

УДК 004.9:612.822(045)

О. М. Ключко, канд. біол. наук

КОНЦЕПЦІЯ ПЕРЕДАВАННЯ СИГНАЛІВ У КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ В СУЧАСНІЙ ЕКОЛОГІЧНІЙ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРАКТИЦІ

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

Проаналізовано сучасний досвід створення інформаційних систем для екологічного моніторингу фауни і сільського господарства та можливості акцепції окремих понять з радіофізики для створення вітчизняної інформаційної системи, що оперує біологічною інформацією.

Ключові слова: інформаційна система, сигнал, комп'ютерні мережі, екологія, сільське господарство.

Вступ. Протягом останніх років у ряді публікацій нами розглядалися різноманітні аспекти розроблення комп'ютерних систем для біології та медицини, зокрема інформаційний аспект вирішення деяких медико-біологічних проблем [1 – 2], технічні деталі реалізованих та пропонуваніх інформаційних систем (ІС), математичне обґрунтування та вирішення проблем упровадження ІС [1 – 3]. Проте існує інший, не менш важливий підхід, що ґрунтується на класичній радіофізиці, коли інформація, подана у вигляді сигналів, проходить через ланки класичного ланцюга:

Приймач-передавач → канал передачі сигналів → приймач-передавач → канал оброблення (аналізу) даних спостереження (вимірювання).

У цій роботі покажемо, що ця послідовність, яка вже стала класичною для фізичних процесів, насправді може бути перенесена в галузі біології та медицини, де може бути акцептована для створення медико-біологічних пристроїв та ІС. Проте для розгляду схеми в цих галузях кожна ланка матиме інший фізичний зміст (отже, і технічну реалізацію).

Матеріал роботи викладено в такій послідовності. Спочатку розглянемо детально приклад вирішення завдання відстеження екологічної ситуації в Австралії. Цю проблему вирішено за допомогою цілісної на сучасному рівні досконалої ІС на базі створеної комп'ютерної мережі в масштабах окремого регіону країни, у функціонування якої включено ряд технічних пристроїв та професіоналів. На наступному кроці проаналізуємо компоненти цієї масштабної ІС з погляду наведеної вище концепції у схематичному зображенні та визначимо, який конкретний фізичний зміст (з точки зору обладнання та виконуваних функцій) має кожна ланка цієї схеми. Після цього окреслимо, які частини подібної ІС в Україні потенційно вже створено. Адже фактично в Україні частину ланок вже «заповнено»: створено або застосовуються комп'ютери та відповідне обладнання в мережах, що дозволяє вирішувати відповідні медико-біологічні проблеми. І наостанок визначимо, які конкретні проблеми в цих галузях можна успішно вирішувати вже з існуючим, окресленим нами, потенціалом, або за його незначної модифікації. Зазначимо, що роботи, подібні до описаних нижче (на початку основної частини), посилені для України з вітчизняними висококваліфікованими інженерно-технічними кадрами та науково-технічними школами і можуть бути проведеними, наприклад, на базі Національного авіаційного університету.

Постановка завдання. Виконати короткий аналіз функцій та структури ІС для екологічного моніторингу фауни і сільського господарства для адаптації її окремих елементів під час створення вітчизняної ІС, що оперує біологічною інформацією. Дослідити можливість перенесення окремих понять радіофізики в практику розроблення ІС.

Основна частина. Аналіз досвіду створення ІС з використанням радарів для екологічного моніторингу фауни. Екологічний моніторинг фауни є надзвичайно важливим завданням сьогодення, і успіх його вирішення залежить від застосування найсучасніших методів отримання та опрацювання біологічної інформації. Одним із найбільш цікавих

зразків сучасної ІС для вирішення завдань екологічного моніторингу та обслуговування потреб сільського господарства є ІС, створена в одній із провінцій на сході Австралії ще в 1999 р. [4]. До складу цієї системи входять два дистанційно віддалені радари використовувані для моніторингу комах (РМК); обидва з'єднані з вузловим комп'ютером (ВК) базової лабораторії. Кожний РМК обладнано приладами для метеорологічного спостереження, що керуються портативними комп'ютерами (ПК), які дозволяють отримувати дані та їх аналізувати. Портативні комп'ютери під'єднані до ВК через модем та сполучені з мережею громадських телефонних ліній. Зв'язок ПК – ВК використовують для передавання даних спостережень, виконання дистанційного обслуговування та діагностування. Спеціально розроблено автоматизовану систему для аналізу метеорологічної інформації та зареєстрованих радаром даних про моніторинг комах-мігрантів. На основі цього аналізу в ІС автоматично генеруються щоденні статистичні звіти та графічно репрезентується отримана радаром інформація. У звітах та на графіках подаються дані про інтенсивність, амплітуду, швидкість та напрямки міграції комах, орієнтацію, розміру та частоту змахів крил мігрантів, а також про погодні умови біля поверхні кожної досліджуваної точки. Такі звіти передаються до ВК та автоматично вставляються у сторінки Інтернету, які користувачі можуть бачити наступної доби після 24-ї години. Цю мережу використовують для екологічних досліджень у регіонах, де відбувається переміщення популяцій комах-мігрантів і є незамінною для передбачення масових нашеств таких небезпечних комах-шкідників, як наприклад, сарана, що може повністю винищити річний врожай. Застосовані в цьому методі мережеві технології дозволяють дистанційно через мережу керувати радаром, а також оперативно надавати користувачу результати стеження за комахами у зручній та легко зрозумілій формі.

Застосовані в цьому методі РМК розроблені Дрейком в 1993 р. [4]. Ці високоспеціалізовані РМК можуть забезпечувати якісною та кількісною інформацією про висотні міграції комах (понад 200 м) у регіоні з обраною локалізацією. Радари працюють у режимі вертикального зондування і детектують комах, що пролітають над ними. Розрізняють два види аналітичних процедур, що виконують під час роботи РМК. До первинного виду аналізу, названому кількісним, належить конічне сканування, під час якого до вибраних цілей – хмароподібних скупчень (зграй) комах – визначають їх розмір, форму, напрям переміщення, орієнтацію та швидкість. Під час вторинного аналізу детектують тріпотіння крил комах, визначають його характеристики (частоту вібрації крил); цим характеристикам приділяється основна увага в тому наборі параметрів, за якими згодом визначають вид комах-мігрантів. Результати первинного та вторинного аналізів з обох РМК зберігаються у ПК радіолокаційних центрів. Портативні комп'ютери, що обслуговують РМК, об'єднані у внутрішню мережу (інтранет). Інформація з них передається до зовнішньої мережі Інтернет, де зберігається на сервері, з якого користувач може візуалізовувати її у власному комп'ютері через стандартний броузер. Після проведення серій досліджень протягом кількох років і нагромадження результатів у базах даних (БД) можна визначати частоту та сезонні закономірності переміщень комах-мігрантів у різних напрямках, а згодом – і передбачати міграції комах. Крім того, на основі наборів даних, отриманих з радарів, можна створити комп'ютерну систему прийняття рішень.

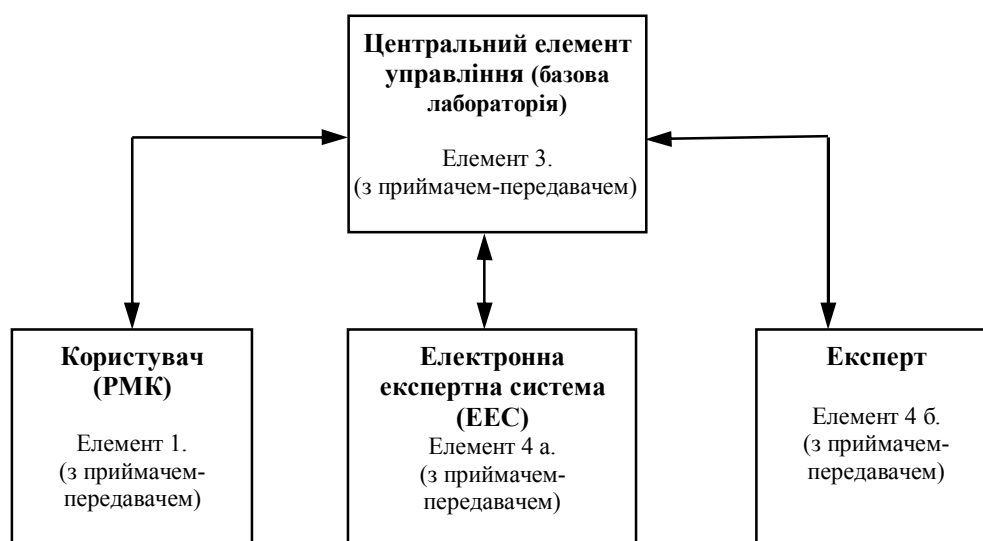
Оскільки всі елементи цієї ІС (два РМК, ВК, всі ПК тощо) об'єднані в мережу і описувані операції виконуються РМК в автоматичному режимі, РМК можуть виконувати функції збору даних дистанційно та незалежно від лабораторій, де ці дані аналізують та інтерпретують. Так, центр описуваної системи розташовано в Канберрі, а два РМК – на відстані 650 км та 950 км на північний захід від цього міста (поселення Бурк (Bourke) та Саргомінда (Thargomindah). Такий розподіл функцій особливо доцільний у випадках передбачення поширення небезпечних шкідників, таких, як сарана. У такій системі в центрах з добре розвинутою інфраструктурою (або поблизу них) доцільно розміщувати елементи

керування, центри наукової експертизи, а також операційну систему для керування стеженням за чисельністю шкідників, оскільки хоча певні рішення і приймаються електронною системою, необхідно, щоб експерт-консультант з біології також міг вносити в процес свої корективи. Експерти-біологи в цій системі беруть участь також і шляхом організації експедицій в регіони з метою ловів комах за допомогою світлових пасток та на феромони. Вся зібрана інформація передається в базову лабораторію для наукової інтерпретації та роботи електронної системи прийняття рішень. Робота системи відпрацьовувалась для відстеження чисельності таких шкідників, як нічні (совки) та сарана (наприклад, *Chortoicetes terminifera* та *Helicoverpa punctigera*).

Структурна схема ІС для стеження за міграціями комах. Розглянемо приклад ІС Австралії для моніторингу комах з точки зору концепції передачі сигналів в ІС, окресленої нами на початку роботи (рис. 1, а, б).

2¹⁻³		3 ВК ЦБД	4а ЕЕС
1. РМК (ПК, ЛБД)			
5. Експедиції (ПК, ЛБД)	2⁵⁻³		4б експерт
6. Аматори (ПК)	2⁶⁻³		

a



б

Рис. 1. Структурна схема ІС для стеження за міграціями комах: *a* – в загальному вигляді; *б* – фрагмент структурної схеми (функціональні зв'язки елементів 1, 3, 4а, 4б)

Елемент 1. Радарний комплекс РМК виконує функції дистанційного детектування комах. Ці дані передаються в мережу інтранет РМК, у ПК якої отримані дані нагромаджуються в БД, проходять процедури первинного та вторинного аналізу і передаються назовні. Як бачимо, елемент 1 має складну будову і може сам підрозділятися на елементи (власне радар, набір ПК, деякі власні БД тощо). За абстрагованого, спрощеного початкового розгляду вважатимемо елемент 1 цілісним, без поділу на піделементи. Тоді його можна розглядати як *приймач-передавач* (приймання керувальних сигналів від центру – системи прийняття рішень та передавання даних до центру). Елемент 1 забезпечений комп'ютерним інтерфейсом, що з'єднує його з елементом 2.

Елемент 2¹⁻³. Це канал передавання сигналів від елемента 1 до центрального елемента управління 3. Як бачимо, цей канал технічно реалізований у вигляді системи Інтернет на базі кабельних мереж. Крім того, можливе використання бездротової системи передавання даних.

Елемент 3. Центральний елемент керування, реалізований у вигляді базової лабораторії. Він також має комплексну структуру. По-перше, він містить ВК, до якого надходять дані з РМК (елемент 1), ПК дослідницьких груп (експедицій, елемент 5), індивідуальних користувачів (елемент 6). По-друге, він містить БД для зберігання всіх отриманих даних. Елемент 3 з'єднаний з елементами 4 а – електронною експертною системою та 4 б – експертом-біологом. Елемент 3 також забезпечений комп'ютерним інтерфейсом, що з'єднує його з елементом 2. Отже, елемент 3 також можна розглядати як *приймач-передавач* (приймання даних від елемента 1 та зворотнє передавання керувальних сигналів від центру та елементів 4 а, 4 б – систем прийняття рішень до елемента 1).

Елемент 4 а. Електронна експертна система (ЕЕС). Ґрунтуючись на БД елемента 3, система виконує ряд аналітичних операцій, наприклад, визначення виду комах-мігрантів та прийняття рішення щодо рівня небезпеки, який містить цей вид. Якщо інформацію з РМК елементів 1, 5, 6 визнано як таку, що містить ознаки небезпеки, ЕЕС передає відповідне повідомлення до елемента 1 та візуалізує його в системі Інтернет, звідки кожен користувач може її побачити через стандартний броузер. У результаті отримання та/або візуалізації інформації про небезпеку в системі даються команди щодо прийняття запобіжних та захистних заходів у екології та сільському господарстві. Відповідно до виконання цих функцій елемент 4 а також має інтерфейс для з'єднання його з елементом 3. Крім того, елемент 4 а має інтерфейс для з'єднання його (через елемент 3) з елементом 4 б – експертом-біологом та елементами 5 та 6, звідки також надходять дані.

Елемент 4 б. У випадках неоднозначності, неповноти інформації від елемента 1, в інших нестандартних ситуаціях може трапитися так, що відповідне рішення не може бути прийнято елементом 4 а. Тоді система переключає роботу на живого експерта-біолога, що в цей час чергує (елемент 4 б). При цьому функції аналізу даних, прийняття рішення та передавання керувальних сигналів до елемента 1 переходить до елемента 4 б. Для виконання окреслених функцій елемент 4 б має інтерфейси для з'єднання його з елементами 3, 4 а, а також елементами 1, 5, 6 (через елемент 3) для отримання додаткових даних.

Елементи 5 та 6. Як видно з наведеного вище опису, частина даних, які аналізуються під час прийняття рішення, надходять від дослідницьких груп (експедицій, елемент 5) та індивідуальних користувачів, наприклад фермерів або аматорів (елемент 6). Особи (елементи 5, 6), які збирають такі дані та передають їх до елемента 3, роблять це через власні ПК за допомогою кабельних мереж або бездротового зв'язку (через відповідні інтерфейси).

Елементи 2⁵⁻³ та 2⁶⁻³. Ці елементи є каналами передавання сигналів до/від центрального елемента управління 3 від/до елементів 5 та 6. Власне, вони аналогічні каналу передавання сигналів від РМК (елемент 2¹⁻³). Ці канали також реалізовано через систему Інтернет на базі кабельних мереж і допускають бездротову систему передавання даних. У розглядуваній австралійській системі функції цього каналу здійснюються зокрема і через сайт в Інтернеті, який візуалізує дані (наприклад, у вигляді таблиць, звітів, окремих даних тощо) про поточний стан екологічного середовища.

Обговорення та висновки. Аналізуючи наведений вище опис електронної системи для моніторингу комах, необхідно зазначити таке.

1. Створена та діюча в Австралії електронна система для моніторингу комах є новим кроком у контролі екологічної ситуації на великих територіях та перетворення сільського господарства у наукоємну галузь. Система є високоспеціалізованою з використанням новітніх інформаційно-комп'ютерних технологій (ІКТ). Відповідно повідомляється про високу ефективність її застосування [4]. Водночас система технічно досить просто реалізована і може бути легко відтворена в інших регіонах планети, в тому числі і в Україні,

де частка прибутків від сільського господарства також становить значну частину національного прибутку.

2. Щодо можливості застосування подібних електронних систем у вітчизняній науковій практиці або сільському господарстві України необхідно відзначити таке. Виокремлені елементи під час аналізу австралійської системи (рис. 1, а, б) в Україні є. Стандарти якості кожного елемента також настільки високі, що дозволяють отримати аналогічний позитивний результат. Проте в Україні є своя особливість, яку варто враховувати, конструюючи подібні системи. Особливість полягає у тому, що за часів Радянського Союзу було створено досконалу для свого часу природоохоронну систему, яка охоплювала значну кількість біостанцій, заповідників із відповідними науковими частинами тощо, де протягом десятиріч нагромаджувалися результати спостережень за живими організмами, зокрема за шкідниками сільськогосподарських культур. Одночасно протягом багатьох років фінансувалися біологічні експедиції, підтримувалася робота окремих професіоналів та аматорів зі збору даних. Ця розгалужена структура успішно функціонувала до 90-х років ХХ ст., частково працює й досі. Досягненнями цієї роботи було успішне ведення сільського господарства та здійснення природоохоронних заходів. Так, масові міграції сарани з дельти Дунаю на територію України були припинені ще на початку 60-х років минулого століття. Недоліком цієї системи із сучасного погляду була неможливість оцифровування даних, брак комп'ютерів і тому неможливість застосування сучасних ІКТ. І досі інформація про значну частину отриманих результатів зберігається на паперових носіях і тому є важкодоступною. Необхідною є умова, що біостанції, або інші точки спостереження мають бути комп'ютеризованими, що натеper є вже фінансово можливим (якщо використовувати в основному недорогі моделі комп'ютерів). Отже, навіть не орієнтуючись на застосування радарів, а спираючись на розвинуту мережу вітчизняних біостанцій, можна створити ефективну електронну систему, подібну до описаної вище. Тобто у вітчизняній практиці елемент 1 матиме, можливо, інший смисл – це система ПК біостанції (рис. 2).

Системи, що поставляють інформацію до базової лабораторії

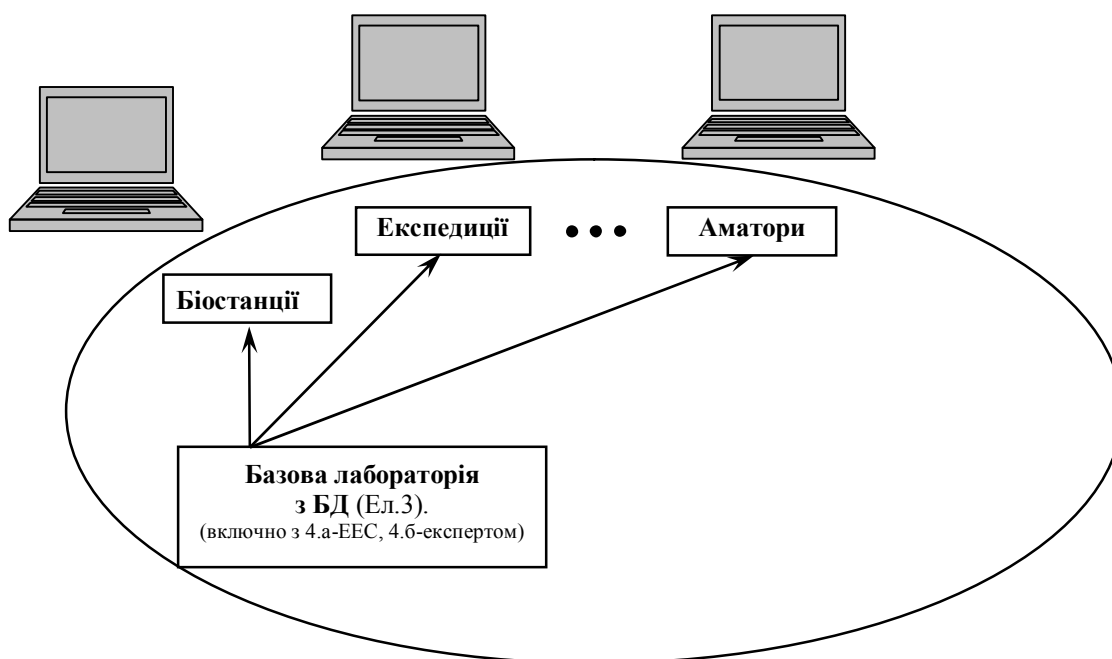


Рис. 2. Можлива для сучасної реалізації в Україні схема ІС для стеження за міграціями комах

3. В описаній австралійській системі не реалізується один з основних принципів, покладений в основу інтернет-систем. Ідеться про принцип децентралізації, що за теорією підвищує надійність подібних ІС: у разі виходу з ладу одного вузла його функції виконує інший подібний [5]. У розглянутій системі на одній базовій станції наявний один ВК, що виконує основні функції. У сучасній практиці в Україні принцип децентралізації реалізувати більш природно і доцільно, оскільки окремі початкові сегменти мереж, що стихійно створюються сьогодні окремими професіоналами та аматорами в біології і є фактично об'єднанням більш-менш рівноправних членів і пріоритети в таких мережах є менш визначеними порівняно з австралійським прикладом. Тобто для випадку децентралізації на рис. 1 елементи 3, 4а, 4б мають бути продубльовані.

4. За результатами проведеного аналізу як ІС з наведеного прикладу Австралії, так і потенційно можлива електронна ІС для обслуговування біостанцій України можуть розглядатися із застосуванням концепції передавання сигналів, що знайшла своє традиційне застосування в радіофізиці. В описаній структурі ІС наявні елементи, що є передавачами сигналів, їх приймачами, канали передавання даних або їх опрацювання тощо. Уведення (акцепція) цієї абстракції під час конструювання електронних ІС у біології та медицині має посприяти успіхам у створенні вітчизняних аналогів таких ІС.

Список літератури

1. Ключко О. М. Розробка електронних інформаційних систем для моніторингу фауни комах // Електроніка та системи управління. – 2008. – №3(17). – С. 57 – 63.
2. Ключко О. М. Створення екологічних баз даних як частини алгоритмів екологічного моніторингу // Електроніка та системи управління. – 2008. – №2(16). – С. 42 – 50.
3. Ключко З. Ф. Про деякі особливості фауни совок (Lepidoptera, Noctuidae) Українських Карпат та Приельбрусся / З. Ф. Ключко, О. М. Ключко // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2007–2008. – Вип. 1–2. – С. 165 – 167.
4. Drake V. A. Insect monitoring radar: remote and network operation / V. A. Drake, H. K. Wang, I. T. Harman // Computers and Electronics in Agriculture. – 2002. – V. 35, Is. 2-3. – P. 77 – 94.
5. Duan Y. Web-based expert systems: benefits and challenges / Y. Duan, J. S. Edwards, M. X. Xu // Information & Management. – 2005. – V. 42, Is. 6. – P. 799 – 811.

Е. М. Ключко

Концепция передачи сигналов в компьютерных сетях в современной экологической и сельскохозяйственной практике

Проанализирован современный опыт создания ИС для экологического мониторинга фауны и сельского хозяйства и возможность акцепции отдельных понятий из радиофизики при создании отечественной ИС, которая оперирует биологической информацией.

Е. М. Klyuchko

The concept of signal transmission in computer networks in contemporary ecological and agricultural practice

The contemporary experience of construction of IS for agriculture and ecological fauna monitoring is analyzed as well as possibility of acceptance of some notions from radiophysics for construction of domestic IS for the operations with biological information.