

ОЦІНКА РАДІОМЕТРІЇ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНІЙНОЇ МОДЕЛІ З ВАГОВИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

© Почкін С., 2009

Приведена математическая модель оценки радиометрии образа, в которой использованы весовые коэффициенты, дающие возможность дифференцированно описать качество изображения. Приведены результаты экспериментальных работ по интерпретации на цифровых снимках основных элементов кадастровых карт.

Mathematical model of evaluation of image radiometry using weight coefficients is considered in the paper. These coefficients allow to describe differentially the image quality. The results of experimental works on interpretation of main elements of cadastral maps on the digital images are shown.

Постановка проблеми. Сучасні аеро- та космічні знімальні системи різняться між собою не тільки геометричною точністю координування, але й здатністю розпізнавання на них об'єктів земної поверхні. Відомості про радіометричну роздільну здатність часто мають описовий характер, іноді в них трапляються елементи рекламного характеру. Тому необхідно розробити об'єктивний підхід, який давав би аргументовану порівняльну оцінку таких систем.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Вирішення проблеми об'єктивної порівняльної оцінки аеро- та космічних знімальних систем дасть змогу значно розширити діапазон застосування таких зображень для розв'язання конкретних практичних завдань, зокрема матиме вплив на застосування їх у разі картографічного забезпечення кадастрових робіт.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених розв'язанню поставленої проблеми. Згідно з теорією цифрового зображення [5] точність представлення зображення залежить від двох чинників:

- кількості вибіркової точок;
- кількості рівнів квантування сигналу.

Перший чинник називають просторовою роздільною здатністю. Оскільки процес отримання зображення трактується як процес передавання інформації, то до якості передавання сигналів застосовують ентропію як міру невизначеності передавання якості зображення. Об'єкт розглядається як сукупність яскравості випадкових величин x_1, x_2, \dots, x_n з ймовірностями $P(x_1), P(x_2), \dots, P(x_n)$. Тоді ентропія зображається як усереднене значення ймовірностей по всьому полю зображення [1, 4]:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \lg_2(P(x_i)) \quad (1)$$

Для цифрового образу, який має лише чорне і біле значення яскравості, запис яскравості постає як один біт: 0,1. Якщо маємо більшу градацію степенів сірого – перехід від абсолютно чорного до абсолютно білого значення яскравості, то це подають як 2^k , де k – степінь зображення яскравості. При $k=3$ кількість позицій у сигналі становитиме 8. При $k=8$ кількість позицій дорівнює $2^8=256$. З обчислень за формулою (1) ентропія для цього випадку дорівнює $H(x)=8$. Це означає, що в кожній вибірковій точці (для цифрового образу – в кожному пікселі) для записування яскравості потрібно 8 бітів.

Чим вищий степінь зображення яскравості, тим краще зображення буде сформовано. При $k=12$ маємо 4096 градацій сірого, а при $k=14$ отримаємо 16384 градацій.

Це має очевидний зв'язок з інформаційним об'ємом конкретного зображення. Відповідно до теорії перетворення сигналів існує залежність між розміром пікселя (просторова роздільна

здатність) та радіометрією образу. У літературі [6] наводяться такі порівняльні дані: образ з радіометрією 12 бітів має такий самий інформаційний об'єм, як зображення 8-бітове, але з кількістю бітів в 4 рази більшою. Тобто 1 піксел 12-бітовий дорівнює 4 пікселам 8-бітовим.

Такий самий підхід застосовують для кольорових зображень (RGB), окремо для кожного каналу: R – червоний, G – зелений, B – голубий.

Як відомо, цифрове зображення можна отримати або скануванням фотознімків, або ж цифровою камерою. В обох випадках якість зображення, яку ще називають радіометричною характеристикою образу, залежить від таких параметрів:

- від можливості отримувати кольорові або чорно-білі зображення;
- від характеристики сенсорів (наприклад, ПЗЗ-матриць або лінійок) і кількості бітів на кожний канал (розрядність сенсора 2^k);
- від можливостей збереження після початкової обробки зображення такі критерії як кольору, так і чорно-білого образу;
- від можливості корекції експозиції, контрасту, кольору з метою отримання найкращої якості образу.

У літературі подано відомості про радіометричну (тонову) роздільну здатність найбільше вживаних і відомих цифрових аеро- та космічних знімальних систем. Кількість бітів коливається від 7 до 42, і найкращий показник має аерокамера 3DAS-1 [8]: 42 біт на піксел.

Про можливість корекції зображення та збереження первинної радіометричної інформації подаються відомості в рекламних матеріалах, і в технічній документації до кожного конкретного типу знімальної системи.

Невирішені частини загальної проблеми. Необхідно розробити такі критерії оцінки радіометрії зображення, щоб користувач (замовник) мав максимум достовірної інформації про можливість і технічні характеристики знімальної системи та міг здійснити подальший аргументований вибір знімальної системи. Оскільки це задача аналітичного характеру, то її можна розв'язувати або, спираючись на набутий досвід, або на підставі математичних підходів. Другий шлях є об'єктивнішим, і тому потрібно відшукати підходи до математичних моделей, що описують якість знімальної системи.

Постановка завдання. До оцінювання радіометричної характеристики знімальної системи потрібен комплексний підхід, який враховує і якість первинного образу, і процес корекції та збереження покращеного образу.

Виклад основного матеріалу. Для розв'язання поставленої задачі оцінювання радіометрії образу формуємо математичну модель цієї оцінки у вигляді функції $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де x_1, x_2, \dots, x_n – параметри впливу n -факторів на якість зображення.

Математичне зображення цієї функції може бути або простим, або доволі складним, що залежить від поставленої задачі, наявності інформації про кожен параметр та його значення в загальній оцінці знімальної системи.

Приймемо, що функція F є лінійною і має вигляд

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_1^n P_i(x_i) \quad (2)$$

де P_i – вага параметра x_i .

Враховуючи логічні міркування, наведені вище, приймемо як основні такі параметри:

- x_1, x_2, x_3 – образ кольоровий (RGB), кількість каналів 3;
- x_4 – образ чорно-білий, кількість каналів 1;
- x_5, x_6, x_7 – розрядність сенсора в кожному окремому каналі;
- x_8 – розрядність сенсора в чорно-білому каналі;
- x_9, x_{10}, x_{11} – збереження розрядності початкового образу в кожному окремому каналі R,G,B після попередньої обробки образу;
- x_{12} – збереження розрядності початкового образу в чорно-білому каналі після попередньої обробки;

x_{13}, x_{14}, x_{15} – можливість корекції зображення за контрастом, яскравості, експозиції в кожному з каналів R,G,B;

x_{16} – така сама корекція для чорно-білого образу.

Надання ваги конкретному параметру найреальніше здійснити на підставі логічних міркувань.

Для параметрів x_1, x_2, x_3 і відповідно для груп x_5, x_6, x_7 та x_9, x_{10}, x_{11} можна прийняти, що ваги всередині цих груп дорівнюють:

$$P_1=P_2=P_3, P_5=P_6, P_7, P_9=P_{10}=P_{11}. \quad (3)$$

Якщо образ кольоровий, то $P_4=0$. Якщо образ панхроматичний, то $P_1=P_2=P_3=0$. У такий самий спосіб можна розглянути ваги двох наступних груп.

В реальних умовах отримання та опрацювання зображень можливі такі ситуації:

Варіант 1: зображення, отримані в режимі RGB;

Варіант 2: зображення, отримані в режимі панхром;

Варіант 3: зображення, отримані в режимі панхром, але їм надано псевдокольори RGB.

Тому ваги для n -параметрів можуть прийняти різні значення. Важливо те, що за відсутності параметра його вага $P_i=0$. За наявності параметра його вага не є нуль, а абсолютна величина визначається з певних міркувань, а сума всіх ваг повинна становити 100 (100 %).

Для окреслених трьох варіантів отримаємо ваги, наведені в табл. 3.1 за умови рівноцінного впливу всіх факторів.

Таблиця 1

Ваги факторів, що впливають на радіометрію образів

Варіант	Вага для параметра з номером															Сума Ваг	
	RGB			4	RGB			8	RGB			12	RGB				16
	1	2	3		5	6	7		9	10	11		13	14	15		
1 (RGB)	8,3	8,3	8,4	0	9	9	9	0	8	8	8	0	8	8	8	0	100
2 (панхром)	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0	25	100
3(псевдоколір)	8,3	8,3	8,3	0	9	9	9	0	8	8	8	0	8	8	8	0	100

У разі надання ваг певну (незначну) перевагу надано факторам 5,6,7. Різниця в 0,1 для факторів 1,2,3 є неістотною, і зумовлена потребою заокруглення загальної суми ваг до 100 одиниць.

Тепер опишемо кожен із 16-ти параметрів. Спочатку це виконаємо для чорно-білого зображення.

Якість образу залежить від параметра R -степеня зображення яскравості. З наведених раніше даних знаємо, що найкраще значення має знімальна система 3DAS-1: 42.

Тому параметр x_8 можна подати так:

$$x_8 = \kappa : 42, \quad (4)$$

де κ – параметр записування яскравості цією системою; 42 – максимальне значення параметра.

Для параметра x_4 відомо, що існує лише один канал ($a=1$). Максимальна кількість каналів у режимі RGB дорівнює 3.

Тому можна прийняти, що:

$$X_4 = a : 3. \quad (5)$$

Параметр x_{12} (збереження розрядності після попереднього опрацювання) завжди існує, тому:

$$X_{12} = x_8 \quad (6)$$

Параметр x_{16} може приймати значення 1 (є корекція) або 0 (немає корекції):

$$X_{16} = 0 \text{ або } x_{16} = 1 \quad (7)$$

Тому для панхроматичного образу отримаємо функцію

$$F(x_4, x_8, x_{12}, x_{16}) = P_4 \cdot \frac{a}{3} + P_8 \cdot \frac{\kappa}{42} + P_{12} \cdot \frac{\kappa}{42} + P_{16}(0;1) \quad (8)$$

Для камери 3DAS-1, знаючи, що $a=1$ та $\kappa=42$ отримаємо для режиму панхром

$$F = 25 \cdot \frac{1}{3} + 25 \cdot \frac{42}{42} + 25 \cdot \frac{42}{42} + 25 \cdot 1 \approx 83 \quad (9)$$

Для кольорового зображення, використовуючи підхід (4), отримаємо

$$X_1 = x_2 = x_3 = a/3 = 1 \quad (10)$$

Для того самого зображення для кожного каналу маємо

$$x_5 = x_6 = x_7 = \kappa/42 \quad (11)$$

$$x_9 = x_{10} = x_{11} = \kappa/42 \quad (12)$$

Для параметрів x_{13}, x_{14}, x_{15} маємо за аналогією з (6)

$$x_{13} = x_{14} = x_{15} = 0 \quad (13)$$

або

$$x_{13} = x_{14} = x_{15} = 1$$

Тому для кольорового образу маємо

$$F = (x_1, \dots, x_{16}) = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot 1 + (P_5 + P_6 + P_7) \cdot \frac{\kappa}{42} + (P_9 + P_{10} + P_{11}) \cdot \frac{\kappa}{42} + (P_{13} + P_{14} + P_{15}) \cdot \{0; 1\} \quad (14)$$

Для камери 3DAS-1, знаючи, що $\kappa=42$ і наявна корекція радіометричного образу, отримаємо

$$F(x_1, \dots, x_{16}) = 100 \quad (15)$$

Використовуючи формулу (7), можна оцінити формування чорно-білого образу знімальною системою, а на підставі моделі (13) – кольорового або ж псевдокольорового.

У табл. 2 наведена така оцінка для найпоширеніших типів аерознімальних систем.

Таблиця 2

Кількісна оцінка радіометрії цифрових аерознімальних систем

№ з/п	Система, фірма	Радіометр. каналу, бітів	КАНАЛ	
			Панхром	RGB
1	DMC (Z/I Imaging)	12	47	64
2	Ultra Cam (Vexcel)	14	49	66
3	DIMAC (DIMAC System)	16	52	68
4	ADS40 (Leica)	16	52	68
5	JAS150 (Jena-Optronik)	16	52	68
6	3DAS-1 (Геосистема)	42	82	100
7	Speetra-View8 (Airborne Data System)	12	47	64
8	DSS (Applanix)	12	47	64
9	DigiCAM (IGI, France)	16	52	68
10	AIC (Геолідар+Rallei)	16	52	68
11	NexVue (Spectrum Imaging)	12	47	64

У табл. 3 наведені розраховані оцінні параметри для систем космічного базування.

Таблиця 3

Кількісна оцінка радіометрії цифрових знімальних систем космічного базування

№ з/п	Система, фірма	Радіометр. каналу, бітів	КАНАЛ	
			Панхром	RGB
1	Ikonos 2 (Spase Imaging)	11	46	62
2	Quick Bird 2 (Digital Globe)	11	46	62
3	OrbView 3 (Orbimage)	8	42	59
4	World View 1,2 (Digital Globe)	11	46	62
5	Eros B (Image Sat)	10	44	61
6	IRS 1C (Satellite Mapping)	6	40	56
7	IRS 1D – “ – “ –	7	41	57
8	IRS 5P (CartoSAT)	10	44	61
9	GeoEye 1 (Satellite Imaging Corporation)	11	46	62

Отже, використовуючи лінійну модель сумарної оцінки радіометрії, можна об'єктивно порівняти між собою цифрові знімальні системи. З наведеної моделі, за заданих вагових коефіцієнтів та рівнозначних показників програмного опрацювання первинного образу, домінуючим параметром є пропускна здатність радіометричного каналу, тобто кількість рівнів квантування сигналу. З наведених даних найкращою є система 3DAS-1.

Якщо взяти до уваги інші показники, то може виявитись перевага інших знімальних систем. Одним з таких чинників може бути ефективність знімальної системи, пов'язана з кутом поля зору оптичної системи. Проте це вже інший підхід, який не стосується оцінки радіометрії.

Дуже важливою процедурою є покращання характеристик цифрових знімків. Опрацювання зображень поділяють на методи просторової області та методи частотної області. Вони розроблені та описані в спеціальній літературі, а також є предметом розробок тих самих фірм, що продукують цифрові знімальні системи.

Про можливість використання радіометричної корекції свідчать відомості, наведені в роботі [7], і стосуються зображень, отриманих з індійського супутника IRS.

Отже, на відміну від просторової роздільної здатності, яка виступає головним оцінним параметром у геометричній складовій, висока тонова роздільна здатність знімальної системи ще не гарантує повною мірою якості опрацювання зображення. Тому потрібно цей параметр розглядати як важливу складову частину в якісному опрацюванні зображень.

Метою експериментальних досліджень було вивчення впливу радіометричних показників на інтерпретаційні можливості виявлення на цифрових зображеннях елементів кадастрових карт, що належать до таких чотирьох груп:

- гідрографія (річки);
- населені пункти (будинки, вулична мережа);
- дорожня мережа (дороги з твердим покриттям, дороги ґрунтові);
- рослинний покрив (рілля, городи, сади, лісопокриті території).

Вихідними матеріалами були взяті:

- цифрові зображення, отримані зі сканування аерофотознімків в масштабі 1:20000, фокусна віддаль 152 мм (аерофотокамера LMK);
- цифрові аерознімки, отримані камерою 3DAS-1 (фірми “Геосистема”, Вінниця), орієнтовний масштаб 1:25000;
- космічний знімок, отриманий системою “IKONOS” на територію селища Східниця (Львівська область).

Для виконання експерименту використано пакет Adobe Photoshop, версія 8.0 [2, 3], який дав змогу змінювати основні радіометричні характеристики (контраст, оптична щільність, кольорова гама тощо).

Інтерпретацію об'єктів виконували візуально та оцінювали за чотирибальною системою: відмінно, добре, задовільно, незадовільно.

Зміна параметрів радіометрії в цьому пакеті можлива в таких інтервалах:

Яскравість:	від -100 одиниць до	+100 одиниць
Контраст:	-100	+100
Баланс кольорів:	-100	+100
Колір:	-100	+180
Насиченість кольору:	-100	+100
Яскравість кольору:	-100	+100

Під час експерименту була встановлена значна перевага кольорових зображень над панхроматичними в інтерпретації об'єктів всіх типів. Тому надалі здійснювали опрацювання тільки кольорових знімків.

Оцінювали інтерпретаційні можливості візуально після підбору оптимальних параметрів кожної радіометричної характеристики.

Встановлено, що зміна будь-якого з параметрів поза межі ± 15 одиниць призводить до істотного погіршення інтерпретаційних можливостей зображення. Вплив на якість розпізнавання має досвід оператора. Тому у разі залучення до інтерпретації зображень недосвідчених операторів доцільно попередньо їх навчити, це триває (як показав досвід) 5–7 робочих днів.

Під час виконання цих експериментів на цифрових станціях працювало п'ять операторів, три з них були початківцями. Після вказаного терміну (5–7 днів) вони самостійно проводили розпізнавання об'єктів.

Остаточні результати експериментів наведені у табл. 4, 5, 6. Оцінка виставлена на середнє арифметичне із оцінок п'яти операторів із заокругленням до цілого. Оптимальні параметри кольорів теж виявлені як середнє арифметичне з оцінних величин, встановлених операторами.

Таблиця 4

Інтерпретація об'єктів на цифрових відсканованих аерофотозображеннях

№ з/п	Тип об'єкта	Кількість об'єктів	Оптимальні параметри кольорів				Кількість об'єктів з оцінкою інтерпретації				
			Контраст	Яскравість	Баланс	Насиченість	5/%	4/%	3/%	2/%	
1	Гідрографія (річки, канали, водойми)	25	+8	+10	+2	+5	5/20	12/48	8/32	-	
2	Будівлі	58	+5	+10	+5	0	10/17	25/43	23/40	-	
3	Вулиці	32	+10	+5	0	+5	5/16	20/62	7/22	-	
4	Дороги асфальтові	35	+10	+10	+5	+5	8/23	18/51	9/26	-	
5	Дороги ґрунтові	38	+10	+8	0	+8	4/10	14/37	20/53	-	
6	Рілля	28	+10	+10	+5	+5	2/7	5/18	21/75	-	
7	Городи	17	+10	+8	0	+5	-	7/41	10/59	-	
8	Сади	20	+8	+10	+5	+10	-	10/50	10/50	-	
9	Ліс	18	+10	+15	+5	+10	-	10/56	8/44	-	
		271					34/12	121/45	116/43		

Таблиця 5

Інтерпретація об'єктів на цифрових аерофотознімках

№ з/п	Тип об'єкта	Кількість об'єктів	Оптимальні параметри кольорів				Кількість об'єктів з оцінкою інтерпретації				
			Контраст	Яскравість	Баланс	Насиченість	5/%	4/%	3/%	2/%	
1	Гідрографія (річки, канали, водойми)	14	+10	+5	0	+10	2/14	10/72	2/14	-	
2	Будівлі	85	+8	+10	+5	-5	25/30	30/35	30/35	-	
3	Вулиці	27	+10	+8	0	+5	7/26	15/56	5/18	-	
4	Дороги асфальтові	25	+10	+10	0	+2	1/4	24/96	-	-	
5	Дороги ґрунтові	30	+7	+10	+4	+10	-	12/40	18/60	-	
6	Рілля	40	+10	+15	+5	+5	5/12	12/30	23/58	-	
7	Городи	21	+10	+10	0	0	-	11/52	10/48	-	
8	Сади	31	+5	+10	0	+5	-	15/48	16/52	-	
9	Ліс	12	+10	+15	+5	+7	2/16	5/42	5/42	-	
		285					42/15	134/47	109/38		

Інтерпретація об'єктів на космічних зображеннях

№ з/п	Тип об'єкта	Кількість об'єктів	Оптимальні параметри кольорів				Кількість об'єктів з оцінкою інтерпретації				
			Контраст	Яскравість	Баланс	Насиченість	5/%	4/%	3/%	2/%	
1	Гідрографія (річки, канали, водойми)	5	+10	+5	0	+5	-	4/80	1/20	-	
2	Будівлі	106	+10	+8	+5	+5	4/4	45/42	57/54	-	
3	Вулиці	18	+5	+10	0	+10	-	2/11	16/89	-	
4	Дороги асфальтові	25	+10	+5	+5	+10	-	2/8	23/92	-	
5	Дороги ґрунтові	41	+10	+5	0	+8	-	10/24	31/76	-	
6	Рілля	17	+10	+10	+5	+10	-	2/12	15/88	-	
7	Городи	25	+10	+5	0	+5	1/4	5/20	19/76	-	
8	Сади	40	+10	+10	+5	+5	2/5	7/18	31/77	-	
9	Ліс	7	+10	+8	0	+10	-	2/28	5/72	-	
		284					7/2	79/28	198/70		

Аналіз отриманих результатів показав, що аерозображення відскановані та цифрові (оригінальні) мають практично однакові інтерпретаційні можливості.

Космічний знімок істотно поступається за своїми якість інтерпретації об'єктів, що не суперечить дослідженням інших авторів, опублікованих в літературних джерелах.

Найлегше і найкраще від інших інтерпретуються будівлі та дороги з твердим покриттям, тобто об'єкти з чіткими границями та істотним контрастом з навколишнім середовищем.

Під час цих експериментальних робіт виявлено, що відхід від реальних кольорів підвищує ефект виявлення окремих елементів топографічної поверхні. Цей ефект ми назвали "ефект псевдокольорів".

На псевдокольорових знімках чіткіше простежується дорожня мережа. На знімках із зеленим зміщенням чіткими є границі лісових масивів та будівель з червоним дахом. У загальній оцінці такі знімки виявили свої значні переваги над іншими.

Рекомендації та висновки. Виконані теоретичні та експериментальні дослідження дають змогу сформулювати такі висновки та рекомендації.

1. Радіометрію зображення потрібно розглядати як точність подання зображення, а мірою цього подання є кількість рівнів квантування сигналу.

2. У роботі запропонована лінійна модель оцінки радіометрії знімальної системи з 16-ма параметрами. Ця модель дала змогу кількісно оцінити відомі аеро- та космічні знімальні системи, що своєю чергою дозволяє користувачу обрати найвідповідніший йому тип системи.

3. Виконано значні за обсягом експерименти, що реалізували теоретичні та практичні пропозиції автора. Виконані роботи стали підставою для таких висновків:

– Кольорові зображення мають значну перевагу перед панхроматичними під час інтерпретації кадастрових об'єктів.

– Кольорові цифрові аерозображення, відскановані та отримані цифровою камерою, мають практично однакові інтерпретаційні властивості.

– Космічні зображення за інтерпретаційними можливостями поступаються цифровим аерозображенням, що збігається з дослідженнями інших авторів.

– Запропоновано використовувати ефект “псевдокольорів”, що дає змогу чіткіше виявляти кадастрові об’єкти на основі максимального контрасту об’єкта з оточуючою поверхнею.

– Основними радіометричними характеристиками під час візуального розглядання та оцінювання зображень є контраст, яскравість, баланс кольорів та насиченість кольорів. Для підсилення їхнього впливу на інтерпретаційні властивості зображень їх доцільно змінювати в межах ± 10 одиниць. Більші зміни призводять до візуальної деформації зображень і погіршують інтерпретаційні можливості зображень.

1. Дорожинський О.Л., Тукай Р. *Фотограмметрія*. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівське політехніка”. – 2008. – С. 330. 2. Тайц А.А., Тайц А.М., Петров М.Н. *Эффективная работа: Photoshop 3*. – СПб.: Питер, 2004. – 765 с. 3. Шлихт Г.Ю. *Цифровая обработка цветных изображений*. – М.: Изд-во ЭКОММ, 1997. – 336 с. 4. Ciolkosz A., Miszalski J., Oledzki i. *Interpretacja zdjec lotniczych*. – Warszawa: Wyd-wo naukowe PWN, 1999. – S. 459. 5. Gonzalez R.C., Wintz P. *Digital Image Processing // Second Edition*. – Addi. 6. Kurczynsky Zd. *Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi.cz.1 i cz.2*. – Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2006. – 582 с. 7. Wolniewicz W. *Geometrical Capacity of the VHRS Images Collected with Significant off-nadir Angle. ISPRS. – Hannover Workshop 2005: High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information. Hannover, Germany, 17–20 May, 2005. Vo9l.2, N03/ – S. 10–15*. 8. Geosystem: www.vingeo.com