

Такибаев Ж.  
**Тұйықсу мұздығының сандық  
үлгісін құрастыру**

Жер бедерінің сандық үлгісінің алғашқы құрастырылуы геоақпарат пен автоматтық картографияның алғашқы дамуы кезінде ХХ ғасырдың 60-жылдарында пайда болған. Содан бері көптеген әдістер мен алгоритмдер, модельдейтін бағдарламалар, бедер туралы мәліметтер пайда болды, солар арқылы түрлі ғылыми және практикалық міндеттер шешілетін болды.

Жер бедерін модельдеу үшін жоғарыда келтірілген әртүрлі көздер арасында тек екеуі маңызды – карта және ғарыштық суреттер. Айтып кететін бір жәйт, соңғысының – арақашықтықтан зерделеу мәліметтердің ролі жыл өткен сайын өседі, ал карталардың ролі төмендейді. Бұл технологиялық және техникалық себептерге байланысты: сканерлі ғарыштық түсірістер жүйесі артып келеді, ғарыштық суреттерді интернеттерден арзан және оңай жүктеп алуға болады және сондай көптеген суреттерді өңдейтін заманауи компьютерлі технологиялардың пайда болуына байланысты.

Мақалада SAS Planet сайтынан алынған ғарыштық сурет, Surfer 11 бағдарламасында өңделген Іле Алатаудың ең бір маңызды Тұйықсу мұздығының сандық үлгісінің құрастырылуы сипатталған.

**Түйін сөздер:** жер бедері, сандық үлгі, геоақпарат, карта, ғарыштық суреттер, картография, компьютерлі модельдеу.

Takibaev J.  
**Digital modeling Tuyuksu glacier**

The first work on the creation of digital terrain models belong to the first half of the 60-ies of XX century – the stage of development of automated cartography and geoinformatics. Since then, the development of methods and ways to solve different problems, created by software simulation, gained experience in dealing with them through a variety of scientific and applied problems.

Among a variety of data sources for modeling terrain special role of mass sources belongs to the maps and space images. With regard to remote sensing – satellite images, their role for various reasons, will continue to grow, while the share and role of the card – to decline. This technological and technical reasons: increase the spatial resolution satellite imagery of scanner systems, widely available and relatively inexpensive digital photogrammetric stations, including the personal computer platform, the processing of radiometric data. The article presents an attempt to build a digital model of the glacier Tuyuksu, one of the most important glaciers of the Trans-Ili Alatau, based on satellite imagery with SAS Planet and using Surfer 11 program

**Key words:** relief, digital modeling, map, satellite imagery, cartography, computer simulation.

Такибаев Ж.  
**Составление цифровой  
модели ледника Туюксу**

Первые работы по созданию цифровой модели рельефа относятся к первой половине 60-х годов ХХ в – этапам развития геоинформатики и автоматизированной картографии. С тех пор разработаны методы и способы решения различных задач, созданы программные средства моделирования, накоплен опыт решения с их помощью разнообразных научных и прикладных задач.

Среди разнообразия источников данных для моделирования рельефа особая роль массовых источников принадлежит картам и космоснимкам. В отношении данных дистанционного зондирования – космоснимков, их роль по разным причинам будет расти, а доля и роль карты – снижаться. Это технологические и технические причины: рост пространственного разрешения систем сканерной космической съемки, широкое распространение относительно недорогих и доступных цифровых фотограмметрических станций, в том числе на платформе персональных компьютеров, обработка радиометрических данных.

В статье приведена попытка построения цифровой модели ледника Туюксу, одного из важных ледников Заилийского Алатау на основе космоснимка с SAS Planet и использованием программы Surfer 11.

**Ключевые слова:** рельеф, цифровое моделирование, карта, космоснимки, картография, компьютерное моделирование.

## ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫНЫҢ САНДЫҚ ҮЛГІСІН ҚҰРАСТЫРУ

### Кіріспе

Геоакпараттық жүйелердің маңызды үлгілеу функциясының бірі – жер бедерінің сандық моделі екі операциядан тұрады: біріншісі бедер үлгісін құрастыру үшін бағытталған, екіншісі – оны пайдаланады. Жер бедерінің сандық үлгісі ретінде кеңістіктегі нысандарды (жазықты немесе бедерді) көптеген биіктік өлшемдер, ретті немесе ретсіз торлардағы аппликат көрсеткіштері ( $Z$  координаттары) немесе горизонтальдар, изосызықтар көрсеткіштері құрайтын үшөлшемді мәліметтер деп түсінуге болады [1,2].

Бедердің сандық үлгісін құрастыруында, әдеттегідей, бедер туралы мәліметтер көздерін бағалау (нақтылау), оны сипаттау үшін кеңістіктегі мәліметтер моделін таңдау, керекті мақсаты шешетін әдістер кіреді.

Бедерді үлгілеу оңай болып көрінеді, бірақ оның сандық түрін құрастыру үшін практикада көптеген әдістер мен тәсілдер бар. Себебі, сандық үлгі құрастыру үшін алғашқы өлшемдерді алу және оларды реттеу үшін бірнеше әдістердің көптігімен байланысты. Олардың арасында геодезиялық жұмыстар және жергілікті жерді топографиялық түсіріс жасау, әуе және ғарыштық суреттерді стереофотограмметриялық өңдеу, радиолокациялық түсіріс және т.б. бар.

Кеңістіктегі мәліметтердің растрлі үлгісі – кеңістіктегі бейнені (суретін) пиксельдерге (бөлінбейтін элементтерге) бөлу – бедердің сандық үлгісіне қатысты биіктікті сипаттайды: арақашықтығын кеңістіктік мүмкіншілікті анықтайтын ретті тор (квадрат) көрсеткіштер. Бұл модельдің артықшылығы – компьютерде өңдеуге оңай. Соңғы кездері, жиі ГАЗ бағдарламасының терминологиясына байланысты, жер бедеріне байланысты ретті торды «град» деп атайды, ал ретсіз мәліметтерді оның түйінде санау операциясын – көбінен ғылыми түрде қолданатын «гридинг» (грид) деп атайды [1].

Сандық модель немесе құрастырылған үшөлшемді үлгілер, таулы аймақтарда жақсы көрінеді, себебі, ол жерде таудың биіктік өлшемдерінің кілт өзгеруіне байланысты. Осындай аймақтың бірі – Іле Алатауындағы Тұйықсу мұздығы.

## Зерттеу нысаны

Тұйықсу мұздығы (ағынсыз су, тұрақты су мағынасын береді) – Іле Алатауының солтүстік беткейінде, Кіші Алматы өзенінің жоғары бөлігінде оңтүстіктен солтүстікке қарай орналасқан. Қазақстандағы орталы, аңғарлы мұздық болып саналады. Тұйықсу таға тәрізді мұздықты циркті (цирк деген – мұздықтың жоғары бөлігін қоршап тұратын амфитеатрға ұқсайтын шұңқыр) құрайтын 10 мұздықтар тобының ортасында жатыр.

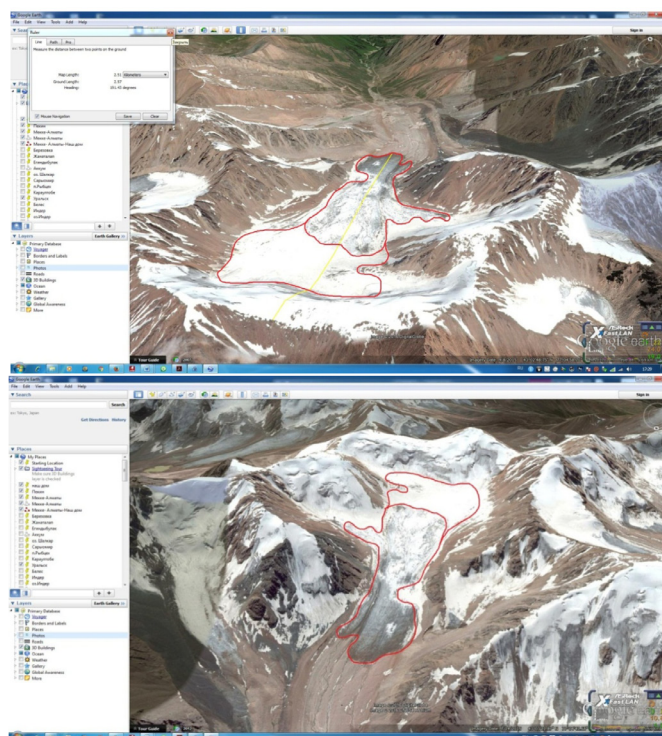
Мұздықтың ашық жерінің ұзындығы 2,0 км, цирк жеріндегі ені 1,45 км, төменгі жерінде (мұздықтың тілі) 0,3-0,2 км (ғарыштық сурет бойынша өлшенген) (1-сурет), мұздықтың ауданы (ашық жер) – 2,04 км<sup>2</sup> (2006 ж. мәліметі бойынша).

1973-1983 жылдары орташа мұздық сызығы 3040 м болды, мұздықтың ашық төменгі бөлігі 3400 метрге дейін жетеді. Тұйықсудың қалыңдығы орташа шамамен 50 м жетеді, ең қалың жері – 100 м. 1983 жылы мұздықтың көлемі 150 млн м<sup>3</sup> болды. Бүйірлі және төменгі мореналардың (мұздықты шөгінділер) қосылған жерінде, биіктігі 300 м үлкен төбешік пайда болды. Ол Кіші Алматы өзен аңғарында көлденең орналасып, мұздыққа жолды жауып тастады. Мұздықтың едәуір үлкен бөлігі, шамамен 1,4 шақырымдай моренаның астында жатыр. Жыл сайын мұз-

дық орташа шамамен 10 м қысқарады, оның себебінен, төменгі морена мен мұздықтың «тілі» арасында жазда мұздықтан аққан судан үлкен көл пайда болады [3,4].

Классикалық типті гляциологиялық нысан ретінде Орталық Тұйықсу мұздығы барлық халықаралық каталогтарда бар.

1958 жылдан бері мұздықтың 57 млн<sup>3</sup> көлемі еріп кетті [4]. Егерде бұрын оның ұзындығы 4 км болса, қазір – 2 км, екі есе қысқарды. Жарты ғасыр ішінде Тұйықсу екі есеге қысқарып кетті. Температураның өзгеруіне байланысты мұздық тез қысқаруда, себебі температура тауда жыл сайын +2<sup>0</sup>С жоғарылайды. Соған байланысты мұздықтың төменгі жағында көптеген кіші өзендер пайда болды. Бүгінгі күндері мұздық үш кішкентай бөлікке бөлініп кетті. Мұздық еруі – климаттың өзгеру феномені деп санайды ғалымдар. Олардың болжауы бойынша, Орта Азиядағы маңызы үлкен Тұйықсу 2050 жылы толығымен еріп кетеді [4], ал оның еріп кетуі Алматы қаласына және оның әр бір тұрғынына қатты әсер етеді. Климаттың және қоршаған ортаның өзгеруі, ауыз суының жетіспеуі бүгінгі күндері байқалады. Бұл проблеманы шешу үшін шаралар қабылдау қажет, бірақ, бүгінгі күндері қалада автомобильдердің көбейіп кетуі – мұздықтың еруіне әсер етіп жатқан ең негізгі себеп.



1-сурет – Тұйықсу мұздығы: жоғарыда – оңтүстіктен көрінісі; төменде – солтүстіктен көрінісі

## Бастапқы деректер және зерттеу әдістері

Зерттеуде келесі әдістер пайдаланды: са-лыстырмалы-географиялық, арақашықтықтан зерделеу мәліметтерін өңдеу (АҚЗМ), геоақпараттық картографиялау, алынған мәліметтерді математикалық-статистикалық өңдеу.

Кеңінен спутниктер қоры мәліметтері және арақашықтықтан зерделеу мәліметтерін (АҚЗМ) өңдеу және геоақпараттық талдау бағдарламалары пайдаланды: SAS Planet, Surfer 11 және ArcGIS 10.2.

Мақалада, сонымен қатар, далалық зерттеулер мәліметтері, қазақстандық және шетел интернет-архивтері пайдаланды.

## Нәтижесі және талқылануы

Зерттеуші өз алдына қойған мақсатына байланысты, бедердің сандық үлгісі түрлі пішінде және форматта құрастырады. Оған нүктелер SAS Planet мәтінді немесе векторлы форматта беріледі.

Бедердің сандық үлгілері (БСҮ) және беттің үлгілері (БСП) – бұл қандай да бір сандық түрінде берілген, зерттелетін беттің биіктіктері туралы ақпарат. Бедердің үлгісі жердің биіктігі туралы ақпаратты, ондағы нысандарды есепке алмағанда, «таза» бедерді білдіреді. Бұл ақпаратты топографиялық карталарда көруге болады.

3D үлгілеудің міндеті – қалаған нысанның көзбен көлемді көрінісін дамыту. Үшөлшемді графика көмегімен нақты бір заттың көшірмесін дәл құрастыруға болады және сол сәтте болмаған шынайы емес жаңа нысанды да жасауға болады [5].

БСҮ құрастыратын бағдарламаларға қойылатын негізгі талаптар бар: олар горизонтальдардың сандық түрінің геометриялық нақтылығын бақылау: 1) біркелі және түрлі горизонтальдар бір-бірімен қиылыспау керек; 2) әрбір горизонталь өзінде біту керек немесе бейнеленетін суреттің шекарасымен біту керек (әдетте, бұл картаның рамкасы саналады).

Үлгі сапасының негізгі бір сипаттамасы – бұл нақтылық, ол түпнұсқаға сәйкес немесе мақсатқа байланысты оған жақын болу керек. БСҮ нақтылығы дерек көздерге де тығыз байланысты (мысалы, карта).

БСҮ түрлерін пайдаланатын операциялар геоақпараттық жүйесінде жазықтардың (ГАЗ) ең кеңінен таралған бір түріне әкеледі: растрлі (модельдер) немесе TIN моделі (2-сурет).

(TIN-модель) (Triangulated Irregular Network) – ретсіз триангуляциялы тор – бұл үзілісіз жазықты керекті тығыздықпен, нүктелермен және сол нүктелер көрсеткіштерімен модельдеу әдісі.

TIN элементтеріне нүктелер, сызықтар және полигондар жатады, TIN солар арқылы құрастырылады.

– нүктелер – бұл координаттары белгілі нүктелер (X,Y,Z); тығыздығы жазықтың өзгеруіне байланысты: жазықты жерде нүктелердің тығыздылығы төмен, ал таулы аймақтарда – өте жоғары;

– майысу сызығы жер бедерінің нақты көрінетін біркелкі емес жерлерін көрсетеді: мысалы, жоталардың биік ауыспалы жерлерін, жазықты жерде – жолдарды;

– полигондар – бұл нақты горизонталды учаскелер, мысалы, көл, мұхит немесе құрылыс алаңының шеттері немесе басқа да тегіс жерлер, олар полигондар түрде беріледі [6].

TIN құрастыру үшін жоғарыда аталған нүктелерді, сызықтарды, полигондарды модель шығару үшін TIN-ге қосады.

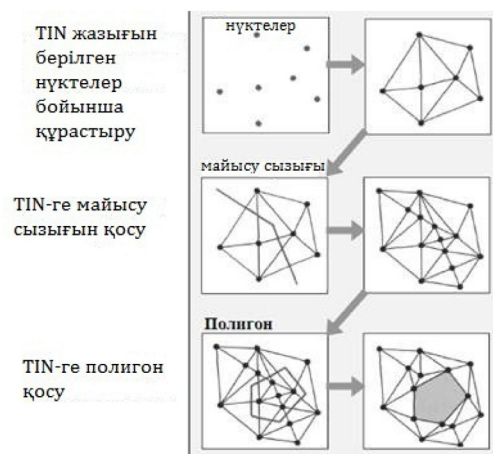
Модельдің растрлі түрі – кеңістікті (суретті) ары қарай бөлінбейтін (пиксельдерге) бөлу – БСҮ байланысты биіктіктің матрицасын санайды: түйіндегі биік көрсеткіштердің ретті (квадратты) торы. Оның бір артықшылығы – компьютерде өңдеуге оңай.

TIN моделі көптеген ГАЗ бағдарламаларымен құрастырылады. Біздің мысалымызда, Тұйықсу мұздығының сандық моделін бірақ Surfer бағдарламасында құрастырғанын сипаттайық (2-сурет) [7].

Surfer бағдарламасы (Golden Software, Inc. өндірісі) мәліметтердің сандық жинағын және олардың кейбір өңделгендерін графикалық интерпретациялау үшін арналған. Golden Software Surfer геоақпараттық жүйесі қазіргі уақытта графикалық бейнені тұрғызудың салалық стандарты болып табылады. Surfer бағдарламасының көмегімен көбінесе изосызықтар картасын (сұлбалы карта) құрастырады.

Бағдарламаның үздік жетістігі – кеңістіктік мәліметтерінде әркелкі бөлінген түрінде жоғары сапамен жер бетінің сандық үлгісін құрастыруға мүмкіндік береді.

Бұл бағдарлама туралы әдебиеттер жоқ, ал Surfer бағдарламасындағы анықтамалар ағылшын тілінде жазылған. Осыған байланысты бағдарламаны әр адам жеке меңгереді. Мұндай тәсіл бағдарламамен толық деңгейде және барлық мүмкіншілігімен танысуға мүмкіндік бермейді.



2-сурет. Бедердің TIN үлгісін құрастыру кезеңі

Surfer бағдарламасымен жер бедерін құрастыру кезінде келесі қағидаларды назарға алған дұрыс: бірнеше ашық және күңгірт графикалық қабаттарды жабу жолымен бейне алу; дайын бейнелерді импорттау, оның ішінде басқа қосымшаларды қолдану; сурет салудың арнайы құралдарын қолдану, сонымен қатар жаңа бейнені құрастыру мен бұрынғы бейнені редакциялау үшін мәтіндік ақпараттар мен формулаларды енгізу.

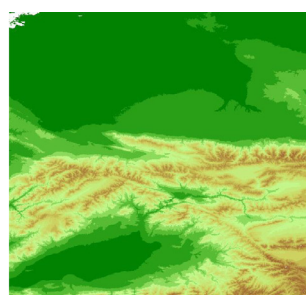
Surfer-де бейненің негізгі элементі ретінде карталардың келесі түрлері қолданылады:

1) сұлба картасы; 2) жер бедерінің үшөлшемді бейнесі; 3) негізгі ақпараттар картасы; 4) негізгі карта.

Барлық карталардың түрлерін қолдану жағдайда Surfer өзінде орнатылған сурет салатын құралдар көмегімен редакциялауға болады.

Бейнені көрсететін барлық мүмкіншіліктері интерполяцияның әр түрлі әдістерінің салыстырмалы талдау кезінде немесе олардың жеке параметрлері қажет болуы мүмкін.

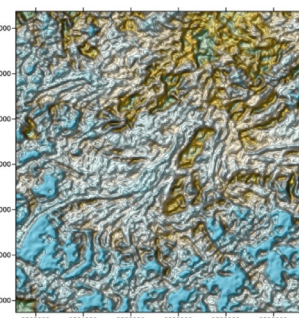
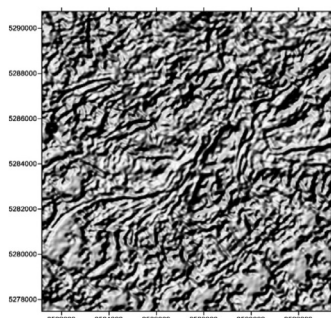
Алынған графикалық бейнелерді Windows бар кез келген басылым құрылғысы шығара алады.



Бийіктік матрицасының көрінісі (ph2)

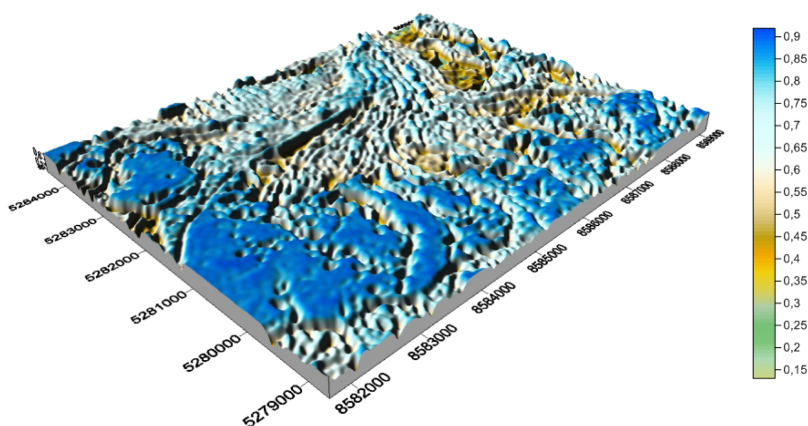


Нүктелердің GRID үлгісі



Бедердің түрлі түрдегі көрінісі (Surfer бағдарламасында)

3-сурет – Бедердің сандық үлгілері



4-сурет – Тұйықсу мұздығының 3D модель түрі

### Қорытынды

Жер бедерін модельдеу, оны талдау және құрастырған модель бойынша зерттеу – Жер туралы ғылымдардың зерттейтін негізгі бөлігі болып келе жатыр (геология, тектоника, гидрология, климатология, экология, қолданбалы география, жер кадастрі және т.б.).

Біз жұмысымызда, үшөлшемді үлгілерді және 3D ГАЗ құрастыру үшін жиі стереофотограмметрия әдіспен құрастырған ең дұрыс әдіс болса да (себебі, стереоғарыштық суреттерден бедердің геометриясы да, текстурасы да жақсы шығады), мәліметтерді фотограммет-

риялық әдіспен дайындауды қарастырмадық. Сонымен қатар, атрибутивті ақпаратты да пайдаланған жоқпыз – олар біздің болашақта зерттеу мақсатымыз.

Мәліметтердің сапалы техникалық және экономикалық аспектілерін, сонымен қатар, үшөлшемді үлгілерді де дайындау, әлі де ұзақ уақытқа дейін ең маңызды іс болады. Қазіргі кезде 3D үлгілеу үшін керекті құралдар жеткілікті және күннен күнге жетілдіріп отыр. Бүгінгі күндері зерттеушілердің және құрастырушылардың мақсаты – түрлі мәліметтерді пайдаланып 3D үлгіні автоматты түрде құрастыру технологиясын табу.

### Әдебиеттер

- 1 Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др. Геоинформатика. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
- 2 Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
- 3 Электронды ресурс: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Туюксу\\_\(ледник\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Туюксу_(ледник))
- 4 Электронды ресурс: <http://www.dailynews.kz/society/lednik-tuyuk-su-okolo-almaty-za-50-let-umenshilsya-v-dva-raza>
- 5 Электронды ресурс <http://codium.org/works/gis-data-handling> – Цифровое моделирование рельефа местности
- 6 Электронды ресурс <http://edu-knigi.ru/tikunov/geoinformatika>. – Тикунов В.С. Геоинформатика. Цифровое моделирование рельефа.
- 7 Электронды ресурс: [http://topocad.ru/izuchaem/stati/cyfrovoe\\_modelirovanie\\_poverhnosti/](http://topocad.ru/izuchaem/stati/cyfrovoe_modelirovanie_poverhnosti/)

### References

- 1 Kapralov E.G., Koshkarev A.V., Tikunov B.S. i dr. Geoinformatika. M.:Isd.tsentr “Akademiya”, 2005. – 480 s.
- 2 Shovengerdt R.A. Distantionnoe sondirovanie. Modeli I metodi obrabotki isobrazhenii. M.: Tehnosfera, 2010. – 560 s.
- 3 Elektronni resurs: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tuykcu\\_\(lednik\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tuykcu_(lednik))
- 4 Elektronni resurs: <http://www.dailynews.kz/society/lednik-tuyuk-su-okolo-almaty-za-50-let-umenshilsya-v-dva-raza>
- 5 Elektronni resurs: <http://codium.org/works/gis-data-handling> -Tsifrovoe modelirovanie reliefa mestnosti
- 6 Elektronni resurs: <http://edu-knigi.ru/tikunov/geoinformatika>. Tikunov B.S. Geoinformatika. Tsifrovoe modelirovanie reliefa
- 7 Elektronni resurs: [http://topocad.ru/izuchaem/stati/cyfrovoe\\_modelirovanie\\_poverhnosti/](http://topocad.ru/izuchaem/stati/cyfrovoe_modelirovanie_poverhnosti/)