

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

XI Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015

6-я Международная научная конференция

РАННЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ В ЭПОХУ «БОЛЬШИХ ДАННЫХ»

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2015

Ответственные за выпуск:

Председатель Рабочей группы Международной картографической ассоциации (ICA)
«Картография для раннего предупреждения и управления кризисными ситуациями»,
вице-президент Международного общества «Цифровая Земля», вице-президент
Международной академии наук Евразии, почетный член ICA с 2013 г., доктор наук,
профессор, почетный профессор СГУГиТ, почетный доктор Университета архитектуры,
строительства и геодезии (UACEG), Чешская Республика
Милан Конечны

Доктор технических наук, профессор,
директор НИИ стратегического развития СГУГиТ, Новосибирск
Д. В. Лисицкий

Кандидат технических наук,
заведующая кафедрой картографии и геоинформатики СГУГиТ, Новосибирск
С. С. Дышлюк

Кандидат технических наук, исполнительный директор
Союза геодезистов и картографов Сибири и Урала, Новосибирск
А. В. Дубровский

Кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики СГУГиТ, Новосибирск
А. А. Колесников

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апреля
2015 г., Новосибирск : 6-я Международная конференция «Раннее преду-
преждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших дан-
ных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 88 с.

ISBN 978-5-87693-811-4
ISBN 978-5-87693-795-7

В сборнике опубликованы материалы XI Международного научного конгресса «Ин-
терэкспо ГЕО-Сибирь-2015», представленные на 6-й Международной конференции
«Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших дан-
ных"».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 614.18

ISBN 978-5-87693-811-4
ISBN 978-5-87693-795-7

© СГУГиТ, 2015

Сборник включен в систему РИНЦ.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИНТЕРАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА И КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Евгений Левин

Мичиганский технологический университет, Институт технологии, 1400 Townsend drive, Хогтон MI 49931, США, доктор наук, зав. кафедрой прикладной геодезии, сертифицированный фотограмметрист, тел. +1(906)487-24-46, e-mail: elevin@mtu.edu

Анна Банашек

Варминско-Мазурский Университет, ul. Prowochenskiego 15, pok 204, 10-720 Ольштын Польша, доктор наук, доцент, кафедра ресурсов недвижимости, тел. +48(89)523-43-96, e-mail: anna.banaszek@uwm.edu.pl

Джэссика МакКарти

НИИ Мичиган Тек, 3600 Green Court, Suite 100, Энн Арбор Мичиган 48105, США, доктор наук, старший научный сотрудник, тел. +1(734)994-72-36, e-mail: jmccarty@mtu.edu

Александр Жарновский

Кошалинский университет Технологий, Польша, 75-453 Кошалин, ul. Śniadeckich 2, доктор наук, профессор, кафедра геоинформатики, тел. +48(94)348-67-19, e-mail: aleksander.zarnowski@uwm.edu.pl

В статье описываются текущие исследования по оптимизации взаимодействий человека с компьютером для применения в сценариях планирования и поддержки решений при чрезвычайных ситуациях. Целью исследований является проверка возможности использования недорогой системы слежения за движениями глаз с открытым программным обеспечением в процессах интерпретации геопространственных изображений. Описываемый в статье проект имеет также образовательный компонент.

Ключевые слова: геопространственные изображения, чрезвычайные ситуации, слежение за движениями глаз.

RESEARCH IN COGNITIVE HUMAN-COMPUTER INTERACTIONS FOR DECISION SUPPORT IN EMERGENCY SITUATIONS RESPONSE

Eugene Levin

Michigan Technological University, School of Technology, Program Chair Surveying Engineering, 1400 USA, Townsend Dr., Houghton, MI 49931, Doctor, Certificated Photogrammetrist, tel. +1 (906)487-24-46, e-mail: elevin@mtu.edu

Anna Banaszek

University of Warmia and Mazury, Department of Real Estate Resources, 10-720 Olsztyn, Poland, ul. Prowochenskiego 15, pok 204, Associate Professor, tel. +48(89)523-43-96, e-mail: anna.banaszek@uwm.edu.pl

Jessica McCarty

Michigan Tech Research Institute (MTRI), USA, 3600 Green Court, Suite 100, Ann Arbor, MI 48105, Doctor, Research Scientist II, tel. +1-734-994-72-36, e-mail: jmccarty@mtu.edu

This paper describes ongoing research efforts in optimization of human-computer interactions in geospatial imaging analysis for emergency situation awareness and planning support. Research is based on using low-cost open-source eye-tracking system in geospatial imagery interpretation. Described research activity has also educational component.

Key words: geospatial imagery, emergency situations, eye-tracking.

Global natural and anthropogenic disasters cause billions of dollars in infrastructure damages, unexpected disruption to socioeconomic activities and the tragic loss of human lives each year (Fritz et al. 2008). Remote sensing techniques and GIS and GNSS tools are frequently used in applications for disaster management in pre- and post-disaster activities. Pre-disaster applications are associated with mitigation and preparedness efforts. Mitigation refers to activities that reduce the vulnerability of societies to the impacts of a disaster, while preparedness refers to activities that facilitate preparation for responding to a disaster when it occurs (Mansourian et al. 2005). Post-disaster applications are associated with response and recovery efforts. Response is related to the immediate and short-term effects of a disaster, while recovery refers to activities that restore communities to pre-disaster conditions, such as reconstruction (Manfré et al. 2012, Mansourian et al. 2005). In spite of multiple efforts in automation of geospatial imagery interpretation and understanding there are still significant amounts of time and effort spent by human analysts on imagery interpretation. Thus nowadays operational workflow of geospatial imagery processing and interpretation can be identified as a “human-in-the-loop”. Moreover, there are multiple efforts in deploying voluntarily interpreted data (Voigt et al 2011) in emergency situations response. This novel direction is termed as a “crowdsourcing” and involves many voluntary analysts for whom fundamental geospatial education is replaced by quick on-site image interpretation training. Our research is challenged to explore potential use of novel HCI technology such as eye-tracking for the optimization of discussed above geospatial imagery processing in terms of productivity and accuracy.

While the human brain performs searches and analysis of visual data, the operator’s eyes subconsciously scan the visual scene. Such eye movements are driven by and indirectly represent results of internal processes of visual searching and matching, performed by the whole human visual system. Tracking and analyzing eye movements potentially allows us to arrange a ‘sight-speed’ loop with the computer which should perform the rest of the tasks where computations and data storage are predominant. The task-specific use of gaze is best understood for reading text (O’Regan 1990) where the eyes fixate on almost every word, sometimes skipping over small function words. In addition, it is known that saccade size during reading is modulated according to the specific nature of the pattern recognition task at hand (Kowler and Anton 1987). Tasks requiring same/different judgments of complex patterns also elicit characteristic saccades (Dupont et al. 2014). The role of gaze has

been studied by Land and Furneaux (1997) in a variety of other vision-motor tasks such as driving, music reading, and playing ping pong. In each case, gaze was found to play a central *functional* role, closely linked to the ongoing task demands. In summary, these studies strongly suggest that gaze control and saccadic eye movements play a crucial role in mediating visual cognition, in addition to compensating for peripheral acuity limitations. It is well known from visual attention theory that the correlation between perception and eye-movement is eye-fixation (Yarbus 1967).

This paper is devoted to the research of developing a potential eye-driven image interpretation human-computer system through the performance of a simple task that an image analyst performs every day: manipulating a cursor towards target objects. Baseline control for comparison of eye-tracking-based cursor movement was regular mouse control of the cursor to the same set of targets.

Paul Fitts (Fitts 1954) proposed a metric to quantify the difficulty of a target selection task which nowadays is used by cognitive scientists as a law which is modeling a human psychomotor behavior. The metric was based on an information analogy, where the distance to the target (D) is like a signal and the tolerance or width of the target (W) is like noise. The metric is Fitts's index of difficulty (ID , in bits):

$$ID = \log_2 \left(\frac{2D}{W} \right) \quad (1)$$

Practically applying Fitts's Law for the mouse or eye-driven targeting, the time to move and point to a target of width W at a distance A is a logarithmic function of the spatial relative error (A/W), according to MacKenzie and Buxton (1992):

$$MT = a + b * \log_2 \left(\frac{2A}{W} + c \right) \quad (2)$$

where

- MT is the movement time
- a and b are empirically determined constants, that are device dependent.
- c is a constant of 0, 0.5 or 1
- A is the distance (or amplitude) of movement from start to target center
- W is the width of the target, which corresponds to accuracy

The term $\log_2(2A/W + c)$ is called the index of difficulty (ID). It describes the difficulty of the motor tasks. $1/b$ is also called the index of performance (IP), and measures the information capacity of the human motor system. Thus comparative verification of numerical performance of the mouse versus eye targeting may give us an initial idea on estimating of eye-driven man machine interfaces efficiency.

One of the most interesting trends in eye-tracking technology is a fact that this technology made an evolution from the exceptionally expensive systems deployed in medical field to the inexpensive ubiquitous systems that are widely applied, for example in controlling a computer as/or communication aids by people with disabilities (COGAIN 2015). Specifically we deployed for our research an open source eye tracker, The Eye Tribe, which is available for under USD \$100 (The Eye Tribe 2015). The Eye Tribe Tracker is an eye tracking system that can calculate the location of a

person's gaze by means of information extracted from the face and eyes. The eye gaze coordinates are calculated with respect to a screen the person is looking at, and are represented by a pair of (x, y) coordinates given on the screen coordinate system. A typical scenario is represented in Fig. 1(a).



Figure 1. a) The Eye Tribe System b) Calibration process screen (TheEyeTribe)

To compute (x,y) coordinates on the screen and transform from those coordinates to displayed image coordinates is typically performed calibration process as it is depicted on Figure 1(b). Any computer equipped with an eye tracker enables users to use their eye gaze as an input modality that can be combined with other input devices like mouse, keyboard, touch and gestures, which is referred to as active applications. We used the eye tracker as a mouse manipulator in the frame of the Fitts's law research described in section 3.1. The details of our research are listed in the following sections.

An experimental study was performed at both Michigan Technological University (USA; www.mtu.edu) and Koszalin University of Technology (Poland; www.tu.koszalin.pl/). Total of 10 participants included:

- 5 students majoring in Surveying Engineering at Michigan Tech
- 5 students majoring in Geodesy and Cartography at Koszalin U

For the experiments were used:

- 21" Displays with 1600x2000 c resolution;
- PCs with USB 3.0 port;
- The Eye Tribe Tracker.

Figure 2(a) depicts experimental setup in the US and Figure 2(b) in Poland, respectively. The US experimental setup was also equipped with chest holder to stabilize results of the eye-tracker calibration, as shown in Fig. 2(a).

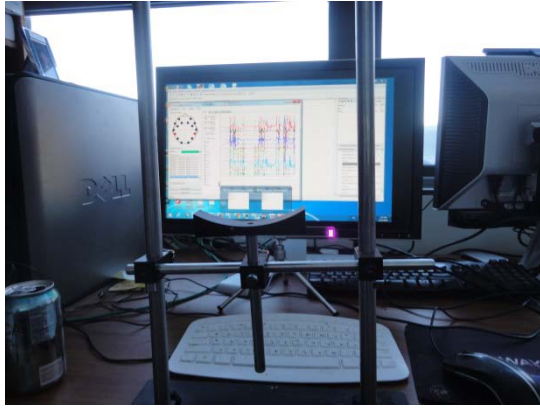


Figure 2. Experimental setup: a) at Michigan Tech University and b) at Koszalin University of Technology

For experimental software we used:

- TheEyeTribeSDK-0.9.41-x86 to calibrate the system tracking the eye movements for all experiment participants;
- FittsStudy research software developed by Central Washington University (Wobbrock et al 2011) for screen test-objects generation and analysis of the results with ISO 9241-9 standard compliance.

Each participant in the experiment carried out three successive operations:

- Calibration with post-calibration tests;
- Measurements of test-objects with cursor control by standard mouse;
- Measurements of test-objects with cursor controlled by eye-tracker.

The test objects were generated by FittsStudy accordingly to Test Options as is shown in Figure 3(a). Test parameters were consistently the same for all experiment participants. Figure 3(b) depicts a sample of circular test objects with 128 pixels diameter demonstrated randomly within 512 pixels radius circular test-field.

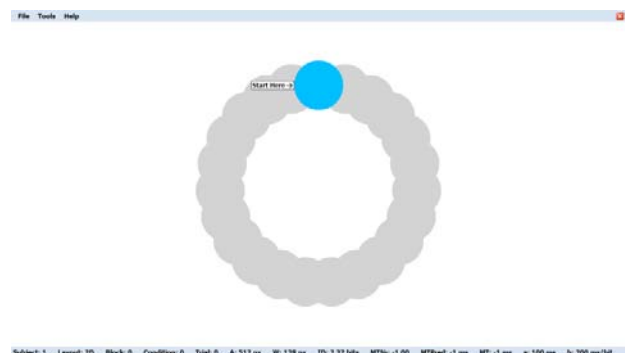
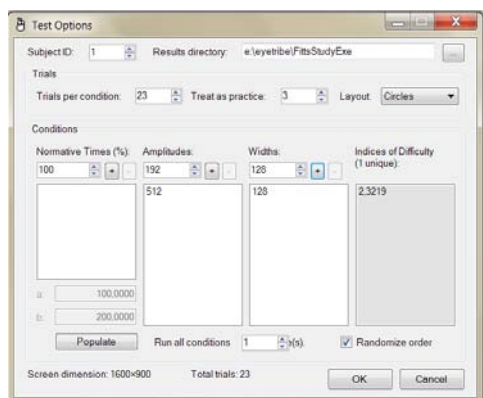


Figure 3. a) the experimental parameters setup and b) the test-object sample

Measurements results along with a timeline were recorded in XML format where screen coordinates are in display system units and time is in milliseconds. Sample of the raw experimental data are given in Table 1 below.

Table 1. Cursor registration and time in microsecond raw data sample

<move index="0"	point=	X=793	Y=217	Time=130
<move index="1"	point=	X=789	Y=232	Time=350
<move index="2"	point=	X=786	Y=254	Time=360
...	...	...	...	...

The purpose of our experiment was to determine the time to move the cursor to a specified object with the mouse and by gaze control with eye-tracker. We have to recognize that when using the mouse, test participants were already exposed to this process with some prior experience. Even for non-active computer user, during the day a mouse is engaged hundreds of times, and for active users this is likely thousands of times. However, the object measurements by means of eye tracker was the first time that all participants in the experiment used this technology and without prior training. Therefore, it can be assumed that the direct use of these experiments does not allow a fully holistic evaluation of system cursor control by gaze.

For each test we performed statistical processing, including minimal, maximal and a median time for measurement of test object by cursor. The results of the experimental data processing are shown in tabular (Table 2) and graphical (Fig. 4) forms. Specifically Figure 4(a) depicts statistics for experiments at Michigan Tech University and Figure 4(b) for Koszalin University of Technology, respectively.

Table 2. Statistical processing results comparing time for manipulating mouse cursor via manual control (Mouse) and the eye tracker (Eye).

Time (MicroSec)	Mouse	Eye	Mouse	Eye	Mouse	Eye	Mouse	Eye	Mouse	Eye
Min	504	520	432	520	384	552	360	504	368	408
Max	1648	1720	877	3584	1109	3488	829	5232	726	1064
Median	1080	696	528	760	480	808	480	720	496	455

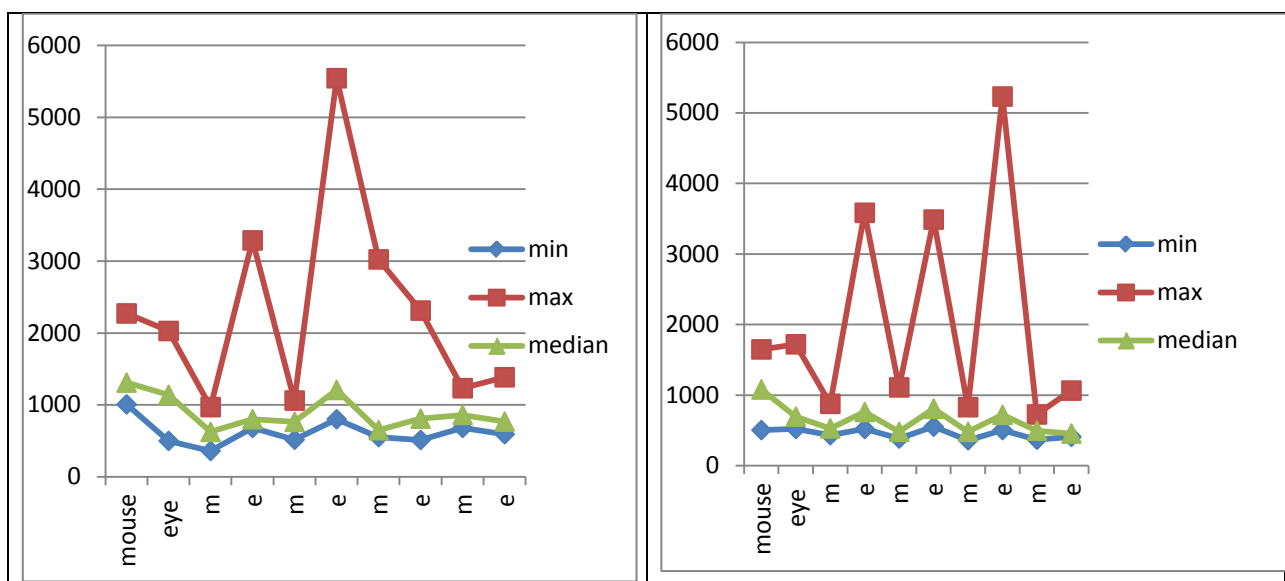


Figure 4. Statistical results of experimental participants for a) Michigan Tech University and b) Koszalin University of Technology using the manual mouse (m) and eye tracker (e) cursors.

Time ratio between mouse and eye tracker modes is an average of 1.21. Details are given for both US and Polish test subjects in Table 3 and in Fig. 5.

Table 3. Time ratio for cursor setup

Subject/Ratio	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	average
K PL	0,6	1,4	1,7	1,5	0,9	1,24
K US	0,9	1,3	1,6	1,2	0,9	1,17

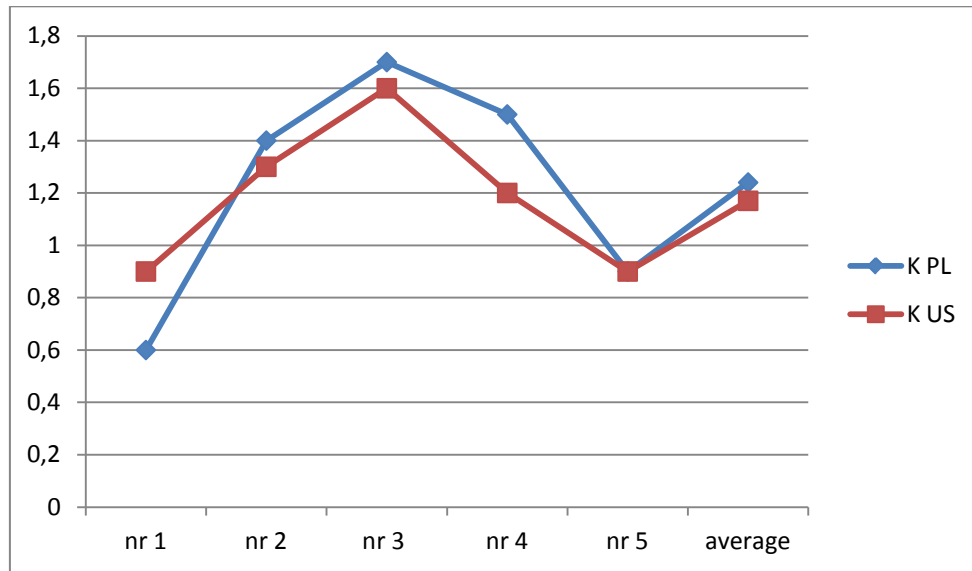


Figure 5. Graphical representation of mouse/cursor time ratio; here nr# is a participant id; coefficients K are computed as (TimeMouse/TimeEyeTracker); PL-states for Poland, US - for the USA

It is visible from Figure 5 that experiment results are practically the same in the US and Poland groups. Practically 4 participants were working with the eye tracker faster than with the mouse. It is obvious that the eye tracker results depend on:

- Eye resolution (ophthalmology factor)
- Overall reaction ability of subject
- Sizes and forms of test objects (rectangle, strip, cross)
- Distance between eyes and display
- Subject motivations
- Training and practical use of the gaze-control method

For the partial elimination of the abovementioned factors, we will analyze test results of cursor movements in a mouse mode. Sample of cursor trajectory for the statistically averaged experiment is shown in Fig. 6.

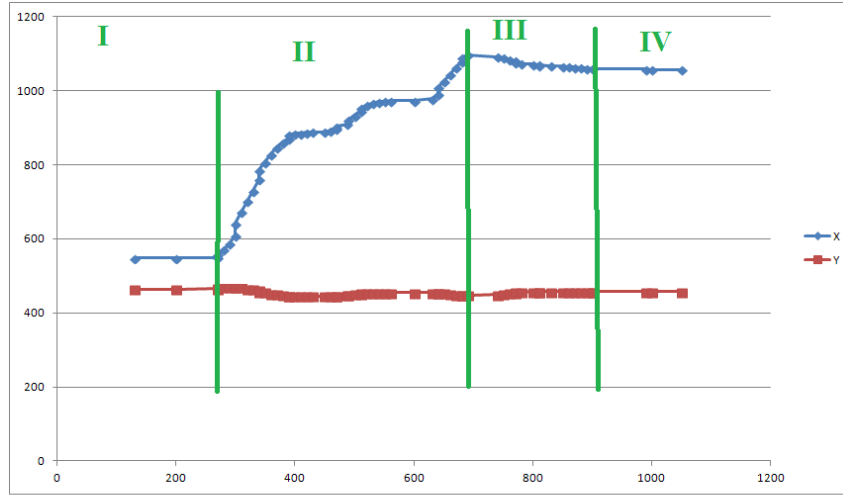


Figure 6. Average trajectory of cursor movement by mouse; X and Y are directional displacements (in Pixels); horizontal graph axe is a Time in microseconds.

It is visible from Fig. 6 that the time taken to put the cursor on a target can be represented in 4 components:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (3)$$

where

t – total time;

t_1 – target search time;

t_2 – time of cursor movement to target which depends on cursor current position and selected target;

t_3 – time for correction of cursor position on target and decision making; and

t_4 – time to click the mouse.

Per our experimental average results, these time components are:

$t_1 = 250-300$ ms;

$t_2 = 350$ ms for the 510 pixels in average distance between current and targeted cursor position;

$t_3 = 300-350$ ms; and

$t_4 = 150-200$ ms.

Similar analysis can be performed also for the eye tracking mode of our experiment and is depicted in Fig.7.

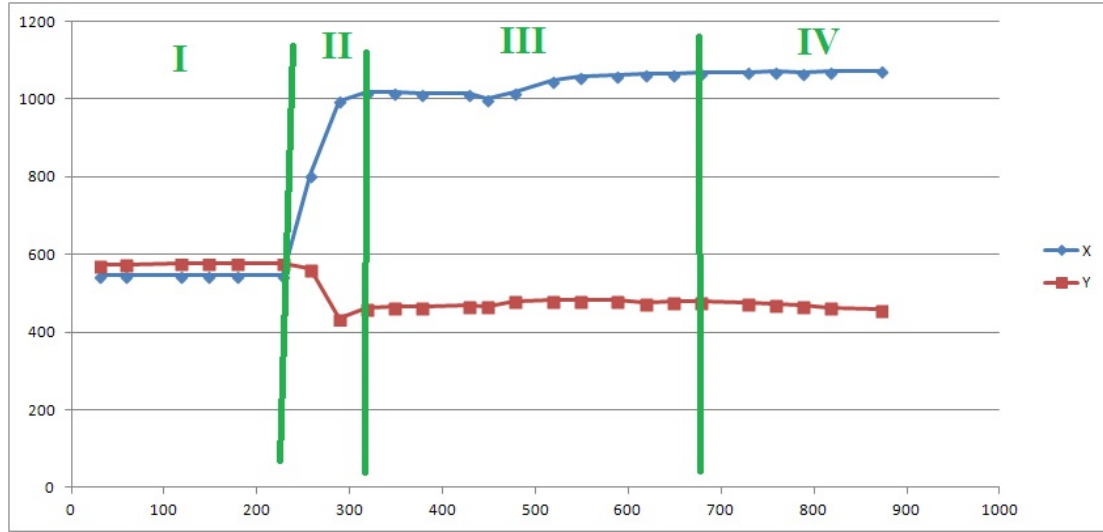


Figure 7. Average trajectory of cursor movement for eye tracking method; X and Y are directional displacements (in Pixels); horizontal graph axe is a Time in microseconds.

Analogously, for the mouse mode we can also decompose a common time to perform a task into 4 stages:

$$t' = t'_1 + t'_2 + t'_3 + t'_4 \quad (4)$$

where

t' - common time;

t'_1 - target search and eye inertia time;

t'_2 - time for movement to target which does not depend on distance between current cursor position and selected target;

t'_3 - time for correction of cursor position on target and decision making; and

t'_4 - time to click a target using the mouse .

In average for the eye tracking mode this time components are:

$t'_1 = 200-250$ ms;

$t'_2 = 60-100$ ms - for the 510 pixels in average distance between current and targeted cursor position;

$t'_3 = 350-400$ ms; and

$t'_4 = 150-200$ ms.

1. Gaze controlled cursor movement to the target is almost independent from the distance to the on-screen target and occurs in 50-100 milliseconds. This speed is on average 3 to 6 times faster than the mouse controlled cursor movement.

2. When a subject is trained in the use of an eye tracker, then time t_3 is significantly reduced. Subject also may gain experience and confidence in cursor positioning by gaze and thus become an advanced user of the eye-controlled environments.

3. The command to fix the cursor position on screen, for example by a double-blink command, could significantly reduce the t_4 time.

Our future research efforts will be devoted to the development of the novel human-in-the-loop geospatial imaging environments which will increase the productivity of humans in visual analysis operations. Novel geospatial environments will doubtfully be efficient for emergency situation response application scenarios.

REFERENCES

1. (COGAIN) http://wiki.cogain.org/index.php/Eye_Trackers#Eye_Trackers_for_Assistive_Technology_and_AA_C Last accessed March 2015
2. (Dupont et al. 2014) Dupont, L., Antrop, M., & Van Eetvelde, V. (2014). Eye-tracking analysis in landscape perception research: Influence of photograph properties and landscape characteristics. *Landscape Research*, 39(4), 417-432.
3. (Fitts 1954) Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of experimental psychology*, 47(6), 381.
4. (Fritz et.al. 2008) Fritz, H.M.; Okal, E.A. Socotra Island, Yemen: Field survey of the 2004 Indian Ocean tsunami. *Nat. Hazards* 2008, 46, 107–117.
5. (Kowler and Anton 1987) Kowler E. and S. Anton. Reading twisted text: Implications for the role of saccades. *Vision Research*, 27:45–60, 1987.
6. (Land and Furneaux 1997) Land, M. F., & Furneaux, S. (1997). The knowledge base of the oculomotor system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 352(1358), 1231-1239.
7. (MacKenzie and Buxton 1992) MacKenzie, I.S., and Buxton, W. (1992). Extending Fitts' law to two dimensional tasks. *Proceedings of the CHI '92 Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM.
8. (Mansourian et al. 2005) Mansourian, A.; Rajabifard, A.; Valadan Zoej, M.J. SDI Conceptual Modeling for Disaster Management. In *Proceedings of the ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure*, Hangzhou, China, 14–16 October 2005
9. (Manfré et. al. 2012), L. A., Hirata, E., Silva, J. B., Shinohara, E. J., Giannotti, M. A., Larocca, A. P. C., & Quintanilha, J. A. (2012). An analysis of geospatial technologies for risk and natural disaster management. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 1(2), 166-185.
10. (O'Regan 1990) O'Regan, J.K. Eye movements and reading. In E. Kowler, editor, *Eye Movements and Their Role in Visual and Cognitive Processes*, pages 455–477. New York: Elsevier, 1990.
11. (TheEyeTribe) <https://theeyetribe.com/> (last accessed on Mar 9 2015)
12. (Voigt et al 2011) Voigt, S., Schneiderhan, T., Twele, A., Gähler, M., Stein, E., & Mehl, H. (2011). Rapid damage assessment and situation mapping: learning from the 2010 Haiti earthquake. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 77(9), 923-931.
13. (Wobbrock et al 2011) Wobbrock, J.O., Shinohara, K. and Jansen, A. The effects of task dimensionality, endpoint deviation, throughput calculation, and experiment design on pointing measures and models. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*. Vancouver, British Columbia (May 7-12, 2011). New York: ACM Press, pp. 1639-1648.
14. (Yarbus 1967). Yarbus, A. *Eye Movements and Vision*. Plenum Press, New York, 1967.

© E. Levin, A. Banaszek, J. McCarty, A. Zarnowski, 2015

**ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДПОСЫЛОК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА
В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧАРЫШ (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)**

Ирина Николаевна Ротанова

Алтайский государственный университет, 656049, Россия, г. Барнаул, ул. Ленина, 61, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ГИС; Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1 ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики, тел. (3852)29-12-77, факс: (3852)29-12-75, e-mail: rotanova07@inbox.ru

Евгения Юрьевна Лут

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, аспирант лаборатории гидрологии и геоинформатики, тел. (3852)29-12-77, факс: (3852)29-12-75, e-mail: kovernikovae@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы геоинформационно-картографической поддержки и математического моделирования в исследованиях предпосылок возникновения чрезвычайных ситуаций гидрометеорологического характера.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, геоинформационное картографирование, гидрометеорологические исследования, Чарыш, Алтайский край.

**GEOINFORMATICS AND CARTOGRAPHICAL SUPPORT FOR RESEARCH
OF PRECONDITIONS OF HYDROMETEOROLOGICAL EMERGENCIES
IN THE CHARYSH RIVER BASIN (ALTAI KRAI)**

Irina N. Rotanova

Altai State University, 656049, Russia, Barnaul, 61 Lenin St. Ленина, Ph. D.; Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, 656038, Russia, Barnaul, 1 Molodezhnaja St., Associate Professor, tel. (3852)29-12-77, fax: (3852)29-12-75, e-mail: rotanova07@inbox.ru

Evgeniya Yu. Lut

Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, 656038, Russia, Barnaul, 1 Molodezhnaja St., Postgraduate, tel. (3852)29-12-77, fax: (3852)29-12-75, e-mail: kovernikovae@mail.ru

In article questions of geoinformatsionno-cartographical support and mathematical modeling in researches of prerequisites of emergence of emergency situations of hydrometeorological character are considered.

Key words: emergency situation, geoinformation mapping, hydrometeorological researches, Charysh, Altai Krai.

Резкое возрастание чрезвычайных ситуаций гидрологического характера вызывает необходимость выполнения исследований, связанных с происходящими гидроклиматическими изменениями, что является одной из актуальных

для многих регионов мира, включая Алтайский край. Проблемы гидроэкологической безопасности в Алтайском крае наиболее остро проявились в весенне-летний сезон 2014 г. Наводнение 2014 г. из-за ливней и затяжных дождей произошло в 22 районах края, в том числе, в наибольшей степени в бассейне реки Чарыш. Особое внимание к изменениям климата, к увеличению количества катастрофических наводнений обусловлено не только реально отмечаемыми фактами, но и возрастающей озабоченностью общества неопределенностью этого явления на фоне общей политической, экономической и социальной нестабильности в мире [Ротанова, Харламова, Останин, 2012]. В рамках изучения наблюдаемых и прогнозируемых гидроклиматических изменений, существующих и потенциальных природных рисков, возможных чрезвычайных ситуаций и обеспечения гидроэкологической безопасности ставятся задачи поиска путей и подходов к адаптации природных и социально-экономических систем к глобальным изменениям. В связи с этим уже предложены и предлагаются глобальные и региональные климатические модели. Значимую роль в изучении закономерностей функционирования водных объектов играют геоинформационно-картографические гидрологические (эколого-гидрологические) исследования.

Вопросы влияния глобальных изменений, включая гидроклиматические, на экосистемы и социально-экономические системы, а также проблемы определения их реакции на происходящие и грядущие воздействия и вместе с тем возможности и ограничения адаптации к новым условиям – все это является в настоящее время приоритетным для научного познания и рассмотрения в качестве вызовов науке в общепланетарном, международном и региональном масштабах.

В международном масштабе и в России существует опыт изучения чрезвычайных гидрологических ситуаций, математического моделирования водного режима территорий, инженерно-гидрологических расчетов, оценки водно-ресурсной и эколого-воднобассейновой обстановки регионов (GLEAMS, 1987; SWRRB, 1990; SWIM, 2000 и др.).

Вместе с тем, проблема сложна и не решена. Имеющийся опыт ориентирован на умеренный (европейский) климат и определенный тип водного режима. Оценка ситуации в бассейне Оби и ее притоков требует новой методологической проработки в связи с особенностями климатических, гидрогеологических и гидрологических условий, что вызывает необходимость более детального рассмотрения подземных и наземных источников водоснабжения, дополнительных исследований отдельных, наиболее проблемных территорий.

Совершенствование методов анализа и оценки базируется на накопленном к настоящему времени объеме информации о природном качестве подземных вод, загрязнении поверхностных вод, и невозможно без применения современных технологий в области сбора, обработки, моделирования и представления пространственно-временных данных, ведения кадастра и мониторинга водных объектов.

Проблемы оценки и прогнозирования состояния водных ресурсов суши, количественных и качественных изменений, происходящих в поверхностных водах под влиянием хозяйственной деятельности человека, все больше прико-

вызывают внимание ученых и специалистов разных областей знания. Признается, что успешными такие исследования могут быть лишь при рассмотрении водных проблем на основе бассейнового подхода [Human..., 1999; Irina N. Rotanova and Olga V. Lovtskaya, 2014].

В последние десятилетия особенно заметно вырос интерес к геоинформационно-картографическому моделированию гидрологических процессов на крупных водосборах в связи обострением экологических проблем и широким осознанием того факта, что разработка мероприятий по улучшению состояния вод в масштабах речных бассейнов требует соответствующих инструментов оценки и прогнозирования. Развитие геоинформационных технологий предоставляет широкие возможности для геоинформационно-картографического моделирования речного стока с крупных водосборов. Связь между ГИС и гидрологическими детерминированными моделями является естественной, поскольку моделирование стока предполагает использование пространственно распределенных параметров территории. Геоинформационные системы имеют в своих «арсеналах» функции гидрологического моделирования, позволяющие определять на основе цифровой модели рельефа различные гидрологические характеристики.

При моделировании гидрологических процессов геоинформационные системы находят применение, чаще всего, в двух случаях. Во-первых, ГИС используются как инструмент выделения в изучаемых гидрологических системах естественных подсистем, а также однотипных в природном и хозяйственном отношении участков [Krysanova et al., 1999]. Второе направление – это развитие ГИС-интерфейса к известным компьютерным моделям, который позволяет генерировать для них файлы входных данных, используя цифровую модель рельефа и другие заложенные в ГИС характеристики водосборов (почвы, растительность и т. п.) [GIS Hydro, 1999].

Можно отметить работы, в которых численное моделирование гидрологических процессов и сопутствующих процессов формирования водного стока производится средствами геоинформационных систем, с помощью внутреннего языка запросов и управления данными, реализованного в некоторых стандартных ГИС. Поскольку в задачах моделирования важным моментом является анализ чувствительности используемых численных алгоритмов к изменению параметров дискретизации расчетной схемы, вопросы по проведению таких исследований стали подниматься в литературе и относительно вычислительных возможностей ГИС.

Например, в работе [Vieux, 1993] обсуждалось влияние размера ячеек сетки ЦМР на величину уклонов и длин склонов, рассчитываемых с помощью ГИС, и, как следствие, на вычисляемые объемы поверхностного стока. В другой работе В. Vieux and S. Needham [1993] показали, что укрупнение сетки ведет к тому, что рассчитываемая с помощью ГИС длина водотоков становится меньше, а вынос взвешенных веществ с водосбора увеличивается. Краткий обзор работ по применению ГИС в гидрологическом моделировании сделан, например, в [DeVantier and Feldman, 1999; Olivera and Maidment, 1999].

В научной литературе обсуждаются и связанные с вопросами моделирования в геосистемах проблемы стандартизации исходной тематической картографической информации. Характерные для географии и использующиеся при картографировании описательные подходы в ходе внедрения алгоритмических методов претерпевают преобразования, включающие элементы формализации, единообразия, ограничительных условий. Однако специфика географических объектов как территориальных образований, имеющих жесткое пространственное положение и структуру, усложняет вопросы их типизации и использования в качестве исходной информации в математических моделях. Эта проблема особенно актуальна для сложных пространственных систем, какими являются бассейны крупных рек.

В геоинформационных системах, обеспечивающих хранение и манипулирование большими объемами пространственно-координированных данных, не всегда решены вопросы корректности различной тематической информации. Весьма резко они проявляются при применении ГИС для гидрологического моделирования, когда необходимо использовать одновременно набор показателей различных тематических слоев. Немалое внимание исследователями уделяется также проблеме выбора элементарного носителя информации в ГИС (ячейки первичной информации): либо сеточное разбиение, либо принятие в качестве основы природного пространственного объекта - ландшафта.

Все выше сказанное свидетельствует о комплексности проблем применения геоинформационно-картографических данных в исследованиях предпосылок возникновения чрезвычайных ситуаций гидрометеорологического характера. Эти исследования имеют фундаментальное значение, а судя по продолжающимся публикациям в научной литературе и международным конференциям, посвященным вопросам использования ГИС в гидрологическом моделировании [GIS Hydro, 1999; Proceedings..., 2000], не уменьшается важность научных исследований в данной области. Наводнение 2014 г. из-за ливней и затяжных дождей в Алтайском крае, в том числе, в наибольшей степени пострадавшей территории бассейна реки Чарыш, многоснежная зима 2014-2015 гг., гидрометеорологический прогноз на весенний период 2015г. создают предпосылки и необходимость геоинформационно-картографических работ и гидрологического моделирования территории Алтайского края.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ротанова И.Н., Харламова Н.Ф., Останин О.В. Изменения климата Алтая за период инструментальных исследований // Изв. АлтГУ, 2012. - №3-2 (75). С. 105-109.
2. DeVantier B. A. and Feldman A. D. Review of GIS applications in hydrologic modeling// J. Water Resources Planning and Management (ASCE). – 1993. – Vol. 119, No. 2. – P. 246–261.
3. GIS Hydro'99: Introduction to GIS Hydrology / 1999 ESRI International User Conference. Pre-Conference Seminar. – Center for Research in Water Resources, Univ. Texas at Austin. 1999 (on CD-ROM).
4. Human dimensions of watershed management/J. Am. Water Resources Ass. - 1999. - Vol. 35, no. 3 (Special Issue). – P. 483–683.

5. Irina N. Rotanova and Olga V. Lovtskaya Approaches to Infrastructure Provision of Spatial Water-ecological Data on the Ob` River Basin Systems // Bandrova, T., Konecny, M., Zlatanova, S. (Eds.) Thematic Cartography for the Society ISBN 978-3-319-08180-9, Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 2014, XV, 357 p. 131 illus. P. 105-118. ISSN 1863-2246 ISSN 1863-2351 (electronic) ISBN 978-3-319-08179-3 ISBN 978-3-319-08180-9 (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-08180-9 Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
6. Krysanova V., Bronstert A., Muller-Wohlfeil D.-R. Modelling river discharge for large drainage basins: from lumped to distributed approach // Hydrological Science J. – 1999. – Vol. 44, No. 2. – P. 313–331.
7. Olivera F., Maidment D. Geographic Information Systems (GIS)-based spatially distributed model for runoff routing/Water Resources Research. – 1999. - Vol. 35, no. 4. – P. 1155-1164.
8. Proceedings of the 5th EC-GIS Workshop. Stresa, Italy, 28-30 June 1999/K.Fullerton, ed. - European Commission, Joint Research Centre, 2000.
9. Vieux B. E. DEM aggregation and smoothing effects on surface runoff modeling // J. Computing in Civil Engineering. – 1993. – Vol. 7, No. 3. – P. 310–338.
10. Vieux B. E. and Needham S. Nonpoint-pollution model sensitivity to grid-cell size // J. Water Resources Planning and Management. – 1993. – Vol. 119, No. 2. – P. 141–157.

© И. Н. Ротанова, Е. Ю. Лут, 2015

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭРОЗИИ ОВРАГА НА ТЕРРИТОРИИ УНИВЕРСИТЕТА БЕНИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИИ И ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ

Оконофуа Соломон Эхиц

Университет Бенина, РМВ 1154, Нигерия, Штат Эдо, магистр, преподаватель кафедры геоматики инженерных технологий, тел. (234807)352-26-37, e-mail: ehi_zonoyahoo.com

Изиньон Осадолор Кристофер

Университет Бенина, РМВ 1154, Нигерия, Штат Эдо, кандидат технических наук, профессор кафедры гражданского строительства, тел. (234803)503-82-39, e-mail: izinyon2006@yahoo.com

Рафаэль Эхигиатор-Иругхе

Университет Бенина, РМВ 1154, Нигерия, Штат Эдо, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры геоматики инженерных технологий, тел. (234803)368-10-19, e-mail: raphehiator@yahoo.com

Статья посвящена оценке эрозии оврага на территории университета Бенина (University of Benin) Нигерии, с использованием геоинформации, данных наземной съемки и методов инженерной геологии. Это поможет понять механизм образования оврага и принять соответствующие меры по его контролю. Положение дренажного бассейна определялось с использованием ГННС, электронного тахеометра, а для контроля деградации земли исторические снимки от Google и многовременные космические снимки. Были получены топографические параметры дренажа, такие как угол наклона, высота пятна, контур и другие морфологические параметры оврага. По многовременным космическим снимкам 2003, 2005, 2007, 2010 и 2013 годов выявлено четкое отступление вершины оврага. Образцы почвы были взяты ручным бурением на максимальную глубину 2 м в самой верхней и нижней части дренажного бассейна. В верхней части дренажного бассейна были восстановлены буровые скважины 1, 2 и 3, а буровые скважины 4, 5 и 6 в нижней его части. По результатам топографической съемки выявлено отклонение откоса верхней части бассейна на 0,3–0,5 %, тогда как нижней части от 3 до 7 %, что указывает на высокий показатель эрозии в нижней части дренажного бассейна. Данные наземной съемки были обработаны в формате Excel до импортирования в программное обеспечение Arc GIS 9.3, которое используется для экологического моделирования тенденции деградации.

Ключевые слова: овражная эрозия, водораздел, ГИС, геоинформация GIS, geoinformation, деградация почв.

GEO-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF GULLY EROSION AT THE UNIVERSITY OF BENIN USING GEOINFORMATION AND ENGINEERING METHODS

Okonofua S. Ehiz

University of Benin, PMB 1154, Nigeria, Edo State, Master of Engineering (M. Eng), Lecturer, Department of Geomatics Technology, tel. (234807)352-26-37, e-mail: ehi_zonoyahoo.com

Izinyon O. Christopher

University of Benin, PMB 1154, Nigeria, Edo State, Ph. D., Professor, Department of Civil Engineering, tel. (234803)503-82-39, e-mail: izinyon2006@yahoo.com

Raphael Ehigiator-Irughe

University of Benin, PMB 1154, Nigeria, Edo State, Ph. D., Senior Lecturer, Department of Geomatics Technology, tel. (234803)368-10-19, e-mail: raphehigiator@yahoo.com

This paper assessed gully erosion at the University of Benin, Nigeria, using geoinformation, ground survey data and geotechnical engineering methods. This will help to understand the mechanism responsible for the gully formation and then develop control/management measures. The catchment was geo referenced using GNSS, total station, Google historical imageries and multi temporal images for monitoring land degradation. Topographical parameters of the catchment such as slope angle, spot height, contour and other morphological parameters of the gully were obtained. Using the multi temporal images, the gully head retreat was ascertained for 2003, 2005, 2007, 2010 and 2013 respectively. Soil samples were obtained to a maximum depth of 2m at both the upper and lower reach of the catchment using hand auger. Boreholes 1, 2 and 3 were recovered from the upper reach of the catchment while Boreholes 4, 5 and 6 were obtained from the lower reach of the catchment. Information obtained during the topographical survey shows that the ground slope at the upper reach of the catchment is between 0,3 and 0,5 % while that of the lower reach is between 3 and 7 %; this accounts for the high rate of erosion at the lower reach of the catchment. Ground survey data were processed in excel format before imported into Arc GIS 9.3 software used for environmental modeling; this was used to produce trend in environmental degradation.

Key words: gully erosion, watershed, GIS, geoinformation, soil loss.

Flood and erosion have seriously affected man since time immemorial and despite governmental and prodigious effort to prevent and stop them the challenge still remain till today causing damages to property and loss of lives. Initiation of gully is as a result of localized erosion by surface runoff associated by rainfall events of high intensity. Gully erosion is highly noticeable form of soil erosion and can impair soil productivity as well as destroyed highway and water network. Eroded soil from gully bed can cause siltation of streams, culverts, dams and reservoir. Water runoff increases with energy as it spills over gully head and splash back water erodes the subsoil, retreating the gully head up to a slope. This process maybe initiated by several different factors including: cultivation or grazing on sites susceptible to gully erosion, increase in runoff due to increase in land cover change, poor vegetative cover or removal of preferred vegetative cover, improper storm water drainage design, construction or maintenance of waterways in cropping area (Ehiorobo, 2010).

In recent times, almost every part of the region in the world are exposed to degradation and erosion caused by increasing population and over use of limited land resources. Measuring soil erosion may not just be only expensive and time consuming; the results may also be conditioned by single event such as rain storm (Hudson, 1995). Calibration requires soil loss data from the full range of field situation from which the model will be applied. In practice, calibration is often based on data from few runoff plots with or without use of an artificial simulator (FAO, 1993) and data from site in other environment or measured according to the nonstandard technique (Lal, 2001). All of these limit the predictive capacity of soil erosion model (De Bie, 2005). Monitoring procedure based on field measurement and the estimation on the volume of rills and gullies in a time span such as several years are necessary in order to assess erosion at the landscape scale (Poesen, 1996).

The formulation of proper watershed management program for sustainable development requires information on soil erosion and sediment yield (Pandey et al., 2007). However, it is very challenging to model soil erosion because of the complexity of the interactions of factors that influence the erosion process (Wischmeire and Smith, 1978). Substantial effort has been made in developing soil erosion models resulting in a variety of models that range from simple empirically oriented equations such as the Universal Soil Loss Equation, USLE and its Reversed version RUSLE (Renard et al, 1997) to more advanced models such as Water Erosion Prediction Project (WEPP).

When put on efficiency scale, the latter may be more functional and powerful than other empirical models, but those models often need lots of data and are computationally intensive approach in many circumstances particularly with respect to modeling soil erosion in medium and large scale watershed (Wang et al, 2009).

Arising from the above mentioned limitations with respect to soil loss models, researchers dived into other areas of solving environmental challenges within a short space of time using relevant data. In recent times, with the aid of Digital Elevation Models (DEM), research has been addressed to predict the threshold contributing area and other topographic effects, limits of initiation, distribution and location of gullies in different locations (Ghoddusi, 1994). The current development in Remote Sensing techniques provide spatial information that is normally difficult to obtain especially in developing countries (Bakoariniaina et al, 2006; Fistikoglu and Harmancioglu, 2002).

The study area is University of Benin, Ugbowo campus which extends from Benin-Lagos road in the west to the Benin- Auchi road in the Northeast. The campus is divided into two (western and eastern) parts by the large basin of the Ikpoba River which flows in the eastern direction. It lies between latitude $05^{\circ} 44' N$ to $06^{\circ} 34' N$ and longitude $05^{\circ} 04' E$ to $06^{\circ} 45' E$. The western sector slopes at between 3-8% (average slope of 4%) into the Ikpoba River which receives sediments from the gully area. On this same sector (western), the slope breaks just behind the Capitol. From this point, runoff due to change in gradient accelerates into the Ikpoba River, (Ehiorobo 2010).

The elevation of the study area ranges from 44m to 88m above mean sea level. The average temperature in this area is approximately $27^{\circ} C$ and annual rainfall is between 1,500 mm/yr to 3,000 mm/yr. The wet season spans from March to November with break in the month of August otherwise known as August Break. Maximum rainfall is as high as 549 mm (July/September) with minimum as low as 4.1mm (January/December). The major soil type in the area ranges from clayey soil in the upper reach of the catchment to sandy soil towards the river bank. The land use types mainly include grassland, shrubs and bare soil. Humidity is about 85% most of the time and the area lies in the tropical rain forest zone.



Figure 1: Location plan of the study area

Reconnaissance survey was undertaken to have a good knowledge of the study area while spatial and topographic survey was carried out using Total station instrument (for gully bed mapping) and GNSS receiver, the coordinate obtained were converted to Nigerian Transverse Mercator (NTM) by using INCA software. Morphological parameters of the gully such as depth, top and bottom width, area of coverage and total length of gully were determined at the site using measuring instruments and spatial data. From the field measurement data, the cross sectional area was computed using:

$$A = d (b+s.d) \quad (1)$$

Where d – depth of Gully

b – Average width of Gully

s – Side slope of Gully

A – Cross sectional area

Volume of soil loss was also computed using Simpson rule given by Ehiorobo (2011) as shown below:

$$V_L = \frac{L}{6} \left[A_1 + 4A_m + A_2 \right] \quad (2)$$

Where V_L - volume of soil loss between the sections

A_1 - cross sectional area of first section

A_2 - cross sectional area of second section

A_m - cross sectional area of section midway between the first and second section

The projects coordinates from the total station were down loaded into arc GIS environment as an excel spread sheet for further processing. Elevation data which was used to produce the topographic catchment map. Apart from the fact that Geographic Information System (GIS) was used for contour and slope generation it was also used to capture the extent of damage to infrastructure, water shed characteristics and flood inundated areas within the catchment. During the reconnaissance and detailed topographical survey of the area, it was observed that the average point density

in some parts such as the gully head and edge were more intense than others. Arising from the above, slope angle were computed at different sections of the gully so as to ascertain or differentiate erosion intense area (due to increase in slope) from relatively flat terrain. Total station also captured break in slope and other important topographic features of the catchment area. The cross section of the gully was recorded at a spacing of 20m interval from the longitudinal direction.

The rate of gully head retreat over a period of five years (5) was ascertained using multi temporal satellite images for the period. Apart from 2013 head retreat which was acquired using GPS receiver other were acquired from Google earth historic images. Control points were set on each image and this control points were used to carry out geo referencing of the images. The gully was then digitized for each year; using overlay operation the various years were overlaid and the annual retreat was measured. This will be used to compute the head retreat in other years.

Hand Auger was used to obtain soil samples from within the gully area and on encroaching layer of the gully to a maximum depth of 2m. The samples were taken to the Geotechnical Engineering laboratory for analysis/classification and other tests which included particle size distribution, Natural moisture content, specific gravity; Atterberg limits test, compaction and permeability. The tests were carried out in accordance with BS 1377:85. In order to ensure proper classification of soil within the catchment, the study area was divided into two. Samples from boreholes 1, 2 and 3 were obtained from the upper reach of the catchment (towards Ekosodin) while samples from borehole 4, 5 and 6 were recovered from the lower reach (close to the river).

Information obtained during the topographical survey of the study area includes the morphological data of the gully (length, breath, depth and volume of soil loss. Also, the ground survey data was used to produce the catchment basin of the area showing the direction of flow of the Ikpoba River. Using multi temporal satellite imagery, the head retreat of the gully was monitored and recorded for a period of four years. Acquisition of this imagery was then carried out from Google historic images while that of 2013 was carried out using GNSS. Table 1 shows the head retreat acquired from Google historical images while Fig. 2 shows the head retreat of the gully. Information gathered during the ground survey was also used for slope computations across each break in the catchment.

Table 1: Gully head retreat

Year	Head retreat (m)
2005 -2006	90.8m
2006 - 2007	82.8
2007 - 2010	205.4
2010 - 2013	29.69

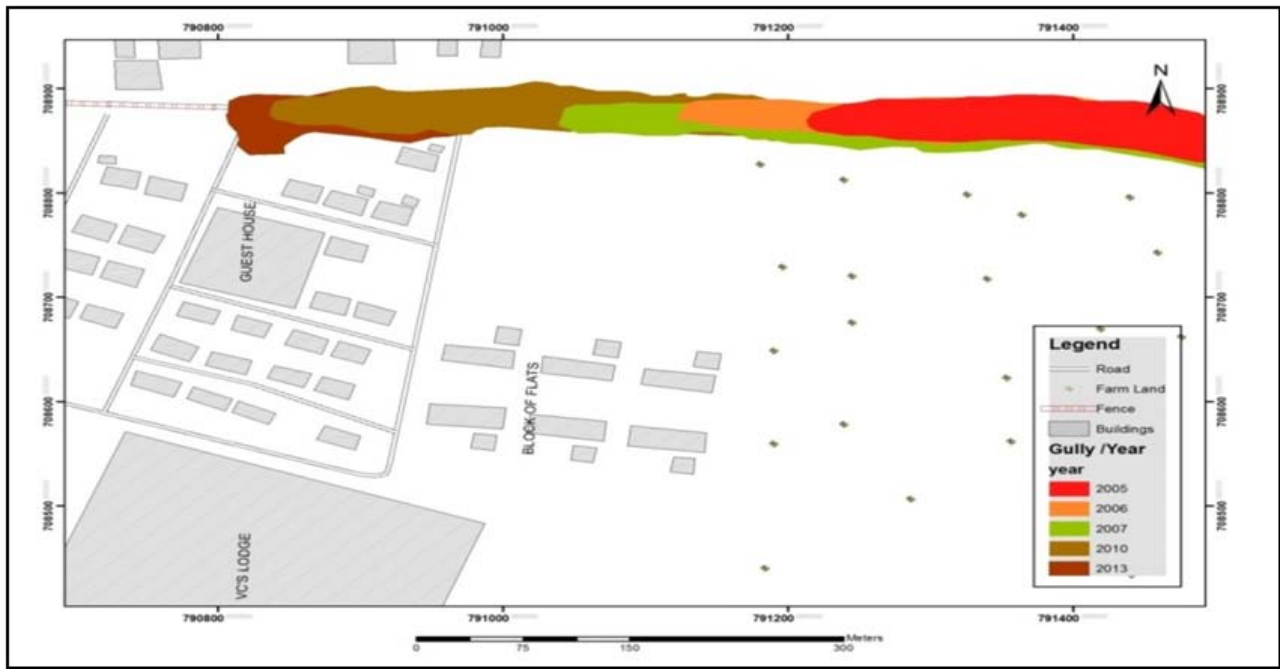


Figure 2: Gully head retreat for 2003, 2005, 2007, 2010 and 2013

The tests carried out in accordance with BS 1377:85 are: specific gravity, particles size distribution (sieve analysis), Atterberg/consistency test, compaction test, triaxial test and permeability test. Samples from boreholes 1, 2 and 3 (Ekosodin i.e. upper reach of the catchment) were analyzed separately from those recovered from the lower end (close to the sediment deposit). This was done so as to ensure proper soil classification and identify the zone of soil transition within the catchment. The results of the geotechnical investigation on the Hand Auger samples recovered from different location within the catchment are presented in Table 2.

There are symbols in the table which mean: NP – not-plastic, LL – liquid limit, PL – plastic limit, PI – plastic index, OMC – maximum moisture content, MDD – maximum dry density, C – cohesion while ϕ – angle of internal friction.

The data collected from the Nigerian Meteorological Agency, NIMET were used to plot the charts in Fig. 3 using linear trend and scattered plot format. The chart shows the yearly variation of the rainfall while the trend line represents the linear relationships between the parameters involved.

From the data obtained during the topographical and field survey, the slope angle for each section was computed at each slope break. The value of the slope angle for the upper reach of the catchment (Ekoshodin area) ranges from 0.003% to 0.005% while the value for the downstream (towards the Ikpoba River) ranges from 2.2% to 7%. Table 1 shows that between 2005 and 2013 the gully head retreat ranged from 29.69m (2013) to 205.4m (2007 – 2010; annual average retreat of 51.4m). Within this period, the gully head had retreated 400m. A careful observation of Fig. 2 shows that despite heavy rainfall recorded in 2013, the gully head retreat was almost 30m; the smallest recorded since the initiation of the gully in year 2000. One of the factors responsible for the retarded retreat was the sharp reduction in the slope angle. Towards

the upper reach of the catchment (Ekoshodin), the terrain is relatively flat and as such runoff erosive index is low but increases in velocity as it approaches the lower part of the catchment especially at the point where it experiences a break in slope (runoff erosive index also increases at this section). At this section, runoff has left more devastating effects than the upper reach.

Table 2: Geotechnical test results for the University of Benin erosion site

S/N.	LOC.	Specific gravity (GS)	Sieve analysis		Atterberg limit			Compaction		Triaxial		Permeability
										Test		Test (cm/sec)
			% Pass- ing	% Pass- ing	LL	PL	PI	MDD (g/cm ³)	OMC (%)	C(KN/ m ²)	Ø ⁰	
			Sieve 1.18 mm	Sieve 0.075 mm								
1	BH 1											1.006 x 10 ⁻⁷
	0.5m	2.58	85.89	46.84	57.82	34.79	23.03	12.8	1.74	27.76	20	
	1m	2.6	82.7	57.93	66.1	41.04	25.06	10	1.75	18.45	23	
	2m	2.67	92.32	55.25	62.8	39.87	22.93	10	1.83	21.64	19	
2	BH 2											1.553 x 10 ⁻⁷
	0.5m	2.58	96.9	45.93	58.91	32.44	26.47	11.9	1.73	22.74	12	
	1m	2.53	80.51	55.62	56.43	29.48	26.95	12.01	1.7	25.3	11	
	2m	2.61	95.18	34.16	59.01	32.53	26.48	9.5	1.18	18.1	12	
3	BH 3											1.782 x 10 ⁻⁸
	0.5m	2.52	96.9	65.93	63.35	44.21	19.14	12.5	1.8	19.73	9.8	
	1m	2.6	96.42	58.92	56.11	39.72	16.39	13.3	1.75	18.62	13	
	2m	2.59	96.45	49.91	55.43	38.82	16.61	13.2	1.73	21.29	18	
4	BH 4											1.104x 10 ⁻³
	0.5m	2.38	89.23	12.97	N.P	-	-	11.03	1.68	6.9	5.4	
	1m	2.41	97.45	10.77	-	-	-	9.35	1.62	7.11	7.8	
	2m	2.39	80.15	17.57	-	-	-	10.65	1.55	6.55	6.1	
5	BH 5											1.464x10 ⁻³
	0.5m	2.33	89.11	11.94	-	-	-	13.22	1.48	6.43	6.5	
	1m	2.28	93.47	17.62	-	-	-	10.14	1.71	8.18	7.1	
	2m	2.4	91.73	15.45	-	-	-	13.22	1.74	8.51	6.6	
6	BH 6											1.433x10 ⁻³
	0.5m	2.42	89.01	9.73	-	-	-	11.57	1.44	7.72	5.2	
	1m	2.31	90.34	11.37	-	-	-	9.63	1.56	10.73	5.7	
	2m	2.57	94.73	16.84	-	-	-	10.58	1.8	11.48	7.1	

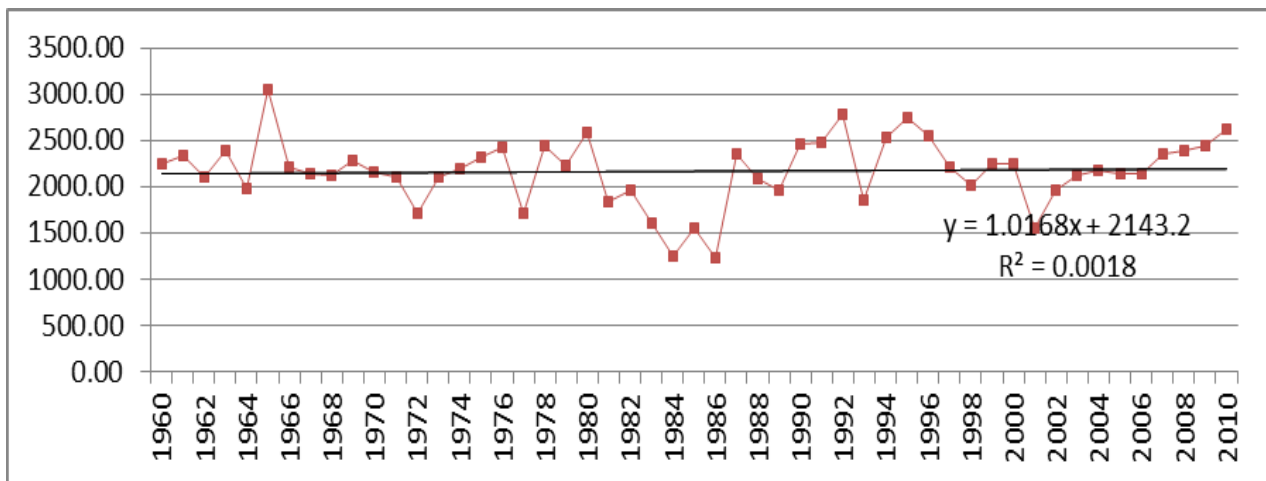


Figure 3: Yearly variation of rainfall (1960 – 2010)

The geotechnical result (from the upper and lower part of the catchment) presented in Table 2 showed that the specific gravity for Bore Hole 1, 2 and 3 ranged 2.52 to 2.67 while the percentage passing through sieve number 0.075mm is between 34.16 and 65.93, this indicates that the soil in this part of the catchment is clayey soil with high water retaining ability as reflected by the soil moisture content (1.18% - 1.8%) and also high plasticity index (16.61% - 26.95%). The permeability test results show that the soil is impervious and hard when dried but swells when under wet condition. When the topography is not tilted or faulted such soil hardly erode; this was why the rate of retreat slowed during the wet season of 2013 despite the heavy rainfall. For Bore holes 4, 5 and 6, the specific gravity ranged from 2.28 to 2.42 while the percentage passing sieve 0.075mm is between 10.77% and 17.62%. This implies that this part of the catchment is predominantly sandy soil. This was confirmed by the non-plastic nature of the samples and permeable tendency of the soil. The erodibility index of the sample at this part of the catchment was also very low (2.6), a factor which predisposes the soil to high erosion as gully retreated by almost 300m in four (4) years (2007, 2011). From the foregoing, the following conclusion can be ascertained:

- Geoinformation, multi temporal images and ground/field survey data can be used to monitor the rate of head retreat in gully and other environmental changes with respect to change in climate.
- Faulted or tilted land with intermediate slope break aid the velocity of runoff and when such catchment lacks adequate soil protection, the rate of erosion in such areas is usually intense.
- When GIS is fully utilized in addition to geotechnical and meteorological data, various factors contributing to the degradation of land can be ascertained and adequate control measures recommended.

REFERENCES

1. Bakoariniaina, L.N., Kusky, T., Raharimahefa, T., 2006. "Disappearing Lake Alaotra: Monitoring Catastrophic Erosion, Waterway Sitting and Land Degradation Hazards in Madagascar Using Landsat Imagery. *Journal of African Earth Sciences*, 44(2): pp. 241 – 252.
2. De Bie, C.A.J.M., 2005: Assessment of Soil Erosion Indicators for maize based agro-ecosystems in Kenya. *Catana* 59, pp. 231 -251.
3. Ehiorobo, J. O. (2010); "Flood and Erosion Control in Edo State" Inception report submitted to NDDC on flood and erosion control in Niger Delta States.
4. FAO, 1993 "Field Measurement of Soil Erosion and Runoff. *FAO Soils Bulletin*, vol. 68. FAO, Rome, p. 139.
5. Fistikoglu, O., Harmancioglu, N.B., 2002. Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion. *Water Resources Management*, 16(6): pp. 447 -467
6. Ghoddusi, J., 1994, "Growth and Development of Gullies Research Report, Institute of Researchers of Forest and Rangelands, 28p.
7. Hudson, N., 1995 "Runoff, Erosion and Sedimentation: Prediction and measurement. In: FAO (Ed.), *Land and Water Integration and River Basin Management*", FAO Land and Water Bulletin, Vol. 1, p. 85.
8. Lal, R., 2001 "Soil degradation by Erosion. *Land Degradation Journal*; Vol. 12, pp. 519 – 539.
9. Nisar, T. R., Ahamed, K., Rao, G., et al., 2000. Fuzzy Class Membership Approach to Soil Erosion Modeling. *Agricultural System Journal*, Vol. 63, pp. 97 -110.
10. Pandey, A., Chowdary, V.M., Mal, B. C., 2007: Identification of Critical Erosion Prone Areas in Small Agricultural Watershed Using USLE, GIS and Remote Sensing. *Water Resource Management*, 21(14): pp. 729 – 746.
11. Poesen, J., Boardman, J., Wailcox, B., Valentin, C., 1996: Water Erosion Monitoring and Experimentation for Global Change Studies. *Journal of Soil and Water Conservation* 51, pp. 386 -390.
12. Renard, K.G., Foster, G.R., et al., 1994: The Revised Universal Soil Loss Equation. In: Lal, R., ed., *Soil Erosion Research Methods*. St. Lucie Press, Delray Beach, FL. Pp. 105 – 124.
13. Rodda, H. J. E., Demuth, S., Shankar, U., 1999. The Application of GIS Based Decision Support System to Predict Nitrate Leaching to Groundwater in Southern Germany. *Hydro Science Journal* 44(2): pp. 221 – 236.
14. Wang, G.X., Gertner, G, Fang, S.F., et al. 2003. Mapping Multiple Variables for Predicting Soil Loss by Geo Statistical Methods with TM Images and a Slope Map. *Photogram Engineering and Remote Sensing Journal*, Vol. 69(8): pp. 889 – 898.
15. Wang, G.Q., Hapuarachchi, H., Ishidaira, H., 2009: Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield during Individual Rainstorms at Catchment Scale. *Water Resource Management*, 23(8): pp. 3649 – 3667.
16. Wischmeier, J.H., Smith, D.D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Convention Planning, *Agricultural Handbook* 537. U.S. Department of Agricultural Sci. and Education Administration, Washington DC.

© O. S. Ehiz, I. O. Christopher, R. Ehigiator-Irughe, 2015

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ СО СПУТНИКОВ
РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ, ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ, ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЭКОЛОГИИ
И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВОБОДНОГО ДОСТУПА К ГЕОДАНЫМ**

Андрей Владикович Данелян

ЗАО «Международные космические технологии», 107078, Россия, г. Москва, Хоромный тупик, 4, строение 5, генеральный директор, тел. (495)607-07-00, факс: (495)625-45-16, e-mail: director@zaomkt.ru

В статье рассмотрен вопрос использования данных космической съемки со спутников российско-белорусской орбитальной группировки для решения задач контроля техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, контроля землепользования, лесного хозяйства и экологии.

Ключевые слова: космическая съемка, использование данных ДЗЗ, контроль землепользования.

**THE USE OF SPACE IMAGERY DATA FROM SATELLITES OF THE
RUSSIAN-BELARUSIAN SPACECRAFT CONSTELLATION INTENDED
TO CONTROL NATURAL AND INDUSTRIAL DISASTERS, LAND USE, FORESTRY,
ECOLOGY AND PROVIDE FREE ACCESS TO GEOSPATIAL CONTENT**

Andrey V. Danelyan

JSC «International space technology», 107078, Russia, Moscow, Horomny dead lane, 4, Bld. 5, tel. (495)607-07-00, fax: (495)625-45-16, e-mail: director@ zaomkt.ru

The article discusses the use of space imagery data from spacecrafts of the russian-belarusian spacecraft constellation intended to control natural and industrial disasters, land use, forestry, ecology and provide free access to geospatial content.

Key words: space imagery, Earth remote sensing data («ERS» data), land use control, emergency, forestry monitoring.

After deployment of the satellite cluster in 2012 consisting of the Belarusian spacecraft ("BS") and "Canopus-B» №1 spacecraft, the national operators started to supply the ERS data to the public consumers of operational hydrometeorology, entities monitoring natural and industrial disasters, those of environmental resource management, ecology and cartography.

Table 1. Contains main characteristics of the spacecraft and its optoelectronic facilities.

Later on, in order to improve the economic benefits of running the satellite cluster, it was decided to establish a joint venture for the commercial use of ERS data and promote it to the Russian and international markets. In February 2014 by order of the Deputy Prime Minister of the Russian Federation Mr. D. Rogozin and Government regulation of the Republic of Belarus was formed a joint Russian-Belarusian compa-

ny "International space technology." This has laid foundations for the partnership between Russian and Belarusian enterprises in the field of commercialization of space activities.

Table 1

SPECIFICATIONS	
Mass of the satellite	473,2 kg
Orbit altitude	510±10 km
CAPTURE FIELD, AT LEAST	
- panchromatic imaging capture device (PIC)	23 km
- multizone imaging system (MIS)	20 km
GEOMETRIC RESOLUTION:	
- PIC	2,1 m
-MIS	10,5 m
Daily imaging coverage	300 000 ÷ 500 sq.km
Imaging Revisit time	4 days
Geolocation accuracy	30 ÷ 50 m (no Ground control points) 4 ÷ 7 m (with Ground control points)
SPECTRAL RANGE, μm	
- PIC	0,54-0,86
- MIS	0,46-0,52; 0,51-0,60; 0,63-0,69; 0,75-0,84

The founders of the joint venture are: on the Russian side - JSC "VNIIEM Corporation", developer of the meteorological satellites such as "Meteor-M" and small ERS spacecrafts such as "Canopus-B". On the Belarusian side it is "Geographic Information Systems" Unitary Enterprise, the operator of the Belarusian ERS system.

JSC "MKT" main activities:

1. Commercial distribution of ERS data and its processing results got from the BS and "Canopus-B" spacecraft as the exclusive sales representative "GIS" Unitary Enterprise in the CIS countries excluding the territory of the Republic of Belarus.

2. Photogrammetric and subject based data processing of ERS data from the BS and "Canopus-B" №1 satellite, byproducts: orthophotoplans, mosaics of space images, digital elevation models, etc.

3. Development and updating of specialized geo information systems.

Types of products supplied by JSC "MKT" can be seen in Table 2.

Under the terms of the multiagency agreement Roscosmos and the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus share the spacecraft cluster of two satellites to provide Russian and Belarusian consumers with the ERS data and its processing results. Images from "Canopus-B» №1 and Belorussian satellite are supplied to consumers of space information in three processing levels resulting in the following types of the final product, "base product"; "Standard product" - the image in a

given map projection with radiometric processing, sensor distortion correction and geometric correction; "Orthorectified product" - ortho-images, digital maps and digital elevation models.

Table 2

Type of ERS products (Belorussian ERS data)	Spatial resolution nadir, m	Number of spectral channels	Vector of image size, km	Type of imaging
panchromatic	2,1	1	23x23	archive
				operative
multispectral	10,5	4	20x20	archive
				operative
Panchromatic and multispectral	2,1 и 10,5	5	23x23	archive
			20x20	operative
RGB-synthesized	2,1	4	20x20	archive
				operative

Each ortho-corrected image is radiometrically calibrated and geometrically and topographically improved according to high-accuracy measurements of the orbital parameters as well as according to Ground Control Points ("GCP").

EMERCOM of Russia its National Center for Crisis Management have successfully realized a ground computer based system for "Canopus-B" to receive and process data, intended to detect flooding and forest fires situations, to evaluate the infrastructure condition after significant earthquakes, natural and industrial disasters.

Fig. 1 and Fig. 2 represent instances of common use of satellite images for the above tasks.

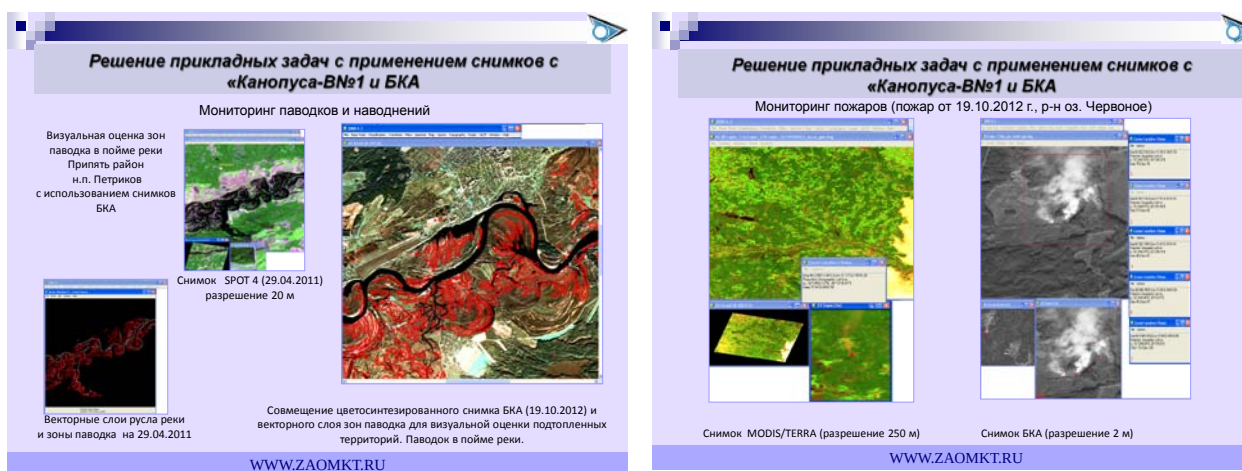


Fig. 1. Monitoring of emergency situations

A pioneering Russian experimental technology to process images using rational polynomials (RPC) was developed for "Canopus-B» №1 and Belarusian spacecraft,

which can be used to perform rough image conversion, independently of ground control points. Terrain Information is taken from SRTM public digital elevation model. For adjustment purposes the image scenes and orthophotoplans can be based upon ground object forms with coordinate readings imported from GLONASS technologies or appropriate map scale data from cartography-geodesic fund. The GIS "Map 2011" software with its "Raster map points" tool can be used to locate the image size.

Information, obtained from the "Canopus-B» №1 and Byelorussian satellite is used to monitor the land use in agro-sector, natural resources control and eco-control, ground mapping needs. Some examples of the use of ERS data taken from the spacecraft are shown in Fig. 2.

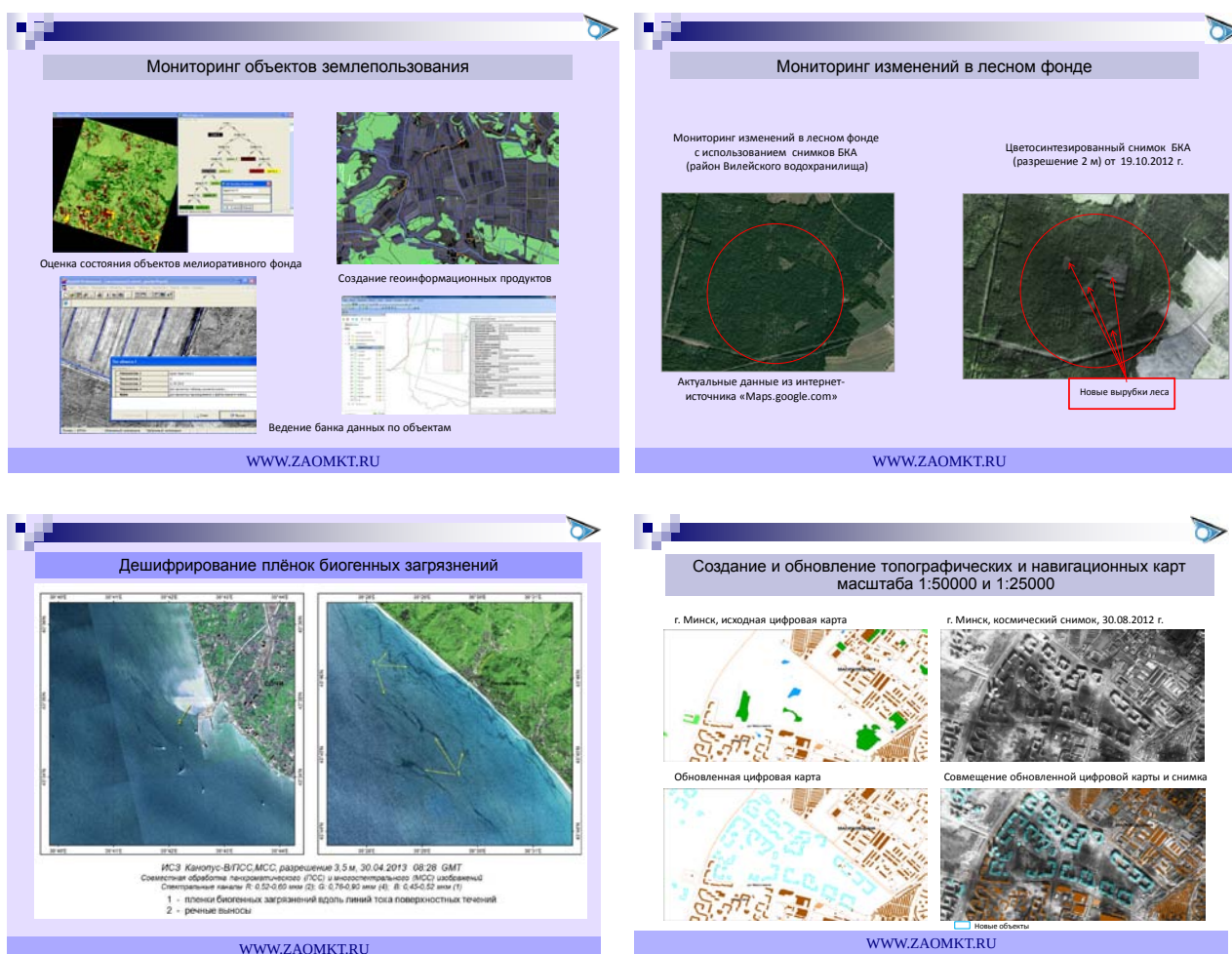


Fig. 2. Monitoring of land-use objects, forestry, eco-control and ground mapping

Starting from 2012 the Federal Forestry Agency has been using ERS data from satellites "Canopus-B» № 1 to control forest areas and identify illegal forest cutting, as well as to perform contracts of forest inventory and while putting the forest plots on cadastral record.

Fig. 3 shows examples of forest control (deforestation control) in panchromatic view and images from the "Canopus-B» № 1 in 2013. For comparison «Google Maps» images of the same area are provided.



Fig. 3. Monitoring of forest areas

Thus, the space imagery data from BS and "Canopus-B» №1 spacecraft has been efficiently used both in Russia and in the Republic of Belarus to provide real-time monitoring of hydro meteorological objects, monitoring of natural and industrial disasters, environmental resource management, ecology, and for the purposes of digital and topographic and navigation mapping.

REFERENCES

1. L.A. Makridenko, A.V. Gorbunov, O.A. Nikonov JSC "VNIIEМ" Corporation "Analysis of the quality of information obtained from SC Canopus-B » № 1 and potential field of application. M., Collected works of "VNIIEМ", 2013, p. 10.
2. Basic framework for 1:25 000, 1:50 000 scale topographic map-making and map updating, M., RIO BTS., 1984
3. A.N. Lobanov, V.B. Dubinovskiy, F.F. Lysenko, A.M. Bobryashov, Analytical terrain and imagery models. M Nedra., 1973, p. 96.

© А. В. Данелян, 2015

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИБОРА MODIS ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАВОДКОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПРИМЕРЕ ПАВОДКА НА РЕКЕ ЧУЛЫМ ВЕСНОЙ 2014 ГОДА

Михаил Павлович Шагаев

Сибирский центр ФГБУ «НИЦ "Планета"», 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Советская, 30, ведущий электроник отдела НИР; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (913)935-26-99, e-mail: shagaev@rcpod.ru

Екатерина Николаевна Кулик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (913)926-82-57, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

В статье рассмотрены возможности применения методов дистанционного зондирования Земли при мониторинге паводковой обстановки. Приведены результаты проведенных экспериментов в Сибирском центре ФГБУ «НИЦ "Планета"» на примере паводка на реке Чулым Новосибирской области в 2014 году.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, мониторинг паводковой обстановки, данные прибора MODIS.

ASSESSMENT OF POTENTIALS OF MODIS DATA' USE FOR FLOOD MONITORING ON THE EXAMPLE OF CHULYM RIVER FLOOD, SPRING 2014

Mikhail P. Shagaev

Siberian Center FGBU «SRC "Planeta"», 630099, Russia, Novosibirsk, Sovetskaya st., 30, Leading Electronic Engineer of R&D Department; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Master student of Physical Geodesy and Remote Sensing Department, tel. (913)935-26-99, e-mail: shagaev@rcpod.ru

Ekaterina N. Kulik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Associate Professor of Physical Geodesy and Remote Sensing Department, tel. (913)926-82-57, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

The possibilities of the remote sensing application in flood monitoring are discussed. The results of the experiments in the Siberian center FGBU «SRC "Planet"» are presented. Area of interest was the flood on Chulym river, Novosibirsk region, spring 2014.

Key words: remote sensing, flood monitoring, MODIS data.

Паводки и наводнения это стихийные бедствия, охватывающие большие территории и превосходящие по наносимому ущербу все другие чрезвычайные ситуации. Наиболее эффективным методом слежения за паводком может служить космический мониторинг с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). В ФГБУ «НИЦ «Планета» регулярно проводится мо-

мониторинг паводков. Для выявления затопленных территорий используются данные с таких космических аппаратов (КА) как Ресурс-П и Landsat-8, так как они имеют высокое пространственное разрешение. Такие спутники дают снимки, содержащие исчерпывающую информацию о паводке на момент съемки. Однако, интервалы между съёмками территории наводнения этими КА могут быть крайне велики. Для решения проблемы своевременного обновления можно использовать данные со спутников, производящих ежедневное зондирование земной поверхности.

Цель эксперимента состояла в демонстрации технологических возможностей методики мониторинга паводка, а также оценке потенциала использования информации с КА TERRA и AQUA на примере наводнения на реке Чулым в апреле 2014 года.

В начале апреля 2014 года на реке Чулым начался паводок. Для мониторинга затопленных территорий использовались данные со спутников Ресурс-П и Landsat-8 с пространственным разрешением до 15 метров каждый, а также данные GoogleMaps. Для определения областей подтопления было необходимо выделить положение поймы реки. Для этого был использован летний снимок местности из архива GoogleMaps (рис. 1).

Данные со спутника Ресурс-П за 16 апреля 2014г. были основным источником информации о паводковой обстановке во время подъема воды. Для определения кромки воды была проведена классификация изображения по методу IsoData. После выделения классов, соответствующих территориям подтопления, была получена карта подтопления (рис. 2).



Рис. 1. Летний снимок местности из архива GoogleMaps с выделенным контуром поймы р. Чулым

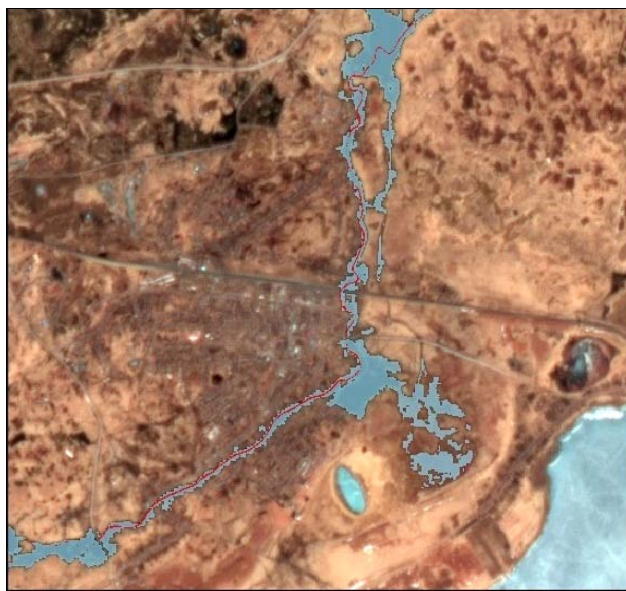


Рис. 2. Результат обработки снимка Ресурс-П за 16 апреля 2014 г. Красным выделена пойма реки, синим - область затопления

Следующим изображением высокого разрешения интересующей нас территории был снимок со спутника Landsat-8 от 12 мая 2014 г. После атмосферной коррекции снимок был приведён к разрешению 15 метров с помощью метода Pan Sharpening. Далее была проведена классификация с целью выделения областей подтопления. Ниже приведен снимок с наложенным на него векторным слоем зон подтопления. По этому изображению можно оценить, насколько площадь водной поверхности уменьшилась за 25 дней (рис. 3).

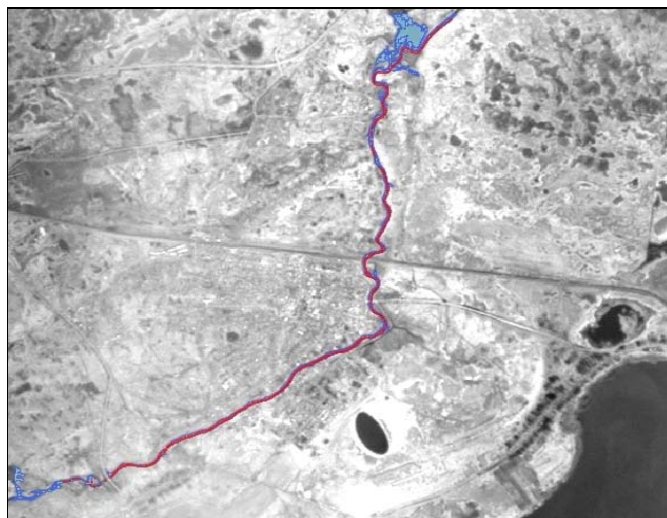


Рис. 3. Снимок со спутника Landsat-8 от 12 мая 2014 г.
Красным выделена пойма реки, синим - область затопления

Основываясь на полученных результатах, в среде ArcGIS была проведена оценка площади водной поверхности разлившейся реки на моменты 16 апреля и 12 мая 2014 г. Были рассчитаны площадь поймы и площади затопления на эти даты. В пределах области интереса площадь паводка составила: 16 апреля $\sim 2.54 \text{ км}^2$; 12 мая $\sim 0.42 \text{ км}^2$; площадь поймы $\sim 0,24 \text{ км}^2$.

При мониторинге паводковой обстановки важным фактором является своевременность полученных данных. Становится очевидной необходимость использования данных со спутников, производящих ежедневное зондирование интересующих участков земной поверхности, таких как TERRA и AQUA. С учетом облачности интервал между съемками для таких КА составляет в среднем 4-5 дней. Необходимо учитывать особенность использования таких данных, поскольку съемочное оборудование этих КА позволяет получать снимки низкого пространственного разрешения. В нашей работе мы использовали данные прибора MODIS этих спутников, имеющие пространственное разрешение 250 метров.

Для визуальной оценки информативности данных на снимки MODIS от 16 апреля 2014г. наложен контур областей затопления, полученный после обработки снимка КА Ресурс-П на аналогичную дату (рис. 4).

Итоговый контур наводнения, который удалось выявить классификацией снимков MODIS, в общих чертах повторяет контур паводка, полученного на основе данных спутника Ресурс-П (рис. 5).

Для выделения областей подтопления и уточнения площади паводка, были рассчитаны значения индекса NDVI для территории паводка (рис. 6).

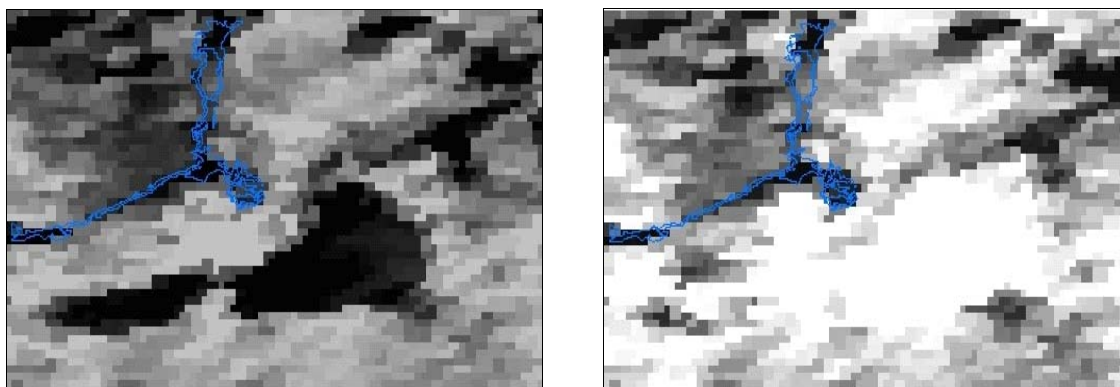


Рис. 4. Снимок MODIS со спутника Aqua: красный и инфракрасный спектральный канал

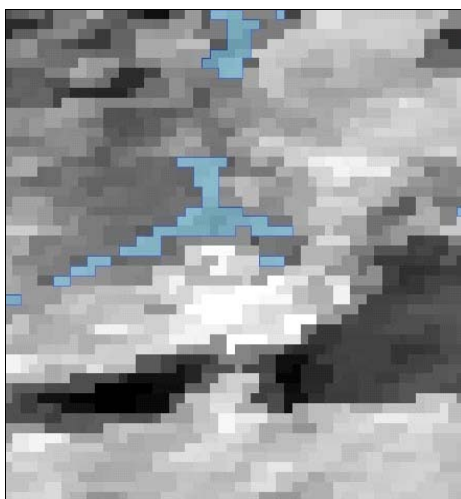


Рис. 5. Выделение водной поверхности на снимке MODIS

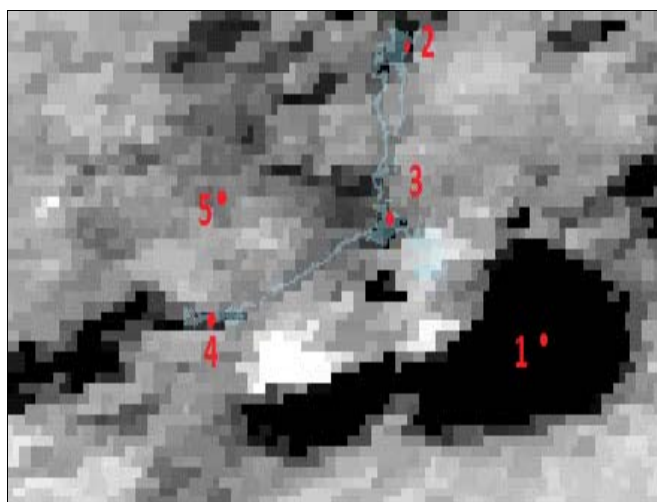


Рис. 6. NDVI по данным MODIS(Terra), 16 апреля 2014 г.
Характерные значения NDVI для областей:
1(озеро, лёд) - 0.10; 2 - 0.14; 3 - 0.2; 4 - 0.2; 5(посёлок) - 0.23

Поскольку по снимкам MODIS нельзя выделить контуры затопления с высокой точностью, следовательно, нет возможности с приемлемой точностью рассчитать площади затопления по контурам. Таким образом, встаёт вопрос оценки доли площади, занятой водой, внутри одного пикселя. Сложность этой задачи обуславливается тем, что нельзя просто сравнить отношения яркости пикселя в некотором спектре в разное время (до и во время наводнения), так как изменяется множество условий проведения съёмки, таких как высота Солнца, угол съёмки и пр. Однако сравнение NDVI лишено этих недостатков.

Ниже приведено два решения для оценки доли пикселя, занятого водой: одно приближенное, второе более точное.

Приближенное решение:

$$s = 1 - \frac{(NDVI_1 * (1 + NDVI_0))}{NDVI_0 - NDVI_1}, \quad (1)$$

где $NDVI_0$ - значение индекса NDVI до наводнения,
 $NDVI_1$ - значение индекса NDVI во время наводнения,
 s - доля площади пикселя, занятого водой.

Точное решение:

$$s = \frac{(1 - \beta) * (\alpha - \gamma)}{(1 - \gamma) * (1 - \beta - (1 - \gamma) * k)}, \quad (2)$$

где α - значение индекса NDVI до наводнения,
 γ - значение индекса NDVI во время наводнения,
 β - значение индекса NDVI для пикселя, полностью занятого водой,
 k - отношение значений яркости водной поверхности в ближнем инфракрасном канале во время наводнения и до него,
 s - доля площади пикселя, занятого водой.

На момент паводка 16 апреля 2014 г. на снимке не было обнаружено открытых водных поверхностей достаточной площади для определения коэффициентов β и k , следовательно, не было возможности использовать точное решение. Таким образом, оценка площади паводка была проведена на основе приближенного решения.

Рассчитывая площадь подтопления по площади контура, классифицируемого как водная поверхность, получили площадь паводка равной 6 км², что более чем в 2 раза превышает реальную площадь паводка на данном участке реки в этот период. При учете поправки, площадь паводка была оценена в 4 км², что в 1,5 раза ближе к истине, по сравнению с предыдущим результатом.

Далее мы использовали продукт MCD43A4, который представляет собой 16-ти дневный композит снимков, составленный по данным TERRA и AQUA с помощью функции BRDF (двулучевая функция отражательной способности). Пространственное разрешение MCD43A4 составляет 500 метров. При разливах рек на более чем 250 метров этот продукт можно использовать для оценки площади наводнения. Но при паводках небольших масштабов использование продукта с таким разрешением для мониторинга состояния паводка не представляется возможным.

Вывод

Основной проблемой мониторинга половодий по ДДЗЗ можно назвать нехватку оперативных данных. Эта проблема связана с ограничениями частоты повторения спутниковой съемки конкретных затопляемых территорий и наличием облачности. Поэтому при наблюдениях половодий целесообразно использовать информацию со всех доступных космических систем. Вместе с тем, пространственное разрешение данных некоторых КА, таких, как TERRA и AQUA, не позволяет достоверно дешифровать кромку воды и приводит к ошибкам в определении масштабов половодья. Таким образом, оперативный мониторинг паводков из космоса без использования наземных наблюдений в некоторых случаях малоэффективен. Для улучшения качества мониторинга необходимо использовать данные со стационарных гидропостов и, по возможности, организовывать временные (мобильные) посты гидрологических наблюдений в паводкоопасных районах. В перспективе, целесообразно провести моделирование зон затопления по космическим снимкам высокого пространственного разрешения в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах. Такие модели способны обеспечить возможность более оперативно оценивать общую гидрологическую обстановку и динамику её развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулик Е. Н. Оперативный космический мониторинг: вчера, сегодня, завтра // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 134–139.

© М. П. Шагаев, Е. Н. Кулик, 2015

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И МОРФОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Владимир Павлович Ступин

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)748-22-42, e-mail: Stupinigu@mail.ru

Леонид Александрович Пластинин

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

Даши Гомбоевич Сыренов

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (902)162-33-02, e-mail: sdashi@yandex.ru

В статье рассматриваются принципы картографирования и методика морфодинамического анализа селевых процессов.

Ключевые слова: картографирование селевых процессов, морфодинамический анализ.

MAPPING AND MORPHODYNAMIC ANALYSIS OF DEBRIS FLOW PROCESSES TUNKA BASIN

Vladimir P. Stupin

Irkutsk State Technical University, 664074, Russia, Irkutsk, 83 Lermontova St., candidate of geographical Sciences, associate professor of Surveying and Geodesy, tel. (964)748-22-42, e-mail: Stupinigu@mail.ru

Leonid A. Plastinin

Irkutsk State Technical University, 664074, Russia, Irkutsk, 83 Lermontova St., doctor of technical Sciences, professor of Surveying and Geodesy, tel. (914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

Dashi G. Syrenov

Irkutsk State Technical University, 664074, Russia, Irkutsk, 83 Lermontova St., Post-graduate student of Surveying and Geodesy, tel. (902)162-33-02, mail: sdashi@yandex.ru

The article discusses the principles of mapping and methodology morphodynamic analysis of debris flow processes.

Key words: mapping of debris flow processes, morphodynamic analysis.

Одним из главных методов исследования селевых процессов и явлений, а также оценки селевой опасности в прикладных целях является картографирование селей, которое заключается в составлении специальных карт. Картографирование селей представляет собой один из видов тематического картографиро-

вания. Существует четыре типа селевых карт, различающихся по назначению, масштабу, содержанию и способам составления.

Детальные селевые карты (масштаб 1:10 000 и крупнее). По назначению эти карты являются проектными и охватывают отдельные селевые бассейны или ограниченные по площади участки. Их составляют при проектировании мер защиты и организации селевых стационаров. В основу содержания детальных карт положена морфология действующих и потенциальных селевых бассейнов и зон их возможного вредного воздействия.

2. Крупномасштабные селевые карты (масштабы 1:25 000-1:50 000). По своему назначению эти карты являются проектными и составляются при планировании мер защиты и организации мониторинга селей. Они охватывают административные области или отдельные участки. Основу содержания крупномасштабных селевых карт составляют морфология селевых потоков, в них формирующихся.

3. Среднемасштабные селевые карты (1:200 000-1:500 000). По своему назначению эти картографические модели являются оценочными и охватывают площади отдельных регионов. Основу их содержания составляют селевые бассейны и их характеристика (типология), что, в сочетании с кадастрами селей, образует основной справочный массив первичной информации о селевых явлениях.

4. Мелкомасштабные селевые карты (1:1 000 000 и мельче). По своему назначению являются научно-справочными, имеют обзорный характер и охватывают площади отдельных государств, материков и мира в целом. Основу содержания мелкомасштабных карт составляют территории, различающиеся по господствующим генетическим типам селей и степени селевой активности.

Детальные и крупномасштабные карты составляются способом полевой съемки. Среднемасштабные – путем сочетания полевых и камеральных методов, с широким использованием результатов материалов дистанционного зондирования. Мелкомасштабные – камеральным способом, путем синтеза первичных и картографических материалов и анализа факторов селеформирования.

К основным характеристикам селевых явлений, отображаемых на картах, относятся: генезис, густота сети селевых русел, объем селевых выносов, повторяемость. Три последние характеристики позволяют оценить степень селевой активности. При этом необходимо использование главных характеристик селей во всех группах карт (в прямом или интегрированном виде), что обеспечивает преемственность масштабов картографирования и возможность сведения и сопоставления карт.

В настоящей статье рассматривается опыт применения наработок картографирования морфосистем и морфодинамического анализа на примере селеопасного южного макросклона Тункинских гольцов, периодически «выстреливающего» водокаменными и грязекаменными селевыми потоками в сторону Тункинской котловины.

Объектом картографирования стал южный макросклон морфосистемы «Тункинские гольцы», развивающейся на морфоструктурной основе и имеющей ранг морфосистемного округа. Исследуемый макросклон расположен между главным аттрактором округа (главным водоразделом Тункинских гольцов)

и текущим базисом его денудации, пространственно совпадающим с тектоническим швом Тункинского сброса. Эта структурная линия представляет собой подошву окружной денудационной морфосистемы, на ней открываются выходы (главные аттракторы, тальвеги) бассейновых систем и опираются базальные фасы Тункинского сброса.

Бассейновые системы, открывающиеся в Тункинскую котловину, имеют ранг морфосистемных районов. Порядок водотоков, формирующий эти бассейновые системы варьирует в пределах I-IV, однако на карте морфосистем районы показываются без отображения осложняющих их дочерних и элементарных бассейнов (подрайонов), как это и предусмотрено методикой морфосистемного картографирования [1, 2].

Практически все указанные бассейновые системы являются коллекторами рыхлого материала и потенциальными селевыми аппаратами. Методика дешифрирования селей по материалам дистанционного зондирования отработана достаточно полно [3]. Селевые отложения в горной тайге на выходе из бассейнов и на подгорном шлейфе прекрасно дешифрируются по утолщенным светлым до белого полоскам селевых прочесов. Учитывая, что для зарастания такого конуса древесной растительностью (лиственница, сосна, кедр) требуется 100-150 лет, можно видеть, что за этот период «выстрелила» селями почти половина всех бассейнов. Скудость информации об этих селях объясняется тем, что подгорные шлейфы в Тункинской котловине практически не заселены (за исключением поселков Аршан и Хойтогол) и сход селей остается незамеченным (рис. 1).

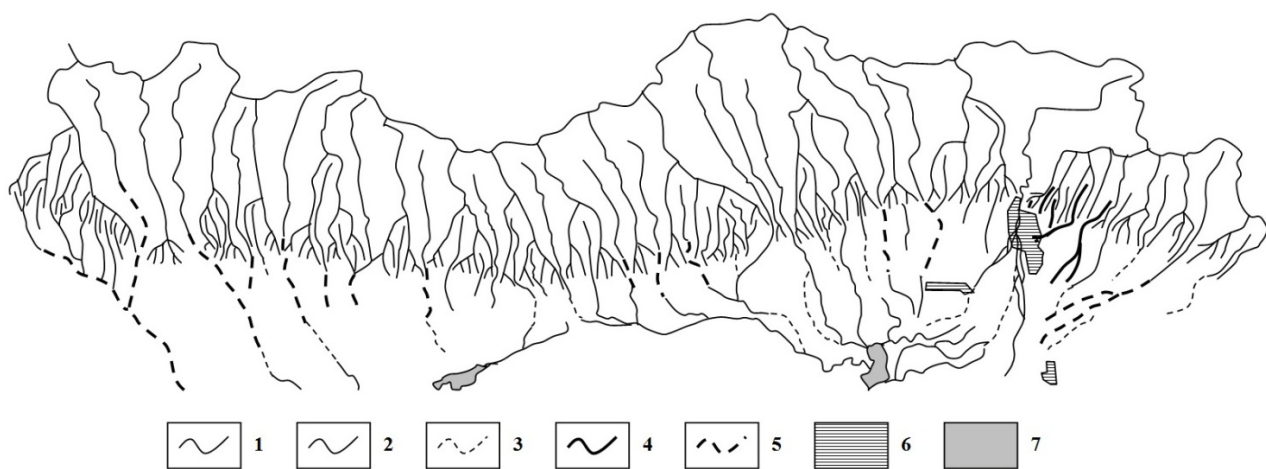


Рис. 1. Карта селевой подверженности северного борта Тункинской котловины: 1 – гребни (водоразделы) водосборных бассейнов; 2 – тальвеги постоянных водотоков, по которым возможны сходы селевых потоков; 3 – тальвеги временных и исчезающих (подповерхностных) водотоков, по которым возможны сходы селей; 4 – селевые потоки 18.06. 2014; 5 – селевые потоки исторического времени (не старше 100-150 лет); 6 – селитебные территории (поселки); 7 – озера

Так, в ночь на 28 июня 2014 г. курортный поселок Аршан пережил стихийное бедствие. Обильные дожди спровоцировали наводнение и сход мощных селевых потоков. Одновременно сошло пять мощных селей.

Первый, самый западный поток застрял в лесу на подгорном шлейфе.

Второй каменный поток остановился в двухстах метрах от парка курорта «Аршан». Если бы он продвинулся еще на двести метров, то задел бы корпуса курорта. А вода с песком, мелкими камнями и обломками деревьев хлынула на территорию парка курорта и улицы поселка.

Еще два потока вышли из соседних падей, затем соединились в предгорьях и тоже остановились.

Самый разрушительный сель подошел к пансионату «Сагаан Дали», обтек каменное строение, завалив его валунами и грязью до окон второго этажа, снес несколько десятков деревянных строений и остановился. Потоки воды и грязи устремились дальше и слились с потоками второго селя. Общий поток был очень мощный, на улицах образовались глубокие рвы. Песком занесло огороды и подвалы домов.

Четвертый, самый мощный сель, сошел восточнее поселка Аршан, по пади Артемьева, и остановился в лесу практически незамеченный населением.

На рис. 2 представлена карта серии Аршанских селей, составленная по разновременным материалам дистанционного зондирования. На карте показаны бассейновые морфосистемы, породившие селевые потоки, сами сели, их водо-грязевые шлейфы и зоны затопления поселка разлившейся рекой Кынгарга.

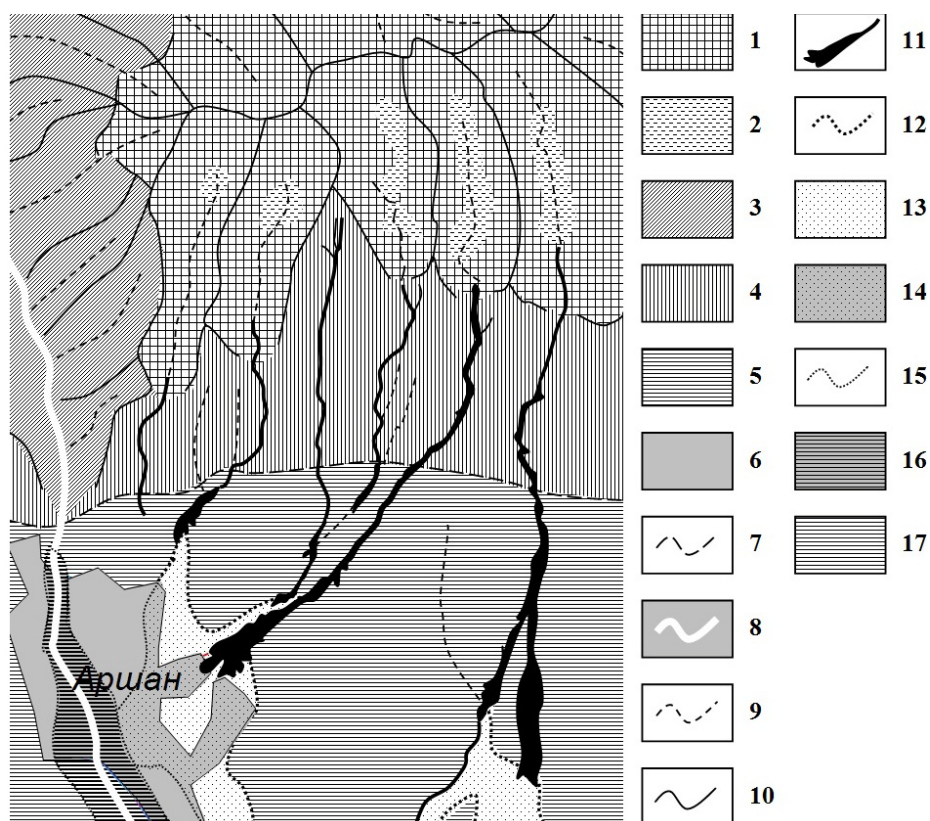


Рис. 2. Морфодинамическая ситуация района схода серии Аршанских селей

На рис. 2: 1– крутые и очень крутые (более 30°) скальные склоны реликтовых каров и трогов с развитием гравитационных процессов (осыпи, обвалы, снежные и каменные лавины) и линейной эрозии временных водотоков; 2 – пологие (3-6°) бугристые поверхности реликтовых глыбовых морен по днищам

каров и трогов с процессами криогенного крипа и солифлюкции; 3 – средней крутизны (20-25°) склоны эрозионно-денудационного рельефа бортов поперечных речных долин покрытые чехлом рыхлых глыбово-щебнистых отложений с супесчаным наполнителем и развитием линейной эрозии временными водотоками, криогенного крипа и дефлюкции; 4 – крутые (20-25°) склоны базальных фасет смесителя Тункинского сброса, покрытые чехлом рыхлых глыбово-щебнистых отложений с супесчаным наполнителем, с развитием линейной эрозии временными водотоками, селевой денудации, криогенного крипа, дефлюкции, оползней-срывов и осыпей; 5 – пологие (более 3-4°) склоны подгорного шлейфа, сложенные пролювиальными и селевыми глыбово-щебнистыми и супесчаными отложениями с развитием процессов аккумуляции временных водотоков и селей, крипа и поверхностного смыва; 6 – селитебные территории (поселок Аршан); 7 – ров отседания у подножия фасет Тункинского сброса; 8 – русла постоянных водотоков (река Кынгарга); 9 – тальвеги временных водотоков; 10 – гребни (водоразделы) водосборных бассейнов; 11 – селевые каналы и конуса выноса селей, сошедших 28.06.14, сложенные слабоокатанными глыбами с супесчаным наполнителем; 12 – границы селевых грязевых супесчаных и суглинистых отложений; 13 – плоские пологие поверхности селевых грязевых отложений; 14 – то же на селитебной территории; 15 – границы паводка 28.06.14 на реки Кынгарга; 16 – подтопленные паводком селитебные территории; 17 – то же вне селитебной территории.

По свежим следам нами были проведены полевые обследования и замеры главного (четвертого) селя. Параллельно выполнялось изучение морфологии и структуры селевого потока по разновременным космическим снимкам (от 12 и 28 июня) и снимкам, полученным с БПЛА. Также был выполнен анализ продольного профиля селя, полученного по ЦМР SRTM.

Ниже приведены основные характеристики Аршанского селя:

- состав отложений: – глыбы и валуны (до 3 м в поперечнике), песок, грязь, ил, и большое количество воды.
- длина основного (грязекаменного селя): – 4 100 м
- длина вместе с грязевым шлейфом: – около 8 000 м
- ширина на выходе: – 500-600 м
- скорость потока: 5-10 м/сек
- мощность отложений: – 4-4,5 м
- объем отложений: около 1 000 000 м³

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Ступин В. П. Картографирование морфосистем. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 160 с.
- 2 Пластинин Л. А., Ступин В. П. Морфосистемное картографирование экзогенных геологических процессов Байкальской горной страны // Геодезия и картография. – 2013. – № 10. – С. 17–21.
- 3 Голубев Г. Н., Лабутина И. А. Дешифрирование селей высокогорий по аэрофотоснимкам // Вестн. Моск. ун-та. – 1966. – № 1. – С. 48–53.

© В. П. Ступин, Л. А. Пластинин, Д. Г. Сыренов, 2015

СОЗДАНИЕ АТЛАСА ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Ринат Камилевич Абдуллин

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (342)239-66-33, e-mail: rinaha-26@mail.ru

Андрей Николаевич Шихов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики, тел. (342)239-66-33, e-mail: and3131@inbox.ru

В данной статье идет речь об Атласе опасных гидрометеорологических явлений Пермского края. Описаны этапы работ по созданию данного Атласа, изложены его структура и особенности. Представлено описание массива данных, используемого для подготовки Атласа. Стоит отметить, что Атлас по данной тематике в России издается впервые.

Ключевые слова: атласное картографирование, опасные гидрометеорологические явления.

THE ATLAS OF HYDROMETEOROLOGICAL HAZARDS OF PERM REGION

Rinat K. Abdullin

Perm State National Research University 614990, Russia, Perm, 15 Bukireva St., Postgraduate student of Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (342)239-66-33, e-mail: rinaha-26@mail.ru

Andrew N. Shikhov

Perm State National Research University 614990, Russia, Perm, 15 Bukireva St., Ph. D. in Geography, senior lecturer of the Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (342)239-66-33, e-mail: and3131@inbox.ru

This article deals with the Atlas of hydrometeorological hazards of Perm region. Describes the stages of work on the creation of the Atlas, outlines its structure and features. Presents the description of the data set used for the preparation of the Atlas. It is worth noting, that the Atlas on this topic in Russia is published for the first time.

Key words: atlas mapping, hydrometeorological hazards.

В последние годы значительно усилилось внимание общества к проблеме стихийных бедствий, вызываемых, в частности, опасными гидрометеорологическими явлениями (ОГМЯ). ОГМЯ являются одним из источников чрезвычайных ситуаций в России и мире. По различным оценкам, в России потери от воздействия ОГМЯ и неблагоприятных условий погоды составляют от 30 до 60 млрд. руб. в год и имеют тенденцию к росту. Изучению ОГМЯ (условий их формирования, особенностей их пространственно-временного распространения, методов их прогнозирования) на различных масштабных уровнях посвящено большое количество работ, что говорит о внимании научной общественности к данной проблеме.

Для Пермского края проблема рисков, связанных с ОГМЯ, также является актуальной. На территории региона возможны 20 видов ОГМЯ, которые способны нанести значительный ущерб. Региональные особенности их пространственно-временного распределения изучались многими авторами. В последние годы, в связи с интенсивным развитием и распространением ГИС-технологий, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), численных моделей прогноза погоды, значительно увеличился объем данных об ОГМЯ. [1]. В результате этого стало возможным как обновление существующих, так и создание новых картографических материалов по данной тематике, и, в конечном счете, создание Атласа, необходимого для обобщения, интеграции и систематизации накопленных данных об ОГМЯ.

Атлас опасных гидрометеорологических явлений в Пермском крае создается впервые, аналогичные атласы для других регионов России нам не известны. Атлас предполагается выпустить в электронном и печатном виде.

Цель создания Атласа - представить наиболее полную пространственную характеристику различных видов опасных гидрометеорологических явлений, наблюдающихся на территории Пермского края.

Информационной основой для создания Атласа послужили:

- данные метеорологических наблюдений из «Метеорологических ежегодников» (1981-2014 гг.);
- архивы метеоданных для климатических исследований из фондов ВНИИГМИ-МЦД и Интернет-ресурсов;
- оперативные и архивные данные космической съемки различного пространственного разрешения со спутников Terra/Aqua MODIS, LANDSAT, SPOT 4/5/6. Снимки получены из архивов Центра геоинформационных систем и технологий ПГНИУ, Инженерно-технологического центра «СканЭкс», открытых Интернет-каталогов Геологической службы США (данные LANDSAT) и NASA (данные MODIS);
- фондовые материалы Центра геоинформационных систем и технологий ПГНИУ (включая детальные цифровые модели рельефа и топографические карты населенных пунктов, результаты моделирования зон возможного затопления; фотоматериалы);
- Цифровые векторные карты М 1:1 000 000, М 1:200 000 («Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии»);
- Данные реанализа NCEP/NCAR, CFSv2 и GDAS, полученные через открытые сервисы NOAA;
- Результаты счета мезомасштабной численной модели атмосферы WRF/ARW (по отдельным случаям опасных явлений).

Обработка пространственных и статистических данных, создание компонентов карт выполнялось при помощи специализированного программного обеспечения ArcGIS 10.2, ScanexImageProcessor 4.2.

Стоит отметить, что существенное внимание в Атласе уделено не только режимным характеристикам ОГМЯ, но и отдельным наиболее характерным случаям. Поэтому в его содержание включены не только карты (рис. 1), но и космические снимки (рис. 2), и продукты их дешифрирования.

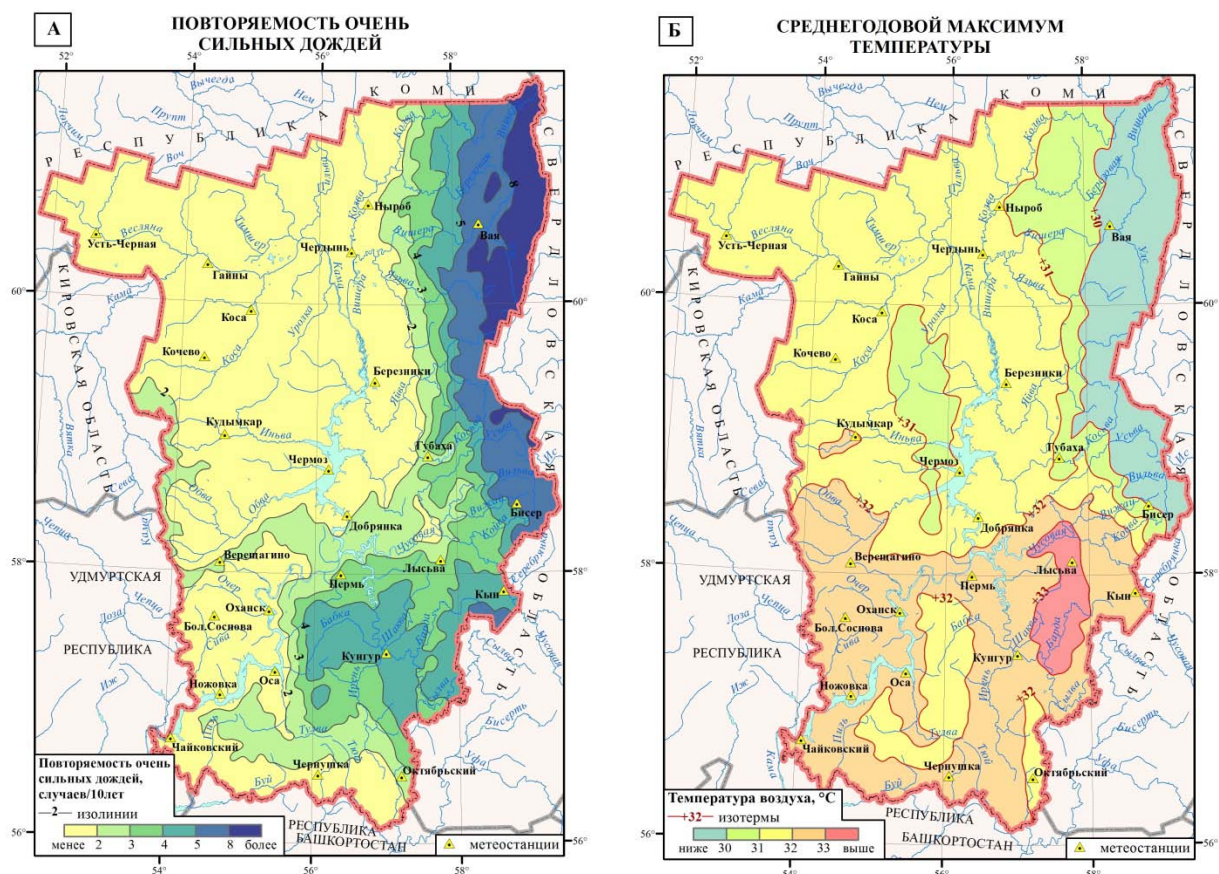


Рис. 1. Примеры карт опасных явлений из Атласа ОГМЯ Пермского края:

А - Карта повторяемости сильных дождей;

Б - Карта среднегодового максимума температуры воздуха

При создании Атласа ОГМЯ Пермского края в качестве прототипа использовался Атлас природных и техногенных опасностей в Российской Федерации (2005), разработанный МЧС России и Российской академией наук [2].

Создание Атласа включало в себя несколько этапов. На первом этапе была составлена программа Атласа, в которой были определены порядок работы над Атласом, структура Атласа, формат будущих карт и самого Атласа, источники информации для его создания, математическая основа для карт, включая масштабные ряды. На втором этапе производился сбор и систематизация, имеющихся материалов, данных ДЗЗ, создание картографических основ разного масштаба для будущих карт, разработка единых цветовых шкал и некоторых условных знаков. Третий этап – создание компоновок карт, обработка и дешифрирование космических снимков, подготовка данных реанализа и создание картографических продуктов на их основе, подготовка графических материалов и текстового сопровождения. Четвертый этап – создание макета Атласа.

В структуре Атласа выделяются 4 раздела:

1. Введение;
2. Опасные метеорологические явления;
3. Опасные гидрологические явления;
4. Характерные последствия опасных гидрометеорологических явлений.

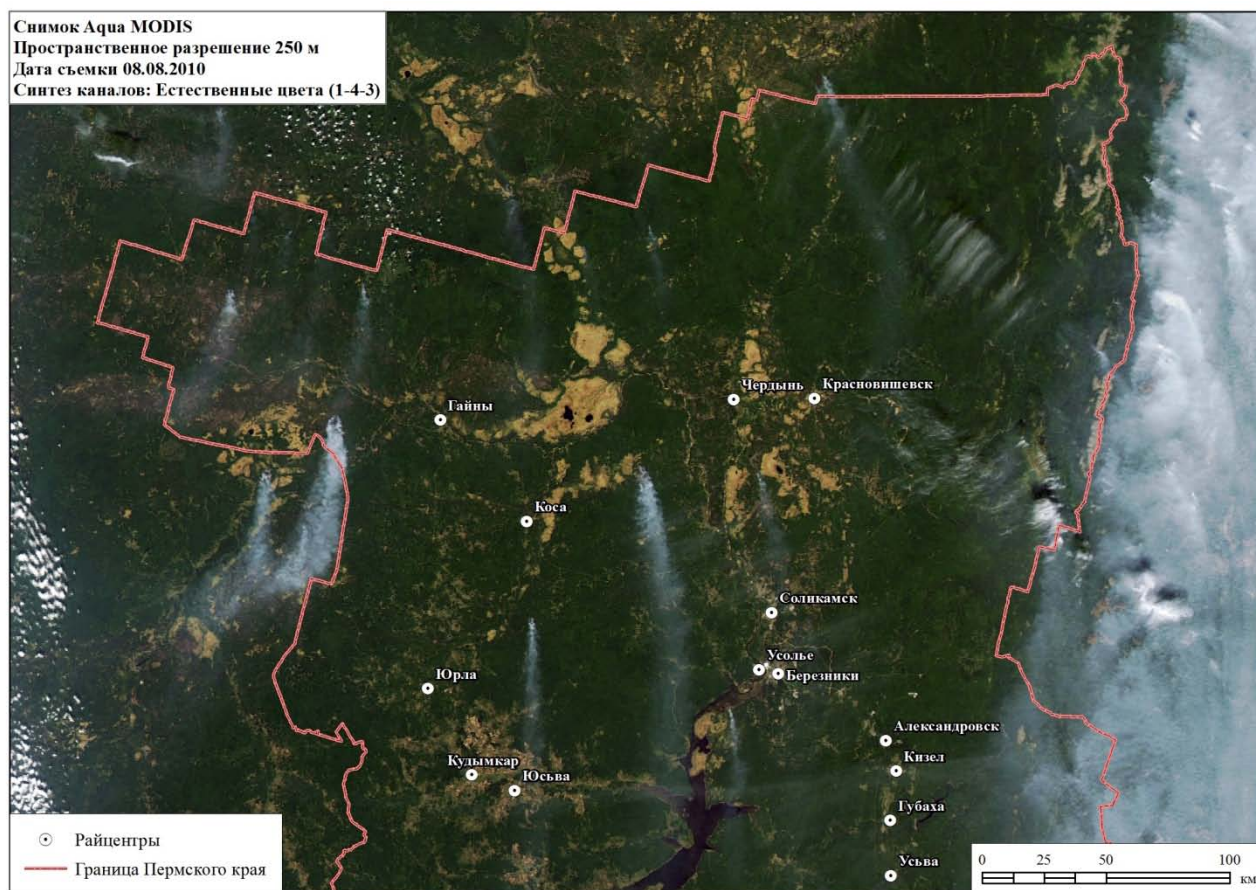


Рис. 2. Пример космического снимка Aqua MODIS из Атласа ОГМЯ Пермского края (на снимке изображены дымовые шлейфы от лесных пожаров на севере Пермского края)

В каждом разделе выделены подразделы, посвященные отдельным видам ОГМЯ. Например, в разделе 2 выделены подразделы, посвященные сильным морозам, сильной жаре, сильным ветрам и метелям, сильным дождям и ливням, сильным снегопадам, конвективным опасным явлениям (шквалы, крупный град, смерчи).

В разделе, посвященном опасным гидрологическим явлениям, дана краткая характеристика режима рек Пермского края (водного и ледового), рассматриваются такие явления как весеннее половодье, ледовые заторы, дождевые и снегодождевые паводки и низкие уровни воды.

В разделе, посвященном последствиям и возможному ущербу от ОГМЯ, рассматриваются засухи, лесные пожары и ветровалы.

Масштабы карт для Атласа определялись исходя из особенностей отображаемого явления и размера территории Пермского края (160,6 тыс. км²). С учетом этого, для общегеографических карт региона был выбран масштаб 1:1750000, для карт явлений, отображаемых в пределах всего края - масштабы 1:2500000 и 1:3500000. Для отображения возможных последствий ОГМЯ для конкретных населенных пунктов использовались масштабы 1:15000 – 1:25000 (например, карты зон возможного затопления при прохождении паводков и половодий редкой повторяемости).

В качестве способов картографического отображения использовались значки, знаки движения, картограммы, изолинии и псевдоизолинии, качественный фон, локализованные диаграммы, шкалы условных знаков.

Тип данных ДЗЗ по пространственному разрешению, их масштаб отображения, цветовой синтез каналов для отображения подбирался таким образом, чтобы наилучшим образом показать явление, либо его последствия.

Так, разделы, посвященные опасным явлениям погоды, подготовлены на основе снимков низкого пространственного разрешения Terra/Aqua MODIS. Эти снимки представлены в атласе в масштабах 1:3 000 000 – 1:9 000 000. При описании интенсивных осадков и конвективных явлений, а также штормовых циклонов представлены снимки в синтезе каналов «псевдонатуральные цвета» (SWIR-NIR-RED, 7-2-1). В ряде случаев при описании конвективных явлений, представлены ночные снимки (в тепловом диапазоне). Снимки MODIS с естественной цветопередачей приведены только в разделе, посвященном лесным пожарам (они иллюстрируют распространение продуктов горения от пожаров).

В разделах, посвященных ветровалам, лесным пожарам, засухам, а также опасным гидрологическим явлениям широко используются снимки среднего и высокого разрешения LANDSAT и SPOT 5/6).

Снимки со спутников серии LANDSAT в большинстве случаев приводятся в атласе в масштабах 1:100 000 – 1:200 000. Они представлены, как правило, в синтезе «псевдонатуральные цвета» (SWIR-NIR-RED). Этот синтез позволяет более контрастно выделить изучаемые объекты, и в то же время сохранить цветопередачу, близкую к естественной. Снимки высокого разрешения SPOT-6 в данном разделе представлены в синтезе каналов «естественные цвета» в масштабах 1:25 000 – 1:100 000.

Снимки сверхвысокого разрешения (WorldView-2, GeoEye-1) используются в Атласе эпизодически, для характеристики отдельных объектов (массового ветровала в Кочевском районе и последствий лесного пожара в Гайнском районе). Они представлены в естественной цветопередаче в масштабах 1:10 000 - 1:20 000.

Атлас опасных гидрометеорологических явлений Пермского края - продукт, синтезирующий и систематизирующий в себе накопленный по данной тематике обширный объем материала. Работы по его созданию являются логическим продолжением всех работ по изучению ОГМЯ, выполненных в регионе. Данный Атлас заложит основы для дальнейшей работы по созданию его расширенной Интернет копии в виде геопортала или атласной информационной системы опасных гидрометеорологических явлений Пермского края.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект № 14-05-96000-Урал-А)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пьянков С.В. Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз / С.В. Пьянков, А.Н. Шихов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – 296 с., ил.
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под ред. С.К. Шойгу; ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография». – М., 2005. – 272 с.

© Р. К. Абдуллин, А. Н. Шихов, 2015

СПЕЦИФИКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Дмитрий Витальевич Лисицкий

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, директор НИИ стратегического развития, тел. (383)344-35-62, e-mail: dlis@ssga.ru

Олег Валерьевич Акименко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант, тел. (913)489-63-14, e-mail: novanolik@gmail.com

В ближайшей перспективе такие виды картографической продукции как бумажные, цифровые и электронные карты не будут способны удовлетворять новым требованиям широких слоев населения, ориентированного на мобильные способы получения информации. Поэтому возникла необходимость создания нового картографического продукта, который объединит все необходимые свойства карт, картографических и геоинформационных систем, мобильного интернета и будет применим, в частности, при решении задач управления в кризисных ситуациях.

Ключевые слова: мобильные устройства, геоинформационное пространство, большие данные, чрезвычайные ситуации, картографо-информационная система, картографирование.

THE SPECIFICITY OF CARTOGRAPHIC SUPPORT OF THE POPULATION THROUGH MOBILE DEVICES

Dmitry V. Lisitsky

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Dr., Prof., CEO of the Institute of Strategic Development, tel. (383)344-35-62, e-mail: dlis@ssga.ru

Oleg V. Akimenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., post graduate student, tel. (913)489-63-14, e-mail: novanolik@gmail.com

In the short term, these types of cartographic products as paper, digital and electronic cards will not be able to meet the new requirements of the consumer. Therefore, it became necessary to create a new mapping product that will bring together all the necessary properties of maps, cartographic and geographic information systems, and will be applied, in particular, for solving crisis management.

Key words: mobile device, geoinformation environment, big data, emergency, cartographic information system, mapping.

Научно-технический прогресс в области интернета, мобильной связи, портативной компьютерной техники характеризуется стремительными темпами информатизации человечества. [1,2,3,4]

Исполнительный вице-президент Oracle по разработке продуктов Томас Куриан (Thomas Kurian) привел в своем докладе ряд интересных цифр. В 2012 го-

ду во всем мире насчитывалось 9 миллиардов устройств, способных выходить в сеть. Всего через 7 лет - в 2020 году - число таких девайсов вырастет более чем в 5,5 раза - до 50 миллиардов. Объемы передаваемой информации увеличатся в 50 раз. Это произойдет, в том числе, из-за роста проникновения мобильного интернета, которым к обозначенному времени будет пользоваться почти 90% жителей земли. [5]

Современное состояние информатизации общества характеризуется следующими отличительными чертами:

- интернет стал беспроводным и мобильным; происходит его расширение, как функциональное, так и в части дополнения «интернетом вещей»;
- развивается использование «больших данных», полученных с различных датчиков, камер, терминалов, социально-ориентированных сервисов, социальных сетей и из «интернета вещей»;
- практически каждый человек оснащен высокотехнологичным смартфоном/планшетом, который совмещает в себе несколько разных устройств в одном корпусе и имеет возможность выхода в интернет; разработчики мобильных устройств моделируют возможные запросы и формы представления информации; кроме того возможно комбинировать и компоненты самих гаджетов в зависимости от класса решаемых задач[6];
- меняется способ передачи информации - для людей стало совершенно естественным и привычным искать с помощью смартфонов и планшетов информацию о любом интересующем их предмете, в том числе о местоположении объекта интереса;
- стали появляться разнообразные социально-ориентированные сервисы, в ряде которых используются гео-теги, и пользовательская активность в этой категории значительно и неуклонно возрастает;
- под влиянием интернет-технологий происходит изменение способа восприятия информации: от мышления текстоцентричного к «клиповому мышлению»: это изменение трактуется многими специалистами как механизм адаптации к развитию информационных технологий, увеличению объемов поступающей информации, ускорению динамики производства и жизнедеятельности человека.

Перечисленные изменения обуславливают существенно новые условия, задачи и возможности обеспечения людей картографической информацией. Современный ритм жизни, развитие информационных технологий, повсеместное использование мобильных устройств, сравнимых по скорости обработки информации с персональными компьютерами, диктует свои правила и для картографии. Человеку уже недостаточно пользоваться простыми картами и атласами, он желает получить максимальное количество пространственной информации в режиме реального времени, причем уже обработанной и систематизированной.

Таким образом, в ближайшей перспективе такие виды картографической продукции как бумажные, цифровые и электронные карты не будут способны удовлетворять новым требованиям потребителя. Поэтому должен появиться новый картографический продукт, который объединит все необходимые свойства карт, картографических и геоинформационных систем. То есть существует

потребность поставлять людям не целостные карты (что соответствует текстоцентричному мышлению), а систематизированную, обработанную информацию в виде картографического «клипа» на дисплее мобильного устройства в соответствии с запросом пользователя. Предназначение этого клипа – донести до пользователя определенную информацию с карты в доступном для понимания виде.

Реализация этой идеи, однако, потребует решения целого ряда технических и научных задач:

- обеспечить наглядность и обзорность картографического изображения при сравнительно малых размерах экранов мобильных устройств;
- разработать научно-методические основы мобильной картографии (математическая основа, генерализация, условные знаки, способы картографического отображения объектов геопространства);
- обеспечить взаимосвязь картографической информации со всеми другими видами мультимедийной информации;
- обеспечить координатную увязку объектов карты и объектов окружающего пространства, в том числе субъектов «интернета вещей»;
- создать единое координатное пространство территории, образующее вместе с другими видами информации единое геоинформационное (электронное) пространство;
- обеспечить связь между мобильным устройством пользователя и объектов окружающего пространства;
- разработать систему оперативного консультирования пользователя по пространственной навигации с использованием картографических изображений на дисплее мобильных устройств.

При просмотре картографических изображений на мобильных устройствах следует учитывать размеры сенсорных экранов, зачастую они сравнительно малы. Малый размер экрана оказывает влияние на восприятие изображения, однако из-за применения сенсорного типа управления у пользователей появляются новые способы взаимодействия с ним. Такие как изменение масштаба изображения, вращение изображения. Современные мобильные устройства с сенсорными экранами позволяют легко переключаться между горизонтальным и вертикальным расположением выводимого изображения в отличие от устройств с физической клавиатурой. Также существует возможность использования физических движений мобильного устройства, жестового интерфейса, голосового управления, функции конвертации цветов для людей страдающих дальтонизмом.

Современные мобильные устройства постоянно ведут журналы, в которых отражены история наших перемещений, история запросов в поисковых системах, история часто запускаемых приложений; что уже сейчас позволяет нашим устройствам предвидеть, какая информация нас может заинтересовать, и подавать её нам. С увеличением объема больших данных можно будет картографически наглядно предоставить персонифицированную необходимую пользователю информацию.

Одним из наиболее предпочтительных применений нового картографического продукта является картографическое обеспечение людей (населения и

служебного персонала) при чрезвычайных ситуациях в рамках поддержки и использования единого геопространства для навигации, в частности для целей эвакуации людей.

В настоящее время используются разработанные заранее планы эвакуации, которые размещаются на каждом этаже здания на стенах. В основном, эти планы используются для нахождения выхода в случае пожара. Более продвинутой является инфраструктура, которая включает в себя автоматические системы обнаружения признаков ЧС с помощью датчиков, расположенных в здании, настроенных на обнаружение огня, тепла, дыма. Современные средства также позволяют информировать о наличии чрезвычайной ситуации через системы сигнализации; это включение сирен или оповещение по громкой связи. Однако, человеку, уже попавшему в кризисную ситуацию, часто некогда искать план эвакуации и, соответственно, разбираться в нем. Ему необходим маршрут, указания, которым он будет подчиняться. И информационно-картографическая система на основе больших данных и интернета вещей (датчики, камеры, терминалы) сможет либо вывести человека в безопасное место, либо увеличить его шансы на спасение спецслужбами, получая и передавая данные в реальном времени. Ведь, большинство проблем возникает из-за того, что очень мало информации в режиме реального времени поступает от людей, находящихся в здании во время эвакуации. В реальности, чрезвычайные ситуации, вызванные различными типами опасностей, требуют разных способов решения, в том числе и с помощью мобильных картографических систем и технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В. Глобальные изменения сущности и роли картографии в современном обществе. Природные и интеллектуальн. ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-10-2004): Доклады 10-й Международной научно-практич. конференции. Новосибирск, 5,6 окт. 2004 г. – Томск: Изд-во Томского университета, 2004. – 281–284.
2. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.
3. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Изменение роли картографических изображений в процессе формирования единого электронного геопространства // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – Москва – 2012. – № 2/1. – С. 58–62.
4. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной реальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
5. IT сегодня – облачные вычисления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cfo.polpred.ru/?ns=1&cnt=43§or=15&sortby=date&page=8>
6. Акименко О. В. Аппаратные особенности персональных компьютеров // LIX Студенческая научная конференция СГГА, 11–15 апреля 2011 года : сборник тезисов докладов. – Новосибирск: СГГА, 2011.

© Д. В. Лисицкий, О. В. Акименко, 2015

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Светлана Алексеевна Чупикова

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, 667007, Россия, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Интернациональная, 117а, кандидат географических наук, зав. лабораторией геоинформатики и моделирования процессов, тел. (39422)662-18, e-mail: svetlana@tikopr.sbras.ru

Тана Михайловна Ойдул

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, 667007, Россия, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Интернациональная, 117а, кандидат социологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геоинформатики и моделирования процессов, тел. (39422)662-18, e-mail: tana_o@mail.ru

Ольга Дмитриевна Аюнова

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, 667007, Россия, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Интернациональная, 117а, научный сотрудник лаборатории геоинформатики и моделирования процессов, тел. (39422)662-18, e-mail: ajunova@inbox.ru

Проведено исследование некоторых характеристик здравоохранения республики за период 2005–2013 гг. с помощью инструментальными средствами геоинформационных систем. Построены карты показателей заболеваемости, обеспеченности медицинским персоналом районов республики, характеризующих общие тенденции и ситуацию по отдельным показателям здравоохранения Тувы.

Ключевые слова: геоинформационный анализ, здравоохранение, Республика Тыва.

GIS MAPPING OF HEALTH (REPUBLIC OF TUVA)

Svetlana A. Chupikova

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 667007, Russia, Republic of Tyva, Kyzyl, 117a Internatsionalnaya St., Candidate of geographical sciences, the head of «Geoinformatics and modeling by processes» laboratory, tel. (39422)662-18, e-mail: svetlana@tikopr.sbras.ru

Tana M. Oidup

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 667007, Russia, Republic of Tyva, Kyzyl, 117a Internatsionalnaya St., Candidate of sociological sciences, the leading scientific employee, tel. (39422)662-18, e-mail: tana_o@mail.ru

Olga D. Ayunova

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 667007, Russia, Republic of Tyva, Kyzyl, 117a Internatsionalnaya St., the scientific employee, tel. (39422)662-18, e-mail: ajunova@inbox.ru

Tools of geographic information systems the study of some characteristics of health Republic for the period 2005–2013, maps of morbidity, availability of medical personnel regions of the Republic, describing General trends and the situation in individual indicators of health of the Republic of Tuva.

Key words: geoinformation analysis, health care, Republic of Tyva.

Здоровье населения является одним из ведущих факторов социально-экономического развития, характеризующий жизнеспособность общества как единого организма и его возможности для непрерывного гармоничного роста. На современном этапе развития геоинформационных технологий все большее внимание уделяется медико-географическому картографированию регионов, созданию медико-географических и медико-экологических атласов. В созданной при участии авторов базе данных «Ресурсный потенциал Республике Тыва» содержатся сведения о состоянии системы здравоохранения в регионе: количестве медицинских учреждений, численность медицинского персонала, мощность амбулаторных учреждений и др. На основе разработанной базы данных (БД), создана серия карт, показывающая обеспеченность населения услугами здравоохранения, уровень заболеваемости по отдельным видам и классам болезней, а также показатели смертности.

БД позволяет не только систематизировать необходимую информацию, но изучить требуемые показатели в статике и динамике. В качестве территориальных ячеек для расчета и отображения исследуемых показателей были выбраны муниципальные районы (кожууны) и городские округа, так как их размеры хорошо соответствуют масштабу и задачам исследования и для них (имеется) доступна необходимая статистическая информация. Основными способами картографического изображения показателей и их динамики и послужили картограммы и картодиаграммы.

На рис. 1 изображена карта, отражающая изменение числа больничных коек в Республике Тыва в период с 2005 по 2013 годы, а также численности медицинского персонала.

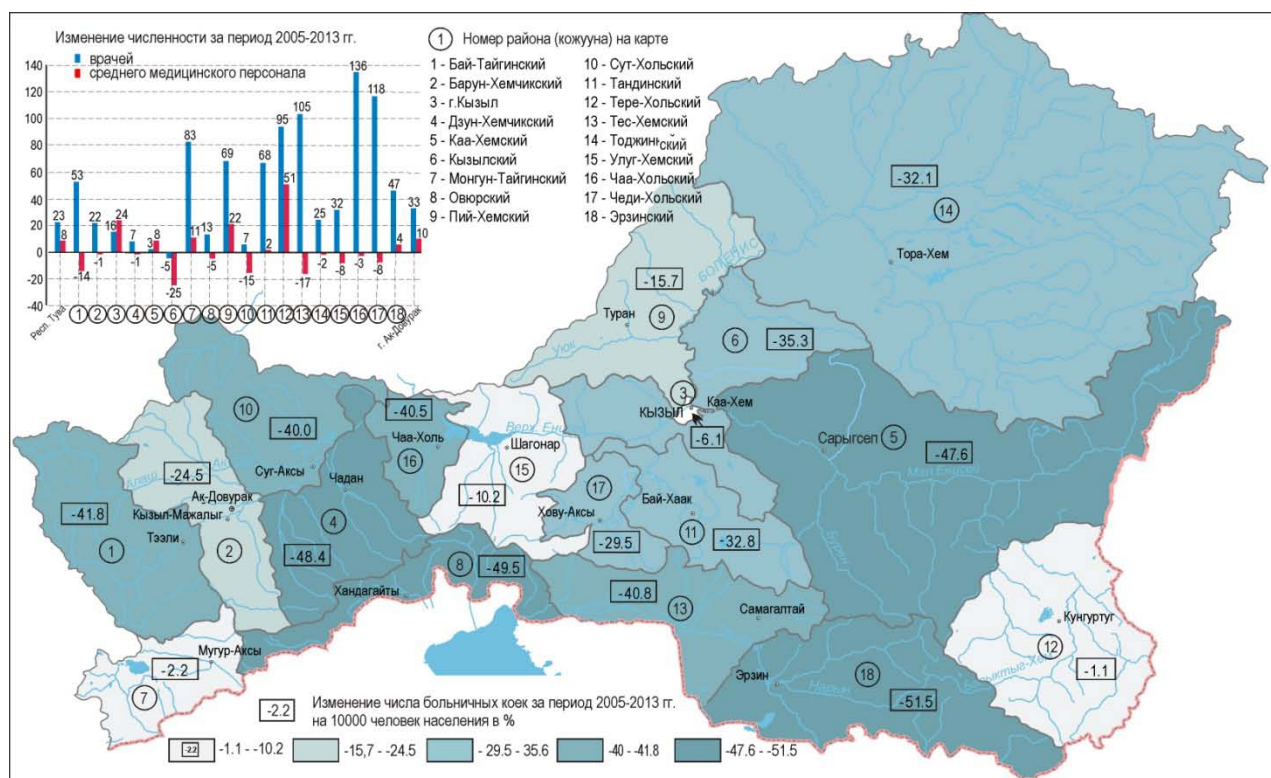


Рис. 1. Изменение числа больничных коек

Для карты выбраны 5 градаций фона, которые характеризуют отрицательную динамику изменения числа больничных коек на 10 000 человек в %. Наибольшему сокращению коечного фонда подверглись медицинские учреждения четырех кожуунов: Каа-Хемского, Дзун-Хемчикского, Овюрского и Эрзинского. А наименьшему два кожууна Монгун-Тайгинский и Тере-Хольский, а также город Кызыл – столица региона. На карте хорошо видно, что удаленные кожууны Монгун-Тайгинский и Тере-Хольский практически сохранили свой коечный фонд, что немаловажно в силу их удаленности и труднодоступности, в столице региона наблюдается минимальное сокращение, что продиктовано большой численностью населения самого Кызыла, а также востребованность у других жителей республики. В целом можно сказать, что сокращением произошло повсеместно, даже при реализации идеи о создании крупных медицинских центров в Барун-Хемчикском и Улуг-Хемском кожуунах перераспределение коечного фонда не произошло, а, как мы наблюдаем по карте, в близлежащих кожуунах число коек резко сократилось, а в выше указанных районах не прибавилось. В тоже время, на фоне сокращения коечного фонда, наблюдается рост числа врачей, активная положительная динамика отмечается в удаленных и труднодоступных кожуунах: Могун-Тайгинском, Чеди-Хольском, Чаа-Хольском и др.

На рис. 2 представлена карта, характеризующая уровень заболеваемости населения, основные классы болезней, которые имеют наибольшее число проявлений, а также общий коэффициент смертности. Цветовая градация кожуунов характеризует заболеваемость на 1000 человек населения зарегистрированных больных с диагнозом, установленным впервые в жизни в 2013 году. Сформировалось пять групп административных образований, наибольшее число заболеваний наблюдается в Пий-Хемском, Чаа-Хольском кожуунах и в городе Кызыле. Данные общего показателя смертности за 2013 год представлены в виде столбиковой диаграммы и фиксируют наибольший уровень в Пий-Хемском кожууне, из чего можно сделать предположительный вывод, что высокая смертность в данном районе является следствием высокой заболеваемости населения, также как в Чаа-Хольском, где показатель смертности четвертый по республике. В тоже время, в г. Кызыле отмечается самый низкий коэффициент смертности по республике, можно предположить, что горожане много болеют, но не с летальными исходами.

В круговых диаграммах представлены основные классы болезней. С целью выявить объективную картину по другим серьезным заболеваниям намерено были исключены болезни органов дыхания, которые имеют самые высокие сезонные проявления. Так, например, хорошо видно, что широко распространенным классом является заболевания связанные с травмами, отравления и некоторыми другими последствиями воздействия внешних причин. На втором месте распространены болезни органов пищеварения, далее органов кровообращения и эндокринной системы. Повсеместно отмечается рост числа болезней связанных с новообразованиями.

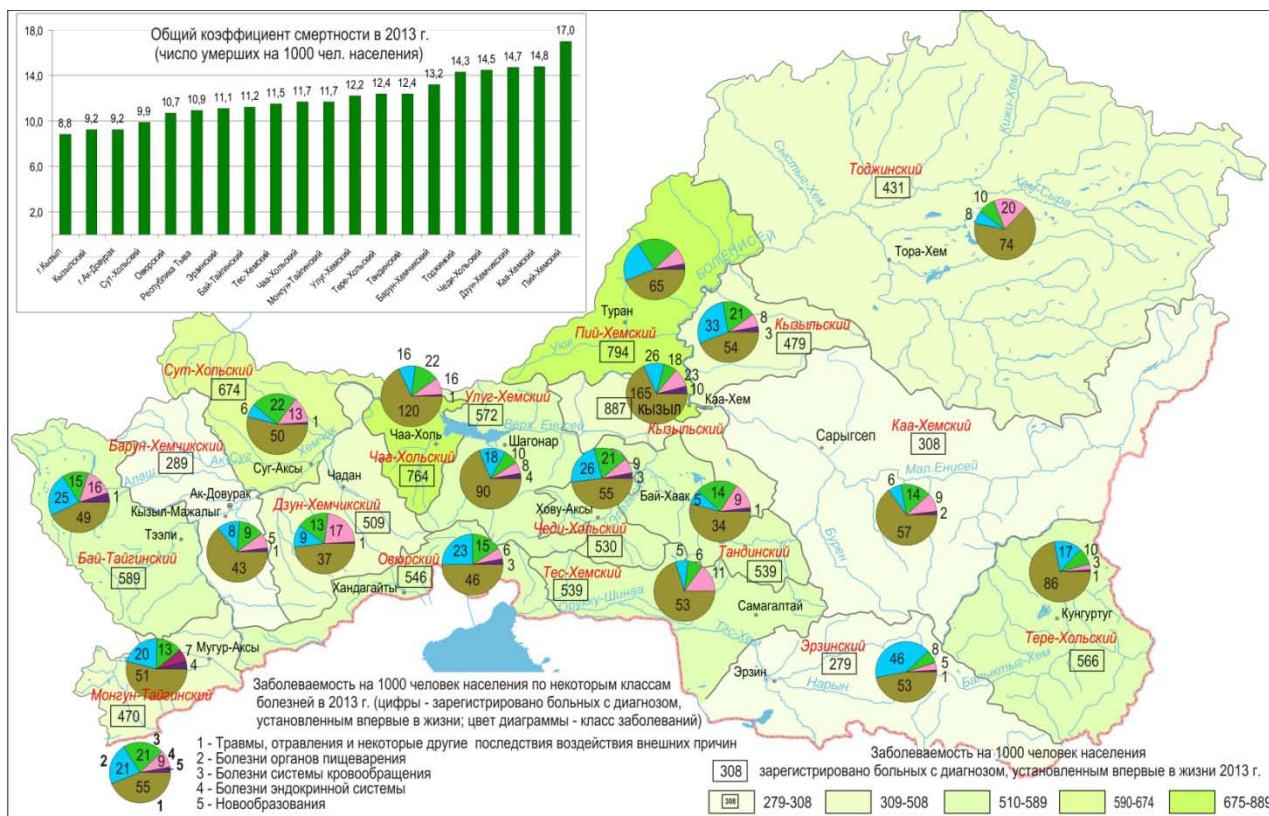


Рис. 2. Уровень заболеваемости населения Республики Тыва

Таким образом, инструментальные средства геоинформационной системы позволяют проводить разносторонний комплексный анализ здравоохранения Республики Тыва. При геоинформационном картографировании исследуемого процесса можно получить широкий спектр показателей и индикаторов, характеризующих общие тенденции и современную ситуацию в здравоохранении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красильников М. П., Мамаш Е. А., Аюнова О. Д., Чупикова С. А. Опыт создания базы данных «Ресурсный потенциал Республики Тыва» «Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами»: Материалы Международной конференции, 18 по 19 сентября 2012 г. – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, С. 231-237.

© С. А. Чупикова, Т. М. Ойдуу, О. Д. Аюнова, 2015.

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ ПО ДАННЫМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Татьяна Юрьевна Бугакова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий. 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Дмитрий Анатольевич Борисов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий. 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант, тел. (383)343-18-53, e-mail: dimitry.borisoff@gmail.com

Одной из основных задач современной науки является исследование состояний техногенных объектов с целью обеспечения безопасности граждан, сохранности жилищного фонда и предупреждения чрезвычайных ситуаций. Природные и техногенные катастрофы, происходящие в мире, обуславливают необходимость разработки новых приемов и методов исследования и прогнозирования состояния таких объектов. В статье рассмотрена возможность моделирования изменения пространственно-временного состояния техногенных объектов по данным геодезических наблюдений. Представлена модель определения пространственно-временного состояния техногенных систем. Приведены примеры решения задачи определения формы, размеров, положения и ориентации объекта в пространстве и времени методами математического моделирования.

Ключевые слова: моделирование, математическая модель, пространственно-временное состояние, инженерные сооружения, природные объекты, геодезический мониторинг, форма, размеры, положение в пространстве.

MODEL FOR DETERMINING SPATIOTEMPORAL STATE TECHNOGENIC SYSTEMS METHOD FROM THE DATA OF GEODETIC SURVEYING

Tatyana Yu. Bugakova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 63008, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., head of the Department of Applied Informatics and Information Systems, tel. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Dmitry A. Borisov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 63008, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., graduate, tel. (383)343-18-53, e-mail: dimitry.borisoff@gmail.com

One of the major problems of modern science is the study of states of of technogenic objects to ensure public safety, preservation of housing and prevention of emergency situations. Natural and technogenic accidents occurring in the world, made it necessary to develop new techniques and methods of research and forecasting of such objects. The article described the possibility of modeling the spatial and temporal changes in the state of of technogenic objects according to geodetic observations. Presents a model determining spatiotemporal state of technogenic systems. Gives examples of solutions of the problem of determining the shape, size, position and orientation of the object in space and time using mathematical modeling.

Key words: Modeling, mathematical model, spatial and temporal state, engineering structures, natural objects, geodetic monitoring, shape, size, position in space.

Окружающая среда представляет собой совокупность взаимосвязанных между собой систем: естественных, искусственных, смешанных, непрерывно взаимодействующих друг с другом. Усложнение систем техногенного происхождения, с одной стороны свидетельствует о научно-техническом прогрессе, с другой – порождает невиданные ранее потенциальные и реальные угрозы человеку, созданным им объектам, локальной и глобальной среде обитания. Поэтому возникает необходимость изучения сложных систем для их эффективного контроля и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Проблемы риска и производственной безопасности техногенных систем (ТГС) в настоящее время имеют большое значение. Особую актуальность они приобретают в связи с возникновением техногенных катастроф при строительстве и эксплуатации крупных инженерных сооружений, например, в атомной энергетике, химической промышленности, машиностроении, на транспорте и других отраслях хозяйственной деятельности. Причинами катастроф в основном являются неправильная эксплуатация человеко-машинных систем и различные геодинамические процессы и явления [1].

Обеспечение безопасности ТГС связано с решением совокупности задач относящихся к различным областям знаний. К ним относятся задачи политического, социально-экономического, управленческого, технологического характера и т.д. Далеко не последнюю роль в этом списке занимает задача обеспечения безопасности техногенных систем средствами геодезического контроля, решение которой дает информацию о пространственно-временном состоянии (ПВС) ТГС.

Современные геодезические технологии (например, наземное лазерное сканирование) совместно со специализированными программными комплексами позволяют определить статическую модель состояния объекта. Результатом лазерного сканирования инженерных сооружений и природных объектов является массив (облако) точек с координатами X, Y, Z , определенных относительно установленной системы координат. Программы, обеспечивающие обработку данных лазерного сканирования, позволяют представить ТГС (далее объект) в виде трехмерного скана, определить ее размеры и ориентацию относительно установленной системы координат, выполнить мониторинг геометрических параметров объекта.

Для определения изменения состояния объекта в пространстве и времени необходимо иметь временные ряды данных, которые получают в результате многократных циклов наблюдений за объектом. В настоящее время наиболее популярны автоматизированные системы мониторинга (АСМ), контролирующие объект в любое время суток, невзирая на погодные условия с заданным временным интервалом. Для этого в теле объекта закрепляются контрольные точки (датчики), передающие сигнальную информацию о состоянии объекта.

Моделирование изменений ПВС объекта представляет достаточно сложную задачу. Получить временные ряды координат $X(t), Y(t), Z(t)$ методом лазерного сканирования представляется слишком затратным, а данных, полученных методом АСМ недостаточно для определения изменения ПВС объекта в целом.

Поэтому, для определения динамической модели изменения ПВС и прогнозирования состояния объекта в будущем необходимо применение методов математического моделирования [2,3,4,5,6,7].

Пространственно-временное состояние объекта в полной мере характеризуется формой, размерами, ориентацией и положением в пространстве и времени. Т.е. пространственно-временное состояние объекта определяется функцией (1)

$$ПВС(t) = ПВС(F(t), R(t), P(t), O(t)) \quad (1)$$

где $F(t)$ форма объекта, $R(t)$ - размеры, $P(t)$ - положение объекта в пространстве относительно системы координат, $O(t)$ - ориентация в пространстве.

Изменение ПВС объекта зависит от изменения его характеристик: $F(t), R(t), P(t), O(t)$, определяемых как функции времени.

Рассмотрим некоторые варианты определения характеристик состояния ТГС методами математического моделирования.

1. Форма любого объекта определяется границей между этим объектом и окружающей средой.

Информация, необходимая для целостного описания формы, может быть непрерывной и дискретной. Непрерывная информация обычно представляется как непрерывная функция координат и/или времени. Дискретная информация – последовательность отдельных сигналов, отделенных друг от друга конечными временными или пространственными интервалами [8].

Приведем примеры определения формы объектов, представленных облаком точек с координатами $X_i(t), Y_i(t), Z_i(t)$, где $i = 1, 2..M$ – номер точки.

Пример 1.

Для определения функции $F(t)$ необходимо выбрать геометрический образ, который принимается в качестве модели формы, и определить требования (критерии), которым этот образ должен удовлетворять. После этого нужно оценить значения конечного числа параметров, необходимых для математического описания выбранного геометрического образа формы системы соответственно предъявляемым требованиям.

Форму объекта, представленного облаком точек с координатами $X_i(t), Y_i(t), Z_i(t)$, можно представить сферой A (рис. 1), радиус r которой равен

$$r = r_i - r_0 \quad (2)$$

где r_i - точка с номером i , $r_0 = \frac{1}{M} \sum r_i$, M - количество точек.

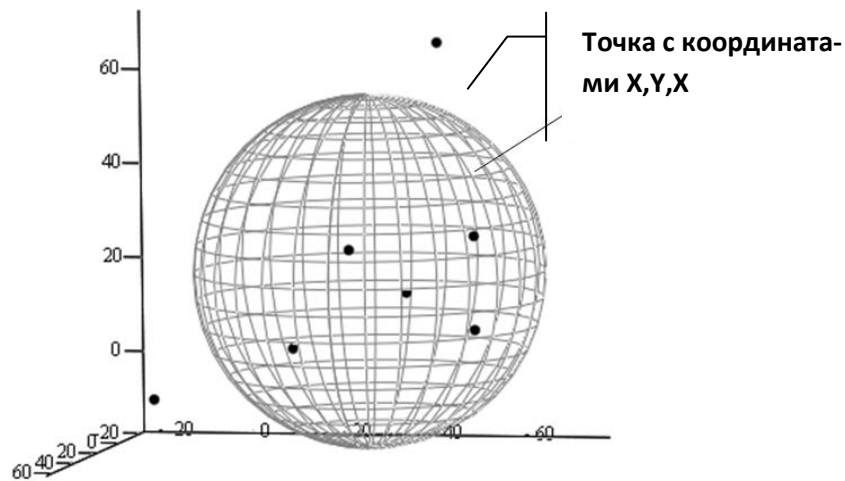


Рис. 1. Сферическая модель объекта

Количество этих сфер равно n , т.е. количеству моментов времени $t_1, t_2, \dots, t_n$ в которые производились геодезические наблюдения [9].

Пример 2.

Одним из вариантов определения дискретной функции $F(t)$ является применение методов, основанных на численных расчетах, определения дискретной информации о форме объекта. Дискретизация обеспечивается созданием полигональной сетки, представляющей из себя сеть из дискретных элементов, покрывающих объект.

Одним из основных видов неструктурированных полигональных сетей являются триангуляции. На сегодняшний день существуют несколько видов триангуляции: триангуляция Делоне, триангуляция методом коррекции, триангуляция методом поглощения и другие. Наибольшую популярность имеет триангуляция Делоне, так как является наиболее сбалансированной. Это достигается тем, что триангуляция Делоне строит треугольники по возможности близкие к равноугольным (не допускает построение неоправданно вытянутых треугольников).

Исходными данными для построения триангуляции является множество (облако) точек объекта с координатами $X_i(t), Y_i(t), Z_i(t)$. Метод Делоне позволяет на основе координат точек объекта построить выпуклую оболочку, состоящую из множества конечных треугольных элементов, т.е. аппроксимировать техногенный объект сеткой из треугольников.

В работе [10] рассмотрена возможность применения метода триангуляции Делоне для определения формы техногенного объекта по геодезическим данным и реализовано программное решение алгоритма на примере карьера (рис. 2).

Изменение формы объекта приводит к перестроению триангуляционной сетки, т.е. для каждого момента времени t будет построена своя триангуляция.

2. Зная форму объекта, т.е. имея возможность представить его одним геометрическим телом, можно найти интегральные характеристики $R(t)$, напри-

мер, площадь поверхности, объем занимаемого пространства, числовые значения инвариантных характеристик.

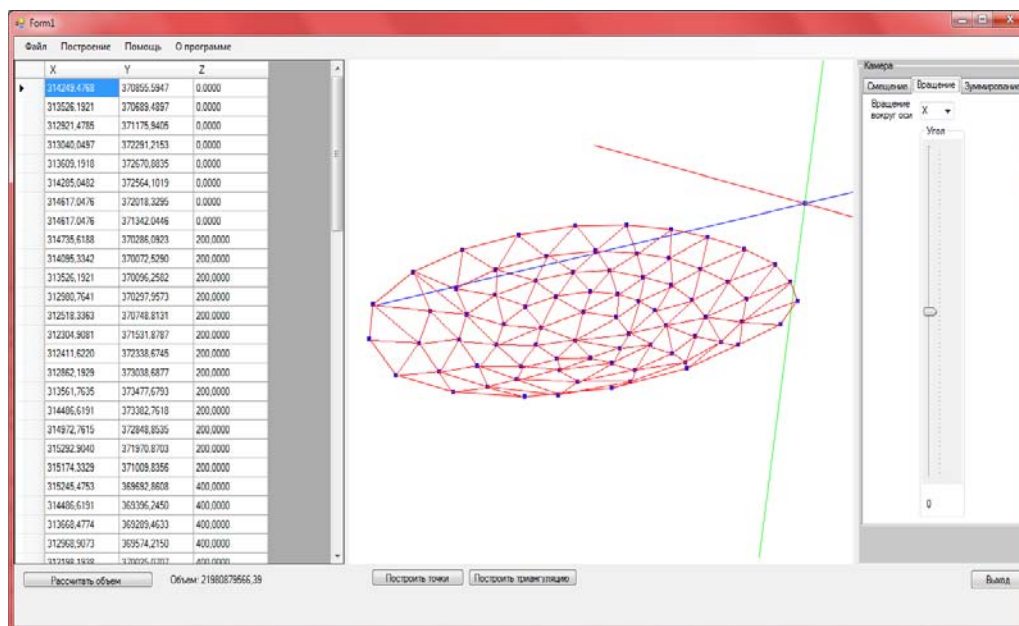


Рис. 2. Реализация метода триангуляции Делоне в программе «*DELONE*» на примере модели карьера

Кроме того, рассматривая отдельные геодезические точки или некоторые их множества, связанные заданными отношениями, как элементарные объекты, связи между ними можно установить посредством математических правил и тем самым на множестве элементарных объектов определить отношения между ними, характеризующие размеры $R(t)$ объекта. Изменение формы и размеров свидетельствуют об интегральных или дифференциальных деформациях [10,11,12,13,14,15].

3. Изменение положения $P(t)$ объекта в пространстве, представленного множеством точек с координатами $X_i(t), Y_i(t), Z_i(t)$, определяется по движению гипотетической точки, координаты которой определяются как среднее арифметическое координат точек множества, т.е. $P(t)$ характеризует поступательное движение объекта в пространстве.

4. Определение ориентации $O(t)$ объекта в пространстве может быть выполнено разными способами.

Пример 1.

Положение облака точек в пространстве представим плоскостью S , такой, что сумма квадратов расстояний точек облака от нее минимальна (рис. 3). Ориентация плоскости в пространстве полностью определяется нормалью $\vec{N}$ к этой плоскости, проходящей через точку принадлежащей S [10].

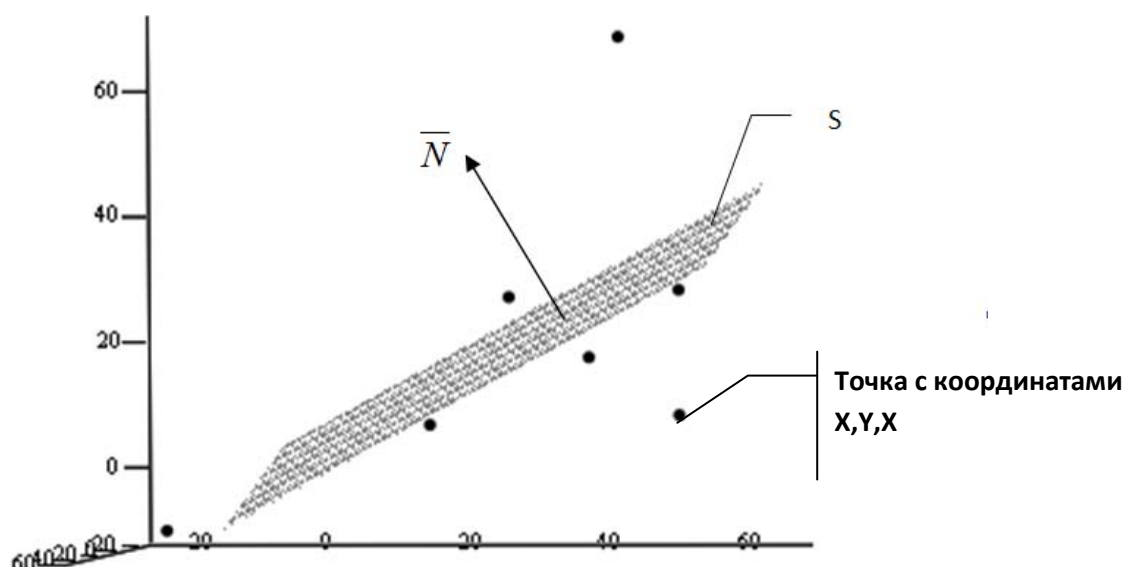


Рис. 3. Геометрическая модель положения облака точек в пространстве

Пример 2.

Если начало координат совместить с точкой, координаты которой определяются как среднее арифметическое координат точек облака, то ориентацию этого облака точек в пространстве можно определить через углы Эйлера (рис. 4).

Изменение ориентации объекта в пространстве определяется углами $\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\gamma(t)$ и является явным признаком вращательного движения.

Таким образом, изложенные обстоятельства и приведенные примеры свидетельствуют о следующем:

1) пространственно-временное состояние ТГС в полной мере характеризуется моделью (1);

2) определение аргументов функции $PBC(t)$ математическими методами позволяет определить деформацию, поступательное и вращательное движение ТГС.

3) определение пространственно-временного состояния техногенных систем дает необходимую и достаточную информацию для обеспечения безопасности их эксплуатации по геодезическим данным.

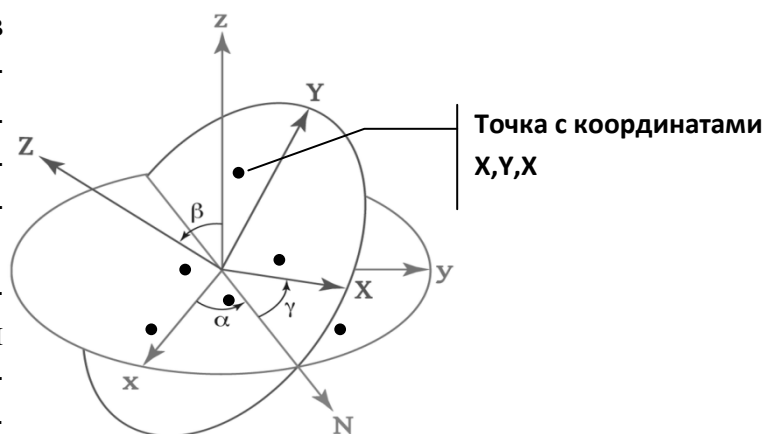


Рис. 4. Ориентация облака точек в пространстве через углы Эйлера

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугакова Т. Ю. Оценка устойчивости состояний объектов по геодезическим данным методом фазового пространства: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новосибирск: СГГА, 2005.

2. Вовк И. Г., Бугакова Т. Ю. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам и оценка техногенного риска методом экспоненциального сглаживания // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 47–58.
3. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем [Текст] // Материалы V Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства». – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – Т. 2. – С. 100–105.
4. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 26–31.
5. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам и оценка техногенного риска методом экспоненциального сглаживания [Текст] // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 47–58.
6. Вовк И. Г. Математическое моделирование в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 94–103.
7. Вовк И. Г., Бугакова Т. Ю. Теория определения техногенного геодинамического риска пространственно-временного состояния технических систем // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 21–24.
8. Вовк И. Г. Моделирование формы и оценка размеров систем в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 17–25.
9. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Определение вращательного движения объекта по результатам многократных геодезических измерений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных и чрезвычайных ситуациях: предпринимаемые шаги и их реализация с помощью картографии, геоинформации, GPS и дистанционного зондирования» : сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2013. – С. 88–92.
10. Бугакова Т. Ю., Борисов Д. А., Яковлев Д. А. Программная реализация метода делоне для определения формы и размеров техногенных объектов по геопространственным данным // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4С. – С. 15–19.
11. Вовк И. Г. Моделирование в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (14). – С. 69–75.
12. Вовк И. Г. Определение геометрических инвариантов пространственной кривой в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 51–62.
13. Вовк И. Г. Определение геометрических инвариантов поверхности в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 59–69.
14. Вовк И. Г. Системно-целевой подход в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 115–124.
15. Бугакова Т. Ю. К вопросу оценки риска геотехнических систем по геодезическим данным // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 151–157.

© Т. Ю. Бугакова, Д. А. Борисов, 2015

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРИМЕРЕ КУПОЛА НОВОСИБИРСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ

Татьяна Юрьевна Бугакова

Сибирская государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, заведующая кафедрой прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Мария Михайловна Шляхова

Сибирская государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: plazma_space@mail.ru

Пространственное состояние техногенных объектов не остается постоянным. Их состояние изменяется в зависимости от влияния внешних факторов или внутренних процессов. Изменение пространственного состояния проявляется в движениях и деформациях объекта, что влечет за собой, порой, необратимые последствия – от разрушения конструкций до человеческих жертв. В связи с этим, одной из важнейших задач геодезического мониторинга является определение изменения пространственного состояния техногенных объектов. В статье приведен пример определения деформации техногенного объекта по результатам лазерного сканирования

Модели, полученные по данным лазерного сканирования, являются статическими. Имея статическую 3D модель пространственного состояния объекта соответствующую фиксированному моменту времени t , определение деформации поверхности возможно путем ее совмещения с проектной поверхностью. Отклонение реальной модели от проектной на величину большую допустимой свидетельствует о деформации этой поверхности.

Ключевые слова: 3D моделирование, наземное лазерное сканирование, пространственное состояние, техногенные объекты, деформация поверхности, визуализация деформации.

3D MODELING AND VISUALIZATION OF SURFACE DEFORMATION BY THE EXAMPLE OF NOVOSIBIRSK PLANETARIUM DOME

Tatyana Yu. Bugakova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., head of the Department of Applied Informatics and Information Systems, tel. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Maria M. Shlyakhova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., senior lecturer, Department of Applied Informatics and Information Systems, tel. (383)343-18-53, e-mail: plazma_space@mail.ru

Spatial state of anthropogenic objects is not invariable. It changes under the environmental impact or interior processes. Spatial state variations show in motions and deformations of the object resulting sometimes in irreversible impacts (from structure failure to human toll). In connection with the above said, one of the major problems of geodetic monitoring is determination of changes

in anthropogenic object spatial state. The example of anthropogenic object deformation determined by laser scanning data is presented.

The models developed by laser scanning are static. With static 3D model of the object spatial state referred to the fixed instant of time t , we can reveal surface deformation by its superposing on the design surface. Real model deviation from the design one by the value greater than allowable testifies to the surface deformation.

Key words: 3D modeling, terrestrial laser scanning, spatial state, anthropogenic objects, surface deformation, deformation visualization.

Безопасная эксплуатация техногенных объектов (зданий, сооружений, оборудования промышленных и гражданских комплексов) невозможна без правильно поставленной диагностики их технического состояния. Диагностика основывается на результатах контроля ряда параметров, характеризующих эксплуатационные качества зданий, сооружений и оборудования. Для получения полных и достоверных сведений о состоянии объекта необходимо применение информационно-технической системы, в состав которой входят геодинимические, гидрологические, геодезические и др. подсистемы контроля состояния. Важнейшими из них являются геодезические подсистемы, оценивающие пространственное состояние (положение, деформацию и геометрические характеристики) объектов. Современное геодезическое оборудование позволяет с высокой точностью, скоростью и качеством выполнять геодезические измерения для оценки пространственного состояния техногенных объектов. Например, лазерный сканер, позволяет определить любые сложные и/или недоступные поверхности в трехмерном пространстве. Результатом работы лазерного сканера является облако (множество) точек с координатами X, Y, Z . Для обработки данных, полученных при помощи лазерного сканера, существует программное обеспечение (ПО), которое дает возможность построения реалистичных трехмерных метрических моделей объектов. На их основе можно получать информацию о положении объекта в пространстве, его геометрических характеристиках (расстояниях, объемах, площадях) [1,2,3].

Модели, полученные по данным лазерного сканирования, являются статическими. Однако, пространственное состояние техногенных объектов не остается постоянным. Их состояние изменяется в зависимости от влияния внешних факторов или внутренних процессов. Изменение пространственного состояния проявляется в движениях и деформациях объекта, что влечет за собой, порой, необратимые последствия – от разрушения конструкций до человеческих жертв. В связи с этим, одной из важнейших задач геодезического мониторинга является определение изменения пространственного состояния техногенных объектов [4,5].

Целью работы является 3D моделирование и визуализация деформации поверхностей техногенных объектов средствами наземного лазерного сканирования.

Объектом исследования был выбран купол планетария города Новосибирска, съемка которого производилась с внутренней стороны помещения.

Данные об объекте получены универсальным компактным лазерным сканером Leica ScanStation C10. Он представляет собой один из самых популярных приборов в серии сканеров ScanStation, обеспечивая высочайшую эффективность и производительность во время выполнения топографических съемок. Импульсная лазерная система гарантирует производство сканирования на расстоянии до 300 метров со скоростью до 50000 точек в секунду, что позволяет получать детальные трехмерные изображения. Поле зрения сканера составляет 270° по вертикали и 360° по горизонтали. Встроенная видеокамера высокого разрешения обеспечивает получение четких и детальных реальных изображений, которые затем совмещают с отсканированным облаком точек. В результате сканирования был получен 1 скан. Данные измерения приведены и скорректированы в программном продукте Cyclone по горизонтальному уровню с точностью компенсатора 4 мм. Модель определена в единой системе координат OXY, координаты Z получены в реальной системе высот.

Для обработки данных выбран программный продукт Rapidform XOR. Rapidform XOR - это программа, позволяющая пользователям перейти от 3D-скана к полностью параметрической CAD-модели.

Имея статическую 3D модель пространственного состояния объекта соответствующую фиксированному моменту времени t , определение деформации поверхности возможно путем ее совмещения с проектной поверхностью. Отклонение реальной модели от проектной на величину большую допустимой будет свидетельствовать о деформации этой поверхности.

Работа по определению и визуализации деформации поверхности купола планетария выполнялась в несколько этапов.

1. В программный продукт Rapidform XOR выполнен импорт облака точек.

2. Построена TIN поверхность купола планетария (выполнено разряжение точек, удалены шумы, построена триангуляция).

3. Для определения деформации поверхности купола выполнена аппроксимация, т.е. совмещение TIN поверхности с проектными данными так, что сумма квадратов отклонения координат точек реальной поверхности от проектной поверхности - минимальна. В качестве проектной поверхности выбрана сфера, заданная уравнением

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - c_0)^2 = R^2 \quad (1)$$

где R – радиус сферы.

4. Выполнена оценка среднеквадратического отклонения (СКО) купола планетария от проектной сферы. Получен вектор значений среднеквадратических отклонений

$$\bar{V} = \bar{V}(v_1, v_n),$$

где n – количество значений СКО. Средние значения отклонений равны 36 мм. Построена 3D модель объекта с изображением зон деформации поверхности (рис. 1).

Деформация объекта – это процесс, протекающий во времени и определяется он как функция времени $D(t_i)$, где t_i принадлежит временному интервалу T , $i = 1..k$, k – количество моментов времени в интервале T . Поэтому для определения функции $D(t_i)$ на всем временном интервале T необходимо иметь k статических моделей. Таким образом, для определения деформации поверхности объекта на всем временном интервале T методом совмещения статических моделей нужно выполнить k итераций.

Для сокращения количества итераций, в работе был проведен эксперимент. Рассмотрена возможность совмещения трех моделей.

В связи с этим, была выполнена имитация деформации поверхности купола. Изменены высотные координаты в его верхней части, после чего модель была совмещена с проектной моделью. Средние значения отклонений равны 38 мм (рис. 2).

Заключительным этапом эксперимента было совмещение трех моделей: проектной, заданной уравнением (1); реальной, полученной по результатам лазерного сканирования и деформированной.

Полученная модель является результатом усреднения трех моделей поверхности. Она не является информативной и не отображает процесс деформации объекта.

В результате исследования был сделан вывод:

1. Определение деформации поверхности техногенного объекта по результатам лазерного сканирования дает полную наглядную визуальную информацию путем совмещения двух 3D моделей. Из количественных характеристик получаем среднеквадратические отклонения одной модели от другой.

2. Деформация объекта – это процесс динамический, изменяемый во времени, что предполагает работу с временными рядами данных. По результатам лазерного сканирования можно получить информацию о деформации объекта в заданный момент времени, однако, это процесс трудоемкий. Функция $D(t_i)$ в этом случае определена дискретно. Для анализа, интерпретации и прогнозирования процессов деформации необходимо определение $D(t_i)$ как непрерывной функции, что невозможно без методов математического моделирования [6,7,8].

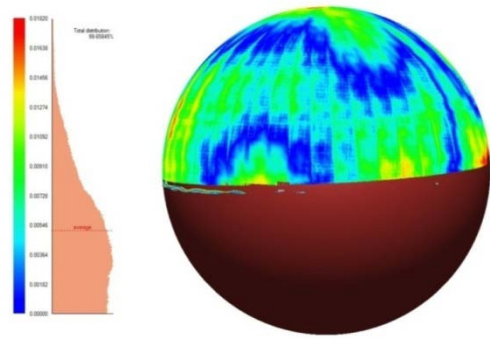


Рис. 1. 3D модель поверхности купола планетария с изображением зон деформации поверхности и результат оценки СКО

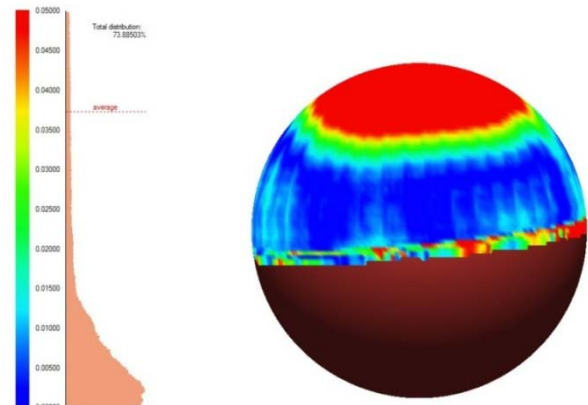


Рис. 2. 3D модель деформированного проектного купола

3. Определение и визуализация деформаций поверхности техногенных объектов по результатам лазерного сканирования хорошо подходят для реконструкции зданий и сооружений, а также мониторинга геометрических параметров путем определения отклонений от проектных значений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугакова Т. Ю. Оценка устойчивости состояний объектов по геодезическим данным методом фазового пространства: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новосибирск: СГГА, 2005.
2. Вовк И. Г., Бугакова Т. Ю. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам и оценка техногенного риска методом экспоненциального сглаживания // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 47–58.
3. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем // Материалы V Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства». – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – Т. 2. – С. 100–105.
4. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 26–31.
5. Вовк И. Г., Бугакова Т. Ю. Теория определения техногенного геодинамического риска пространственно-временного состояния технических систем // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 21–24.
7. Бугакова Т. Ю. К вопросу оценки риска геотехнических систем по геодезическим данным // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 152–156.
8. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Определение вращательного движения объекта по результатам многократных геодезических измерений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных и чрезвычайных ситуациях: предпринимаемые шаги и их реализация с помощью картографии, геоинформации, GPS и дистанционного зондирования» : сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2013. – С. 88–92.

© Т. Ю. Бугакова, М. М. Шляхова, 2015

ИНТЕГРАЦИЯ ПОДСИСТЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КРИЗИСНЫМИ СИТУАЦИЯМИ НА МУНИЦИПАЛЬНОМ УРОВНЕ

Алексей Викторович Дубровский

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)361-01-09, e-mail: avd5@ssga.ru

Эдуард Лидиянович Ким

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, начальник штаба ГОЧС, тел. (383)343-39-37, e-mail: kim@ssga.ru

Яна Константиновна Мишустина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, студентка, тел. (383)361-01-09, e-mail: avd5@ssga.ru

В статье рассмотрены вопросы интеграции подсистем геоинформационного обеспечения управления кризисными ситуациями на муниципальном уровне. Приведены примеры геоинформационного обеспечения.

Ключевые слова: геоинформационное обеспечение, кризисные ситуации, риск, угроза, система мероприятий гражданской обороны и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

INTEGRATION OF GEOINFORMATION SUPPORT SUBSYSTEMS FOR CRYISIS SITUATIONS MANAGEMENT AT MUNICIPAL LEVEL

Alexey V. Dubrovsky

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, Ph. D., Assoc. Prof., Department of Cadastre and Territorial Planning, tel. (383)361-01-09, e-mail: avd5@mail.ru

Eduard L. Kim

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, Chief of Staff for Civil Defense and Emergency Situations (Civil Defense), tel. (383)343-39-37, e-mail: kim@ssga.ru

Yana K. Mishustina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, Student, tel. (383)361-01-09, e-mail: avd5@ssga.ru

The problems of geoinformation support subsystems integration for crisis situations management at local levels are considered.

Key words: geoinformation support, crisis situations, risk, threat, system of civil defense measures and emergency prevention.

Сложные пространственные структуры и их социально-экономические взаимосвязи, существующие на территории города, являются источниками потенциальных угроз для жизни и здоровья населения. При этом наиболее опасными являются угрозы, развитие которых может послужить толчком для возникновения целого ряда чрезвычайных ситуаций [1].

Предвидеть заранее можно только вероятность возникновения чрезвычайной ситуации. При этом важно выполнить анализ возможного риска. Несмотря на то, что понятие риск встречается практически во всех сферах социально-экономической деятельности современного общества, будем рассматривать его в следующих аспектах:

- технико-производственный риск – риск возникновения аварий, пожаров, поломок на промышленных объектах или с участием различных технических средств;

- экологический риск – риск нанесения ущерба окружающей природной среде в результате промышленно-хозяйственной деятельности человека или в результате неблагоприятных природных явлений;

- социально-экономический риск – риск ухудшения социальных и экономических показателей современного общества в результате проявления различного рода угроз природного и техногенного характера.

Понятие риска неразрывно связано с понятием угроза. Под угрозой следует понимать опасность, связанную в первую очередь с совершением или проявлением какого-либо события повлекшего ухудшение социально-экономического состояния современного общества, ухудшение состояния окружающей природной среды или причинение вреда жизни и здоровью населения [1].

В работе [2] проведен статистический анализ возможных угроз на территории города Новосибирска. Вероятность возникновения угроз на территории города может быть определена по классической формуле теории вероятности [3]: $P(A) = \frac{A}{N}$, где A – число элементарных событий благоприятных для возникновения угрозы; N – число, всех возможных элементарных событий, при этом каждому случайному событию A поставлено в соответствие число $P(A)$ – вероятность события A , таким образом, что: $0 < P(A) \leq 1$.

Все возможные угрозы необходимо классифицировать по следующим группам: невероятные $0 < P(A) \leq 0.2$; маловероятные $0.2 < P(A) \leq 0.4$; вероятные $0.4 < P(A) \leq 0.6$; высоковероятные $0.6 < P(A) \leq 0.8$; весьма вероятные $0.8 < P(A) \leq 1$.

Для отнесения угрозы к определенному классу одним из основных критериев выступают статистические данные о случившихся чрезвычайных ситуациях на рассматриваемой территории за определенный период времени. Кроме того, при расчете вероятности угрозы необходимо учитывать общемировую статистику чрезвычайных ситуаций [3].

Difficult spatial structures and their relations, existing on a city territory, are sources of potential threats for the people life and health. Thus the most dangerous

are the threats which development can be an incitement for occurrence of some emergency situations [1].

It is evident that only the possibility of emergency situation can be expected in advance. Thus it's important to make the analysis of possible risk. In spite of the fact the concept «Risk» meets practically in all areas of social and economic activity of modern society, we will consider it in following aspects:

- Technical and industrial risk – risk of fire, damage on industrial objects or with the participation of different technical equipment;
- Ecological risk – risk of environmental disruption caused by people's industrial activity or by natural disaster;
- Social and economic – risk of deterioration of modern society's social and economic indicators as a result of natural and industrial threats.

«Risk» is inseparably linked with «Threats». The threat is a danger, connected with some facts or events, which cause the deterioration of modern society's social and economic situation, environmental disaster or trespass to people's life and health[1].

This research [2] gives us statistic analysis all possible threats on Novosibirsk city territory. The possibility of threats occurrence on the city territory can be defined under the classical Probability theory formula [3]: $P(A) = \frac{A}{N}$, where A – number of elementary situations, favorable for threat appearance; N – number of all possible elementary situations, at that each elementary situation A corresponds to number $P(A)$ – situation's possibility A , thus: $0 < P(A) \leq 1$.

All possible threats are necessary to classify on following groups:

Improbable $0 < P(A) \leq 0.2$; Few probable; $0.2 < P(A) \leq 0.4$; Probable: $0.4 < P(A) \leq 0.6$;

Rather probable: $0.6 < P(A) \leq 0.8$; Highly probable: $0.8 < P(A) \leq 1$.

To refer the threat to a certain class by one of the basic criteria we use the statistical data about the frequency of happened emergency situations on considered territory for the certain time period. Besides, to calculate the threat possibility it is necessary to consider all around world statistics of emergency situations [3].

Основными документами, которые регламентируют разработку Паспортов безопасности субъектов РФ и муниципальных образований являются: Приказ МЧС России от 28.02.2003 № 105 «Об утверждении Требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения» [4] и Приказ МЧС России от 25.10.2004 № 484 «Об утверждении Типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований» (ред. от 11.09.2013) [5]. Паспорт безопасности территории Муниципального образования разрабатывается на основе показателей степени риска для потенциально опасных объектов. К паспорту безопасности территории Муниципального образования прилагаются карты индивидуальных рисков по всем типам угроз. Паспорт безопасности используется для решения следующих задач:

- определение показателей степени риска чрезвычайных ситуаций;
- оценки возможных последствий чрезвычайных ситуаций;
- оценки состояния работ территориальных органов по предупреждению чрезвычайных ситуаций;
- разработки мероприятий по снижению риска и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций на территории.

Определить пространственную локализацию геопространства чрезвычайной ситуации возможно благодаря действующим системам мониторинга и информационного взаимодействия между существующими базами пространственных и статистических данных на исследуемой территории. При этом оценка характеристик ЧС и прогноз развития ситуации могут быть получены с использованием методов геоинформационного анализа и моделирования [6]. На рис. 1 показана схема интеграции подсистем геоинформационного обеспечения управления кризисными ситуациями на муниципальном уровне с использованием картографического сервера СГУГиТ.

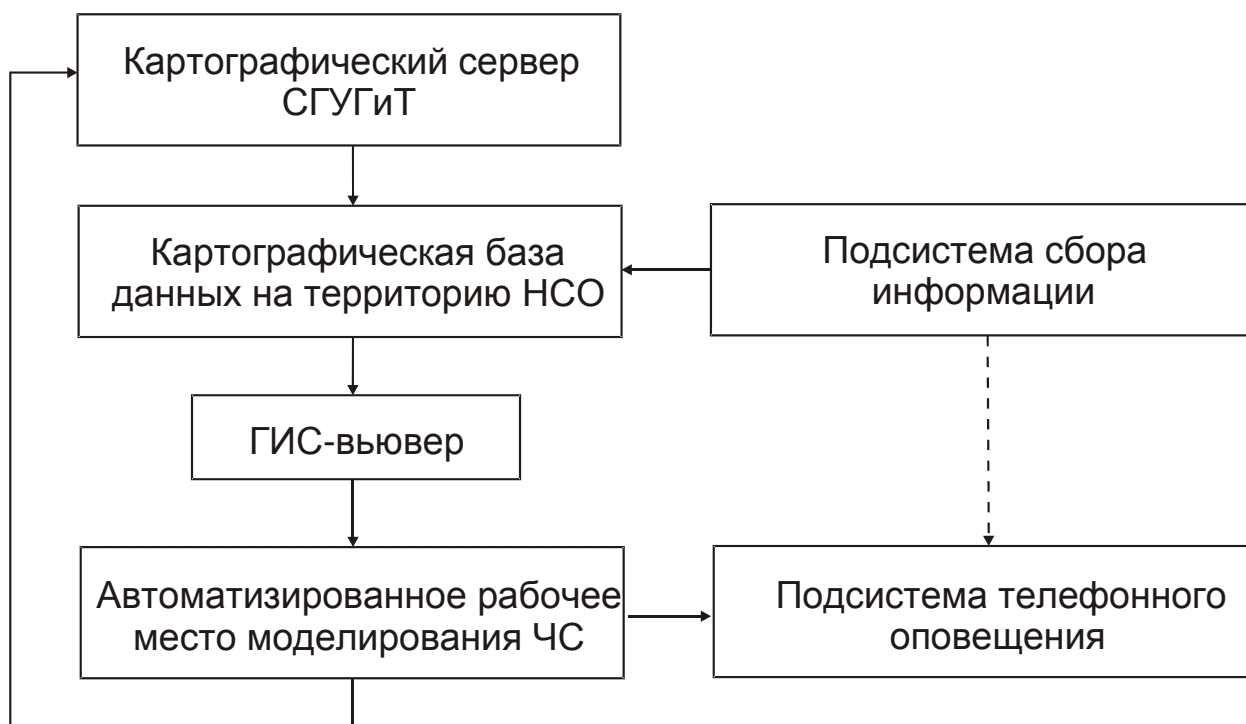


Рис. 1. Схема интеграции подсистем геоинформационного обеспечения управления кризисными ситуациями на муниципальном уровне с использованием картографического сервера СГУГиТ

Основными требованиями к геоинформационному обеспечению управления кризисными ситуациями являются:

- полнота, качество, своевременность получения исходных пространственных данных;
- единая структура представления пространственных данных у поставщиков информации;

- применение стандартизированного алгоритмического и программного обеспечения для автоматизации технологии расчета рисков по всем типам угроз;

- организация многопользовательского доступа к пространственным данным на территорию муниципального образования.

Город Новосибирск является динамически развивающимся мегаполисом с развитой инфраструктурой. Строительство и ввод в эксплуатацию новых жилых объектов, элементов транспортной инфраструктуры, социально-значимых объектов, объектов жизнеобеспечения города приводит к постоянному изменению и необходимости оперативной корректировки существующих подсистем геоинформационного обеспечения управления кризисными ситуациями на муниципальном уровне.

Одним из основных методов защиты населения в чрезвычайных ситуациях (ЧС) является эвакуация в безопасные районы. В городе Новосибирске степень угрозы возникновения ЧС техногенного и природного происхождения велика. Особенность расположения города, его застройки и транспортной инфраструктуры требуют особого подхода к организации и проведению эвакуационных мероприятий. В связи с этим задача разработки геоинформационного обеспечения для планирования и реализации мероприятий по эвакуации населения города Новосибирска с учетом его особенностей является актуальной.

На рис. 2, а показан фрагмент укрупненного схематического плана эвакуации населения города Новосибирска в загородную зону. Геоинформационное обеспечение для планирования и проведения эвакуационных мероприятий включает в себя топографические и тематические слои. Топографические слои включают цифровые модели следующих объектов: дорожная сеть; уличная сеть; железные дороги; здания; гидрография; растительность; сооружения. К тематическим слоям эвакуационной схемы относятся: сборные эвакуационные пункты; приемные эвакуационные пункты размещения населения; пункты посадки эвакуируемого населения на транспортные средства; промежуточные пункты эвакуации; район эвакуации населения в загородной зоне; маршруты эвакуации; органы управления ГО ЧС; районы сосредоточения сил ГО.

На рис. 2, б приведена модель расположения зон возможного наводнения на территории Новосибирской области в период паводковой ситуации. По оценкам специалистов ГО и ЧС паводок может причинить ущерб на территории 20% Новосибирской области.

Единый геоинформационный проект для поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций для органов местного самоуправления муниципального образования, должен состоять из трех уровней: сбор и обработка картографических данных; оперативное управление (автоматизация работы оперативного дежурного) и системы поддержки принятия решений для руководителя [7-9].

В результате интеграции подсистем геоинформационного обеспечения управления кризисными ситуациями на муниципальном уровне должны быть установлены наиболее безопасные, не подверженные природным и

техногенным катастрофам районы для размещения эвакуированного населения. Кроме того, все сценарии возможных чрезвычайных ситуаций и мероприятия по их ликвидации должны быть представлены в единой системе мероприятий система мероприятий гражданской обороны и предотвращения чрезвычайных ситуаций Субъекта РФ.

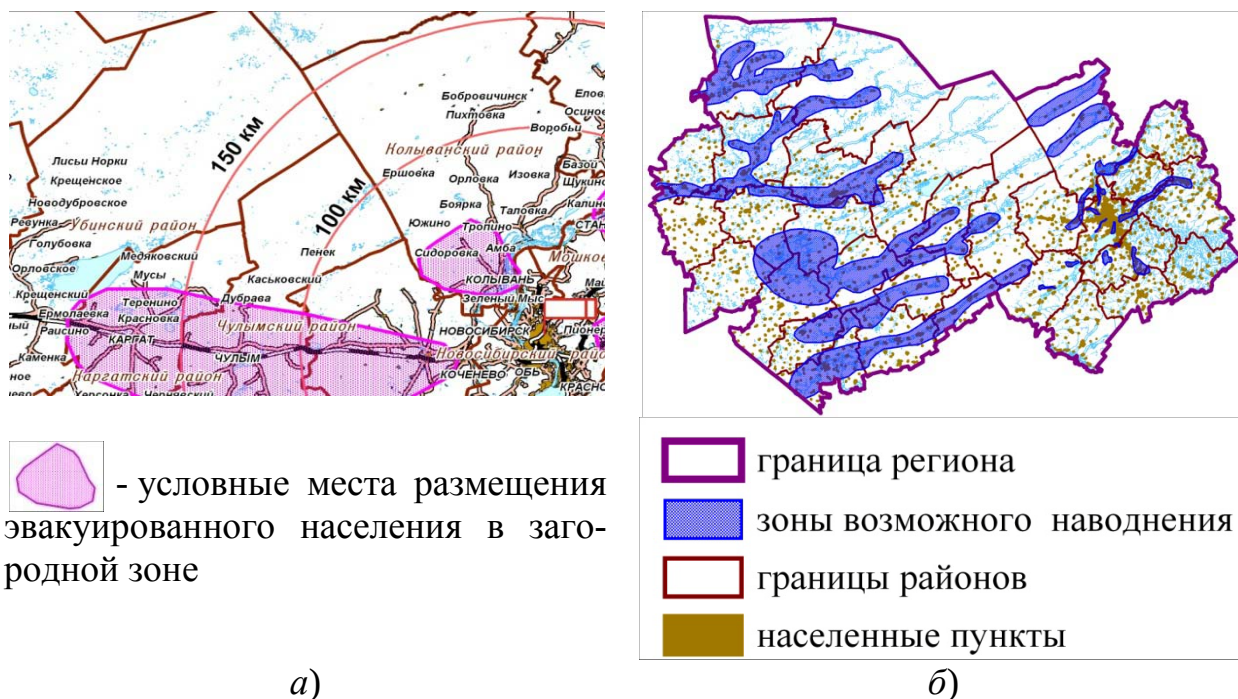


Рис. 2. Примеры геоинформационного обеспечения управления кризисными ситуациями на муниципальном уровне: а) фрагмент укрупненного схематического плана эвакуации населения города Новосибирска в загородную зону; б) модель расположения зон возможного наводнения на территории Новосибирской области

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Proske D. Catalogue of risks - Natural, Technical, Social and Health Risks. - Springer. - 2007.
2. Dubrovskiy, A.V. Geoinformational Space Research of the Megalopolis for the Prevention of People's Life threats / A.V. Dubrovskiy. - Novosibirsk: SSGA, 2010.
3. Dubrovsky, A.V. Creation of geoinformational model of probable threats on the city territory – Early Warning and Crises/Disaster and Emergency Management Resources: Proceedings of the International Workshop, 28-29 Apr. 2011 y. –Novosibirsk: SSGA, 2011 - . P. 113-116.]
4. Приказ МЧС РФ от 28.02.2003 № 105 «Об утверждении Требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 20.03.2003 N 4291) -[Текст] – М.: Российская газета, № 71, 2003.
5. Приказ МЧС России от 25.10.2004 № 484 «Об утверждении Типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований» (ред. от 11.09.2013) [Текст] – М.: Российская газета, № 267, 2004.]

6. Карпик А. П., Ким Э. Л., Дубровский А. В. Анализ природных и техногенных особенностей геопространства чрезвычайной ситуации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 171–177.

7. Дубровский А. В. К вопросу геоинформационного управления кризисными ситуациями // Материалы Междунар. конф., 18-09 сентября 2012 г. Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природным ресурсами. – Алматы: КазНТУ им. К. И. Сатпаева. – С. 269-274.

8. Дубровский А. В. Базовые принципы геоинформационного обеспечения безопасной эксплуатации промышленных объектов. Всероссийская научная Интернет-конференция с международным участием : материалы конф. (Казань, 5 июня 2014 г.) – Казань: ИП Синяев Д.Н., 2014. – С. 14–17.

9. Болотина Е. А., Дубровский А. В. К вопросу создания геоинформационного обеспечения для предотвращения чрезвычайных ситуаций на муниципальном уровне // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр., 8–18 апреля 2014 г., Новосибирск : 5-я Международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2014. – С. 56–61.

© А. В. Дубровский, Э. Л. Ким, Я. К. Мишустина, 2015

РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Елена Леонидовна Касьянова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)774-09-34, e-mail: helenkass@mail.ru

Павел Михайлович Кикин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (913)774-09-34, e-mail: it-technologies@yandex.ru

Денис Викторович Грищенко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, студент группы БК-11, тел. (913)399-36-62, e-mail: mr_divis@mail.ru

Рассмотрены основные способы разработки приложений для мобильных устройств, описаны преимущества и недостатки каждого. Проведен обзор отличительных особенностей разработки картографических мобильных приложений и выявлены проблемы, возникающие в процессе их создания.

Ключевые слова: веб-картография, мобильные приложения, мобильные устройства, разработка.

DEVELOPMENT OF MAPPING APPLICATIONS FOR MOBILE DEVICES

Elena L. Kasjanova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof. of Department of Geoinformatic and Cartography, tel. (913)774-09-34, e-mail: helenkass@mail.ru

Pavel M. Kikin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof. of Department of Applied Informatics and Information Systems, tel. (913)774-09-34, e-mail: it-technologies@yandex.ru

Denis V. Grishenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Student, BK-11, tel. (913)399-36-62, e-mail: mr_divis@mail.ru

The article shows main methods of mobile application development, describes advantages and disadvantages of each, presents distinctive features of mobile mapping application development.

Key words: web mapping, web technology, web map, web-mapping service.

Глобальные изменения сущности картографии, вызванные развитием информационных технологий, привели к появлению новых направлений практического использования картографических произведений [1, 2]. Наиболее популярными в массах, перспективными и динамично развивающимися направлениями сегодня являются мобильная и веб-картография [3,4,5,6]. Обусловлено это современными возможностями веб-технологий, мобильных устройств и средств беспроводной передачи данных.

Значимость мобильных устройств в современном мире значительно возросла, и теперь, зачастую, они используются не только как информационно-развлекательное средство, но и как один из инструментов для выполнения производственных работ, и существенную роль в этом направлении их использования положили именно картографические разработки. Возможности современных мобильных устройств привели к их огромной популярности и как следствие к появлению активно развивающегося рынка мобильных приложений, значительную долю которого занимают именно картографические программные продукты. Почти на каждом современном смартфоне имеются картографические приложения и приложения, использующие функции геопозиционирования.

В связи с этим, было решено рассмотреть особенности разработки и сложности, возникающие в процессе создания картографических мобильных приложений, а также возможные варианты их реализации.

В настоящее время для мобильных платформ не существует универсальных языков подобных java и интерфейсов подобных Qt, однако каждый разработчик стремится сделать свое приложение доступным для максимально возможного количества пользователей и ему необходимо создавать приложение, которое может работать на всех самых популярных мобильных операционных системах (Android, IOS и WP8) [7]. Следовательно, начать обзор стоит с возможных вариантов реализации, так как они являются общими для большинства мобильных приложений. Существует три основных варианта разработки [9]:

- веб-сайт, адаптированный под мобильные устройства;
- нативное (англ. native) приложение на основе среды разработки, предложенной создателями устройства и операционной системы;
- гибридное приложение, то есть сочетание мобильного сайта и оболочки для него, которая интегрирует в себя программный интерфейс (API) устройства.

Рассмотрим особенности, преимущества и недостатки каждого из вариантов как с точки зрения разработчика, так и пользователя.

Адаптированный под мобильный интерфейс веб-сайт подразумевает создание сайта, реализующего все необходимые функции при помощи стандартных средств веб-разработки: html, css, javascript, серверный язык веб-программирования. Интерфейс сайта строится по принципам адаптивного дизайна, либо за счет создания двух версий сайта - обычной и мобильной, в этом случае определение устройства и браузера пользователя реализуется с помощью JavaScript. Плюсами данного варианта являются кроссплатформенность и, как следствие, скорость и относительная простота процесса разработки. Минусы - отсутствие, либо ограниченность доступа к функциям устройства,

необходимость подключения к интернету во время работы с сайтом, пониженная производительность.

Разработка нативного приложения на языке программирования, предложенном разработчиком устройства и операционной системы является менее универсальным способом. В данном случае приходится переделывать приложение под каждую мобильную операционную систему используя «родной» для неё язык программирования и учитывая индивидуальные особенности. Это сильно отличается от простой адаптации приложения под разные платформы и, зачастую, означает что разработчику приходится делать разные, с технологической точки зрения, приложения для каждой платформы увеличивая, тем самым, трудозатраты и время необходимое для получения результата. Однако, такой подход не лишен своих плюсов. Нативное приложение имеет полный доступ к функциям мобильного устройства при помощи стандартных средств, предусмотренных разработчиками операционной системы и, как правило к набору предоставляемых стандартных элементов интерфейса. Как следствие, это приводит к высокой производительности таких приложений и к единообразию интерфейса приложения с интерфейсом системы [8].

Гибридное приложение является результатом совместного использования веб-технологий, веб-браузера и программной оболочки, реализующей доступ к функциям операционной системы и устройства. В результате такое приложение работает как обычная веб-страница внутри веб-браузера, но при этом программный интерфейс среды разработки дает возможность использовать все устройства в приложении: камера, звук, GPS, файловая система, контакты, уведомления и т.д. К плюсам данного подхода являются: универсальность, высокая скорость разработки, доступ к программному интерфейсу устройства. Однако, как и в случае с веб-сайтом могут возникать проблемы с производительностью и возможные программные ограничения на использование функций мобильного устройства [9].

Использование картографических функций в мобильном приложении имеет ряд особенностей, часть из которых также связана с вариантом реализации приложения.

Интерфейс картографического мобильного приложения должен быть достаточно удобным при использовании на экране небольшого размера и в условиях сенсорного ввода, что требует значительных затрат времени и определенных навыков от разработчика на адаптацию. Эти факторы должны учитываться и при генерализации карты.

Мобильные устройства имеют меньшую производительность и объем постоянной памяти, чем стационарные компьютеры и ноутбуки, что так же должно учитываться при выборе форматов и способов хранения или передачи картографической информации. Растровые данные занимают много памяти, векторные же (GeoJSON к примеру) зачастую приводят к серьезным проблемам с производительностью. Одним из вариантов решения проблемы больших объемов является хранение картографических данных на удаленном сервере и их постепенная подгрузка через интернет при просмотре. Однако, необходимость

соединения с интернетом является существенным недостатком приложения, ведь картографическая информация зачастую необходима именно в местах с отсутствием покрытия GSM сети.

При разработке нативного картографического приложения появляются сложности при выборе картографического «движка» для каждой платформы. Кроме того, что реализация карты для каждого «движка» требует отдельных навыков у разработчика и затрат времени, не для всех операционных систем имеются качественные и бесплатные варианты.

При разработке картографического приложения стоит проблема интерактивного взаимодействия пользователя с объектами карты при использовании формата WMS. Дело в том, что при передачи данных в формате WMS пользователю передаются только геопривязанные растры, что приводит разработчика к необходимости создания дополнительных механизмов, позволяющих приложению выполнять запросы к исходной векторной карте, хранящейся на сервере, что в свою очередь приводит к дополнительным затратам времени на разработку, усложнению клиентской и серверной частей.

Таким образом, в процессе разработки картографических мобильных приложений возникают определенные сложности, связанные со спецификой отображения и обработки пространственной информации, часть из которых не имеют однозначного решения, которое было бы полностью устраивало всех. В частности, не решена до конца проблема локального хранения и визуализации пространственных данных на мобильном устройстве и требует проведения исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
2. Мультимедийное направление в картографии / Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова и др. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 3. – С. 40–44.
3. Kraak, Menno-Jan and Allan Brown (2001): *Web Cartography – Developments and prospects*, Taylor & Francis, New York, ISBN 0-7484-0869-X.
4. Mitchel, Tyler (2005): *WebMapping Illustrated*, O'Reilly, Sebastopol, 350 pages, ISBN 0-569-00865-1.
5. Peterson, Michael P. (ed.) (2003): *Maps and the Internet*, Elsevier, ISBN 0-08-044201-3.
6. Кикин П. М. Разработка методики создания тематических карт средствами веб-технологий: Дис. ...канд. техн. наук: 25.00.33 / Кикин Павел Михайлович; Сибирская государственная геодезическая академия. – М., 2014. – 105 с.
7. Habrahabr, статья «Мобильные операционные системы в 2014 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geeksmagazine.org/post/80/mobilnye-operatsionnye-sistemy-v-2014-godu>
8. Habrahabr, статья «Обзор 7 самых популярных кроссплатформенных мобильных фреймворков» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/118169>
9. Habrahabr, статья «Как сэкономить на разработке мобильного приложения, получив готовый продукт, бесценный опыт и отличное решение для бизнеса» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/188830/>

© Е. Л. Касьянова, П. М. Кикин, Д. В. Грищенко, 2015

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ

Станислав Юрьевич Кацко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: s.katsko@ssga.ru

В статье рассмотрено понятие «геоинформационное пространство». Предложено рассматривать геоинформационное пространство на различных территориальных уровнях.

Ключевые слова: геоинформационное пространство, территориальные уровни.

GEOINFORMATION ENVIRONMENT FOR DIFFERENT TERRITORIAL LEVELS

Stanislav Yu. Katsko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof. of Department Applied Informatics and Information Systems, tel. (383)343-18-53, e-mail: s.katsko@ssga.ru

The paper deals with the notion of «geoinformation environment». Suggested Geoinformation Environment at different territorial levels.

Key words: geoinformation environment, territorial levels.

Публикация подготовлена в рамках выполнения НИР «Пространственно-временное моделирование окружающей среды для целей социально-экономического развития территорий» по государственному заданию в сфере научной деятельности № 2014/141; номер государственной регистрации НИР 01201461633.

Современное человеческое общество живет одновременно во множестве пересекающихся пространств: физическом, правовом, образовательном, профессиональном и т. д. Каждое из этих пространств отличается набором характеристик. При этом их действие всегда рассматривается на какой-либо территориальной (пространственной) основе. Выделяя территориальную основу как системообразующий фактор, мы можем объединить разного рода информацию из каждого пространства в одну большую информационную систему, которую можно назвать «единое геоинформационное пространство».

Геоинформационное пространство (ГИП) представляет собой совокупность информационных координированных компьютерных моделей территорий. Оно является цифровым описанием совокупности частных представлений изучаемого геопространства, созданных человеком в компьютерной среде и предназначенных для компьютерного использования при решении пространственных задач и выработки пространственных решений [1]. ГИП содержит информацию об изучаемом географическом пространстве в упорядоченном ви-

де: в виде геоинформации и множества его моделей, отображающих основные, нужные одному потребителю или множеству потребителей, пространственные предметы и их свойства. В отличие от объективной реальности (геопространства), ГИП проектируется и создается человеком только в компьютерной среде, т. е. его свойства в значительной мере предопределены в соответствии с решаемой задачей. [4, 5]

Геоинформационное пространство является не просто хранилищем информации, но и представляет механизмы для ее переработки, должно содержать унифицированные интерфейсы доступа для интеграции в однородную систему разнородных массивов данных, а также защиту информации являющейся коммерческой тайной. Геоинформационное пространство можно представить в виде программного приложения, с которым связан объемный комплекс структурированных массивов информации разного вида: текстовой, табличной, графической, картографической, диаграммной, звуковой, фото, аэро- и космические снимки, видео. Сочетание большого объема информации с многообразием форм её представления определяет новые возможности ее применения в различных сферах деятельности.

В техническом и информационном аспектах геоинформационное пространство должно представлять собой совокупность пространственных информационных систем на разных территориальных уровнях.

Как инструмент для решения пространственных задач, геоинформационное пространство является основой для принятия решений на различных уровнях: муниципальном, региональном, государственном, межгосударственном, глобальном (рис.).

Таким образом, геоинформационное пространство может быть муниципальным, если оно формируется на территории одного муниципального образования (города). В масштабах региона (района) государства оно может быть региональным. Далее идет уровень одного государства, на котором можно организовать государственную (или национальную) ГИП. Наконец, ГИП может быть межгосударственным или глобальным в рамках нескольких государств, континентов или всех стран. Масштаб ГИП непосредственно влияет на возможности ее использования, а также задает типы моделей, применяемых для реализации геоинформационного пространства.

Геоинформационное пространство должно предоставлять пользователям и информационным системам, по запросу, уникальную ГИС-функциональность: пространственный анализ, 3D-моделирование, построение пространственных моделей, создание тематических карт специального назначения, предоставление геостатистических данных, создание картографических отчетов.

Геоинформационное пространство, ориентированное на определенную территорию, предназначено для массового пользователя, например: органов местного самоуправления, коммерческих структур, различных организаций и учреждений, научных и учебных, библиотек, широкого круга граждан и юридических лиц, а также международных и иностранных организаций, фирм, граждан других государств, а также всех жителей округа.

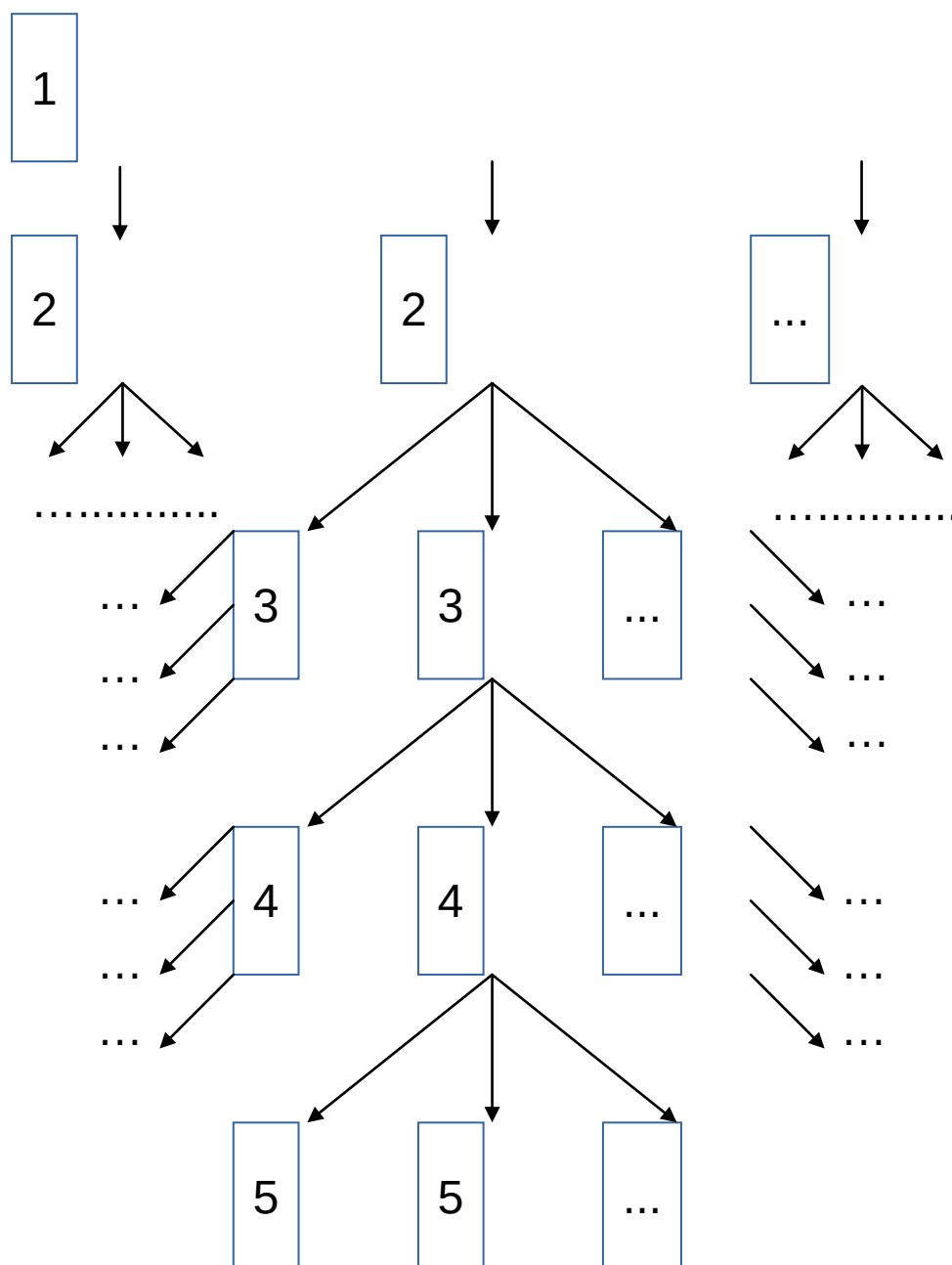


Рис. Многоуровневая структура геоинформационного пространства:
 1 – глобальное ГИП; 2 – межгосударственное ГИП; 3 – государственное ГИП;
 4 – региональное ГИП; 5 – муниципальное ГИП

Информация может быть использована в качестве справочного источника, а также для комплексного изучения и оценки территории, включающее:

- составления планов освоения природных ресурсов и прогноза последствий вмешательства человека в окружающую среду, проектирование природоохранных мер для улучшения экологической обстановки;
- инженерное обустройство территории;
- оперативное принятие управленческих решений в сфере осуществления руководства и планирования устойчивого развития территории;

- организация диспетчерского контроля за ситуацией с привлечением широкого круга специалистов;
- планирование и осуществление мероприятий правоохранными структурами и МЧС;
- накопление и использование информации по основным показателям развития округа (производство, социально-экономическое развитие, жилье, транспорт, экология и т. д.);
- осуществление внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства и планирования мероприятий по рациональному природопользованию.

Массовое пользование предполагает ежедневное использование картографического материала для знакомства с территорией и бытовых нужд (использование виртуального путешествия, поиск нужного объекта на карте с получением о нем достоверной информации, выбор объектов отвечающих определенным требованиям, оптимизация маршрута проезда, выполнение простейших измерительных операций и т. д.) [2, 3].

Использование геоинформационного пространства отдельными отраслями экономики и частным бизнесом возможно в качестве инструмента для проектирования и построения сети различных видов коммуникаций (сеть опорных точек для размещения передатчиков сотовой связи, определение прямой видимости между двумя объектами для беспроводной сети), также построения и оптимизации движения авто- и железнодорожного транспорта и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Изменение роли картографических изображений в процессе формирования единого электронного геопространства // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 58–62.
2. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.
3. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
4. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Концепция создания и функционирования геоинформационного пространства // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Плennарное заседание : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 72–75.
5. Кацко С. Ю. От освоения пространства к формированию единого геоинформационного пространства // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 100–105.

© С. Ю. Кацко, 2015

ПОСТРОЕНИЕ ГИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ КАРТЫ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. УЛАН-УДЭ)

Цырен Алексеевич Тубанов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Геологический институт» СО РАН, 670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, кандидат геолого-минералогических наук, тел. (3012)43-32-11, e-mail: ttsyren@gmail.com

Петр Алексеевич Предеин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Геологический институт» СО РАН, 670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, аспирант, тел. (3012)43-32-11, e-mail: crmpeter@gmail.com

Разработана структура базы данных для целей оценки сейсмической опасности территории. Особенностью является совмещение данных моделирования амплитудно-частотных характеристик грунтов и пространственной инженерно-геологической информации.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, сейсмическое микрорайонирование, географическая информационная система.

THE CREATION OF A GIS-BASED SEISMIC HAZARD MAPS OF URBAN AREAS (FOR EXAMPLE, ULAN-UDE)

Tsyren A. Tubanov

Russian Academy of Sciences Geological Institute of SB RAS, 670047, Russia, Ulan-Ude, 6a, Sakhyanova str., Ph. D., tel. (3012)43-32-11, e-mail: ttsyren@gmail.com

Petr A. Predein

Russian Academy of Sciences Geological Institute of SB RAS, 670047, Russia, Ulan-Ude, 6a, Sakhyanova str., researcher, tel. (3012)43-32-11, e-mail: crmpeter@gmail.com

Developed database structure for the purposes of assessment of seismic hazard of territory. Feature is the combination of simulation data amplitude-frequency characteristics of soils and spatial geotechnical information.

Key words: seismic hazard, seismic microzonation, geographic information system.

В настоящее время в соответствии с требованиями новых информационных технологий создаются и функционируют многие системы управления, которые регулируют деятельность технических и социальных систем, функционирующих в некотором операционном пространстве (географическом, экономическом и т.п.) с явно выраженной пространственной природой. В области обеспечения сейсмической безопасности территорий также приоритетным является развитие ГИС-ориентированных систем информационного обеспечения и ситуационного анализа сейсмических рисков [Уломов, 2007].

Район Улан-Удэ характеризуется высокой сейсмической активностью. Фоновая сейсмичность территории, согласно карте сейсмического районирования [Карта..., 1999] - 8 баллов (8-возможная повторяемость землетрясений один раз в 100-1000 лет). В 1985 г. ВостСибтисизом было выполнено сейсмическое мик-

рорайонирование территории города. По результатам работ выделены участки с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. Причем, на выделенных участках, сейсмичность дается двумя показателями 7 (8), 8 (7), 8 (8), 8 (9), 9 (8) и 9 (9). Первое значение указывает на сейсмичность верхней динамической зоны мощностью 10 м непосредственно с поверхности земли, второе - со снятием верхнего 3-х метрового слоя. Основными факторами, влияющими на изменение фоновой сейсмичности, являются грунтовые условия (верхняя часть разреза характеризуется сильной литологической изменчивостью грунтов: отмечается порядка 10-ти их литологических разновидностей, невыдержанных как по мощности, так и по простиранию), а также обводненность грунтов. Сейсмической интенсивностью в 7 баллов характеризуются участки распространения гранитных интрузий, в 8 баллов - склоны, сформированные на гранитных интрузиях при углах наклона поверхности 15-35° (здесь во время сильных землетрясений возможны сейсмогравитационные явления) и участки, где мощность рыхлых отложений не превышает 10 м. Сейсмическая интенсивность 8(9) баллов характерна для значительной части распространения песчаных грунтов (мощность рыхлых отложений от 15 до 90 м). Здесь 8 баллов без учета поправки на резонансный эффект, а 9 - с учетом поправки. Сейсмичность 9(9) характерна для крутых склонов, ограничивающих грядово-бугристую поверхность, сформированную на рыхлых песчаных отложениях высоких надпойменных террас.

Одной из проблем создания единой ГИС является консолидация разнородной информации в единую базу данных. Первым этапом для решения этой проблемы является определение структуры базы данных. Нами разработана схема ГИС-ориентированной системы оценки сейсмической опасности территории г. Улан-Удэ (рис.), которая предназначена для использования при решении следующих задач:

1. Уточнение карты сейсмического микрорайонирования (СМР) территории г. Улан-Удэ, количественная оценка сейсмического воздействия.
2. Создание базы данных сети инженерно-сейсмологического мониторинга зданий-представителей, объектов и сооружений повышенной ответственности.

Уточнение карты СМР подразумевает построение в формате ГИС карт сейсмического микрорайонирования, формирование базы данных региональных акселерограмм возможных очагов землетрясений (ВОЗ), формирование базы данных инженерно-геофизических исследований (регистрация землетрясений, сейсморазведка, записи микросейсм) на участках различного типа (построение модели геологической среды, оценка мощности рыхлых отложений до глубины 30 м, характеристика типов грунтов) и расчеты спектра реакции грунтов городской территории на прогнозные сейсмические воздействия.

При создании электронной базы данных за основу взяты данные ВостСибтисиза по сейсмомикрорайонированию (СМР) территории г. Улан-Удэ на площади 210 кв. км. Были использованы следующие графические материалы м-ба 1:10000: карта фактического материала территории города, карта инженерно-геологических условий, карта глубин залегания прогнозного уровня подземных вод, карта сейсмического микрорайонирования, схема районирования

территории г. Улан-Удэ по грунтовым условиям, в соответствии с табл. 1 [СНиП П-7-81*, 2011].

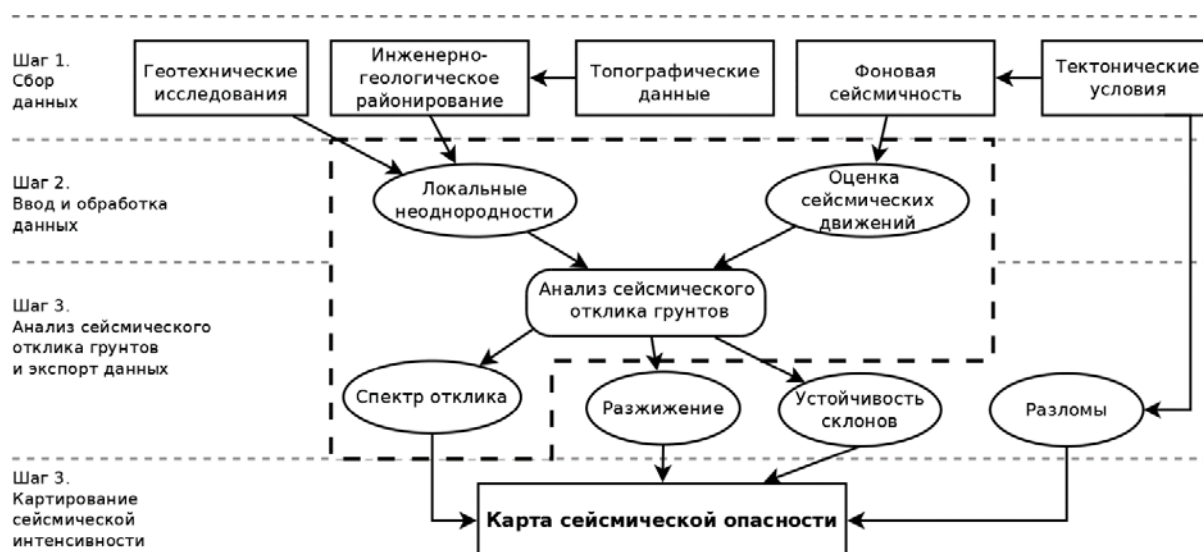


Рис. Схема ГИС-ориентированной системы оценки сейсмической опасности территорий

Проведены следующие подготовительные работы:

- Обработка и создание геоданных – сканирование и преобразование картографических материалов с бумажных носителей в электронный (растровый и векторный вид), географическая привязка данных, конвертация геоданных из формата в формат;

- Создание тематических карт – создание таблиц, карт, планов в печатной и цифровой формах с нанесением тематических данных.

Итогом подготовительного периода стал выбор опорных геосейсмических разрезов для расчетов сейсмического отклика грунтов.

В дальнейшем предполагается создание единого онлайн-ресурса, консолидирующего базовую пространственную информацию и данные о сейсмической опасности для объектов жилья и инфраструктуры территории. Результатом такого решения является создание веб-приложения, где все имеющиеся данные (карты, аэрокосмоснимки, сведения различных ведомств, например Росреестра) приведены к единому формату.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карта общего сейсмического районирования территории Российской Федерации. Масштаб 1:8 000000. – М: Министерство науки и технологий РФ, ОИФЗ им. О. Ю. Шмидта, 1999. – 57 с.
2. СНиП П-7-81*(Актуализированная редакция). Строительство в сейсмических районах. М.: Министерство регионального развития, 2011. – 71с.
3. Уломов В.И. О программно-математическом обеспечении построения карт вероятностного Сейсмического районирования по методологии ОСР-97 / Геофизические исследования: сб. научн. тр. Институт физики Земли РАН. Вып. 7. М.: ИФЗ РАН, 2007. – С.29-52.

© Ц. А. Тубанов, П. А. Предеин, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>Е. Левин, А. Банашек, Д. МакКарти, А. Жарновский.</i> Исследования в области интеракции человека и компьютера для систем поддержки решений в чрезвычайных ситуациях	3
2. <i>И. Н. Ротанова, Е. Ю. Лут.</i> Геоинформационно-картографическая поддержка исследования предпосылок возникновения чрезвычайных ситуаций гидрометеорологического характера в бассейне реки Чарыш (Алтайский край).....	13
3. <i>О. С. Эхиц, И. О. Кристофер, Р. Эхигиатор-Иругхе.</i> Геоэкологическая оценка эрозии оврага на территории университета Бенина с применением геоинформации и инженерных методов.....	18
4. <i>А. В. Данелян.</i> Использование данных космической съемки со спутников российско-белорусской орбитальной группировки для решения задач контроля техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, землепользования, лесного хозяйства и экологии и обеспечение свободного доступа к геоданным	27
5. <i>М. П. Шагаев, Е. Н. Кулик.</i> Оценка возможностей использования данных прибора MODIS для мониторинга паводковой обстановки на примере паводка на реке Чулым весной 2014 года	32
6. <i>В. П. Ступин, Л. А. Пластинин, Д. Г. Сыренов.</i> Картографирование и морфодинамический анализ селевых процессов Тункинской котловины.....	38
7. <i>Р. К. Абдуллин, А. Н. Шихов.</i> Создание атласа опасных гидрометеорологических явлений Пермского края	43
8. <i>Д. В. Лисицкий, О. В. Акименко.</i> Специфика картографического обеспечения населения посредством мобильных устройств	48
9. <i>С. А. Чутикова, Т. М. Ойдуп, О. Д. Аюнова.</i> Геоинформационное картографирование в здравоохранении Республики Тыва.....	52
10. <i>Т. Ю. Бугакова, Д. А. Борисов.</i> Модель определения пространственно-временного состояния техногенных систем по данным геодезических наблюдений	56
11. <i>Т. Ю. Бугакова, М. М. Шляхова.</i> 3D моделирование и визуализация деформации поверхности на примере купола Новосибирского планетария.....	63
12. <i>А. В. Дубровский, Э. Л. Ким, Я. К. Мишустина.</i> Интеграция подсистем геоинформационного обеспечения управления кризисными ситуациями на муниципальном уровне	68
13. <i>Е. Л. Касьянова, П. М. Кикин, Д. В. Грищенко.</i> Разработка картографических приложений для мобильных устройств	75
14. <i>С. Ю. Кацко.</i> Разработка геоинформационного пространства для различных территориальных уровней.....	79
15. <i>Ц. А. Тубанов, П. А. Предеин.</i> Построение ГИС-ориентированной карты сейсмической опасности городских территорий (на примере г. Улан-Удэ).....	83

CONTENTS

1. <i>E. Levin, A. Banaszek, J. McCarty, A. Zarnowski.</i> Research in cognitive human-computer interactions for decision support in emergency situations response.....	3
2. <i>I. N. Rotanova, E. Yu. Lut.</i> Geoinformatics and cartographical support for research of preconditions of hydrometeorological emergencies in the Charysh river basin (Altai krai).....	13
3. <i>O. S. Ehiz, I. O. Christopher, R. Ehigiator-Irughe.</i> Geo-environmental assessment of gully erosion at the university OF Benin using geoinformation and engineering methods	18
4. <i>A. V. Danelyan.</i> The use of space imagery data from satellites of the russian-belarusian spacecraft constellation intended to control natural and industrial disasters, land use, forestry, ecology and provide free access to geospatial content.....	27
5. <i>M. P. Shagaev, E. N. Kulik.</i> Assessment of potentials of MODIS data' use for flood monitoring on the example of Chulym river flood, spring 2014.....	32
6. <i>V. P. Stupin, L. A. Plastinin, D. G. Syrenov.</i> Mapping and morphodynamic analysis of debris flow processes Tunka basin	38
7. <i>R. K. Abdullin, A. N. Shikhov.</i> The atlas of hydrometeorological hazards of Perm region	43
8. <i>D. V. Lisitsky, O. V. Akimenko.</i> The specificity of cartographic support of the population through mobile devices	48
9. <i>S. A. Chupikova, T. M. Oidup, O. D. Ayunova.</i> Gis mapping of health (Republic of Tuva)	52
10. <i>T. Yu. Bugakova, D. A. Borisov.</i> Model for determining spatiotemporal state technogenic systems from the data of geodetic surveying.....	56
11. <i>T. Yu. Bugakova, M. M. Shlyakhova.</i> 3D modeling and visualization of surface deformation by the example of Novosibirsk planetarium dome	63
12. <i>A. V. Dubrovsky, E. L. Kim, Ya. K. Mishustina.</i> Integration of geoinformation support subsystems for crisis situations management at municipal level	68
13. <i>E. L. Kasjanova, P. M. Kikin, D. V. Grishenko.</i> Development of mapping applications for mobile devices	75
14. <i>S. Yu. Katsko.</i> Geoinformation environment for different territorial levels	79
15. <i>Ts. A. Tubanov, P. A. Predein.</i> The creation of a GIS-based seismic hazard maps of urban areas (for example, Ulan-Ude).....	83

Научное издание

XI Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015

6-я Международная научная конференция

РАННЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ В ЭПОХУ «БОЛЬШИХ ДАННЫХ»

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *Л. Н. Шиловой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 16.04.2015. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 5,12. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 8.