

HISOBLASH VA AMALIY MATEMATIKA MUAMMOLARI

ПРОБЛЕМЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

PROBLEMS OF COMPUTATIONAL
AND APPLIED MATHEMATICS



ПРОБЛЕМЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

Спецвыпуск № 2/1(40) 2022

Журнал основан в 2015 году.

Издается 6 раз в год.

Учредитель:

Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и
искусственного интеллекта.

Главный редактор:

Равшанов Н.

Заместители главного редактора:

Азамов А.А., Арипов М.М., Шадиметов Х.М.

Ответственный секретарь:

Ахмедов Д.Д.

Редакционный совет:

Азамова Н.А., Алоев Р.Д., Бурнашев В.Ф., Гасанов Э.Е. (Россия),
Загребина С.А. (Россия), Задорин А.И. (Россия), Игнатъев Н.А.,
Ильин В.П. (Россия), Исмагилов И.И. (Россия), Кабанихин С.И. (Россия),
Карачик В.В. (Россия), Маматов Н.С., Мирзаев Н.М., Мухамедиева Д.Т.,
Нормуродов Ч.Б., Нуралиев Ф.М., Опанасенко В.Н. (Украина), Раджабов С.С.,
Расулов А.С., Самаль Д.И. (Беларусь), Старовойтов В.В. (Беларусь), Хаётов А.Р.,
Хамдамов Р.Х., Хужаев И.К., Хужаеров Б.Х., Чье Ен Ун (Россия),
Шабозов М.Ш. (Таджикистан), Шадиметов Х.М., Dimov I. (Болгария),
Li Y. (США), Mascagni M. (США), Min A. (Германия), Rasulev B. (США),
Schaumburg H. (Германия), Singh D. (Южная Корея), Singh M. (Южная Корея).

Журнал зарегистрирован в Агентстве информации и массовых коммуникаций при
Администрации Президента Республики Узбекистан.

Регистрационное свидетельство №0856 от 5 августа 2015 года.

ISSN 2181-8460, eISSN 2181-046X

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

За точность фактов и достоверность информации ответственность несут авторы.

Адрес редакции:

100125, г. Ташкент, м-в. Буз-2, 17А.

Тел.: +(99871) 231-92-45.

E-mail: info@rvpm.uz.

Сайт: www.rvpm.uz.

Дизайн и компьютерная вёрстка:

Шарипов Х.Д.

Отпечатано в типографии НИИ РЦТИИ.

Подписано в печать 29.04.2022 г.

Формат 60x84 1/8. Заказ №2. Тираж 100 экз.

<i>Ravshanov N., Mirobidova N.M.</i>	
Shartli generativ raqib tarmog‘i yordamida tasvirdan yomg‘ir chiziqlari va tumanni olib tashlash	153
<i>Равшианов Н., Назаров Ш., Боборахимов Б.</i>	
Трёхмерная модель процесса диффузии загрязняющегося вещества в неподвижной неограниченной среде	161
<i>Равшианов Н., Назаров Ш.Э., Расулмухаммедов А.</i>	
Исследование основных параметров процессе диффузии вредных веществ в атмосфере	174
<i>Равшианов Н., Саидов У., Орифжанова У.</i>	
Конструктивная методология математического моделирования для исследования массопереноса в сложных системах	192
<i>Рустамов Н.Т., Рустамов Е.Н.</i>	
К вопросу моделирования функционирования психики человека	216
<i>Садиқов Р.Т., Маҳмудова М.М., Очилова А.Б.</i>	
Уч қатламли ўзаро динамик боғланган газ конлари филтрация жараёнини математик моделлаштириш	226
<i>Самижонов А., Ережесов К., Самижонов Б., Болтабоева М., Йўлдошева А.</i>	
Тасвирлар мажмуаси асосида 3D моделларни куриш	239
<i>Самижонов А., Самижонов Б., Мамажоновна М., Умарова Б., Тўхтамуродов А.</i>	
Йўл белгиларини аниқлаш ва таниб олиш алгоритмлари	246
<i>Шадманов И.У., Шадманова К.У., Фатуллаева М.Ш.</i>	
Многомерная математическая модель и численный алгоритм решения задач совместного тепловлагопереноса в неоднородных пористых тел	254
<i>Sharipov D., Mukhiddinov B., Ruziqulova N.</i>	
Segmentation in an ancient document imaging and characters	272
<i>Шарипов Д., Таитемирова Н., Мурадова Ш.</i>	
Оролбўйи регионида тузланиш оқибатида атмосферага тарқалиш жараёнларнинг компьютер модели	280
<i>Umarov M.A., Muradov F.A., Iskandarova S.N., Tursunkulov O.O.</i>	
Deep Learning Studiodan foydalanib yo‘l belgilarini chuqur o‘qitish modellarini vizuallashtirish	286
<i>Ўринов Э.М., Болтабоева М.Р., Абдуваҳобов Ф.Ф.</i>	
Видеодан ёмғир чизикларини ўчириш алгоритмлари	295
<i>Зайнидинов Х.Н., Нурмуродов Ж.Н., Гофуржонов М.Р., Кобилов С.Ш.</i>	
Моделирование теплового поля печатной платы методом сплайн-функций	305
<i>Маматов Н.С., Абдукадиров Б.А., Муталов С.Х.</i>	
Биометрик идентификациялаш тизимида сохта чоп этилган хужумларни аниқлашга бўлган ёндашув	315

УУК 004.093

ТАСВИРЛАР МАЖМУАСИ АСОСИДА 3D МОДЕЛЛАРНИ ҚУРИШ

¹Самижонов А.Н., ²Ережеев К.К., ³Самижонов Б.Н.,
⁴Болтабоева М.Р., ⁵Йўлдошева А.Э.

- ^{1,5}Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети, 100084, Тошкент, Амир Темур, 108;
²Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Нукус филиали, 230101, Нукус, А.Досназаров, 74;
³Тошкент шаҳридаги Инха университети, 100170, Тошкент, Зиёлилар, 9;
⁴Наманган давлат университети, 160107, Наманган, Бобуршоҳ, 161.

Ҳозирги кунда уч ўлчовли моделлар турли соҳаларда кенг қўлланилмоқда. Масалан, архитекторлар конструктив схемаларга қўшимча уч ўлчовли моделни ҳам тақдим этадилар, бу ҳақиқий макет ёки компьютер модели шаклида бўлиши мумкин. Рассомлар эса ўқитишда соддалаштирилган 3D моделлардан фойдаланадилар. Айни пайтда 3D моделлар кенг қўлланиладиган соҳаларидан бири бу тиббиёт ҳисобланади. Травматологияда оёқ-қўлларнинг синиши барча ёшдаги одамлар орасида энг кенг тарқалган синиш турларидан бири эканлигини шикастланиш статистикаси кўрсатади. Илгари, шикастланган оёқ-қўлларни имобилизация қилишда гипс қўлланилган. Бирок, у оғир ва ноқулай бўлиб, ундан рентген нурлари яхши ўтмайди. Ҳозирги кунда юқоридаги барча камчиликлардан холи бўлган пластик шиналар травматологияда кенг қўлланилади. 3D принтерларни юзага келиши эса тўғридан-тўғри касалхонада ёки тез ёрдам хонасида индивидуал параметрларга кўра турли кўринишдаги ушлагични чоп этиш имконини берди. Бу эса шикастланган тана қисми уч ўлчовли моделини тез ва самарали олишни талаб қилади. Ушбу мақола 3D модел қуриш масаласининг алоҳида ҳолатига бағишланган бўлиб, унда турли бурчаклардан олинган биллак фотосуратлари асосида биллак 3D моделини қуриш кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: тасвир, махсус нуқта, хусусият, объект, чегара, модел, 3D модел, алгоритм, дастур.

Иқтибос: Самижонов А.Н., Ережеев К.К., Самижонов Б.Н., Болтабоева М.Р., Йўлдошева А.Э. Тасвирлар мажмуаси асосида 3D моделларни қуриш // Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари. – 2022. – № 2/1(40). – С. 239-245.

1 Кириш

Ахборотни қабул қилиш ва узатишда визуал ёндашув дастлабки ва кенг қўлланиладиган ёндашувлардан бири ҳисобланади. Нафақат безак учун, балки маълумот узатиш учун ҳам хизмат қилган ўйиб ишланган расмлар аста-секин конструктив билим манбаига айланди. Бунга астрономик хариталар ва диаграммалар, турли вақтларда чизилган инсон танаси тизимлари батафсил чизмалари ва ихтиролар диаграммалари мисол бўла олади. Тасвир матнли маълумотларга нисбатан инсон томонидан тезроқ тушунилади. Одатда, диаграмма, график ва режалар кераксиз маълумотларни чиқариб юбориш имконини беради ва унда фақат

ўрганилаётган объектини хусусиятларини акс эттиради. Шунинг учун маълумотни тақдим этишда бундай ёндашув дарсликлар ва илмий мақолаларда кенг қўлланилади. Бирок, биз уч ўлчовли дунёда яшаймиз, яъни ҳақиқий объект тасвирга кўринишига ўтказилганда ундаги маълумотларнинг бир қисми йўқолади. Масалан, меъморлар бино ҳақидаги барча маълумотларни акс эттиришлари учун турли хил проекциялардаги режаларни ишлаб чиқишлари талаб этилади. Инсон у ҳақида тўлиқ маълумотни олиш учун қарама-қарши амалларни бажариши керак, яъни объектни проекцияларидан уни ақл билан йиғиши керак. Бу эса икки ўлчовли тасвир хусусий ҳолларни акс эттиришда яхши эканлигини, бироқ улар объектнинг умумий тавсифини олиш учун етарли эмаслигини билдиради. Мана шундай ҳолларда тасвирларнинг уч ўлчамли моделлардан фойдаланиш тавсия этилади.

Ҳозирги кунда уч ўлчовли моделлар турли соҳаларда кенг қўлланилмоқда. Масалан, архитекторлар конструктив схемаларга қўшимча уч ўлчовли моделни ҳам тақдим этадилар, бу ҳақиқий макет ёки компьютер модели шаклида бўлиши мумкин. Рассомлар эса ўқитишда соддалаштирилган 3D моделлардан фойдаланадилар. Тиббиётда жарроҳликни режалаштириш ва машғулотларни ўтказишда 3D моделлар қўлланилади.

Айни пайтда 3D моделлар кенг қўлланиладиган соҳаларидан бири бу тиббиёт ҳисобланади. Травматологияда оёқ-қўлларнинг синиши барча ёшдаги одамлар орасида энг кенг тарқалган синиш турларидан бири эканлигини шикастланиш статистикаси кўрсатади. Илгари, шикастланган оёқ-қўлларни иммобилизация қилишда гипс қўлланилган. Бирок, у оғир ва ноқулай бўлиб, ундан рентген нурлари яхши ўтмайди. Ҳозирги кунда юқоридаги барча камчиликлардан холи бўлган пластик шиналар травматологияда кенг қўлланилади. 3D принтерларни юзага келиши эса тўғридан-тўғри касалхонада ёки тез ёрдам хонасида индивидуал параметрларга кўра турли кўринишдаги ушлагични чоп этиш имконини берди. Бу эса шикастланган тана қисми уч ўлчовли моделини тез ва самарали олишни талаб қилади. Ушбу мақола 3D модел қуриш масаласининг алоҳида ҳолатига бағишланган бўлиб, унда турли бурчаклардан олинган билак фотосуратлари асосида билак 3D моделини қуриш кўриб чиқилган.

2 Масаланинг қўйилиши.

1-таъриф. R^3 фазода объект ёки сахнанинг ҳар бир нуқтаси координаталарини аниқлаш жараёни уч ўлчовли қайта тузиш деб аталади.

Объектга нисбатан уч ўлчовли қайта тузишни ҳосил қилиш усуллари фаол ва пассив гуруҳларга ажратилади.

Фаол усуллар қайта тузиш объекти билан у алоҳида объект бўладими, ёки бутун сахна бевосита ўзаро таъсирлашади. Фаол усулда қайта тузишни амалга оширадиган ускуналар сахна ичида жойлашади. Фаол реконструкцияни қўллашга мисол сифатида ультратовушли, микротўлқинли ва лазерли датчиклардан фойдаланишни келтириш мумкин. Лазерли датчиклар кенг қўлланиладиган лазерли 3D-сканерларнинг асосини ташкил қилади. Фаол усуллардан фойдаланишнинг муҳим камчиликлари асбоб-ускуналарнинг нархи юқорилиги, унинг мобиллигининг етарли эмаслиги ва динамик сахналар тасвирини олиш учун фойдаланишнинг мумкин эмаслиги ҳисобланади. Бирок, фаол қайта тузиш ёрдамида пассив усуллар ёрдамида эришиб бўлмайдиган аниқ уч ўлчовли моделни олиш мумкин.

Пассив усуллар реконструкция объектга таъсир қилмайди. Бунинг ўрнига, тегишли алгоритмларни қўллаш орқали уч ўлчамли сахна ёки объект қайта тикланадиган тасвирлар тўплами ёки видео оқими ишлатилади. Фаол усуллардан фарқли ўлароқ, пассив усуллар олинган моделнинг аниқлигини кафолатламайди. Бирок, улар арзон, мобил, улар билан ишлаш учун махсус ускуналар ва кўникмаларни талаб қилмайди. Бундан ташқари, пассив усуллар

динамик сахналарни тиклаш учун жавоб беради, бу эса сезиларли даражада уларнинг мумкин бўлган қўлланилиши доирасини кенгайтиради.

Объект ёки сахнани юқори аниқликдаги уч ўлчовли қайта тузишни талаб этилмаган ҳолларда пассив қайта тузиш усулларида фойдаланиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Бундан ташқари, уч ўлчовли қайта тузиш объектнинг махсус хусусиятлари мавжудлиги сабабли фаол уч ўлчовли қайта тузиш усулларида фойдаланиш чекланиши мумкин. Масалан, эластик ёки осон деформатсияланадиган жиҳозларда механик масофа ўлчагичдан фойдаланиш кутилган натижаларни бермайди. Мўрт музей экспонатлари эса ултраторовушга салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

Билакнинг уч ўлчовли қайта тузилиши орқали олинган моделни пластик 3D шинани ишлаб чиқишда қўллаш мумкин. Шубҳасиз, ушбу муаммо ҳал этишда фаол уч ўлчовли қайта тузиш усулларида, айнан 3D сканерлардан фойдаланишда сканерлаш ускунасининг қимматлиги, сканерлаш тезлигини ўта пастлиги ва ускуналар билан ишлаш кўникмаларини талаб қилиши каби бир қатор муаммолар билан боғлиқ. Шунинг учун мазкур ишда мақбул ечим сифатида пассив уч ўлчовли тузиш усуллари олинган. Мазкур ёндашув фойдаланувчилар учун қулай бўлиб, у махсус жиҳозларни талаб қилмайди, яъни барча замонавий смартфонлар камералар билан жиҳозланган. Бундан ташқари, уни бошқаришда махсус кўникмалар талаб этилмайди ва шикастланган аъзони тасвирга олиш жараёни беморга қўшимча ноқулайликлар туғдирмайди.

Кўйида билакни уч ўлчамли тузиш усулларида фойдаланган ҳолда, яъни турли бурчаклардаги фотосуратлар тўпламини таҳлил қилиш орқали уч ўлчамли тузиш муаммосини кўриб чиқилади. Аниқ бурчакларнинг йўқлиги ва натижада махсус нуқталарни аниқлаш ҳамда таққослашдаги мураккабликларни юзага келиши муаммонинг ўзига хос хусусияти ҳисобланади. Ушбу хусусиятлар махсус нуқталарни аниқлаш учун тегишли алгоритмни танлаш ёки тасвирларни таҳлил қилишни соддалаштирувчи қўшимча воситаларни жорий қилишни, масалан, терига маркерларни қўйишни талаб қилади. Бироқ, маркерларни ифодаловчи қўшимча нуқталар билан олинган модел ҳам етарли бўлмаслиги мумкин. Ушбу муаммони ҳал қилиш учун ҳар бир тасвир бўйича алоҳида оралик моделларни қуриш орқали қўшимча тасвирларни олиш талаб қилинади. Мазкур муаммони ҳал қилишда тасвирлардан фазовий моделларни қуришнинг тубдан фарқ қилувчи икки ёндашув бирлаштирилади.

Юқорида тавсифланган хусусиятларга эга объектни уч ўлчовли қайта тузиш алгоритми кўйидаги босқичлардан иборат бўлиши мумкин:

1-босқич. Камерани калибрлаш.

2-босқич. Ҳар бир тасвир учун чуқурлик харитасини яратиш, яъни битта тасвирдан хусусий 3D моделни яратиш.

3-босқич. Ҳар бир тасвир махсус нуқталарини аниқлаш.

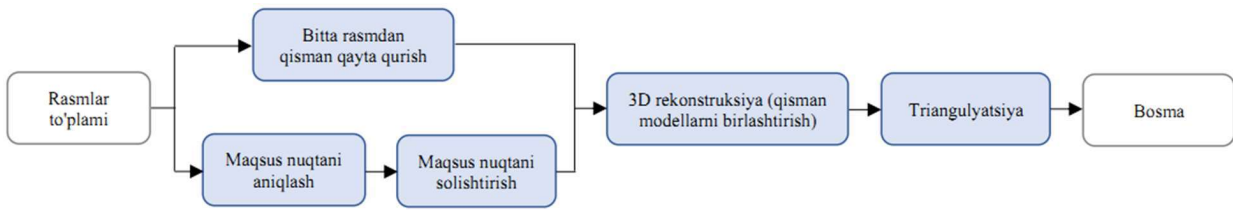
4-босқич. Махсус нуқталарни таққослаш.

5-босқич. Махсус нуқталарни уч ўлчовли координаталарини шакллантириш.

6-босқич. Махсус нуқталар бўйича 3D моделларни бирлаштириш.

7-босқич. Моделларни полигонал ифодалаш мақсадида триангуляциялаш.

Қуйидаги расмда ушбу ишда қўлланиладиган умумий уч ўлчамли тузиш алгоритми келтирилган (1-расм):



1-расм. Объектни уч ўлчамли шаклга ўтказиш алгоритми.

Ҳозирги кунда уч ўлчовли моделларни ифодалашнинг бир неча усуллари мавжуд. Уларнинг барчасини икки гуруҳга ажратиш мумкин: аниқ (узлуксиз) ва тахминий (дискрет). Одатда 3D босиб чиқариш одатда STL форматидан кенг фойдаланади. Бу объектларни қатлам-қатлам кўринишида таъминлайдиган технологиялар учун махсус ишлаб чиқилган формат бўлиб, у моделни учбурчак полигонлар ва уларнинг нормаллари тўплами кўринишида сақлашга имкон беради. Мазкур ифодлаш тасвирни нукта ёки ихтиёрий полигон триангулятсия йўли билан олишни таъминлайди [23].

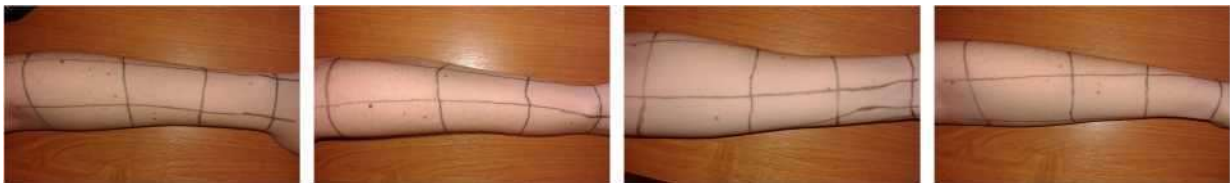
3 Амалга ошириш

Таклиф этилаётган 3D тузиш усулини амалга оширишни шартли равишда икки босқичга ажратиш мумкин, яъни ҳисоблашлар ва натижаларни визуализациялаш босқичига. Ҳар бир босқич учун алоҳида дастур ишлаб чиқилган бўлиб, улар ўртасидаги алоқа ҳисоблашлар натижаларини .mat кенгайтмалли файлга ёзиш ва ўқиш орқали амалга оширилди.

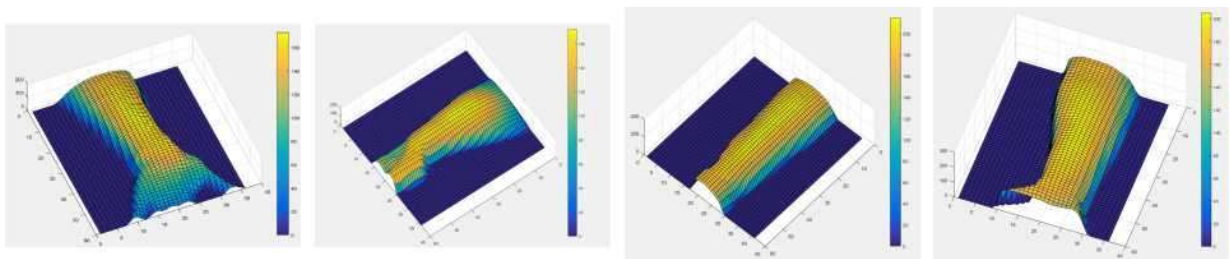
1. Ҳисоблаш босқичи. Мазкур босқич дастури OpenCV кутубхонаси ёрдамида C++ да амалга оширилган бўлиб, унда sfm қўшимча модулларидан ҳам фойдаланилган.

2. Визуализация босқичи. Визуализация MATLAB да амалга оширилди. Чунки C++ ва OpenCV ёрдамида уч ўлчамли объектларни кўрсатиш ўта мураккаб бўлиб, у қўшимча ишларни талаб қилади.

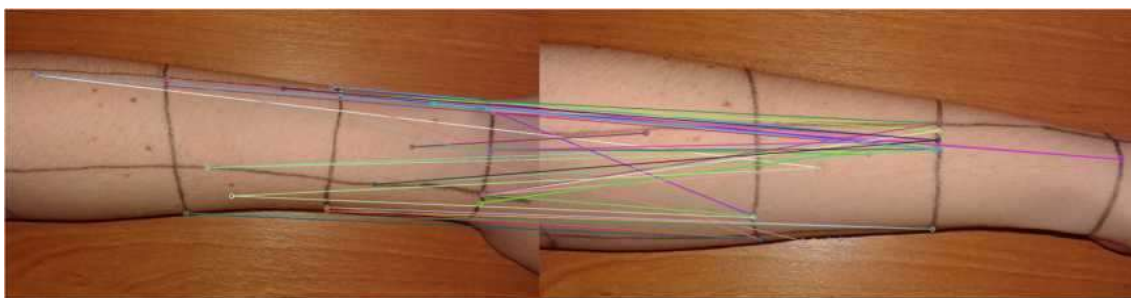
Қуйидаги тасвирларда дастур натижалари келтирилган.



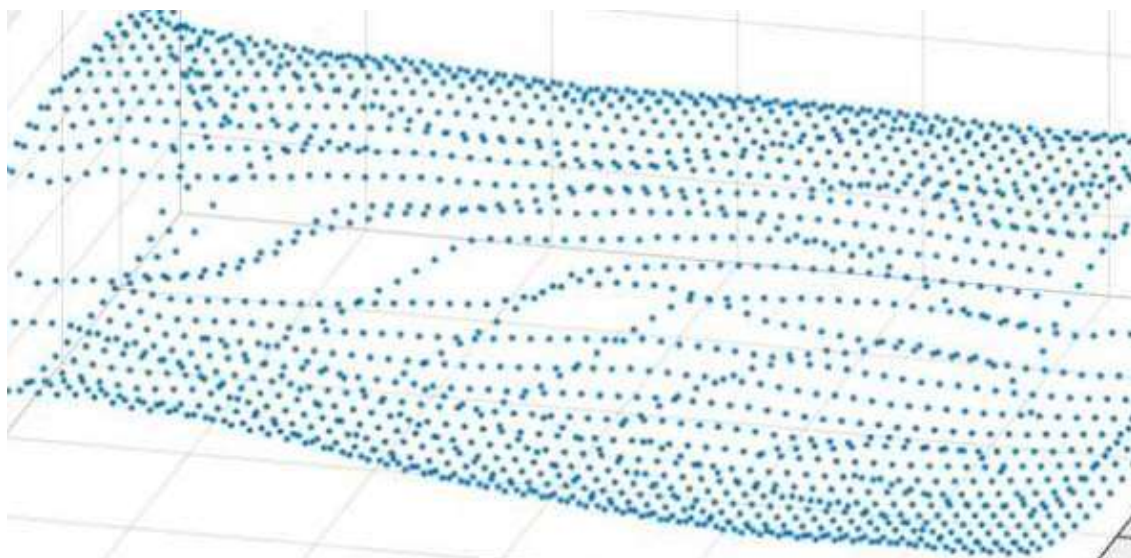
2-расм. Кириш учун тақдим этилган тасвирлар.



3-расм. Ҳар бири битта тасвирдан олинган хусусий 3D моделлар.



4-расм. Асл тасвир махсус нуқталар ва мослаштириш натижалари.



5-расм. Яқуний нуқтали модел.

4 Хулосалар

Тасвирлар мажмуаси асосида 3D моделларни қуришда нуқталарга асосланган силлиқ сиртларни аниқ қайта қуриш мумкин эмаслиги аниқланди, оралиқ босқичда эса ягона тасвирни қайта тиклаш усулидан фойдаланиш уч ўлчамли тузиш сифатини сезиларли даражада яхшилаш имконини берди. Ранги бир хил бўлган силлиқ сиртларда махсус нуқталарни аниқлаш билан боғлиқ бўлган турли муаммолар пайдо бўлиши мумкин. Ушбу муаммо ҳал этишда қўшимча белгилардан фойдаланиш тавсия этилди. Олиб борилган тадқиқотлар маълум бир махсус нуқталарни аниқлаш ва таққослаш масаласини ечишда SIFT усулидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ эканлигини кўрсатди. Бундан ташқари, 3D босиб чиқариш учун нуқта моделини ҳосил қилингандан сўнг, вектор-полигон тасвирини шакллантириш учун триангуляция амалини қўллаш зарурлиги кўрсатиб ўтилди.

Адабиётлар

- [1] Джамбруно М. Трехмерная (3D) графика и анимация / М. Джамбруно. М.: Вильямс, – 2003. – 640 с.
- [2] Методы оптимизации высокополигональных 3D-моделей. URL: http://brainy.pro/ru/blog-ru/52-optimization_3d
- [3] Для оптимизации 3D-моделей недостаточно считать полигоны. URL: <https://habr.com/ru/post/433186/>
- [4] Сивожелезова, А. А. Основные принципы создания 3D-моделей. Понятия и методы опти-

- мизации в трёхмерной графике / А. А. Сивожелезова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 10. — С. 10-15. URL: <https://moluch.ru/archive/300/67903>
- [5] *Szeliski R.* Computer Vision: Algorithms and Applications. — 2010. — P. 344–377.
- [6] *Hartley R., Zisserman A.* Multiple View Geometry in Computer Vision. — 2003.
- [7] *Karami E., Prasad S., Shehata M.* Image matching using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance comparison for distorted images. — 2017.
- [8] *Leutenegger S., Chli M., Siegwart R.* BRISK: Binary Robust Invariant Scalable Keypoints // Computer Vision (ICCV). — 2011. — P. 2548–2555.
- [9] Patent SIFT: <https://www.google.com/patents/US6711293>
- [10] Patent SURF: <http://www.google.com/patents/US20090238460>
- [11] *Huang J., Cowan B.* Simple 3D Reconstruction of Single Indoor Image with Perspective Cues // Canadian Conference on Computer and Robot Vision. — 2009.
- [12] *Toppe E., Oswald M., Cremers D., Rother C.* Image-based 3D Modeling via Cheeger Sets. // Asian Conference on Computer Vision. — 2010. — P. 53–64.
- [13] *Toppe E., Oswald M., Cremers D., Rother C.* Silhouette-Based Variational Methods for Single View Reconstruction. // Video Processing and Computational Video. — 2011. — P. 104–123.
- [14] *Tanskanen P.* Live metric 3d reconstruction on mobile phones. // Computer Vision (ICCV). — 2013. — P. 65–72.
- [15] *Carltona C., Mitchellb S., Lewis P.* Preliminary application of Structure from Motion and GIS to document decomposition and taphonomic processes //Forensic science international. — 2018. — V. 282. — P. 4145.
- [16] *Micheletti N., Chandler J. H., Lane S. N.* Structure from motion (SfM) photogrammetry. — 2015.
- [17] <http://www.cs.ubc.ca/research/flann/uploads/>
- [18] <https://habrahabr.ru/post/196182/>.
- [19] https://ru.wikipedia.org/wiki/Трёхмерная_графика
- [20] <https://zdrav.expert/index.php>
- [21] <http://www.intermercados.com.br>
- [22] <https://3ddevice.com.ua/3d-pechat-v-meditsine>

19.04.2022 да тахририятга келиб тушган

UDC 004.093

BUILDING 3D MODELS ON THE BASIS OF A IMAGE SET

¹*Samijonov A.*, ²*Erejepov K.*, ³*Samijonov B.*,
⁴*Boltaboeva M.*, ⁵*Yuldasheva A.*

^{1,5}Tashkent university of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, 100084, 108, Amir Temur, Tashkent, Uzbekistan;

²Tashkent university of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Nukus branch, 230101, 74, A. Dosnazarov, Nukus, Uzbekistan;

³Inha University in Tashkent, 100170, 9, Ziyolilar, Tashkent, Uzbekistan;

⁴Namangan State University, 160107, 161, Boburshoh, Namangan, Uzbekistan.

Today, three-dimensional models are widely used in various fields. For example, architects also offer a three-dimensional model in addition to constructive schemes, which can be in the form of a real mock-up or a computer model. Artists, on the other hand, use simplified 3D models in their teaching. Currently, one of the most widely used areas of 3D models is medicine. In traumatology, injury statistics show that limb fractures are one of the most common