мати повну та надійну інформацію про екологічну ситуацію, яка повинна мати кількісну форму вираження. Оперативні дані спостереження якості ґрунтів, повітря, води автоматично синтезуються у відповідні таблиці, форми, файли і направляються по каналах зв'язку для

реагування. Узагальнений алгоритм застосування розробленої технології для проектування реальних систем є універсальними і може бути використаний для синтезу структури й програмного коду систем обробки даних спостереження іншого призначення та інших складових доквілля. Метод автоматизованої ідентифікації параметрів команд для синтезу складних звітів за даними системи дозволяє більш швидко, ніж існуючі методи, формувати складні запити до реляційної бази даних. Це дозволяє реалізувати або значно прискорити процес створення звітів інформаційних систем для осіб, які не володіють спеціальними знаннями в реляційних базах даних. Статистичні методи вдосконалені авторами в частині групування вибірок, оцінки похибок аналізу та використання геоінформаційних технологій.

Основні завдання забезпечення передачі екологічної інформації сформовані у двох напрямках. Перший напрям – створення та забезпечення функціонування нової інфраструктури системи моніторингу доквілля, на основі інтеграції відомчих та локальних підсистем у єдину систему регіонального рівня. Другий напрям – удосконалення елементів створеної системи та її інфраструктури та швидкість передачі моніторингових даних. Розроблено модель організації інформаційної системи забезпечення передачі інформації для адаптивного управління і моніторингу. В роботі зазначено, що розвиток інформаційного базису регіональної екологічної політики полягає в підвищенні якості, рівня і обсягу інформації, що використовується органами влади для прийняття управлінських рішень, а також в підвищенні рівня, системності та оперативності інформування населення з питань екології та використання природних ресурсів.

Висновки.

1. Проведено змістовний аналіз науково-методологічних основ екологічного моніторингу, забезпечення передачі інформації для адаптивного керування та управління. Виявлено особливості та закономірності процесів техногенного та антропогенного впливу на екосистеми з використанням інформаційно-аналітичних інструментів та технологій.

2. Запропоновано та математично обґрунтовано нові підходи до оперативності та оптимізації передачі даних для моніторингу довкілля з урахуванням комплексного взаємовпливу різних факторів, а саме динамічного розміру блока даних, швидкості кодування та алгоритмів кодових конструкцій.

3. Запропоновано комплекс програмних і технічних засобів, що забезпечують: отримання (збирання) інформації про параметри навколишнього природного середовища на об'єкті і на контрольованій території, первинну обробку інформації, передачу даних в інформаційно-керуючу систему з урахуванням їх просторово-часових особливостей.

4. Вдосконалено процес прийняття рішення для адаптивного управління та моніторингу при декодуванні турбокодів за рахунок використання додаткової апріорної інформації для моніторингу атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, донних відкладів, ґрунтів і рослинності, біорізноманіття. Проведений аналіз показав, що основними перевагами безпроводових систем є підвищена ефективність, більша гнучкість при користуванні, зниження вартості при розширенні систем та їх обслуговуванні.

5. Вдосконалено математичну модель оцінки достовірності передачі інформації безпроводових систем за умов впливу завад, як природного так і штучного походження. Використання кодових конструкцій призводить до підвищення достовірності передачі інформації та енергетичного виграшу кодування, який складає 15,5 відсотків.

6. Розроблено програму (EcoFonIndex) в середовищі програмування Dev-C++ Version 4.9.9.2 Bloodshed software та «Імітаційну модель IP-мережі з адаптивним кодуванням та ортогонально-частотним мультиплексуванням». Алгоритм запропонованих моделей дозволяє проводити оцінювання компонентів екологічного моніторингу та оперативно передавати одержану інформацію в умовах невизначеності.

7. Розроблено метод вибору параметрів кодових конструкцій безпроводових систем з урахуванням впливу навмисних завад по

відношенню до джерел інформації (служби об'єкта, підприємства, центру управління регіональною системою моніторингу тощо), обробки накопичення та архівування вимірювальних даних, інформаційного пошуку і доступу до архівної інформації.

6. Результати роботи використовуються та впроваджені в роботі ТОВ «Інформаційна безпека», ТОВ «НікС», ТОВ«РДЛ», науково-виробничій впроваджувальній фірмі «Геотехнологія», Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління.

Основні результати роботи викладені в 33 друкованих наукових працях, в тому числі 16 статей у наукових фахових виданнях України, 4 статі у зарубіжних фахових наукових журналах, 11 – матеріалів у збірниках наукових праць міжнародних науково-практичних конференцій в Україні, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, h-індекс цитування складає згідно бази даних Google Scholar – 8. Загалом авторами опубліковано 59 наукових робіт.

Науковий співробітник Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України,
кандидат технічних наук

Василенко В.М.

Науковий співробітник Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України,
кандидат технічних наук

Приступа В.В.

Науковий співробітник Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України,
кандидат технічних наук

Триснюк Т.В.

Підписи засвідчую
Учений секретар Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України,
кандидат технічних наук

Клименко В.І.