

Д.П. Бондаренко, кандидат технічних наук НАУ,  
Л.В. Сібрук, доктор технічних наук,  
(Національний авіаційний університет, Україна)

## РОЗРОБКА ОСНОВ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИБОРУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ НАДАННЯ НОМЕНКЛАТУРИ ПОСЛУГ НАСЕЛЕННЮ

*В статті розглядається проблема надання розширеної номенклатури телекомунікаційних послуг населенню у депресивних регіонах та у регіонах з низькою щільністю населення. На основі аналізу існуючої інфраструктури телекомунікаційних мереж та телекомунікаційного обладнання та з урахуванням місцевих умов обґрунтовуються основи побудови математичної моделі для вибору телекомунікаційних засобів.*

Номенклатура телекомунікаційних послуг населенню визначається:

- технічними можливостями існуючих мереж зв'язку всеукраїнських операторів;
- можливостями нового обладнання, що може використовуватися для надання розширеної номенклатури послуг;
- різноманітними надбудовами над існуючими послугами, які впроваджує оператор для збільшення привабливості своєї мережі.

Згідно Закону України «Про телекомунікації» оператор зв'язку має встановлювати номенклатуру послуг на свій розсуд та виходячи з технічної можливості використаного обладнання. В табл. 1 наведений перелік телекомунікаційних послуг населенню [1].

Таблиця 1

Перелік телекомунікаційних послуг населенню

Тип	Послуги
Базовий	Фіксований телефонний зв'язок, служби екстреного виклику
Розширений	Бездротовий телефонний зв'язок, служба коротких та мультимедійних повідомлень, дротовий та бездротовий доступ до мережі Інтернет, IP-радіо та телебачення, відеозв'язок, електронна пошта, інші сервіси, що ґрунтуються на мережі Інтернет (ІСQ, завантаження мелодій, малюнків тощо), міжміський та міжнародний телефонний зв'язок, роумінг та ін.

Набір послуг, на який можна прогнозувати попит у населеному пункті, залежить від кількості його мешканців. Згідно існуючим методикам віднесення до депресивних територій, до них можуть належати як області, райони, так і окремі населені пункти. Оскільки у великих містах телекомунікаційна інфраструктура розвинена значно краще у порівнянні з малими, актуальним та соціально значимим є розвиток обслуговування населення в містах та селищах з кількістю населення до 200 - 300 тис. чол.

За умови, що у населених пунктах з кількістю мешканців менше 1000 чол. переважна більшість становлять люди похилого віку, попит на розширену номенклатуру телекомунікаційних послуг передбачається незначним. У населених пунктах з кількістю мешканців більше 1000 чол. відсоток молодого населення зростає майже в експоненціальній залежності. Тому використання таких послуг як доступ до мережі Інтернет, електронна пошта і т. д. значно перевищує використання цих послуг у менших населених пунктах. З урахуванням наведеного доцільно класифікувати населені пункти на категорії щодо попиту на телекомунікаційні послуги.

Класифікація проводиться за критерієм однорідності кількості абонентів та необхідних показників мережі. Результати поділу наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Поділ населених пунктів на категорії за кількістю населення		
№ категорії	Нас. пункти	Кількість населення, чол.
1	Малі села	100 – 1 тис.
2	Селища	1 тис. – 5 тис.
3	Малі міста	5 тис. - 10 тис.
4	Міста	10 тис. – 30 тис.
5	Великі міста	Більше 30 тис.

Для побудови математичної моделі раціонального вибору телекомунікаційних засобів для надання послуг населенню необхідно створити базу даних з інформацією про існуючу телекомунікаційну інфраструктуру в тому чи іншому населеному пункті. Оскільки неможливо охопити базою даних всі населені пункти для кожної категорії доцільно ввести множину типових випадків інфраструктури  $T^k = \{T_1^k, T_2^k, \dots, T_q^k\}$ , де  $k$  - номер категорії;  $q$  - кількість типових випадків. Кожен з елементів множини  $T_i^k$  у свою чергу є множиною телекомунікаційних засобів  $T_i^k = \{t_{i1}^k, t_{i2}^k, \dots, t_{is}^k\}$ , де  $s$  - кількість телекомунікаційних засобів у  $i$ -ому випадку інфраструктури для населеного пункту категорії  $k$ .

ВАТ «Укртелеком» володіє понад 95% усіх телекомунікаційних засобів країни. Тому логічно розпочати створення бази даних з аналізу існуючого обладнання та магістральних ліній передачі цієї компанії. За даними ВАТ «Укртелеком» можна зробити наступні висновки щодо існуючої інфраструктури первинних ліній:

- у кожному районному центрі є волоконно-оптичні лінії зв'язку, які сполучають районний центр з магістральними телекомунікаційними мережами;
- за винятком АР Крим у містах з меншою кількістю населення ніж категорія 5, інфраструктура для надання розширеної номенклатури телекомунікаційних послуг населенню слабо розвинена.

На рис. 1 наведені основні технології та засоби, що можуть використовуватися у депресивних регіонах та районах з низькою щільністю населення.

Аналіз операторів, які надають послуги бездротового телефонного зв'язку а також бездротового доступу до мережі Інтернет на обладнанні 2-G та 2.5-G покоління свідчить, що якість цих послуг більшою частиною незадовільна. Операторів, що надають послуги широкосмугового та швидкісного доступу до мережі Інтернет, практично немає.

Магістральні лінії зв'язку проведені до майже всіх районних центрів. Проблема «останньої милі» залишається невирішеною.

У відповідності з технологіями на рис. 1 потрібно створити базу даних з параметрами і характеристиками телекомунікаційних засобів, що включає також інформацію економічного характеру, а саме: вартість обладнання, вартість будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт, терміни розгортання.

Рельєф місцевості (гори, передгір'я, рівнина тощо) та забудова території у великій мірі впливають на можливість чи неможливість використання того чи іншого обладнання. Урбанічна забудова погіршує поширення радіохвиль, що підвищує доцільність прокладання кабельних ліній. У сільській та рівнинній місцевості втрати та спотворення сигналів під час поширення радіохвиль менші. Умови поширення радіохвиль будемо характеризувати за допомогою множини  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ , а характер забудови -  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_3\}$ . Типовими є випадки, коли радіотраса проходить над ділянками з різним характером забудови. При цьому втрати під час поширення радіохвиль

$$L = \sum_{j=1}^J L_j(y_j, z_j, A_j, f, r_j),$$

де  $A_j$  - параметри антенних систем з висотами підвісу включно;  $f$  - частота радіохвиль,  $r_j$  - протяжність  $j$ -ої ділянки радіотраси.

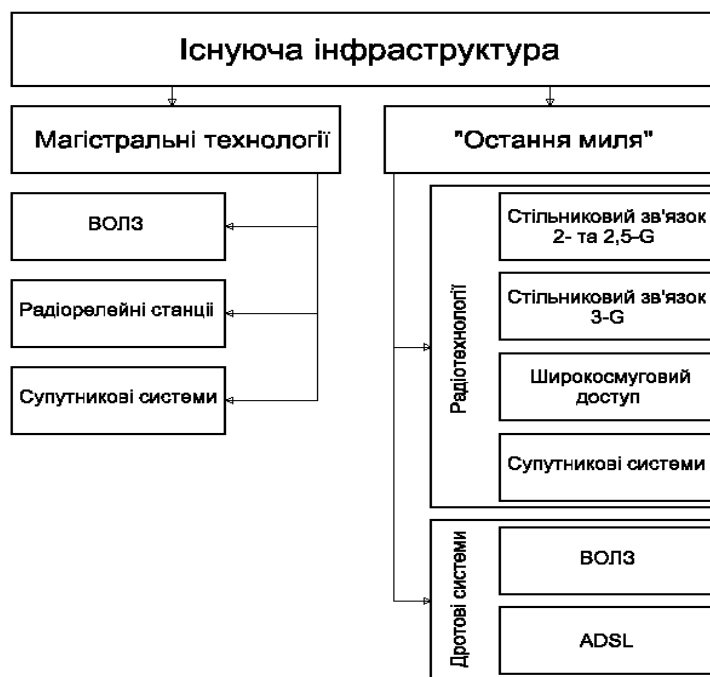


Рис. 1. Телекомунікаційні засоби та радіотехнології

За своїм змістом завдання побудови математичної моделі вибору телекомунікаційних засобів для надання розширеної номенклатури послуг населенню полягає у наступному:

- пошуку відповідних вихідних даних, а саме – множини даних про телекомунікаційну інфраструктуру  $T_i^k$ , номенклатури та якості послуг, прогнозовану кількість абонентів, середню швидкість доступу до мережі Інтернет та середній трафік мережі Інтернет на одного абонента, умови поширення радіохвиль  $u_j$  та характер забудови  $z_j$ ;

- пошук серед множини  $M$  телекомунікаційних засобів елементів, які б разом з існуючою інфраструктурою утворили множини засобів

$$\Lambda = \left\{ \Lambda_1(T_i^k, \bigcup_{j=1}^{m1} M_j), \Lambda_2(T_i^k, \bigcup_{j=1}^{m2} M_j), \dots, \Lambda_s(T_i^k, \bigcup_{j=1}^{ms} M_j) \right\},$$

що забезпечували надання послуг із заданою якістю;

- перевірки елементів множини  $\Lambda_j$  на електромагнітну сумісність (ЕМС) з іншими радіоелектронними засобами, що функціонують у вказаному частотному діапазоні;

- оцінці показників інвестиційних проектів щодо впровадження варіантів телекомунікаційних засобів  $\Lambda_j$  та відбір найкращих з них.

Важливою частиною математичної моделі є блок пошуку відповідності телекомунікаційних засобів  $\Lambda_j$  заданим параметрам телекомунікаційної мережі та місцевим умовам. Показник відповідності можна представити у вигляді

$$v^i = f(v_1 v_2 \dots v_l), \quad (1)$$

де  $v_i$  - показник відповідності набору телекомунікаційних засобів  $\bigcup_{j=1}^{mi} M_j$  певній умові,

наприклад, телекомунікаційній інфраструктурі для забезпечення заданої кількості абонентів послугами з необхідним рівнем якості, умові покриття полем радіотехнології заданої території (втрати під час поширення радіохвиль з урахуванням рельєфу місцевості та характеру забудови, діапазону хвиль, параметрів РЕЗ), можливості прокладання волоконно-оптичних ліній зв'язку, тощо. Показники  $v_i$  можуть приймати значення від 0 до 1.

У результаті отримаємо множину коефіцієнтів відповідності  $v^i$ , значення яких характеризують технічний рівень наборів телекомунікаційних засобів. Як зазначено вище кожний варіант далі перевіряється за критерієм ЕМС. Варіанти, які залишилися, потребують оцінки за критерієм економічної ефективності. Використовуються показники інвестиційних проектів, значення яких можна прогнозувати на передінвестиційному етапі. Невизначеність щодо вихідних даних можна подолати шляхом експертного опитування та застосування математичного апарату нечітких множин та нечіткої логіки.

Узагальнена структура математичної моделі представлена на рис. 2.

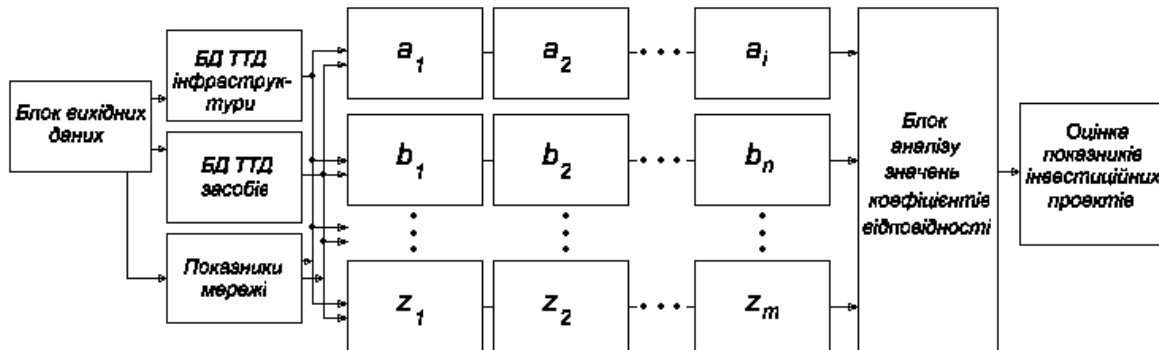


Рис. 2. Структурна схема математичної моделі для вибору телекомунікаційних технологій для надання розширеної номенклатури послуг населенню

До блоку вихідних даних, рис.2, заноситься інформація що містить географічне положення території, кількість населення, обсяг та якість телекомунікаційних послуг, рельєф місцевості, забудова, тощо.

База даних, яка містить тактико-технічні характеристики обладнання існуючої телекомунікаційної інфраструктури, позначена як «БД ТТД інфраструктури». «БД ТТД засобів» – база даних, яка містить параметри, характеристики та інші дані про телекомунікаційні засоби, які можна використати. Параметри телекомунікаційної мережі, яку необхідно створити, визначаються за вхідними даними у блоці з однойменною назвою.

Математична модель містить певну кількість паралельних каналів ( $a_1 - a_i, \dots, z_1 - z_m$ ) у яких перевіряється відповідність обладнання з «БД ТТД засобів» та існуючої інфраструктури визначеним показникам мережі та місцевим умовам, у тому числі ЕМС.

У блоці аналізу значень коефіцієнтів відповідності проводиться оцінка показників відповідності телекомунікаційного обладнання заданим умовам. У результаті приймається рішення щодо можливості чи неможливості використання того чи іншого телекомунікаційного обладнання у заданих умовах на конкретній території.

Оцінка показників інвестиційних проектів проводиться для кожного відібраного варіанту побудови телекомунікаційної мережі з метою подальшого вибору кращих варіантів і представлення їх особі, що приймає рішення про інвестування.

### Висновки

Розглянуто основи побудови математичної моделі вибору телекомунікаційних технологій для надання розширеної номенклатури телекомунікаційних послуг населенню у депресивних регіонах та районах з низькою щільністю населення.

### Список літератури

1. Постанова кабінету міністрів України від 9 серпня 2005р. №720 «Про затвердження Правил надання та використання телекомунікаційних послуг».

*The article is devoted to the provisioning of extended list of telecommunication service to the people of the depressive regions and regions with low density of population. On the basis of analysis of telecommunication infrastructure and equipment, taking into account local conditions the fundamentals of mathematical model for choice of telecommunication facilities is grounded.*

