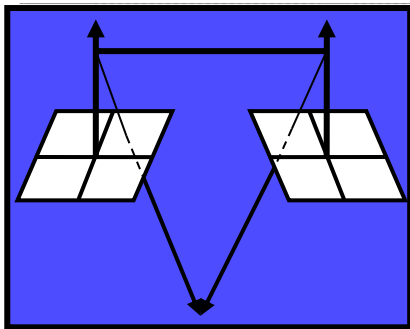




ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

УДК 528.92

Б.В. Четверіков, канд. техн. наук, ст. викл.,
К.Р. Онуфрак, магістр,
кафедра фотограмметрії та геоінформатики
Національний університет «Львівська політехніка»

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАСЛІДКІВ СТИХІЙНИХ ЛИХ ЗА РІЗНОЧАСОВИМИ ДАНИМИ ДЗЗ (НА ПРИКЛАДІ ШТАТІВ ТЕХАС І ФЛОРИДА)

У статті наведено одну з можливих технологій визначення руйнацій внаслідок стихійного лиха за даними дистанційного зондування Землі. За допомогою модуля DeltaCue Erdas Imagine порівняно космічні знімки, отримані з супутників GeoEye-1 та QuickBird на локальні території штатів Техас і Флорида до і після ураганів у 2017 році. Отримано різницеві показники та проаналізовано масштаби руйнувань, завданих стихійними лихами.

Ключові слова: супутниковий знімок, DeltaCue, різницеві показники, просторова фільтрація, оцінка наслідків урагану.

Вступ. Дослідження катаклізмів природного і техногенного характеру є надзвичайно актуальною проблемою, а застосування в таких роботах новітніх технічних засобів, методик і технологій повинно сприяти позитивному впливові на стан екосистеми в глобальному масштабі.

Ураган Харві, що стався 29 серпня 2017 року, – тропічний циклон, який через сильні опади спричинив катастрофічні паводки в південно-східній частині Техасу. Це був найсильніший ураган в Мексиканській затоці після урагану Катріна (2005 р.). Ураган Ірма — потужний атлантичний тропічний циклон 5-ї категорії, перший великий ураган, що сформувався в східній частині Атлантичного океану. Його швидкість — 290 км за годину. Хвилі, які здіймала Ірма, сягали 5-6 метрів у висоту, а площа стихійного лиха майже дорівнювала території Франції.

Застосування різночасових даних ДЗЗ дасть змогу оперативно оцінити руйнівні наслідки катаклізмів.

Аналіз досліджень і публікацій. У вирішенні проблеми моніторингу надзвичайних ситуацій перевагу віддають космічним методам збору інформації, що є цілком виправданим, коли йдеться про великі території та глобальні явища природного і техногенного характеру [1-6].

© Б.В. Четверіков, К.Р. Онуфрак, 2018

У багатьох країнах, які мають доступ до космічної техніки і технологій дистанційного зондування, на державному рівні узаконено застосування аерокосмічного моніторингу. Аналіз ряду наукових робіт дав змогу сформулювати висновок про те, що можливості дистанційних методів постійно зростають і розширюються. Ідеться, зокрема, про таке:

- застосування різноманітних сенсорів високої геометричної та радіометричної якості (багатоспектральних, гіперспектральних, оптичних, радіолокаційних, надвисокочастотних та ін.);
- координальне прискорення знімальних робіт на території з НС з кількох днів до кількох годин;
- швидкі інформаційні потоки, що забезпечують сучасні мережеві і геопортальні веб-технології;
- значно менша залежність знімальних процесів від освітленості, метеорологічних умов, що пов'язане насамперед з використанням випромінювання в радіодіапазоні.

Постановка завдання. Мета роботи – встановити масштаби руйнації досліджуваних територій внаслідок стихійного лиха за допомогою різночасових космічних знімків, отриманих із супутників GeoEye-1 та QuickBird.

Основна частина. Для визначення змін об'єктів в Erdas Imagine є додатковий модуль IMAGINE DeltaCue, який дає можливість виявляти відмінності між двома знімками однієї і тієї самої території, отриманими в різний час. Завдяки динамічному встановленню порогів змін, а також просторовій або спектральній фільтрації модуль дає можливість відобразити саме ті зміни, які нас цікавлять [7; 8].

Обробку й аналіз даних в IMAGINE DeltaCue організовано у вигляді проектів, що передбачають певну послідовність дій:

- попередня обробка;
- виявлення змін;
- фільтрація виявлених змін;
- відображення й аналіз змін.

Формування різницевого зображення відбувається автоматично шляхом послідовного застосування формули до всіх відповідних пікселів попарно в кожному зі спектральних каналів:

$$d' = S_1 * DN_2 - S_2 * DN_1, \quad (1)$$

де DN_1 та DN_2 – значення пікселів у відповідних спектральних каналах знімків №1 та №2; S_1 та S_2 – середні арифметичні величини DN в кожному зі спектральних класів.

Для досягнення поставленої мети запропоновано одну з можливих технологічних схем дослідження (рис.1).

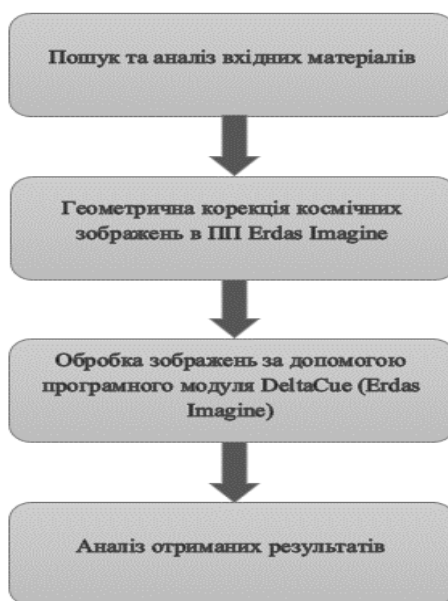


Рис.1. Технологічна схема визначення наслідків стихійного лиха за різночасовими даними ДЗЗ

Вхідними даними для дослідження є синтезовані знімки штату Техас, отримані до 2016 р. з супутника Geoeye-1 з просторовим розрізненням 0,4 м, та синтезовані знімки штату Флорида, отримані з супутника QuickBird з просторовим розрізненням 0,5 м до 2016 р. і після ураганів Харві та Ірма (2017 р.) [9-11] (рис. 2; 3).

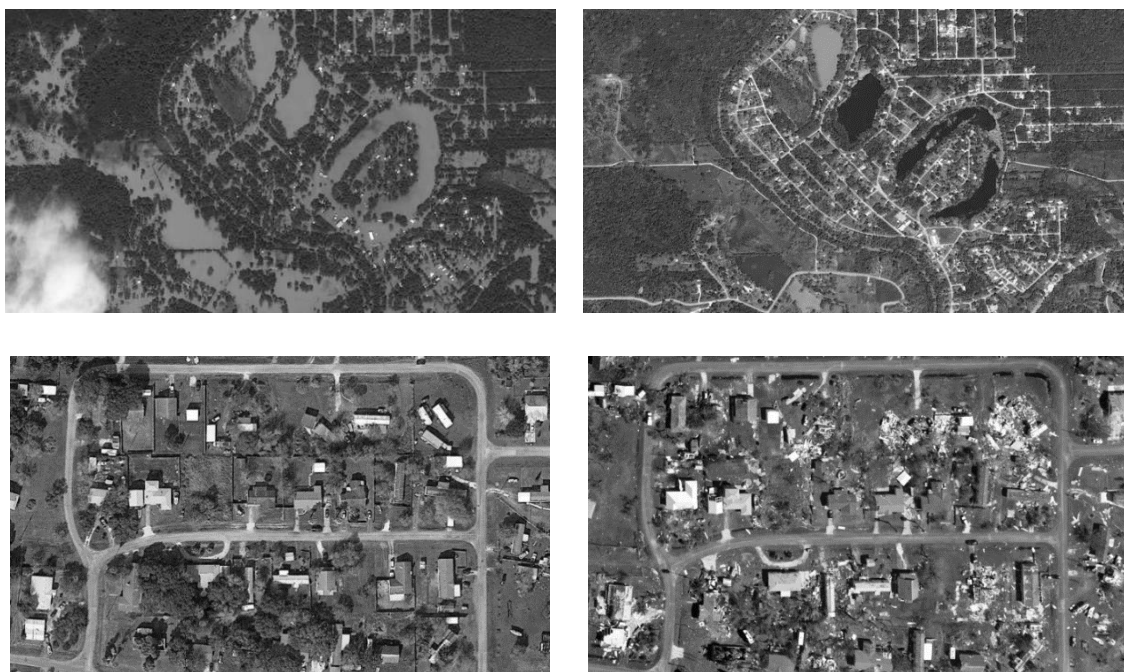


Рис. 2. Знімки штату Техас (2016 р.) та після урагану Харві (2017 р.)



Рис. 3. Знімки штату Флорида до (2016 рік) та після (2017 рік) урагану Ірма

Наступним кроком була обробка трансформованих зображень у програмному модулі DeltaCue, який дає змогу виявити відмінності між двома знімками однієї і тієї самої території, отриманими в різний час.

У діалоговому вікні вибору методу виявлення змін можна контролювати три типи фільтрів змін: спектральну сегментацію, неправильну реєстрацію пікселів пари зображень та просторову фільтрацію.

Для отримання об'єктивної інформації по змінах, виконано пошук із застосуванням просторового фільтра та без фільтра. Спочатку виконано пошук зміни пікселів залежно від їх спектрального класу та неправильної реєстрації пікселів пари зображень, але це не дало достатньо позитивного результату, оскільки в кінці залишилися фрагменти помилкових об'єктів (рис. 4).



Рис. 4. Вікна космічного зображення після урагану (ліворуч) та результату застосування модуля виявлення змін DeltaCue (праворуч)
(див. також с. 185)



Рис. 4.Закінчення

Далі виконано пошук за всіма трьома фільтрами (площа, компактність і подовження), додавши і просторовий фільтр. У результаті отримано об'єктивне зображення різницевих даних двох знімків (рис. 5).

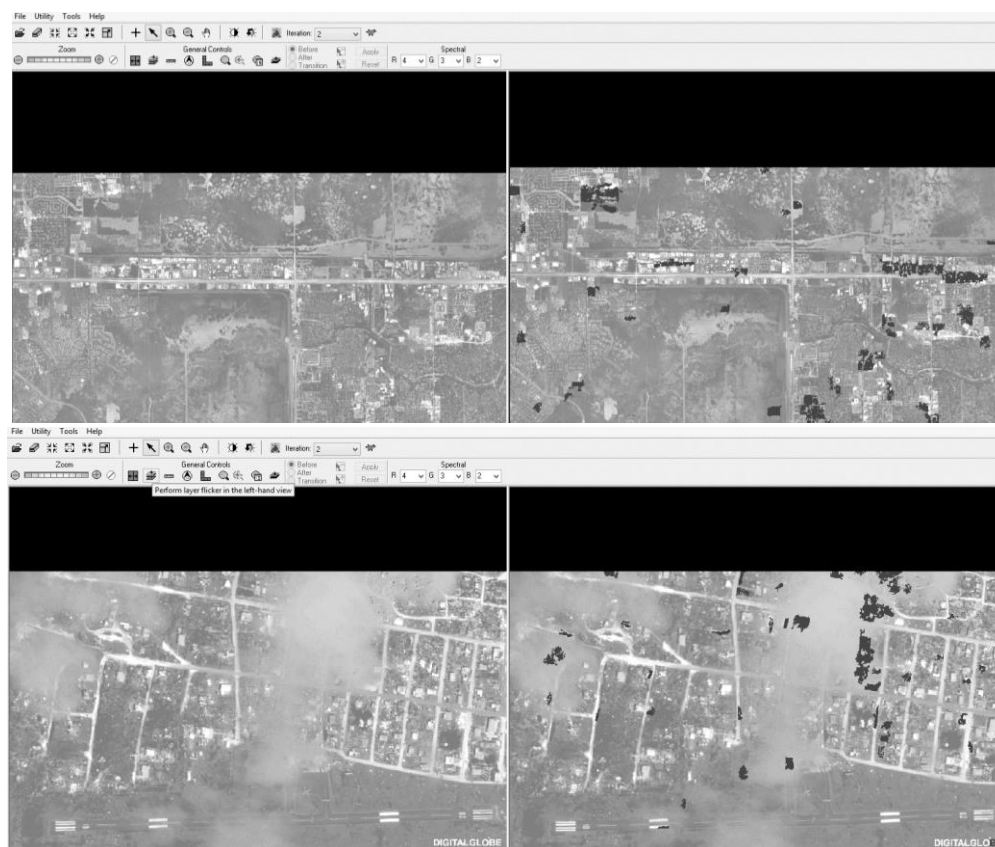


Рис. 5. Вікно результату обробки зображень у програмному модулі DeltaCue: космічне зображення дослідної території після землетрусу (ліворуч) та растрове зображення різницевих показників змін

Останнім кроком була векторизація файла-різниці в автоматичному режимі за допомогою функції запуску створення шейп-файла *Start DeltaCue Shapefile Output* для отримання загальної картини затоплених внаслідок урагану територій.

З отриманого шейп-файла визначенно загальну площу затоплених локальних територій (рис. 6).

Table: zatoplenya

FID	Shape	AREA	PERIMETER	ID
0	Polygon	0,027	1,312	1
1	Polygon	0,018	0,937	9
2	Polygon	0,029	1,146	17
3	Polygon	0,011	0,75	25
4	Polygon	0,068	2,312	33
5	Polygon	0,056	2,291	41
6	Polygon	0,012	0,729	49
7	Polygon	0,017	1,458	57
8	Polygon	0,026	1,25	65
9	Polygon	0,22	4,145	73
10	Polygon	0,012	0,958	81
11	Polygon	0,013	1,042	89
12	Polygon	0,075	2,208	97
13	Polygon	0,017	1,167	105
14	Polygon	0,014	0,646	113
15	Polygon	0,019	1,042	121
16	Polygon	0,017	1,104	129
17	Polygon	0,232	4,937	137
18	Polygon	0,019	1,167	145
19	Polygon	0,08	3,479	153
20	Polygon	0,014	0,833	161
21	Polygon	0,011	0,812	169
22	Polygon	0,015	0,771	177
23	Polygon	0,016	0,979	185
24	Polygon	0,011	0,667	193

Table: zatopl

FID	Shape *	AREA	PERIMETER	ID
0	Polygon	0,047	2,028	1
1	Polygon	0,494	9,05	9
2	Polygon	0,024	1,083	17
3	Polygon	0,041	1,694	25
4	Polygon	0,02	1,361	33
5	Polygon	0,182	4,027	41
6	Polygon	0,181	6,055	49
7	Polygon	0,046	2,25	57
8	Polygon	0,075	3	65
9	Polygon	0,031	1,416	73
10	Polygon	2,578	13,217	81
11	Polygon	0,023	0,917	89
12	Polygon	0,16	5,083	97
13	Polygon	0,046	2,333	105
14	Polygon	0,076	3,916	113
15	Polygon	0,022	1,416	121
16	Polygon	0,072	2,083	129
17	Polygon	0,02	1	137
18	Polygon	0,02	1,694	145
19	Polygon	0,023	0,944	153

Рис. 6. Атрибутивна таблиця з полем площі для кожного затопленого полігонального об'єкта, за яким визначено сумарну площу

Згідно з отриманими даними загальна площа затоплення локальних територій штату Техас становить 42%, штату Флорида – 37%.

Висновки. У роботі представлено підхід до виділення на космічних знімках елементів пошкоджених стихійним лихом територій. У дослідженні застосовано метод виявлення змін на різночасових космічних знімках з використанням трьох фільтрів: просторового, неправильної реєстрації пари пікселів та спектральної сегментації. Експерименти показали прийнятні результати виділення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення економічної безпеки:* Постанова Верховної Ради України від 03.03.1998. №188/98-ВР. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/188/98-вр>. – Назва з екрана.
2. *Положення про державну систему моніторингу довкілля:* Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р., №391.- 8 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п> – Назва з екрана.
3. *Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій:* Постанова Кабінету Міністрів України від 18.07.1998р. №1099. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1099-98-п> – Назва з екрана.
4. *ERDAS IMAGINE. Практическое руководство TourGuides.* – Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC, 2005. – 735 с.

5. Стародуб Ю. П. Інформаційні технології у комп'ютерному моделюванні еколого-геофізичних процесів: навч. посіб. / Ю.П.Стародуб, П.П.Урсуляк – Львів: ЛДУ БЖД. – 2013. – 160 с.
6. Світличний О. О. Основи геоінформатики/ О.О.Світличний, С.В.Плотницький – Суми: Університетська книга, 2006. – 295 с.
7. Лурье И.К. Теория и практика цифровой обработки изображений/ И.К.Лурье, А.Г.Косиков; под ред. А.М. Берлянта. – М.: Научный мир, 2003. – 168 с.
8. Кашкин В.Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие / В.Б. Кашкин — М.: Логос, 2001. — 264 с.
9. Космические съемочные системы сверхвысокого разрешения [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.innoter.com>. – Название с домашней страницы Интернет.
10. Лацёнов Ю.М. Созвездие спутников DigitalGlobe: реалии и перспективы развития [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.pryroda.gov.ua> – Название с домашней страницы Интернет.
11. Бурштинська Х. Гібридна класифікація лісів за космічними знімками високого розрізнення / Х. Бурштинська, Б. Поліщук, О. Фіковська // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць Зах. геодезичного т-ва УТГК – Львів: ЛНУ «Львівська політехніка», 2014. – Вип. 1 (27). – С. 86–93.

REFERENCES

1. Osnovni napryamy derzhavnoyi polityky Ukrainy u haluzi okhorony dovkillya, vykorystannya pryrodnykh resursiv ta zabezpechennya ekonomichnoyi bezpeky [The main directions of the state policy of Ukraine in the field of environmental protection, use of natural resources and ensuring economic security]. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/188/98-vr>. [in Ukrainian].
2. Polozhennya pro derzhavnu systemu monitorynhu dovkillya. Postanova Kabinetu ministriv Ukrainy vid 30.03.1998 r. [Regulations on the state system of environmental monitoring. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 30, 1998, No. 391.]. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-n>. [in Ukrainian].
3. Pro poriadok klasyfikatsiyi nadzvychaynykh sytuatsiy. Postanova Kabinetu ministriv Ukrainy vid 18.07.1998r. #1099. [On the procedure for classification of emergencies. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 18.07.1998. No. 1099.]. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1099-98-n>. [in Ukrainian].
4. IMAGE OF THE ERDAS (2005). Practical guide for TourGuides, LLC, 735 p.
5. Starodub Yu. P. (2013). *Informatsiyni tekhnolohiyi u komp'yuternomu modelyuvanni ekoloho-heofizychnykh protsesiv [Information technology in computer modeling ecological and geophysical processes.]*. Lviv: LDU BZhD [in Ukrainian].
6. Svitlychnyy O. O. (2010). *Osnovy heoinformatyky [Fundamentals of Geoinformatics]*. Sumy: VTD «Universytet-s'ka knyha» [in Russian].

7. Lur'e Y.K. (2003). *Teoriya y praktyka tsyfrovoy obrabotky yzobrazhenyy [Theory and practice of digital image processing]*. Moscow: Nauchnyi mir [in Russian].
8. Kashkyn V.B. (2001). *Dystantsyonnoe zondirovaniye Zemly yz kosmosa. Tsyfrovaya obrabotka yzobrazhenyy [Remote sensing of the Earth from space. Digital Image Processing.]*. Moscow: Logos [in Russian].
9. *Kosmicheskie semochnye sistemy sverhvyssokogo razresheniya [High-resolution space systems]*. Retrieved from <http://www.innoter.com>. [in Russian].
10. Lashhjonov Ju.M. *Sozvezdie sputnikov DigitalGlobe: realii i perspektivy razvitija [Constellation of DigitalGlobe satellites: realities and development prospects]*. Retrieved from <http://www.pryroda.gov.ua> [in Russian].
11. Burshtins'ka H. (2014). *Gibridna klasifikacija lisiv za kosmichnimi znimkami visokogo rozrznennja [Hybrid classification of forests behind cosmic shots of high distinction]. Suchasni dosjagnennja geodezichnoї nauki ta virobництва – Modern achievements of geodesic science and industry. Vol. I(27), (p.86–93) [in Ukrainian]*.

Б.В. Четвериков, К.Р. Онуфрак

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ
ПО РАЗНОВРЕМЕННЫМ ДАННЫМ ДЗЗ (НА ПРИМЕРЕ ШТАТОВ
ТЕХАС И ФЛОРИДА)**

В статье приведена одна из возможных технологий определения разрушений в результате стихийных бедствий по данным дистанционного зондирования Земли. С помощью модуля DeltaCue Erdas Imagine сравнены космические снимки, полученные со спутников GeoEye-1 и QuickBird на локальные территории штатов Техас и Флорида до и после ураганов в 2017 году. Получены разностные показатели и проанализированы результаты разрушений, нанесенных стихийными бедствиями.

Ключевые слова: спутниковый снимок, DeltaCue, разностные показатели, пространственная фильтрация, оценка последствий урагана.

B. Chetverikov, K. Onufrak

**METHOD OF DETERMINATION OF CONSEQUENCES OF RELATED
RESULTS BY DIFFERENT TIME DATA (EXAMPLE OF TECHAS AND
FLORIDA STATES)**

The article presents one of the possible technologies for determining the destruction of natural disasters due to remote sensing of the Earth. With the DeltaCue Erdas Imagine module, comparative space images taken from GeoEye-1 and QuickBird satellites on local areas of Texas and Florida before and after the hurricanes that took place in 2017. The difference indicators were obtained and the results of disasters caused by natural disasters were analyzed.

To define changes in objects in Erdas Imagine, there is an additional IMAGINE DeltaCue module that allows you to distinguish between two images of the same territory received at different times. Due to the dynamic setting of thresholds for

changes, as well as spatial or spectral filtering, the module allows you to display only those changes that interest us.

Processing and analyzing data in IMAGINE DeltaCue are organized in the form of projects that provide a certain sequence of actions: preprocessing; detect changes; filtering detected changes; display and analysis of changes.

According to research data, the total surface area of flooding in Texas is 42% and Florida 37%.

Keywords: *Space Image, DeltaCue, Difference Indicators, Spatial Filtration, Hurricane Impact Assessment.*

Надійшла до редакції

01.02.2018

UDK 528.7:528.8

V. Seredovich, Professor,

*Director of the Siberian Centre for Laser Scanning in Civil Engineering
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)*

I. Kamnev, PhD student

Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)

ANALYSIS OF THE THREE-DIMENSIONAL VECTOR FAÇADE MODEL CREATED FROM PHOTOGRAMMETRIC DATA

The results of the accuracy assessment analysis for creation of a three-dimensional vector model of building façade are described. In the framework of the analysis, analytical comparison of three-dimensional vector façade models created by photogrammetric and terrestrial laser scanning data has been done. The three-dimensional model built from TLS point clouds was taken as the reference one. In the course of the experiment, the three-dimensional model to be analyzed was superimposed on the reference one, the coordinates were measured and deviations between the same model points were determined. The accuracy estimation of the three-dimensional model obtained by using non-metric digital camera images was carried out. Identified façade surface areas with the maximum deviations were revealed.

Key words: *terrestrial laser scanning, ground-based photogrammetry, accuracy estimation, non-metric digital cameras, three-dimensional model.*

Technology modernization of cameras has led to a significant increase in the image resolution. The improvement of the digital image quality and the increase in personal computer performance make possible to use images taken by non-metric digital cameras for measuring purposes. It should be mentioned that the application of these cameras increase the efficiency of field geodetic works while making photography/surveying building façades without complex decorative elements. [3, 2]

The results of accuracy assessment analysis for creation of a three-dimensional building façade vector model are described. In the framework of the analysis, an