

administrative-territorial division it is expedient to use generalizations of the configuration of objects with the allocation of the areas of change (re-subdivisions areas). To display the features of the territorial division of changes over a period of time, it is expedient to create special polygons based on the contours of administrative-territorial units, all points of which have the same administrative history. To display the features of the history of specific administrative-territorial units, you can use the combination of different attributive data on one card.

Key words: *temporal generalization; compilation of data; administrative-territorial division; historical GIS; analysis of space-time data.*

Надійшла до редакції

02.04.2018

УДК 528.94, 654.165

Л.В. Примак, аспірант кафедри геоінформатики та фотограмметрії,
Київський національний університет будівництва та архітектури;
керівник групи обробки регіональних моделей ПрАТ «Візіком»

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СКЛАДУ ТОПОГРАФІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ПЛАНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У статті розглянуто основні вимоги до складу та змісту топографічного забезпечення для цілей планування й оптимізації радіочастотних телекомунікаційних систем. Визначено обов'язкові та допоміжні складові геопросторових даних, використовуваних у процесі оптимізації. Побудовано загальну прикладну схему топографічного забезпечення у вигляді UML-діаграми класів і показано її зв'язок із зовнішніми пакетами, офіційно затвердженими міжнародними організаціями.

Ключові слова: *топографічне забезпечення, радіопланування, оптимізація радіомереж, ЦМР-клатер, модель перешкод, радіолокаційна перешкода, висота радіолокаційної перешкоди, ЦМП.*

Вступ. В умовах стрімкого розвитку мереж мобільного радіозв'язку п'ятого покоління (5G) у світі та впровадження 4G (LTE) зв'язку на території України особливого значення набуває створення і підтримка в актуальному стані картографічної інформації, яка лежить в основі планування, оптимізації та підтримки функціонування цих телекомунікаційних систем.

Нині основою створення топографічних карт і планів в Україні є нормативно-технічна документація [1; 2], розпочато також процес впровадження нових стандартів до геопросторових даних, що ґрунтуються на міжнародних стандартах серій ISO та Open Geospatial Consortium [3-7]. Проте ці документи не відображають специфіки радіочастотного планування, у якому основні вимоги до

топографічного забезпечення диктуються програмними алгоритмами, що реалізують оптимізацію радіомереж. Тому питання визначення необхідного та достатнього переліку топографічного забезпечення, основних вимог до його точності й актуальності є надзвичайно актуальним.

Стандарти GSM 900/1800, UMTS, CDMA2000, WiMAX, Wi-Fi, та LTE користуються діапазоном частот 800-3500 МГц; специфікації стандартів 5G рекомендують підтримку таких діапазонів радіочастот: 600МГц-700 МГц, 3.5 ГГц та 50ГГц. Однією з найпоширеніших аналітично-програмних платформ для розрахунку й оптимізації мереж стільникового зв'язку в Україні і світі загалом є Atoll Wireless Network Engineering Software виробництва компанії Forsk. Окрім Atoll Forsk, широко використовуються такі платформи, як ICS Telecom, Asset Aircomm, Mentum Planet та інші. В кожному пакеті програмного забезпечення визначено потрібні для процесу планування та оптимізації мережі вхідні формати геопросторових даних і мінімальний набір їх атрибутів.

Метою статті є формування переліку необхідних топографічних матеріалів для забезпечення задач радіочастотного планування й оптимізації телекомунікаційних систем, визначення набору даних й необхідної атрибутики класів об'єктів.

Аналіз досліджень і публікацій. Міжнародні загальні вимоги до геопросторових даних та їх якості викладено в стандартах серії ISO19100 «Географічна інформація/ Геоматика» та стандартах OGC. На їх підставі в Україні розроблено еталонну модель бази топографічних даних [8] та розпочато процес впровадження державного комплексу стандартів «База топографічних даних» [3-7]. На прикладі вказаних джерел взято UML (універсальну мову моделювання), а саме діаграму класів, під час моделювання структури геопросторових даних з метою оптимізації радіомереж та визначено найменування окремих класів та їх атрибутів.

Значну теоретичну основу досліджень становлять документи-довідники з експлуатації програмного забезпечення для оптимізації радіомереж, а саме Atoll Forsk, ICS Telecom, Asset Aircomm [9-11]. В них визначено формати геопросторових даних і подано рекомендації щодо вибору комірки даних залежно від типу території. Ця інформація потребує узагальнення з метою визначення мінімальних вимог до топографічного забезпечення.

Постановка завдання. Терміни і поняття. Основним завданням пропонованої статті є формування основних вимог до складу топографічного забезпечення радіочастотного планування телекомунікаційних систем.

Наводимо поняття, використані у статті.

Цифрова модель рельєфу (ЦМР, DTM) – набір даних про абсолютні відмітки земної поверхні без врахування штучних (будівлі, мости тощо) та динамічних (автомобілі та ін.) перешкод.

Цифрова модель поверхні (ЦМП, DSM) – набір даних про абсолютні відмітки земної поверхні з врахуванням штучних (будівлі, мости тощо) та природних (рослинність) перешкод.

Растрова модель даних [12]: растр – це $R = \langle M, P, r \rangle$ (1)

де M - матриця цілих чисел, P - множина атрибутивних характеристик кольорів, r - роздільна здатність. Елемент матриці M - піксел містить атрибутивну характеристику з множини P та визначається координатами (i, j) , де i - номер рядка у матриці M , j - номер стовпчика [15]. За допомогою UML такі растрові моделі описують у вигляді покриттів.

Покриття (coverage) – просторовий об'єкт, який діє як функція, що повертає значення зі свого діапазону значень для будь-якого положення в межах просторового, часового чи просторово-часового домену. Покриття ґрунтуються на прийнятій моделі, визначеній в Generic Conceptual Model [13].

Клатер (clutter) – модель радіолокаційних перешкод у вигляді растра, де M та P являють собою відповідно значення і множину класів перешкод, що спричиняють втрату потужності радіосигналу. Термін «clutter» належить до сфери радіолокації, використовують його як визначення для небажаних ехо-сигналів в електронних системах, особливо в радарних.

Висотний клатер (clutter height) – модель висот радіолокаційних перешкод у вигляді растра, де M являє собою значення відносних висот перешкод.

Зі стандартів [3-7] в статті використано такі поняття (стереотипи):

пакет (Package) – колекція логічно зв'язаних класів та/або пакетів;

прикладна схема (Application shema) – концептуальна схема (пакет) для даних, потрібних для роботи одного або більше програмних додатків;

лист (Leaf) – пакет, що не є прикладною схемою і не може містити інших пакетів.

Основна частина. Для діапазонів частот стандартів 2G, 3G, 4G процес оптимізації та планування радіомереж ґрунтується на побудові емпірично-математичної залежності (моделі) розповсюдження радіохвиль від частоти хвиль, дальності поширення та інших параметрів для прогнозування втрати потужності сигналу в межах певної території. Зв'язок між передавачем та приймачем моделюється за деякими ключовими параметрами, котрі змінюються залежно від середовища, місцевості (сільська чи міська забудова та її щільність, відкрита місцевість, ліс, поле тощо) та рельєфу території.

Найбільш поширеними у використанні нині є такі емпіричні моделі:

- модель SUI (Stanford University Interim);
- модель Окумура;
- модель Хата, також відома під назвою Окумура-Хата;
- модель COST231 – розширення до моделі Хата.

Дослідження оцінки моделей з точки зору точності розрахунку втрат амплітуди сигналу наведено в багатьох міжнародних друкованих та інтернет-виданнях [14-16]. Зупинимося на моделі, що найчастіше використовується в Україні та на урбанізованих територіях загалом, – моделі Хата [9]. Ця модель має три варіанти для розрахунку втрат потужності сигналу залежно від території: міська (urban), приміська (suburban) та відкрита (open area). В основі цієї моделі лежить модель Окумура та значна кількість емпіричних вимірів. Модель Хата охоплює кілька діапазонів:

- діапазон частот 150-1800МГц

- радіус комірки 1-20км
- висота антени приймача (абонентський термінал) 1-10м
- висота антени базової станції 30-200м

Середню втрату потужності сигналу в моделі Хата визначають за формулою:

$$L = A_1 + A_2 \log f + A_3 \log h_{BS} + (B_1 + B_2 \log h_{BS} + B_3 h_{BS}) \log d - a(h_m) - C_{clutter}, \quad (2)$$

де $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ – емпірично визначені параметри (коефіцієнти) Хата для окремих частот радіохвиль; f – частота хвилі в МНz; h_{BS} – висота антени передавача в метрах; d – відстань між передавачем і приймачем в кілометрах; $a(h_m)$ – функція корекції розрахунку втрати потужності сигналу залежно від висоти антени приймача; $C_{clutter}$ – функція корекції розрахунку втрати потужності сигналу залежно від типу перешкоди (клатеру) території.

Саме функції $a(h_m)$ та $C_{clutter}$ формули (2) включають інформацію про місцевість, тобто роблять обов'язковою вимогу до наявності топографічної інформації про рельєф і тип території (клатер).

Цифрова модель рельєфу в радіочастотному плануванні стільникової мережі нічим не відрізняється від звичного аналогу в картографічній сфері, її єдина суттєва особливість – обов'язкове растрове представлення інформації. Рекомендації щодо розміру роздільної здатності залежно від заселеності території наведені в документації з експлуатації програмного забезпечення для оптимізації радіомереж. Величина роздільної здатності коливається від 1-2 м на щільно урбанізованих територіях до 50 м в малозаселених зонах.

Клатер території також має вигляд растра з вимогами до роздільної здатності аналогічно до цифрової моделі рельєфу, в якому кожна комірка визначає клас місцевості. Перелік класів задається в межах території планування й оптимізації, кількість класів залежить від заселеності території і коливається від 10 в малозаселених зонах до 40 в щільно забудованих районах. В таблиці наведено типовий перелік класів клатеру.

Таблиця

Типовий перелік класів клатеру

Код класу	Назва класу	Опис класу
1	Open area	Відкрита територія, луки, поля тощо
2	Forest	Ліси з висотою дерев понад 20м
3	Sea	Океани, моря
4	Inland water	Водосховища, озера, річки, струмки
5	Open in urban	Дороги, залізниці тощо
6	Residential	Міська приватна забудова висотою до 3-х поверхів
7	Dense residential	Щільна міська приватна забудова заввишки до 3-х поверхів
8	Urban	Міська забудова висотою 3-6 поверхів
9	Dense urban	Щільна міська забудова висотою 3-7 поверхів

Продовження табл.

10	Urban high	Висотна міська забудова висотою понад 7 поверхів
11	Dense urban high	Щільна висотна міська забудова заввишки понад 7 поверхів
12	Mixed urban	Змішана забудова заввишки 1-6 поверхів
13	Mixed dense urban	Щільна змішана забудова висотою 1-6 поверхів
14	Industrial and commercial areas	Промислові зони
15	Villages	Сільська забудова
16	Airport	Території аеропортів
17	Semi open area	Напіввідкриті території (кущі, окремі дерева тощо)
18	Sands, Stonelands	Піски, пустельні землі

Безпосередньо в програмному забезпеченні для планування й оптимізації радіомереж для кожного класу визначають (або встановлюють за замовчуванням) такі параметри: середня відносна висота в метрах і стандартне відхилення моделі (в дБ).

Для уточнення інформації про відносну висоту клатеру в межах класу, особливо на міських територіях, використовують такий тип даних, як висотний клатер. Висотний клатер, як правило, обмежений тими класами клатеру, що належать до забудови і рослинності.

Окрім безпосереднього планування радіомереж, згадане топографічне забезпечення (DTM, клатер, висотний клатер) може бути використане для калібрування основної моделі Хата в межах території оптимізації. Калібрування моделі, або іншими словами, уточнення коефіцієнтів Хата A_1 , A_2 , A_3, B_1, B_2, B_3 , проводиться із залученням польових вимірів в межах покриття однієї/декількох базових станцій.

Разом три набори даних – DTM, клатер і висотний клатер – становлять цифрову модель поверхні (DSM), хоча DSM як один набір даних поки що широко не використовують в згаданих програмних алгоритмах для планування й оптимізації радіомереж.

Додатковими під час планування й оптимізації радіомереж є такі типи геопросторових даних:

1. Дані, які використовують для вимірювання віддалей, планування маршрутів до базових станцій тощо:

– векторні шари геопросторових об'єктів: будівлі, дороги, залізниці, берегові лінії водойм тощо.

2. Дані для розрахунку статистичної інформації:

– карта населення (population clutter), що являє собою растр, обмежений визначеними класами клатеру, в якому матриця M характеризує інформацію про щільність населення;

- інші тематичні карти у вигляді растру, наприклад, кількість опадів, середній розмір доходу або соціально-демографічні дані в межах класу;
 - векторні шари адміністративно-територіального поділу території.
3. Дані для кращої візуалізації результатів планування:
- скановані з паперових носіїв карти;
 - аеро - та космічні ортофотоплани;
 - векторні шари адміністративно-територіального поділу території, доріг, залізниць, берегові ліній водойм.

Отже, загальна прикладна схема (applicationSchema) топографічного забезпечення для цілей планування й оптимізації мереж стільникового зв'язку матиме такий вигляд (рис.1):

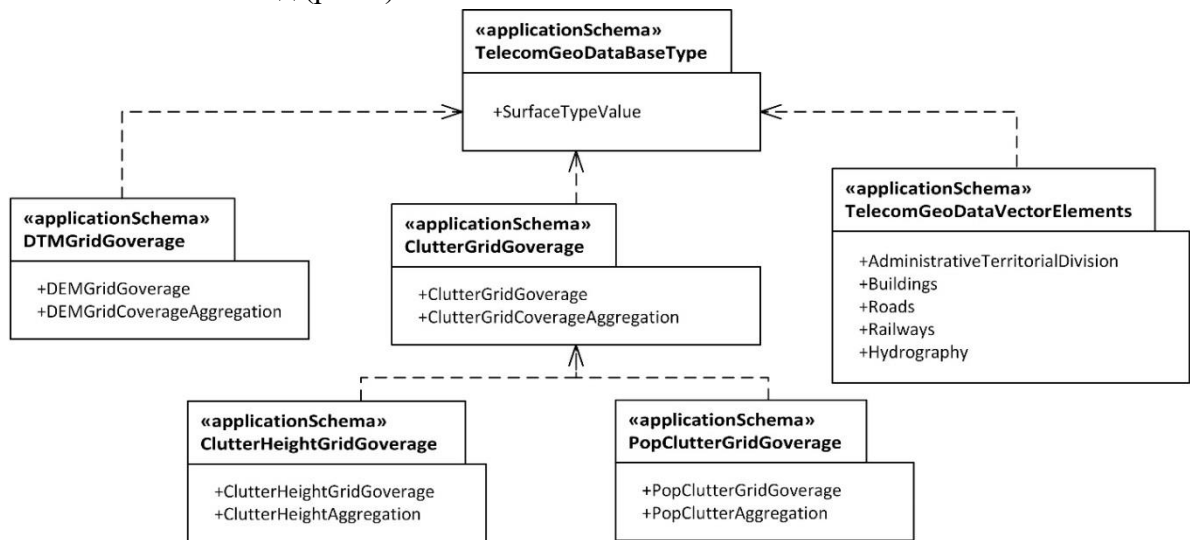


Рис. 1. UML-діаграма класів. Загальний вигляд прикладної схеми топографічного забезпечення для цілей радіопланування й оптимізації телекомунікаційних систем

На рис. 1 прикладна схема TelecomGeoDataBaseType визначає основний перелік типів даних. Прикладні схеми DTMGridCoverage, ClutterGridCoverage, ClutterHeightGridCoverage та PopClutterGridCoverage складають моделі даних відповідно DTM, клатеру, висотного клатеру та розподілу населення в растровому вигляді, що представлені як неперервне покриття.

Класи прикладних схем DTMGridCoverage, ClutterGridCoverage, ClutterHeightGridCoverage та PopClutterGridCoverage можуть бути аналогічними класу сіткова регулярна модель (GRID-модель) [6], у якій будова матриці значень залежить від величин відповідно абсолютної відмітки поверхні, коду класу клатеру (див. табл.), відносної відмітки висотного клатеру чи значення щільності населення. Класи прикладної схеми GeoDataVectorElements є скороченим варіантом класів [4; 5; 7] в розділі атрибутивних даних.

На рис. 2 відображено зв'язок пакета TelecomGeoDataTypes з іншими зовнішніми пакетами та вказано джерело запозичення класів (Generic Conceptual Model, ISO-стандарти, тощо).

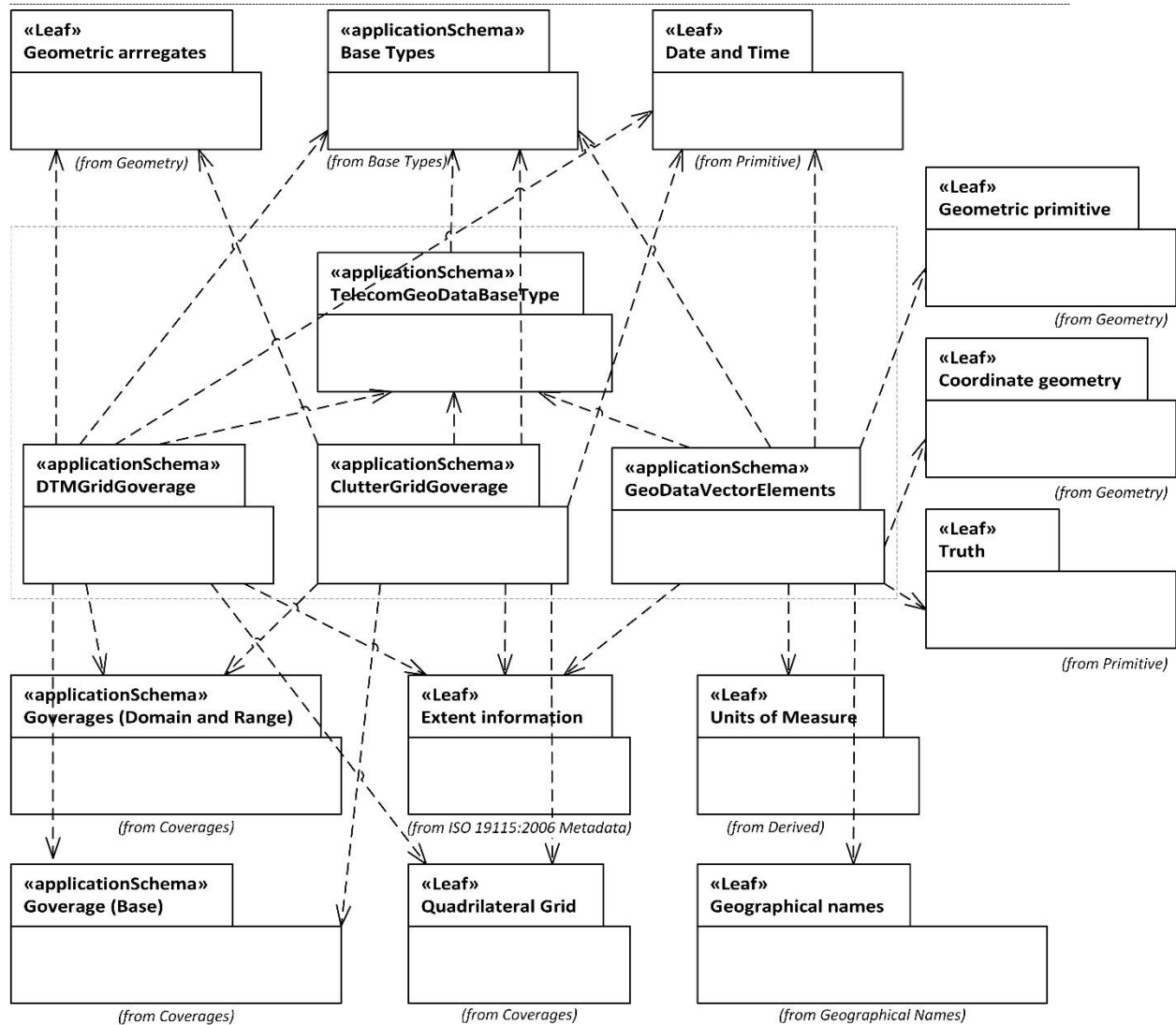


Рис. 2. Залежність пакета TelecomGeoDataTypes

Висновки. Стрімкий розвиток 4G-технологій ставить власні вимоги до топографічного забезпечення для цілей планування й оптимізації стільникових мереж. В статті визначено основні вимоги до складу топографічного забезпечення, наведено перелік і схему обов'язкових і додаткових класів у вигляді UML-діаграми класів. Вимоги до складу, форми подання, точності та роздільної здатності, актуальності та інших характеристик геопросторових даних для радіочастотного планування є темою подальших досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10°000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000 / Затв. наказом Гол. упр. геодезії, картографії та кадастру України №156 від 31.12.1999 р. і погодж. з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України // Топографо-геодезична та картографічна діяльність: законодавчі та нормативні акти: у 2 ч. – Вінниця: Антекс, 2002. – Ч. 1. – С.171–188.*

2. *Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 / Затв. наказом Гол. упр. геодезії, картографії та кадастру*

при Кабінеті Міністрів України №3 від 24.01.94 // Топографо- геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти: у 2 ч. – Вінниця: Антекс, 2002. – Ч. 1. – С.84–89.

3. *COV 71.12 – 37-944:2014*, 2014: База топографічних даних. Загальні вимоги. Стандарт Мінагрополітики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/b691cae0-0a8b-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf>.

4. База топографічних даних. Правила кодування та цифрового опису векторних даних. Книга 1, Стандарт Мінагрополітики України, 2014, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/8252efa0-0a8d-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf>

5. База топографічних даних. Правила кодування та цифрового опису векторних даних. Книга 2, Стандарт Мінагрополітики України, 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/4d624600-0a8e-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf>

6. *COV 71.12-37–948:2014*: База топографічних даних. Правила цифрового опису рельєфу. Стандарт Мінагрополітики України, 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/469a8b80-0a8d-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf>.

7. *COV 71.12–37– 949:2014*: База топографічних даних. Каталог об'єктів і атрибутів. Стандарт Мінагрополітики України, 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/6e82cda0-0a8e-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf>.

8. Карпінський Ю.О. Еталонна модель бази топографічних даних / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець // Вісник геодезії та картографії. - 2010. - № 2. - С. 28-36.

9. *Atoll 3.2.1 Model Calibration Guide*, Release AT321_MCG_E2 (May, 2014).- Forsk.- 2014. - Р. 94.

10. *ICS telecom nG User Manual*, Part 1.- ATDI.- 2006.- Р. 308.

11. *Enterprise User Reference Guide*, Software version 8.1, Reference Guide Edition 4.- AIRCOM International Ltd. - 2014. - Р. 426.

12. Карпінський Ю.О. Трансформування растрових моделей цифрових карт і планів. / Ю.О Карпінський, О.Г. Грачов //Вісник геодезії та картографії. - 2001. - №3. - С. 65-73.

13. *INSPIRE D2.5: Generic Conceptual Model*, Version 3.4rc3, 2013-04-05 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3.4rc3.pdf.

14. Ákos Milánkovich, Károly Lendvai, Sándor Imre, Sándor Szabó Radio propagation modeling on 433 MHz, Materials of International Conference, EUNICE 2012, Budapest, 2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dl.ifip.org/db/conf/ifip6-6/eunice2012/MilankovichLIS12.pdf>.

15. *Thomas Schwengler*, Wireless & Cellular Communications, Version 3.9, Telecommunication Systems Laboratory, Colorado, USA, 2016, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://morse.colorado.edu/~tlen5510/text/classwebch3.html#x14-570003.3.2>

16. M. S. Shairudin, N. M. Din, N. A. M. Radzi, I. S. Mustafa. Comparison of propagation path loss models on outdoor wireless LAN Applications in rural areas, The 3rd National Graduate Conference (NatGrad2015), Universiti Tenaga Nasional, Putrajaya Campus, Malaysia, P. 344-348.

REFERENCES

1. Osnovni polozhennya stvorenniya ta onovlenniya topografichnyh kart mashtabiv 1:10°000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. [Main requirements for creating and updating of topographical maps scale of 1:10°000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000]. (2002). *Topografo-heodezychna ta kartografichna diyalnist: Zakodavchi ta normatyvni akty – Geodetic and cartographical activity: Law and normative acts*. Vinnytycia: Anteks, part 2, 171-188 [in Ukrainian].

2. Osnovni polozhennya stvorenniya ta onovlenniya topografichnyh planiv mashtabiv 1:°5°000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 та 1: 500. [Main requirements for creating and updating of topographical plans scale of 1:°5°000, 1: 2 000, 1: 1 000 , 1: 500]. (2002). *Topografo-heodezychna ta kartografichna diyalnist: Zakodavchi ta normatyvni akty – Geodetic and cartographical activity: Law and normative acts*. Vinnytycia:Anteks, part 2, 84–89 [in Ukrainian].

3. Baza topohrafichnyh danyh. Zahalni vymohy [Topographical data base. General Requirements]. (2014). Standard of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, *SOU 71.12 – 37-944:2014*. Retrieved from <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/b691cae0-0a8b-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf> [in Ukrainian].

4. Baza topohrafichnyh danyh. Pravyla koduvanya ta tsyfrovoho opysu vektornyh danyh. Knyha°1. [Topographical data base. Rules of coding and digital description of vector data. Book°1]. (2014). Standard of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Retrieved from <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/8252efa0-0a8d-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf> [in Ukrainian].

5. Baza topohrafichnyh danyh. Pravyla koduvanya ta tsyfrovoho opysu vektornyh danyh. Knyha°2 [Topographical data base. Rules of coding and digital description of vector data. Book°2]. (2014). Standard of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Retrieved from <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/4d624600-0a8e-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf> [in Ukrainian].

6. Baza topohrafichnyh danyh. Pravyla tsyfrovoho opysu relyefu [Topographical data base. Rules of digital description of relief data]. (2014). Standard of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, *SOU°71.12°-°37°–°948:2014*. Retrieved from <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/469a8b80-0a8d-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf> [in Ukrainian].

7. Baza topohrafichnyh danyh. Katalog obyektiv ta atrybutiv [Topographical data base. Catalog of objects and attributes]. (2014). Standard of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine , *SOU°71.12°-°37°– 949:2014*. Retrieved from <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/6e82cda0-0a8e-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf> [in Ukrainian].

8. Karpinskyi Yu. O., Lyashchenko.A.A., Runets R. V. (2010). Etalonna model bazy topografichnykh danykh [The reference model of topographical data base]. *Visnyk geodeziyi ta kartografiyi – Geodesy and Cartography Digest*, 2(65), 28-36 [in Ukrainian].
9. Atoll 3.2.1 Model Calibration Guide, Release AT321_MCG_E2 (2014). Forsk.
10. ICS telecom nG User Manual, Part 1. (2006). ATDI.
11. Enterprise User Reference Guide, Software version 8.1, Reference Guide Edition 4. (2014). AIRCOM International Ltd.
12. Karpinskyi Yu. O. & Hrachov O.H. (2001). Transformuvannya rastrovnykh modelei tsyfrovnykh kart i planiv [The transformation of raster models of digital maps]. *Visnyk geodeziyi ta kartografiyi – Geodesy and Cartography Digest*, 3, 65-73 [in Ukrainian].
13. INSPIRE D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.4rc3. (2013). Retrieved from http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3.4rc3.pdf.
14. Ákos Milánkovich, Károly Lendvai, Sándor Imre, Sándor Szabó (2012). Radio propagation modeling on 433 MHz. *Materials of International Conference, EUNICE*. Retrieved from <http://dl.ifip.org/db/conf/ifip6-6/eunice2012/MilankovichLIS12.pdf>.
15. Thomas Schwengler (2016). Wireless & Cellular Communications, Version 3.9, Telecommunication Systems Laboratory, Colorado, USA. Retrieved from <http://morse.colorado.edu/~tlen5510/text/classwebch3.html#x14-570003.3.2>.
16. Shairudin M. S., Din N. M., M. Radzi N. A., Mustafa I. S. (2015). Comparison of propagation path loss models on outdoor wireless LAN Applications in rural areas, *The 3rd National Graduate Conference (NatGrad2015)*, Universiti Tenaga Nasional, Putrajaya Campus, Malaysia, 344-348.

Л.В. Примак

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В статье рассмотрены основные требования к составу и содержанию топографического обеспечения для целей планирования и оптимизации радиочастотных телекоммуникационных сетей. Обязательное наличие топографических данных было аргументировано их наличием как функций в эмпирических моделях для расчета потерь амплитуды радиосигнала. Определены обязательные (цифровая модель рельефа, клаттер, высотный клаттер) и второстепенные (карта распределения населения, векторные данные дорожной и гидрографической сети, административно-территориальное деление и другие) составляющие геопространственных данных, используемых в процессе оптимизации. Указан типичный перечень кодов клаттера и даны пояснения значений кодов. Построена прикладная схема топографического обеспечения TelecomGeoDataBase в виде UML-диаграммы классов и указаны ее связи с внешними пакетами - Generic Conceptual Model [DS-D2.5], ISO-стандартами и другими.

Ключевые слова: топографическое обеспечение, радиопланирование, оптимизация радиосетей, DTM, клаттер, модель препятствий, радиолокационное препятствие, высота радиолокационных препятствий, высотный клаттер, DSM.

L. Prymak

**THE MAIN REQUIREMENTS FOR TOPOGRAFIC COMPONENTS
FOR THE PURPOSES OF RADIO NETWORK PLANNING AND
OPTIMIZATION**

The article considers the main requirements for the topographic data content, which is the base of radio network propagation and optimization. The availability of topographic data was argued by their presence as functions in empirical models for computing a path loss exponent. Digital terrain model, clutter, clutter height were defined as mandatory components for the purposes of radio planning and optimization. DTM, clutter and clutter height together were defined as digital surface model but the direct use of DSM in present software platforms is not widespread yet. The typical list of clutter codes and their description was given. Optional list of spatial data such as population clutter, roads and hydrography vector datasets, administrative territorial division and others was defined as well. The application schema TelecomGeoDataBase was organized as UML class diagram. The structures of main UML classes DTMGridCoverage, ClutterGridCoverage, ClutterHeightGridCoverage and PopClutterGridCoverage were proposed. The dependencies between TelecomGeoDataDase package and other external packages (from Generic Conceptual Model [DS-D2.5], ISO standards and others) were described.

Keywords: topographic data, radio planning and optimization, DTM, clutter, clutter height, radio obstacle, DSM

Надійшла до редакції

13.04.2018

Н. Ю. Лазоренко-Гевель, канд. техн. наук, доцент,
І.О. Галіус, студент
кафедра геоінформатики і фотограмметрії
Київський національний університет будівництва і архітектури

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

У статті розглянуто процес створення геоінформаційних моделей бази геопросторових даних (БГД) будівель і споруд як складової єдиної цифрової топографічної основи України, яка на даний час знаходиться на стадії проектування. Проектування виконано відповідно до міжнародних стандартів серії ДСТУ ISO 19100 «Географічна інформація/Геоматика» специфікацій INSPIRE Data Specification on Buildings та ELF Data Specification.

Планується, що запроектована база геопросторових даних будівель і споруд може бути використана у складі геоінформаційної системи (ГІС) або як окрема спеціалізована БГД, яку можна було б гармонізувати з іншими БГД і кадастрами, наприклад, з містобудівним кадастром.

Наведено також результати дослідної реалізації запроектованої БГД будівель і споруд, розроблено технологічні моделі геоопрацювання з метою наочного відображення можливостей БГД і результатів їх застосування.

Ключові слова: база геопросторових даних, будівлі та споруди, цифрова топографічна основа.

Вступ. Інтеграція України в Європейське співтовариство і необхідність комплексного розвитку населених пунктів потребують вивіреної політики з боку органів виконавчої влади регіонального, субрегіонального та базового рівнів. Управління населеним пунктом — це складний процес, неможливий без достовірних даних про поточний стан справ, ефективних механізмів їх оброблення та чіткої взаємодії різних підрозділів і служб населеного пункту. Тому обов'язковою умовою ефективного управління навіть невеликим населеним пунктом є створення сучасних інформаційних систем, розробка ефективних механізмів збирання, опрацювання та видачі інформації.

Таким чином, актуальність теми статті зумовлена необхідністю підвищення ефективності комплексного управління територіями населених пунктів на основі використання баз геопросторових даних і геоінформаційних систем, розроблених на єдиній цифровій топографічній основі, яка нині в Україні тільки проектується. Тому проектування та реалізація таких БГД, зокрема будівель і споруд, є нагальною потребою.

Отримана за допомогою баз геопросторових даних інформація гарантує інвесторові надійність його вкладень, дає змогу раціонально розпоряджатися коштами. Створення БГД будівель і споруд забезпечить організації, що веде облік об'єктів нерухомості і реєстрацію прав на них, інформацією, потрібною для