

## **РОЗРОБКА І ОБГРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ФОРМАТУ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ У РАМКАХ ДОГОВОРУ „ВІДКРИТЕ НЕБО”**

С.В. Чорний, О.А. Жевтюк, В.В. Михалко, Н.Н. Азімов  
(Харківський університет Повітряних Сил)

*Досліджується можливість використання апаратури спостереження із системами цифрового запису у рамках Договору „Відкрите небо”, а також вибір, зберігання та обмін зображень у цифрових форматах.*

*договір „Відкрите небо”, системи цифрового запису, цифровий формат*

**Постановка проблеми.** Договір „Відкрите небо” (ДВН) підходить до другого етапу свого існування, на якому бортові комплекси спостереження країн-учасниць будуть використовувати максимальні можливості, закладені цим договором.

У зв’язку з значним технічним прогресом у галузі мікроелектроніки, обчислювальної техніки, систем спостереження, систем запису інформації за час дії першого етапу ДВН, рядом країн-учасниць ДВН запропоновано на другому етапі дії угоди перейти на використання систем цифрового запису отримуваних системами спостереження даних та обміну зображеннями у цифрових форматах.

Таким чином постає ряд проблем:

- вибір форматів запису зображень у цифровій формі з урахуванням витрат на програмне та апаратне забезпечення;
- вибір процедур сертифікації систем спостереження з цифровим записом інформації;
- розробка підходів до зберігання зображень у цифровій формі.

На підставі цих проблем можна сформулювати ряд часткових питань, що підлягають вирішенню або уточненню:

- чи має бути формат цифрових ДВН-зображень єдиним для вирішення задач сертифікації апаратури спостереження та міждержавного обміну даними;
- які мають бути процедури перетворення зображень з внутрішніх форматів апаратури спостереження (у тому числі аналогових) у стандартний;
- які мають бути процедури міжнародної перевірки якості роботи систем перетворення зображень у цифрову форму та перетворень форматів;

- які мають бути процедури візуального аналізу зображень при сертифікації систем спостереження з цифровим записом інформації;
- яким вимогам має відповідати національна система зберігання цифрових ДВН-зображень.

**Аналіз літератури.** У [1] представлені основні положення та вимоги до апаратури, для проведення польотів спостереження над країнами-учасниками ДВН. В [2] розглянуті найбільш розповсюджені цифрові формати, структура, опис і відмінні особливості цифрових форматів зберігання, а також приведені рекомендації щодо програмування та розробки власних цифрових форматів.

**Мета статті.** Аналіз та визначення, серед багатьох існуючих (або розробка вітчизняного), формату запису зображень у цифровій формі при переході на який забезпечується надійне зберігання ДВН-зображень, простота роботи у найбільш розповсюджених графічних редакторах та найменші фінансові витрати.

**Матеріали досліджень.** Єдиний стандарт обміну цифровими зображеннями у ДВН має бути узгоджений у всякому разі, якщо такі зображення будуть прийняті до використання у ДВН. Однак цифрові зображення не можуть бути не прийняті до використання у ДВН в наслідок технічної революції у галузі обробки інформації.

У рамках ДВН можна виділити два основних напрями використання отриманих цифрових зображень: візуальний аналіз, дешифрування (інтерпретація) об'єктів та їх топоприв'язка; побудова цифрових карт місцевості.

Перше з цих завдань вирішується у разі цифрових зображень звичайними редакторами зображень загального користування, а друге – у рамках спеціалізованих геоінформаційних систем (ГІС). Застосування ГІС виправдане у разі значного безперервного потоку цифрових зображень який має місце при роботі з супутниковими системами спостереження. У випадку роботи в ДВН у даний час немає, і у перспективі до 2008 року не заплановано встановлення на літак спостереження України систем спостереження з електронним записом інформації в наслідок обмеженого фінансування. Тому на другому етапі дії ДВН в Україну будуть надходити цифрові зображення лише її території та об'єктів. Їх обробку доцільно проводити лише у напрямку перевірки дотримання сторонами, що спостерігають, вимог до розрізнення апаратури спостереження. Цю перевірку можна виконати редакторами зображень звичайного користування.

Запропонований до використання для обміну цифровими зображеннями у ДВН формат BIIF (OSDDEF) орієнтований на професійне про-

грамне забезпечення ГІС (PRO600, ORIMA, SOCET SET, DODGER, MicroStation, GeoGraphics), які мають високу вартість( $\approx 500000\$$ ) і може бути використаний лише у їх рамках цих програмних продуктів. Цей формат не підтримується широко розповсюдженими редакторами зображень та програмами перегляду зображень загального користування (Adobe Photoshop, IrfanView, Corel PHOTO-PAINT), які мають відносно низьку вартість( $\approx 500\$$ ).

США, Російська Федерація, Франція, Велика Британія та ФРН мають розвинуті системи космічного моніторингу, що надають великий обсяг цифрових зображень та широко користуються програмним забезпеченням ГІС. Крім того формат ВІІФ є подальшим розвитком формату NITF, який є стандартом НАТО. Цим пояснюється прихильність вказаних країн НАТО до стандарту ВІІФ (OSDDEF).

В ДВН на етапі візуального аналізу зображень при сертифікації відеокамер у даний час використовується формат TIFF. Так, згідно чинної угоди, пропонується надавати експертам зображення у форматі TIFF та застосовувати звичайні розповсюджені редактори зображень типу CinePaint або Adobe Photoshop, які формат ВІІФ та OSDDEF не підтримують.

Формат цифрових зображень TIFF є більш поширеним ніж ВІІФ і підтримується більшістю програмних продуктів з обробки зображень, як редакторами зображень загального користування, так і ГІС. Анотація даних може бути виконана окремим текстовим файлом.

Враховуючи можливість виникнення різниці у розрізненні при перетвореннях форматів цифрових зображень, візуальний аналіз цифрових зображень у рамках ДВН необхідно виконувати на підставі обраного для обміну стандартного ДВН-формату цифрових зображень з використанням програмного забезпечення для перегляду зображень, яке підтримує даний формат.

Отже, разом з прийняттям формату цифрових ДВН-зображень необхідно розглядати відповідне програмне забезпечення для його обробки (перегляду) та доводити неможливість маніпулювання якістю даних з його допомогою.

Запропонований формат цифрових зображень OSDDEF є підмножиною ВІІФ та за ознаками є метафайлом. Він одночасно передає текстові дані (анотацію) та дані зображення. У зв'язку з цим доцільно порівняти його з відомими розповсюдженими форматами метафайлів та графічних файлів, що надають можливість зберігання анотацій разом з графічними даними. Суттєвим параметром графічного формату є також максимальний розмір файла, який повинен узгоджуватись з можливостями програмного забезпечення, що застосовується для перегляду та обробки. На-

приклад для програми Adobe Photoshop 7.0 максимальний розмір графічного файлу складає 2Мб (30000 × 30000 пікселів). Формат має зберігати виключно растрові не стиснуті дані, так як векторні дані та растрові стиснуті дані створюються завдяки кодуванню, що заборонено в рамках ДВН. Слід звернути увагу на те, що власний формат цифрових зображень Adobe Photoshop типу PDF дає можливість зберігати у одному файлі зображення і його анотацію.

З'ясуємо, які ліцензійні виплати мають робити користувачі запропонованого формату за його використання (табл. 1).

Таблиця 1

Огляд програм перегляду та редагування зображень загального призначення

№ з/п	Найменування програм растрової графіки	Перегляд/ імпорт форматів зображень	Зберігання/ експорт форматів зображень	Рівень ліцензування
1.	Microsoft Paint	BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG, ICO...	BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG	Стандартна, в ОС Windows
2.	Microsoft Photo Editor	BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG, PCD, PCX...	BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG, PCD	Входить у Microsoft Office
3.	IrfanView	BMP, CAM CLP, CPT, DCM, EPS, FPX, GIF, ICO, IFF, IMG, JP2, JPEG, KDC, PCD, PNG, PSD, TGA, TIFF, WMF...	JP2, JPEG, GIF, BMP, PNG, TIF, EMF, TGA, ICO, WMF и др.	FREEWARE, розповсюджується безкоштовно
4.	ACDSee	BMP, EMF, EPS, FPX, GIF, ICO, IFF, JPEG, PCD, PIC, PNG, TGA, TIFF ...	BMP, GIF, IFF, JPEG, PCX, PNG, PCD, RAS, RSB, SGI, TGA, TIFF	Copyright ACD Systems, Ltd.
5.	AdobeImage Ready	PSD, JPEG, GIF, PNG, BMP, TIFF, TGA, PCD...	PSD, BMP, TIFF, TGA, PCX	Adobe Systems, Inc. All rights reserved
6.	Adobe Photoshop	PSD, JPEG, GIF, PNG, BMP, TIFF, TGA, PCD...	PSD, BMP, TIFF, TGA, PCX, JPEG, RAW	Adobe Systems, Inc. All rights reserved
7.	Corel PHOTO-PAINT	CPT, BMP, PPF, RIFF, TGA, GIF, JPG, JP2, TIFF, ICO, PSD, PNG, DXF, AI, WMF, CDR...	CPT, BMP, TGA, GIF, JPG, JP2, TIFF, PSD, PNG	Corel Corporation. All rights reserved

Таким чином, у разі переходу на використання формату ВІІF, Україна має придбати для використання у рамках ДВН принаймні одну робочу станцію ГІС з ліцензованим програмним забезпеченням для підрозділів ДВН і, відповідно, по одній на кожен потенційну організацію-користувача. В цілому сума (без ліцензійних відрахувань за користування форматом) може скласти близько 1,5 мільйони доларів США. Таким чином, використання у якості стандартного ДВН-формату обміну даними формату ВІІF(OSDDEF) пов'язано у порівнянні з використанням формату ТІІF із значними матеріальними витратами для України. Слід також прийняти до уваги те, що необхідно буде накопичувати значні обсяги такої інформації та витратити кошти на носії інформації.

На кафедрі аерокосмічної розвідки Харківського університету Повітряних Сил проведено дослідження з питання: якщо Україна погодиться на обмін нестиснутими цифровими зображеннями у ході місії ДВН, то яка кількість пам'яті для запам'ятовування цифрових зображень, якщо системи спостереження у рамках ДВН будуть перетворені на цифрові (аналогічно КS-87) з такими самими мінімальними висотами, або у разі застосування нових цифрових систем спостереження? У табл. 2 наведено результати обчислення загальних обсягів пам'яті, необхідної для запам'ятовування зображень систем спостереження ДВН, у разі переведення їх на цифрові носії, та сучасних цифрових систем спостереження, що не використовуються у рамках Відкритого Неба.

Розрахунки обсягів пам'яті перевірені по паспортних даних ADS40. Таким чином, якщо ми маємо 3-колірне зображення з 8-бітним перетворенням рівня яскравості з кількістю пікселів  $12000 \times 12000$ , то обсяг пам'яті для нестиснутого зображення одного кадру становитиме 412 МВ та 22,3 терабайти (тисячі мегабайтів) для 277 знімків вздовж 1000 км польоту. У зв'язку зі значними обсягами отримуваної інформації, необхідної для запам'ятовування цифрових знімків сучасні цифрові системи спостереження використовують різні методи стиснення інформації. Різні формати зберігання зображень містять різні методи стиснення.

У табл. 3 проведено порівняння відомих форматів зберігання з неруйнівним стисненням цифрових зображень. Однак у разі стиснення з'являється проблема: чим більше стиснення, тим більші втрати часу на перетворення. Для стиснення усіх знімків місії ДВН як, наприклад Угорщини в Україні від 20.04.2005 (по 10 знімків на кожний з 26 об'єктів, що спостерігались) необхідно 82,3 години (3,4 доби) безперервної роботи комп'ютера SAMSUNG P20 (ноутбук на базі P4) з 712 МВ оперативної пам'яті.

Таблиця 2

Результати обчислення загальних обсягів пам'яті, необхідної  
для запам'ятовування зображень систем спостереженн

№ з/п	Системи спостереження	H <sub>min</sub> , м	Кількість знімків на 1000 км польоту	Розміри ділянки місцевості для одного кадру, км	
				поперечна складова	подовжня складова
1.	Leica Wild RC 30	3200	207	4,8	4,8
2.	Vinton 900B	1200	152	6,6	1,1
3.	AFA 41-7,5	1210	353	2,8	2,8
4.	AFA 41-10	3103	179	5,6	5,6
5.	OMERA-33 (2xV)	3500	515	1,9	1,9
6.	Leica RC 30	2993	167	5,9	5,9
7.	LMK 1000/9	2047	191	5,2	5,2
8.	KA-91 C	10814	44	22,8	22,8
9.	KS-87 E (L)	2224	602	1,7	1,7
10.	KS-87 E (V)	2172	307	3,3	3,3
11.	AFA 41-7,5 (V)	1073	398	2,5	2,5
12.	AFA 41-20 (V)	2308	481	2,08	2,08
13.	KS 116	5290	34	29,0	2,2
14.	KS-87 B	1965	338	2,9	2,9
15.	KA-95B	750	88	11,3	0,3
16.	HV-C20	1806	$2 \times 10^5$	0,09	0,09
17.	HV-C20	1806	$2 \times 10^5$	1,6	1,6
18.	ADS40	5625	142	7,03	7,0
19.	ADS40	2884,6	277	3,6	3,6
20.	KS-87	2286	290	3,4	3,4
21.	THALES Type 8220	447,7	645	1,5	1,5
22.	THALES Type 8042	8437,5	546	29,2	1,8

У табл. 4 наведено розрахунки обсягів інформації та коштів на придбання носіїв (жорстких дисків) для обміну цифровими зображеннями на протязі одного року в залежності від квот кожної держави-учасниці ДВН (активних та пасивних) для різних форматів зберігання зображень. Розрахунки проведено для типової місії ДВН (місія Угорщини в Україні, 26 об'єктів на кожні 1400 км польоту та 10 знімків на кожний об'єкт).

З цієї таблиці видно, що формат TIF (з LZW стисканням), GIF, uz1 та sav (з lzh-стисканням) забезпечують мінімальні кошти на обмін цифровими зображеннями. Однак sav-архіви потребують найбільшого часу для перетворення та не працюють з відомими програмами перегляду знімків, а формат GIF не підтримує ASCII анотацію знімків. Таким чином, формат TIF (з LZW-стисканням) виглядає найбільш перспективним. Для України це зменшує витрати коштів у 7 разів з 7,7 мільйонів доларів США до 1,2 мільйонів доларів США кожний рік.

Закінчення табл. 2

№ з/п	Необхідна кількість пікселів		Обсяг інформації у кадрі, МВ		Загальна кількість інформації на 1000 км польоту, МВ
	поперечна складова	подовжня складова	не зжата	зжата	
1.	32129	32129	984,5	196,9	39,9
2.	43875	7349	307,5	61,5	9,1
3.	18872	18872	339,7	67,9	23,4
4.	37224	37224	1321,5	264,3	46,2
5.	12934	12934	159,6	31,9	16,1
6.	39874	39874	1516,4	303,3	49,5
7.	34900	34900	1161,6	232,3	43,3
8.	151815	151815	21980,4	4396,1	188,5
9.	11080	11080	117,1	23,4	13,8
10.	21689	21689	448,6	89,7	26,9
11.	16736	16736	267,1	53,4	20,8
12.	13854	13854	183,1	36,6	17,2
13.	193415	14684	2708,7	541,7	18,2
14.	19729	19729	371,3	74,2	24,5
15.	75531	2049	147,6	29,5	2,5
16.	795	596	1,4	0,3	13,2
17.	795	596	1,4	0,3	13,2
18.	24000	24000	549,3	109,9	15,3
19.	12000	12000	411,9	82,4	22,3
20.	10000	10000	143,1	28,6	8,1
21.	8192	8192	96	32	20,2
22.	12288	12288	216	72	38,4

Порівняння відомих форматів зберігання  
з неруйнівним стискуванням цифрових зображень

Неруйнівні методи стискування	Необхідний обсяг пам'яті, МВ							
	BMP or BIF	PSD	TIF	TIF	TIF	PNG	GIF	ZIP
Внутрішні режими стискування			NONE	ZIP	LZW			
Обсяг пам'яті, МВ	412	212	412	62	61,5	64,6	57,3	81,6
Коефіцієнт стискування відносно BMP	1	0,5	1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Час для стискування, хв.								

Закінчення таблиці 3

Неруйнівні методи стискування	Необхідний обсяг пам'яті, МВ				
	lha	yzl	cab	cab	cab
Внутрішні режими стискування	frozen 6		MsZip	Lzx	Quantum
Обсяг пам'яті, МВ	77,5	56,8	82,3	51,3	82,3
Коефіцієнт стискування відносно BMP	0,2	0,138	0,19	0,1	0,199
Час для стискування, хв.	6	3		19	

З іншого боку, для зберігання зображень використовують також методи стискування зі зменшенням якості зображення, як наприклад JPEG. На нашу думку такі методи також можуть застосовуватись у рамках ДВН для створення  $H_{\min}$  для цифрових систем спостереження без додаткових деградаційних світлофільтрів. Однак такі методи мають сертифікуватися як невід'ємна складова відповідної конфігурації, а нестиснуті зображення, у разі їх накопичення даними системами, мають бути знищені узгодженим порядком.

**Висновки.** 1. Обмін цифровими зображеннями є найбільш ефективним з точки зору зменшення витрат у разі використання форматів зображень з їх неруйнівним стискуванням, як, наприклад, TIFF.

2. Цифрові формати з частковою втратою зображення (JPEG) можуть застосовуватись, як елемент конфігурації для створення різних  $H_{\min}$  без застосування додаткових (деградаційних) оптичних фільтрів. У цьому разі, накопичені нестиснуті дані вищої якості та їх копії мають бути знищені.

3. Прийняття формату BIF(OSSDEF), як стандартного для обміну цифровими анованими зображеннями у рамках ДВН приведе до збільшення



Таблиця 4

Розрахунки обсягів інформації та коштів на придбання носіїв для обміну цифровими зображеннями

№	Держава	Кількість квот	Максимальна дальність польоту, км	Максимальна кількість об'єктів спостереження	Загальна кількість знімків	Загальна кількість пам'яті на рік (активна + пасивна квоти), МВ
1.	FRG	12	1200	22	223	2203611,4
2.	USA	42	4900	91	910	31493280
3.	RF	42	6500	121	1207	41776800
4.	Benelux	6	945	18	176	867672
5.	Canada	12	6000	111	1114	11018057,1
6.	Denmark	6	5600	104	1040	5141760
7.	French Republic	12	1400	26	260	2570880
8.	United Kingdom	12	1500	28	279	2754514
9.	Italian Republic	12	1400	26	260	2570880
10.	Kingdom of Norway	7	1700	32	316	1821040
11.	Poland	6	1400	26	260	1285440
12.	Romania	6	900	17	167	826354
13.	Turkey	12	1500	28	279	2754514
14.	Ukraine	12	2100	39	390	3856320

№	державна	Вартість обміну цифровими зображеннями в різних форматах, \$ США							
		BMP або BIFF	PSD	TIF (NONE)	TIF (LZW)	PNG	GIF	yz1	Cab (Lzx)
1.	FRG	4407222,9	2267794,3	4407222,9	657874,3	691035,4	612946,3	607597,7	548763,4
2.	USA	62986560	32410560	62986560	9402120	9876048	8760024	8683584	7842744
3.	RF	83553600	42993600	83553600	12472200	13100880	11620440	11519040	10403640
4.	Benelux	1735344	892944	1735344	259038	272095,2	241347,6	239241,6	216075,6
5.	Canada	22036114	11338971	22036114	3289371,4	3455177,1	3064731,4	3037989	2743817
6.	Denmark	10283520	5291520	10283520	1535040	1612416	1430208	1417728	1280448
7.	French Republic	5141760	2645760	5141760	767520	806208	715104	708864	640224
8.	United Kingdom	5509028,6	2834742,9	5509028,6	822342,9	863794,3	766182,9	759497,1	685954,3
9.	Italian Republic	5141760	2645760	5141760	767520	806208	715104	708864	640224
10.	Kingdom of Norway	3642080	1874080	3642080	543660	571064	506532	502112	453492
11.	Poland	2570880	1322880	2570880	383760	403104	357552	354432	320112
12.	Romania	1652708,6	850422,7	1652708,6	246702,9	259138,3	229854,9	227849,1	205786,3
13.	Turkey	5509028,6	2834742,9	5509028,6	822342,9	863794,3	766182,9	759497,1	685954,3
14.	Ukraine	7712640	3968640	7712640	1151280	1209312	1072656	1063296	960336

витрат України на придбання ліцензованих програмних продуктів для їх обробки на рівні 1,5 мільйони доларів США.

4. З переходом до використання цифрових зображень у ДВН, виникає необхідність створення національної бази України для зберігання цифрових ДВН-зображень. Мають бути вжиті всі заходи для забезпечення цілісності інформації, гарантованого доступу до неї та незалежності її функціонування від зовнішнього впливу. Зокрема формат зображень, що зберігаються у національній базі має відрізнятися від стандартного ДВН формату для запобігання запланованому її руйнуванню. Витрати на створення вказаної бази, включаючи ліцензування програмного забезпечення та технічних засобів, можна оцінити на рівні 0,5 – 1 мільйон доларів США.

5. Формат цифрових зображень TIFF є більш поширеним ніж ВІІF(OSDDEF) і підтримується більшістю програмних продуктів з обробки зображень та вже використовується в ДВН. Анотація даних може надаватися окремим текстовим файлом.

6. Перспективним з позицій обміну анотованими ДВН-зображеннями є також формат PSD (редактор Adobe Photoshop).

7. Використання двох форматів цифрових зображень: одного для візуального аналізу (TIFF), а іншого (OSDDEF) для обміну даними може привести до виникнення різниці у якості зображень під час перетворення форматів.

8. Сумарні витрати України у разі прийняття формату ВІІF можна оцінити на рівні 1,5 – 2,5 мільйони доларів США. Витрати у разі прийняття формату TIFF або PSD для обміну цифровими зображеннями складуть на рівні 0,5 мільйона доларів США.

9. Обраний формат обміну цифровими зображеннями та програмне забезпечення для візуального аналізу зображень, записаних за його допомогою, мають пройти спільне тестування за участю міжнародних експертів ДВН до початку сертифікації літаків на борту яких є системи з електронним записом зображень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кирк У. Клар, Стівен Е. Блок. Договор "Открытое небо". – Агентство по уменьшению угрозы. Отдел истории 45045 Aviation Drive Dulles International Airport Dulles, VA 20166 – 7517, 1999. – 70 с.
2. Мюррей Д., У. ван Рейпер. Энциклопедия графических файлов. – К.: BHV, 1997. – 672 с.

Надійшла 18.04.2005

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор І.І. Зима,  
Харківський університет Повітряних Сил.