

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

Мошенський Андрій Олександрович

УДК. 004-047.72:621,39

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ
РАДІОЗВ'ЯЗКУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЗВІТІВ ЗМАГАНЬ З РАДІОСПОРТУ**

Спеціальність: 05.13.06. – Інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Савченко Юлій Григорович,
НУХТ, професор кафедри інформаційних систем,
Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Віноградов Микола Анатолійович,
НАУ, м. Київ, професор кафедри інформаційних
комп'ютерних технологій
кандидат технічних наук, доцент
Лазебний Володимир Семенович,
НТУУ «КПІ», доцент кафедри звукотехніки та
реєстрації інформації, кандидат технічних наук,

Захист відбудеться «24» квітня 2013 року о 16 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.058.05 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул.. Володимирська, 68, ауд. А-541.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул.. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «__» _____ 2013 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради К 26.058.05
кандидат технічних
наук, доцент

В.М. Філоненко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність роботи. На сьогодні існує багато природних явищ та сфер діяльності людини, де передбачення можливих змін на майбутнє з достатньою достовірністю залишається проблематичним. Найбільш виразним прикладом таких проблем є, наприклад, прогноз погоди. Прогнозування може здійснюватись також не в часі, а у просторі. Наприклад, оцінка перспектив видобування корисних копалин в нових районах, вірогідності землетрусів, цунамі тощо. Існує безліч інших, не таких гучних проблем прогнозування, проте їх значення для практики досить велике.

Зокрема, проведене дослідження присвячене прогнозуванню можливості (або неможливості) організації радіозв'язку на певних частотах між заданими географічними пунктами. З точки зору реальних практичних потреб для дослідження обрано діапазон гекто- та декаметрових хвиль, оскільки на сьогодні існує багато користувачів, які застосовують зв'язок на великі відстані без допомоги наземних служб саме в цьому діапазоні.

Існуючі традиційні джерела інформації про поточний стан радіотрас, не дають повної картини, яка охоплює географію України, і тому не завжди задовольняють потреби достовірного прогнозування якості радіозв'язку з навколишнім світом. В той же час така інформація існує – це звіти змагань з радіоспорту (сховища даних). Враховуючи масовість таких змагань та географію учасників, можна стверджувати, що використання та комп'ютерне оброблення такої інформації може суттєво збільшити достовірність прогнозування. Саме ця ідея є центральною в даній роботі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно плану (держбюджетної) науково-дослідної тематики кафедри інформаційних систем НУХТ «Розробка інформаційних систем (моделей) для галузей народного господарства»

Мета і завдання дослідження. Мета роботи - на основі комплексних експериментальних і теоретичних досліджень підвищити достовірність прогнозування умов радіозв'язку та удосконалити існуючі інформаційні технології прогнозування при використанні експериментальних даних.

Відповідно до поставленої мети дослідження сформульовані та вирішені такі основні завдання:

- розробити та перевірити на реальних даних основні процедури інформаційної технології прогнозування показників якості радіозв'язку, використовуючи додатково до традиційних джерел вихідної інформації сховище даних спортивних змагань з радіоспорту;
- розробити узагальнений алгоритм прогнозування показників якості радіозв'язку із використанням елементів статистичного та образного аналізу;
- отримати уточнені залежності загасання сигналу від відстані у вибраному діапазоні частот, придатні для практичного прогнозування;

- зменшити фінансові витрати на дослідження з прогнозування якості радіозв'язку.

Об'єктом дослідження є технології комп'ютерного оброблення експериментальних даних та організації їх збирання з метою забезпечення достовірності результатів прогнозування показників якості радіозв'язку.

Предметом дослідження є технології формування та використання інформації, отриманої в процесі проведення змагань з радіоспорту, для прогнозування змін рівнів загасання на іоносферних радіотрасах гекто- та декаметрового діапазону радіохвиль.

Методи дослідження – експериментальні із застосуванням інформаційних технологій, автоматизації вимірювального устаткування, математичного моделювання, статистичної обробки результатів змагань з радіозв'язку аматорської радіослужби.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розроблена та реалізована нова комп'ютерна система прогнозування загасання радіохвиль гекто- та декаметрового діапазону на базі аматорської радіослужби.
2. Вперше для підвищення достовірності прогнозу запропоновано залучити додатково експериментальні дані, отримані під час проведення аматорських змагань з радіоспорту.
3. Для усунення грубих помилок у вхідних даних використано новий підхід, що базується на методах образного аналізу.
4. Отримані нові уточнені залежності загасання від відстані для декаметрового діапазону радіохвиль.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами проведених досліджень запропоновано нову методику визначення загасання, яка не потребує значних фінансових витрат. Методика дозволяє на основі даних, отриманих під час міжнародних змагань аматорської радіослужби, отримати достовірний прогноз показників якості радіозв'язку. Методика також дозволяє на підставі заздалегідь відомих та експериментальних даних мінімізувати собівартість, габарити та потужність устаткування.

Отримані результати можуть бути використані для побудови іоносферних систем зв'язку гектометрового та декаметрового діапазону довільного призначення у різних галузях господарства.

Особистий внесок у розробку результатів. Дисертація є підсумком досліджень автора. Автором обґрунтовано актуальність теми, проаналізовані літературні джерела з даної проблеми, сформульовані завдання дослідження, проведено фізичні експерименти, проведено моделювання ланок систем зв'язку методом моментів, підготовлено та опубліковано результати досліджень, апробовано результати роботи, також результати роботи були використані під час побудови внутрішньо та міжконтинентальних радіоканалів передачі даних. В роботах, опублікованих в співавторстві, дисертантом виконана постановка задачі та основні обґрунтування та розрахунки.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи було оприлюднені на:

- Конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ №75 №76 №77 (Київ, НУХТ, 2009-2011);
- Міжнародних конференціях Ukrainian Contest Club №18 №19 №20 (передмістя Києва, передмістя Черкас, передмістя Києва, УСС, 2009-2011р.р.);
- Щомісячних наукових семінарах (та конференціях) з питань радіозв'язку Київського Міського Радіоклубу – Київського міського відділення Ліги Радіоаматорів України, кількість доповідей – 43 (Київ, НУХТ та ЦНТТМ «Сфера» 2008-2013).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 9 друкованих праць, з яких 6 статей у фахових журналах (перелік яких затверджено ВАК) України, 3 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури, який включає 60 найменувань зарубіжних і вітчизняних джерел, і 5 додатків. Робота викладена на 180 сторінках основного тексту, містить 70 рисунків і 35 таблиць.

Основні положення, що виносяться на захист. Дослідження та побудова інформаційних технологій для розроблення і впровадження баз і сховищ даних комп'ютерної підтримки рішень для організації радіозв'язку в діапазоні коротких хвиль; розроблення інформаційної технології прогнозування показників якості радіозв'язку на основі результатів експериментальних досліджень по визначенню загасання радіохвиль гектометрового та декаметрового діапазону на іоносферній радіотрасі з використанням статистичних процедур; методика проведення досліджень із залученням аматорської радіослужби; методика проведення досліджень під час міжнародних змагань з радіозв'язку.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі проведено огляд сучасних інформаційних технологій, які використовуються для прогнозування показників якості радіозв'язку як складової телекомунікаційних систем. Відзначено, що найбільш незалежним від проміжних репітерів та інших допоміжних вузлів є зв'язок на коротких хвилях (КХ) з відбиттям від іоносфери. На КХ працюють радіомовні станції, службові цивільні станції, радіолокація, радіонавігація, військові, радіоаматори, але показники якості такого зв'язку змінюються в залежності від великої кількості факторів, значна частина з яких є випадковою. Тому отримання надійного прогнозу можливості зв'язку є актуальною проблемою.

В Україні, після розпаду СРСР, створився певний дефіцит оперативної інформації, яку можна використати для прогнозування загасання радіохвиль КХ діапазону. Цей дефіцит можна компенсувати шляхом залучення інформації, отриманої під час проведення спортивних аматорських змагань з радіоспорту. Для цього достатньо використати один комплект приймально-передавальної апаратури та здійснювати зв'язки з

радіоаматорами короткохвильовиками з різноманітних країн світу, а потім обробити відповідним чином масив отриманих даних.

Для мінімізації похибки при використанні такої процедури необхідно коректно вибрати своє місце розташування, мати високоякісний трансівер і знати специфіку роботи на КХ. Саме такий підхід використано в роботі та отримані результати щодо дослідження загасання в іоносферній радіолінії на дистанціях до 5000 км для чисел Вольфа 20-100 за допомогою короткохвильової аматорської радіостанції UT5UUV.

Перший розділ «Проблема прогнозування загасання радіохвиль гекто- та декаметрового діапазону на іоносферній радіотрасі та шляхи її вирішення». На сьогодні існує багато користувачів, які застосовують зв'язок на великі відстані без допомоги наземних та супутникових ретрансляторів. Цей зв'язок, зазвичай, проводиться в діапазоні гекто- та декаметрових хвиль. Користувачами є міжнародні миротворчі контингенти, геологічні, полярні та інші експедиції, дальня авіація, океанічне судноплавство, радіомовлення, аматорська служба. Всі ці галузі потребують достовірних даних щодо загасання радіохвиль для вибору необхідного і достатнього устаткування, а саме, трансіверів, антенно-фідерних пристроїв, модемів та ін. Наслідками некоректного підбору устаткування є ненадійний, непостійний, або, взагалі, ускладнений до неможливого зв'язок, висока кількість помилок на лініях зв'язку, або нераціональне використання занадто складного дорогого і потужного устаткування. При мобільному експедиційному використанні важливе економне використання джерела живлення. Важливим є також раціональне планування сеансів зв'язку за часом доби, сезону.

Дослідження в цьому діапазоні почали проводитись після Першої Світової Війни – з введенням законів про свободу ефіру. Україна посідає не останнє місце у цих дослідженнях. Але виникають складності, пов'язані з територіальними та ландшафтними обмеженнями й надвисоким рівнем завад у східних, центральних та північних регіонах. Тому для прогнозування доцільно використовувати декілька взаємозалежних джерел вхідної інформації. Зокрема, як найбільш зручні та доступні можна використати такі джерела:

- дані іоносферної лабораторії ИЗМИРАН, найближча з них розташована в м. Троїцьк Московська області;
- дані п'яти високоточних вимірювальних станцій іоносферного зв'язку розташованих в СНГ;
- результати спостережень за сигналами широкомовних радіостанцій та маяками в діапазоні КХ;
- робота у мережі прогнозування поширення слабких сигналів - WSPR.

Однак недоліками цього підходу є неможливість отримати достовірні дані про поточний коефіцієнт загасання у разі похилого відбивання радіохвилі заданої частоти від окремого шару іоносфери.

Ще одне джерело – це використання даних загасання радіохвиль для 10 типових радіотрас на базі колишніх п'яти вимірювальних станцій, доступ до яких обмежений, а географія усіх центрів – східна і центральна Європа,

північна та східна Азія. Висока точність даних гарантована прецизійним устаткуванням, але невелика кількість типових радіотрас ускладнює практичне використання і дозволяє використовувати їх лише як контрольні.

На сьогодні достовірність прогнозу загасання лише за наведеними вище даними занижка. В той же час ймовірність існування радіотраси на даній частоті між кореспондентами зазвичай достатня для можливості зв'язку. Суттєво підвищити достовірність прогнозу можна шляхом застосування статистичної обробки даних про сеанси зв'язку аматорської служби. Це має важливе практичне значення в забезпеченні гарантованого надійного зв'язку за умови суттєвих обмеженнях на потужність та енергоємність використовуваного обладнання в умовах експедицій в малонаселені регіони, судноплавстві авіації, для військових підрозділів тощо.

Для досягнення цієї мети в дисертації слід розв'язати такі основні задачі:

1. На основі існуючих на сьогодні експериментальних даних запропонувати робочу (формальну) модель розповсюдження радіохвиль гекто- та декаметрового діапазону.

2. Провести аналіз факторів, які впливають на достовірність і точність прогнозу загасання радіохвиль гекто- та декаметрового діапазону на іоносферних радіотрасах.

3. Здійснити можливість підвищення достовірності прогнозу за рахунок залучення даних аматорської радіослужби.

4. Знайти формальні (математичні) співвідношення, придатні для використання в прогнозуванні загасання радіохвиль на іоносферних радіотрасах.

5. Експериментальним шляхом довести адекватність запропонованої моделі прогнозування загасання на іоносферних радіотрасах та придатність отриманих співвідношень та даних для оцінки достовірності загасання.

6. Розробити та реалізувати на практиці інформаційну технологію прогнозування показників якості радіозв'язку, яка базується на використанні інформації, отриманої під час проведення спортивних змагань з радіоспорту.

У другому розділі «Статистична обробка експериментальних даних» формалізована постановка задачі прогнозування та визначені основні обчислювальні процедури, які доцільно використати у складі алгоритмів прогнозування.

Існує досить велика кількість задач, які на змістовному рівні можна описати наступним чином. На деякій поверхні або просторі у фіксованих за допомогою координат точках задані або відомі чисельні значення деякої неперервної відносно зміни координат функції. Множина таких точок обмежена можливостями вимірювань або умовами експерименту. Необхідно обчислити (надати прогноз) ймовірних значень апіорі невідомої функції в точках, що не належать вихідній множині. Як приклад задач такого класу можна навести прогноз погоди, обмежуючись для спрощення лише температурою у заданих пунктах, коли поточні значення температури виміряні лише в обмеженій сукупності населених пунктів із відомими координатами.

Необхідно обчислити ймовірні значення температури в точках з іншими координатами, де вимірювання не проводились (або їх неможливо провести). Аналогічна ситуація має місце при визначенні атмосферного тиску або температури води в різних точках океану (моря), що має важливе значення для риболовецького промислу. Аналогічний приклад - прогнозування загасання радіохвиль різних частот в залежності від відстані до передавача та напряму розповсюдження (азимуту).

Очевидно також, що повністю формалізувати описану ситуацією у загальному вигляді видається нереальною задачею. Тому можна лише окреслити можливі підходи до такої формалізації та ті процедури (інструменти), які доцільно використати для прогнозування.

У процесі прогнозування умов радіозв'язку суттєвими є просторові (географічні) та політичні обмеження. Окрім того, суттєвими є також такі, що обумовлені особливостями будови навколоземного простору, істотними при поширенні радіохвиль того діапазону, на якому проводяться експериментальні дослідження. Очевидно, прогноз загасання радіохвиль не може бути абсолютно достовірним через вплив великої кількості випадкових величин, врахувати які практично неможливо.

Вхідна сукупність точок, для яких відомі значення деякого параметра S (температури, тиску, вологості, загасання тощо), задана своїми координатами на деякій координатній сітці та відповідними чисельними значеннями параметра. Для полярної системи координат це умовно можна зобразити (рис.1). І є деяка точка з координатами (x, y) , для якої потрібно визначити значення параметра S_{xy} , використовуючи інформацію про значення параметра у відомих точках.

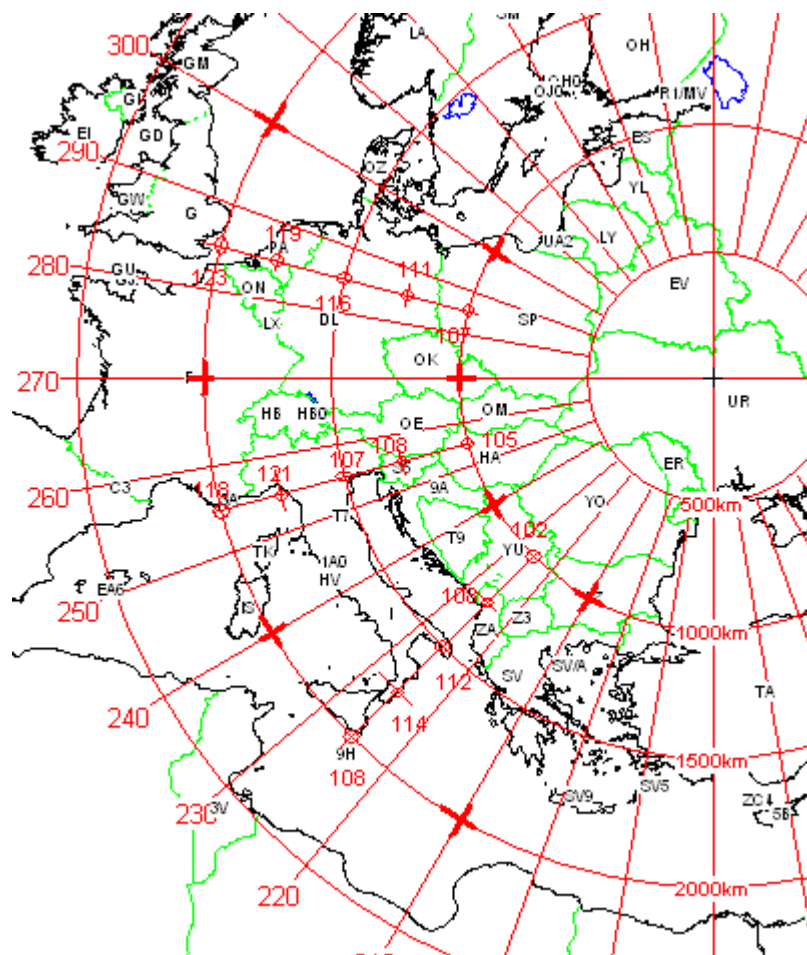


Рис.1. Скалярне поле загасання.

Така доволі загальна постановка задачі, очевидно, мало продуктивна, а сама задача практично може бути розв'язана лише для конкретної предметної області, для якої існує додаткова інформація хоча б статистичного характеру. Мова йде, насамперед, про кореляційні зв'язки між значеннями параметра в різних точках координатної сітки.

У загальному випадку будемо вважати, що вхідну інформацію для прогнозування подано у вигляді деякої впорядкованої за адресами або часом проведення вимірювань табл 1, де для кожної точки поля S_{ij} ($i = 1..k; j = 1..l$) записано значення параметра на момент поточного вимірювання. Аналогічні таблиці складено для попередніх вимірювань (попередніх моментів часу). Сукупність таких таблиць (матриць) є, по суті, основною складовою бази даних комп'ютерної експертної системи прогнозування. На момент початку процедури обчислення прогнозу для точки із заданими користувачем системи координатами відомі значення параметра S_{ij} для всіх доступних для вимірювання точках для всіх попередніх сеансів вимірювання.

Таблиця 1.

| Дата (час) | Значення параметра S в точках: $A_{11}A_{12}\dots A_{1n}A_{21}A_{22}\dots A_{2n}\dots A_{k1}A_{k2}\dots A_{kn}$ |
|---------------|--|
| t_1 | $S_{11}S_{12}\dots S_{1n}S_{21}S_{22}\dots S_{2n}\dots S_{k1}S_{k2}\dots S_{kn}$ |
| t_2 | $S_{11}S_{12}\dots S_{1n}S_{21}S_{22}\dots S_{2n}\dots S_{k1}S_{k2}\dots S_{kn}$ |
| ... | ... |
| t_i | $S_{11}S_{12}\dots S_{1n}S_{21}S_{22}\dots S_{2n}\dots S_{k1}S_{k2}\dots S_{kn}$ |

Перше питання, на яке потрібно відповісти - які точки, що оточують прогнозу точку S_{xy} , слід брати до уваги в першу чергу? Очевидно, це ті точки, які найбільш сильно «зв'язані» з S_{xy} . Слово «зв'язані» означає, наприклад, що коли в деякій точці значення параметра S_{xy} зростає у порівнянні із попередніми моментами часу, то у прогнозній точці значення S_{xy} статистично теж майже завжди синхронно зростає або зменшується, тобто існує деяка статистична закономірність. Ступінь такої зв'язаності будемо у подальшому оцінювати коефіцієнтами кореляції.

Узагальнена процедура прогнозування може бути представлена у вигляді окремих взаємозв'язаних модулів (рис.2).

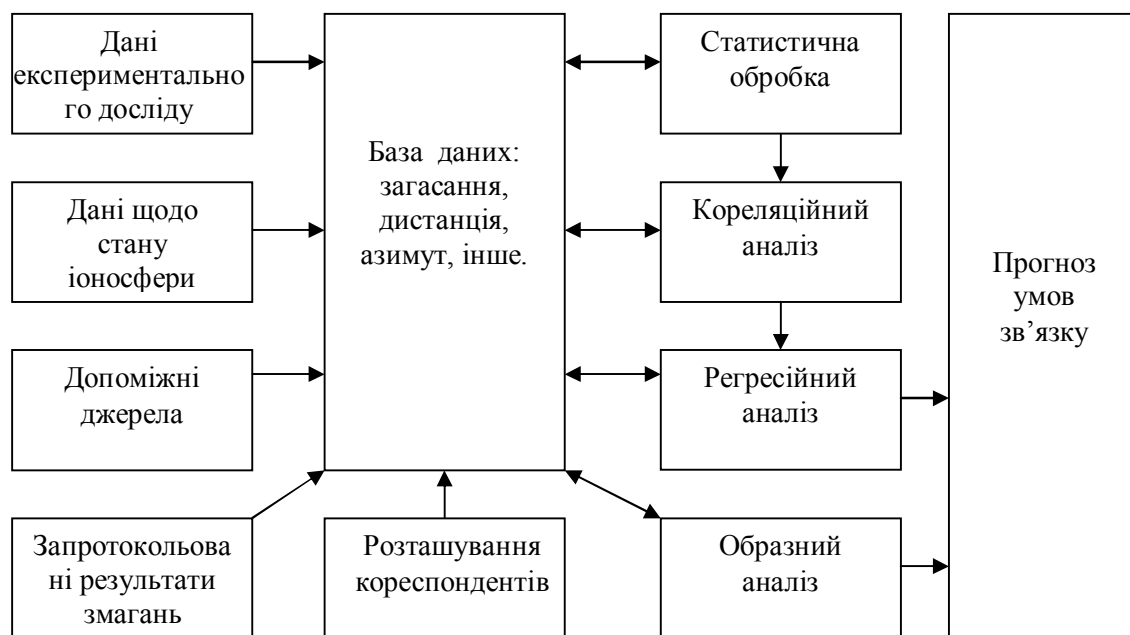


Рис. 2. Узагальнена схема оброблення вхідної інформації

В укрупненому вигляді алгоритм обчислення прогнозованого значення параметра S_{xy} може бути подано у вигляді таких кроків (етапів).

1. Формування початкової інформаційної бази.

Починаючи з першого за часом сеансу вимірювання t_1 , заповнюється таблиця (Табл.1) . Дані надходять з експериментальних дослідів та інших допоміжних джерел. Будемо вважати, що у конкретному сеансі вимірювання проводяться лише в обмеженій сукупності точок, тобто рядки таблиці містять прочерки, які відповідають точкам, де вимірювання не провадилися. З іншого боку, в конкретному сеансі вимірювання можуть проводитися різними незалежними методами (інструментами), тоді в таблицю заноситься усереднений результат вимірювання.

2. Формування кореляційної матриці для прогнозної точки A_{xy} . У відповідності з специфікою об'єкту дослідження обчислюються коефіцієнти кореляції між точкою A_{xy} та найближчими точками, які її оточують. Найближчі точки визначаються по вертикалі, горизонталі та діагоналям для декартової системи координат, а для полярної – по віддаленню від початку координат та кутами (азимуту) (Рис.1).

3. Пошук сукупності (множини) точок, які максимально зв'язані між собою. Це найбільш складна процедура, яка у багатьох випадках не піддається повній формалізації. Один із варіантів полягає в апроксимації функції зміни параметра S в часі та обчисленні для отриманих кривих коефіцієнтів кореляції між точкою A_{xy} та усіма найближчими точками.

В більш складних випадках доцільно скористатися допомогою людини-оператора фахівця в предметній області, в якій провадиться прогнозування. Для цього можна скористатися методами образного аналізу.

В дисертації проведені обрахунки для серії експериментів підчас змагань UBA CONTEST [4]. Дистанція відповідно 1500 км (для прикладу наведемо графік одного із прогнозних розрахунків - рис. 3).

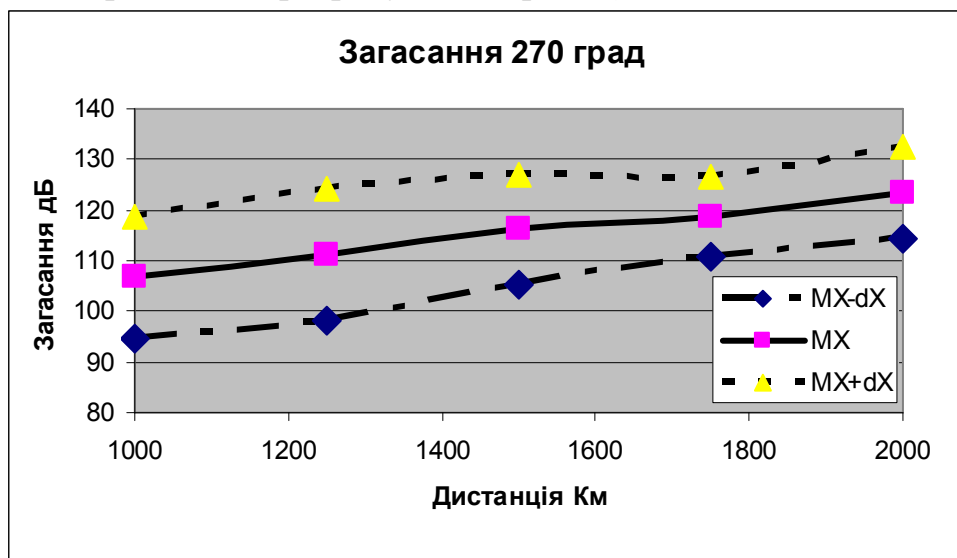


Рис. 3. Середні загасання радіохвиль діапазону 14 МГц для радіотраси за середнім азимутом 270 градусів

Здійснено також аналіз випадків збіжності для суміжних радіотрас певного сектору азимутів, який є підставою для вилучення хибних замірів.

Проведений аналіз та отримані оцінки свідчать про можливість суттєвого поліпшення достовірності прогнозування якості радіозв'язку на основі статистичної обробки даних про сеанси зв'язку аматорської служби під час різноманітних міжнародних змагань з метою отримання великої кількості вибірок за досить короткі проміжки часу. Запропонований підхід та розроблені процедури обробки статистичних даних ілюструють, по суті, можливість "обміну" кількості спостережень на якість (точність, достовірність) результатів обробки.

В дисертації проведено аналіз реальних кореляційних полів, який показує, що тип залежності є прямим і лінійним. Один із конкретних прикладів такої залежності наведено в табл 2, а в табл 3 – відповідні значення коефіцієнта кореляції.

Таблиця 2. Залежність середнього значення загасання від відстані

| Відстань, км | Азимут, град | | |
|--------------|--------------|--------|--------|
| | 270 | 240 | 210 |
| 1000 | 106,71 | 105 | 102,35 |
| 1250 | 111 | 108,25 | 108,19 |
| 1500 | 116,22 | 107,33 | 112 |
| 1750 | 118,74 | 121,29 | 114,78 |
| 2000 | 123,36 | 118,75 | 108 |

Таблиця 3 значення коефіцієнтів кореляції дистанція-загасання.

| | 270 | 240 | 210 |
|-----|----------|---------|----------|
| Кут | 0,995709 | 0,87108 | 0,602109 |

Таблиця 4 значення коефіцієнтів кореляції загасання для суміжних радіо трас.

| Суміжні траси | 270-240 | 240-210 | 210-270 |
|---------------|---------|----------|----------|
| r | 0,82553 | 0,596393 | 0,613934 |

У статистичній таблиці визначено критичні значення для отриманого коефіцієнта кореляції. Для фізичного експерименту є достатньою ступінь зв'язку - середній статистичний взаємозв'язок. Якщо коефіцієнт кореляції вище критичного, гіпотеза приймається. Іншими словами, зв'язок між загасанням та дистанцією на іоносферній радіотрасі та подібність суміжних трас у цьому випадку можна вважати доведеними.

В дисертації здійснено регресійний аналіз для типових сукупностей реальних експериментальних даних. Результати аналізу свідчать про

придатність лінійної моделі та правильність вибору фактору відстані. Зокрема, така модель пояснює 99,6% варіації загасання для розрахункового прикладу.

У разі прогнозування на відстані, що не входять в діапазон вхідних даних, не можна гарантувати коректність отриманої моделі. Це пояснюється тим, що зв'язок між загасанням і відстанню може змінюватися зі збільшенням відстані. Властивості сприйняття людини щодо подібної інформації є досить обмеженими. Зазвичай важко уявити параметричне тримірне скалярне поле. Ще важче аналізувати дані, що змінюються з часом і зміни яких за кількома параметрам є суттєвими.

Такі проблеми із властивостями сприйняття вже виникають під час збору даних, постановці експерименту. Виявлення грубих промахів, не кажучи про систематичні помилки, стає задачею, яку важко формалізувати. Отже виникає проблема представлення даних у вигляді, легкому для сприйняття оператором системи відносно розв'язання задач прогнозування вже на етапі збору статистичних даних.

У разі зазначеного підходу людина за допомогою комп'ютера має виділяти деякі істотні ознаки, за якими приймати відповідне рішення. В результаті обробки має бути сформований штучний образ – складне зображення, статичне або динамічне, або звуковий сигнал, сформований штучно. Тому має сенс під час експериментальних досліджень прийняття рішення щодо впізнавання образу, відношення його до окремої статистики покласти на оператора, а статистичну обробку результатів, керування відтворюванням образів – покласти на комп'ютер.

Для прийняття рішення щодо класифікації сигналу експертом не завжди достатньо слухового прийому. Динамічна спектрограма градієнту кольору є, з точки зору автора, найкращим представленням сигналу. Кольорова гама спектрограми залежить від вікових, зорових та психофізичних особливостей оператора-експерта і вимагає індивідуального підбору для підвищення достовірності образного аналізу.

Третій розділ «Оцінка факторів, що впливають на поширення радіохвиль гекто- та декаметрового діапазону». Найбільш важлива характеристика іоносфери з точки зору радіозв'язку — здатність заломлювати радіохвилі. Однак заломленню в іоносфері (рефракції) піддаються радіохвилі лише деяких діапазонів частот. Діапазон частот, де можлива рефракція радіохвиль, залежить від багатьох показників. Для дослідження іоносфери використовують різні методи, але найбільше часто використовують вертикальне зондування іоносфери. Станція вертикального зондування посилає вертикально вгору короткі імпульси радіочастотного випромінювання. Ці імпульси заломлюються в іоносфері і повертаються назад на землю. Спеціальна апаратура приймає ці імпульси і фіксує затримку часу між передаванням і прийманням імпульсів.

Але іоносфера не є стабільним середовищем, що забезпечувало б радіозв'язок на одній і тій же частоті протягом року або навіть протягом доби. Іоносфера змінюється із сонячним циклом, сезонами і протягом будь-якого даного дня. Тому частота, що може забезпечити радіозв'язок у даний момент,

буде непридатна через деякий час. Щільність іоносферних шарів залежить від інтенсивності сонячної радіації, що попадає на Землю.

До того ж існує багато варіантів шляхів, за якими радіохвилі проходять від передавача до приймача. Шлях від передавача до приймача з найменшою кількістю стрибків має назву шлях першого типу. У такому разі припускають, що усі відбиття відбуваються від одного іоносферного шару. Якщо відстань між тими ж передавачем і приймачем перебивається за більшу кількість стрибків, то такий шлях називають шлях другого типу. Для лінії радіозв'язку довжиною 3000 км (рис. 4) шлях першого типу складається з одного стрибка з відбиттям від шару F (1F), а шлях другого типу складається з двох стрибків (2F).

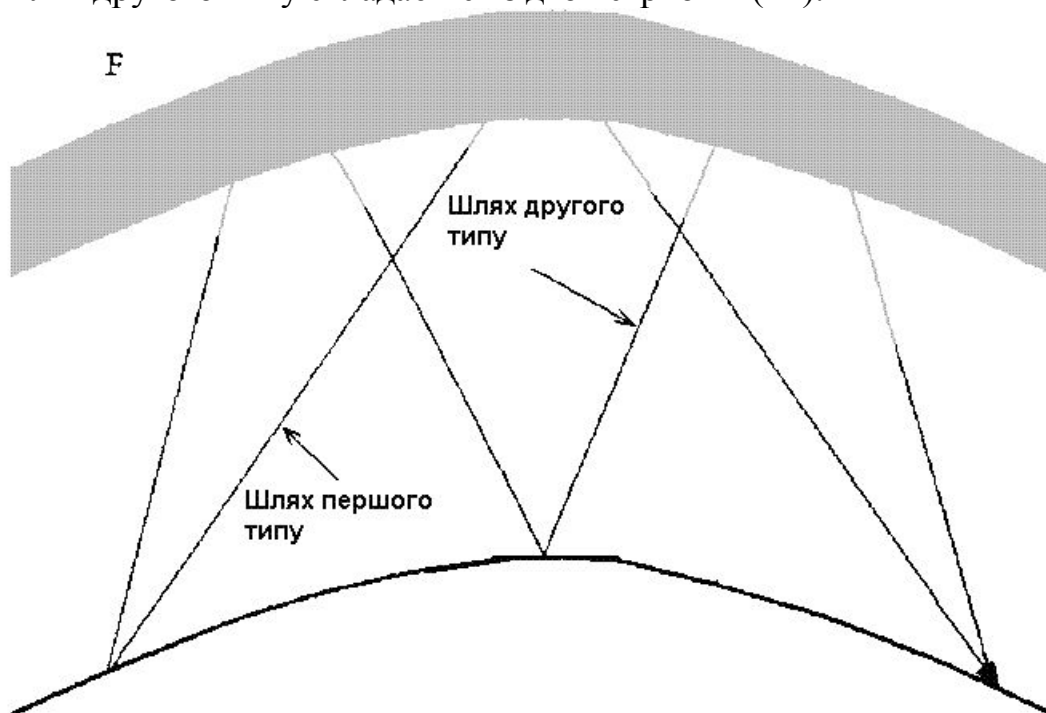


Рисунок 4. - Шляхи першого та другого типів

Більш складні варіанти поширення радіохвиль, що складаються з комбінацій заломлень в інших областях іоносфери, суттєво ускладнюють задачу прогнозування. В дисертації детально розглянуті існуючі математичні моделі опису механізмів розповсюдження радіохвиль та оцінені їх властивості з точки зору застосування в рамках запропонованої інформаційної технології прогнозування.

У четвертому розділі «Методика експериментального дослідження та обробка результатів» розглянуто конкретні деталі та особливості практичної реалізації системи прогнозування. Для дослідження обрано діапазон 14 МГц оскільки він характеризується невисоким рівнем завад, насиченістю діапазону аматорськими станціями та невеликим розмірам антенних пристроїв.

Проведено аналіз загасання на трасі на відстані до 5000 км. Для зручності та наочності розрахунків записують в децибелах:

$$V=32.6+20Lg(r)+20Lg(f),$$

де r - це відстань в кілометрах, f - це частота в МГц.

Для ілюстративного прикладу стан іоносфери було визначено за сонячною активністю з даних, отриманих з російської лабораторії «Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова Российской Академии наук» (ИЗМИРАН).

Задля коректного оцінювання умов поширення обрано день, коли сонячна активність була б на середньому рівні, а число Вольфа близько 100.

Таблиця 5. Сторінка апаратного журналу UT5UUV за один день.

| DATE | GMT | CALL | BAND | RS R | RS S | INFO |
|------------|------|-------------|------|------|------|--------------------|
| 14.08.2004 | 1238 | DL1BKK/P | 14 | 53 | 59 | VERNER 031 ISLAND |
| | 1724 | F4EIZ/P | | 55 | 57 | MARK IC706 30W 3EL |
| | 1727 | SV1EQU/8 | | 56 | 59 | EU 075 |
| | 1739 | IT9/I5RFD/P | | 59 | 59 | PA 030 |
| | 1822 | DM3UH | | 55 | 59 | ED |
| | 1829 | SV1UT | | 55 | 59 | BELL |

Для обчислення реального загасання вибраної радіотраси (коефіцієнту ослаблення сигналу середовищем V) необхідно визначити додатково значення таких параметрів: потужність передавача $P1$, рівень сигналу на вході приймача $P2$, коефіцієнт підсилення антени передавача $G1$, коефіцієнт підсилення антени приймача $G2$.

Сила сигналу на антенних входах приймача характеризується за оцінкою сигналу кореспондентом за шкалою RS . Значення RS переводяться до рівня потужності.

Коефіцієнти підсилення антен залежать від їхньої взаємної орієнтації, а отже необхідно дослідити трасу, тип, кути приходу радіохвиль.

У дисертації та додатках до неї наведено детальні дані із звітів аматорських зв'язків та відповідні розрахунки загасання. Для прикладу для одного із таких сеансів кінцева розрахункова формула має вигляд:

$$V = P1 - P2 + G1 + G2,$$

$$V = 30 - (-97) + 1 + 7.7 = 135.7 \text{ дБ.}$$

Необхідно зазначити, що під час визначення коефіцієнтів підсилення антен виникають значні ускладнення з урахування в моделі реальної землі та дифузного відбиття, особливо щодо антени передавача, оскільки реальні значення $G1$ та $G2$ суттєво залежать не лише від конструкції антени, але й від її спрямованості під час сеансу зв'язку.

Висновки

Основні результати проведеного дослідження:

1. Розроблено та перевірено на реальних даних основні процедури інформаційної технології прогнозування показників якості радіозв'язку за умови використання додатково до традиційних джерел вхідної інформації сховища даних спортивних змагань з радіоспорту;

2. Розроблений узагальнений алгоритм прогнозування показників якості радіозв'язку із використанням елементів статистичного та образного аналізу;

3. Отримано уточнені залежності загасання сигналу від відстані у вибраному діапазоні частот, придатні для практичного прогнозування;

4. За умови використання запропонованої методики зменшені фінансові витрати на дослідження з прогнозування якості радіозв'язку.

Таким чином, проведене дослідження доводить можливість суттєвого покращення достовірності та оперативності прогнозу якості радіозв'язку за рахунок залучення даних аматорських змагань з радіоспорту та використання сучасних інформаційних технологій оброблення експериментальних даних.

Зокрема, важливою складовою інформаційної технології слід вважати застосування елементів образного аналізу для прийняття рішень в ситуаціях, які не можуть бути повністю формалізовані й тому вимагають участі людини (оператора). Такий підхід дозволяє мінімізувати ймовірність виникнення грубих помилок в оцінці параметрів якості зв'язку.

Іншою, не менш важливою складовою є розроблена технологія отримання вхідної інформації для обчислення прогнозних значень якості радіозв'язку. Слід зазначити, що ця складова технології прогнозування в цілому є не менш важливою, ніж складова комп'ютерних обчислень, оскільки вимагає значних організаційних зусиль та часу на підготовку й налаштування синхронізацію апаратури.

Список праць, опублікованих за темою дисертації

1. Мошенський А.О. Кабанець А.О. Пілінський В.В. «Методика отримання експериментальних даних поширення радіохвиль на іоносферних радіотрасах» Технічна електродинаміка тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки, част. 7», К.: 2006. – 125 – 128 с.

2. Мошенський А.О. Савченко Ю.Г. «Визначення вимог до основних характеристик прийомопередавачів гекто- та декаметрового діапазону» Наукові записки УНДІЗ №5(7), 2008. – 68 – 72 с.

3. Мошенський А.О. Савченко Ю.Г. «Вимоги до характеристик прийомного тракту, виходячи з місцевих умов електромагнітної обстановки», Арсенал №3-4 2009. – 34 – 35 с.

4. Мошенський А.О. «Прогнозування умов радіозв'язку на основі комп'ютерної обробки результатів спостережень», Наукові записки УНДІЗ №2(18), 2011. –69–75 с.

5. Мошенський А.О. «Прогнозування умов радіозв'язку на основі комп'ютерної обробки даних підчас змагань з радіозв'язку», Наукові записки УНДІЗ №1(21) 2012. – 227 – 236 с.

6. Мошенський А.О. «Роль оператора інформаційно-експертної системи прогнозування поширення радіохвиль», Наукові записки УНДІЗ №2(22) 2012. – 75 – 78 с.

АННОТАЦІЯ

Мошенський А.О. Інформаційна технологія прогнозування показників якості радіозв'язку із використанням звітів змагань з радіоспорту. – рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2013.

Дисертацію присвячено дослідженню та побудові інформаційних технологій для розроблення і впровадження баз і сховищ даних комп'ютерної підтримки рішень для організації радіозв'язку в діапазоні коротких хвиль; розроблення інформаційної технології прогнозування показників якості радіозв'язку на основі результатів експериментальних досліджень по визначенню загасання радіохвиль гектометрового та декаметрового діапазону на іоносферній радіотрасі з використанням статистичних процедур; методика проведення досліджень із залученням аматорської радіослужби; методика проведення досліджень під час міжнародних змагань з радіозв'язку.

Розроблено та перевірено на реальних даних основні процедури інформаційної технології прогнозування показників якості радіозв'язку за умови використання додатково до традиційних джерел вхідної інформації сховища даних спортивних змагань з радіоспорту;

Розроблений узагальнений алгоритм прогнозування показників якості радіозв'язку із використанням елементів статистичного та образного аналізу;

Отримано уточнені залежності загасання сигналу від відстані у вибраному діапазоні частот, придатні для практичного прогнозування;

За умови використання запропонованої методики зменшені фінансові витрати на дослідження з прогнозування якості радіозв'язку.

Таким чином, проведене дослідження доводить можливість суттєвого покращення достовірності та оперативності прогнозу якості радіозв'язку за рахунок залучення даних аматорських змагань з радіоспорту та використання сучасних інформаційних технологій оброблення експериментальних даних.

Зокрема, важливою складовою інформаційної технології слід вважати застосування елементів образного аналізу для прийняття рішень в ситуаціях, які не можуть бути повністю формалізовані й тому вимагають участі людини (оператора). Такий підхід дозволяє мінімізувати ймовірність виникнення грубих помилок в оцінці параметрів якості зв'язку.

Іншою, не менш важливою складовою є розроблена технологія отримання вхідної інформації для обчислення прогнозних значень якості радіозв'язку.

Слід зазначити, що ця складова технології прогнозування в цілому є не менш важливою, ніж складова комп'ютерних обчислень, оскільки вимагає значних організаційних зусиль та часу на підготовку й налаштування синхронізацію апаратури.

Ключові слова: інформаційна технологія, сховище даних, радіозв'язок, короткі хвилі, прогноз, образний аналіз, статистична обробка, моделювання, експеримент, змагання з радіоспорту.

THE SUMMARY

Moshenskyu A. Information technology forecasting quality of radio communications using reports of radio contests. - The manuscript.

Dissertation manuscript for the candidates degree of technical sciences, specialty 05.13.06 - Information Technology. - National University of Food Technologies, Kyiv, 2013.

Thesis deals with the construction and information technology for the development and implementation of databases and data warehousing computer support solutions for organizations radio communications on short waves, development of information technology forecasting quality of radio communications based on the results of experimental studies to determine the attenuation of radio waves on the HF band on ionospheric radio link using statistical procedures, methods of research involving amateur radio service, methods of research during international radio contests.

Developed and tested on real data basic procedures of information technology forecasting quality radio when used in addition to traditional sources of input information data warehouse with radio contests;

The generalized algorithm for prediction of quality radio elements using statistical and imagery analysis;

Specified attenuation depends on the distance in the selected frequency range suitable for practical prediction;

When using the proposed technique reduced financial costs of research on the prediction as radio communication.

Thus, our study demonstrates the possibility of significantly improving the reliability and efficiency of prediction as radio communication by bringing data amateur radio contests and the use of modern information technologies of processing of experimental data.

In particular, an important component of information technology should be considered introduction of elements of pattern analysis for decision-making in situations that can not be fully formalized and therefore require human intervention (the operator). This approach minimizes the likelihood of gross errors in the evaluation of quality parameters of communication.

Another, equally important component is the technology developed by incoming information to calculate predictive values of quality radio. It should be noted that this component technology forecasting in general is not as important as a

component computing because it requires significant organizational effort and time to prepare and configure synchronization equipment.

Keywords: information technology, data storage, radio communications, short wave, forecast, imagery analysis, statistical processing, simulation, experiment, radio contests.