3D SKENĒŠANAS TEHNOLOĢIJA



SHIFTVET

Digital Transformation for
Wood and Furniture VET

SHIFTVET
Digital Transformation for Wood and Furniture VET

SATURS

SAĪSINĀJUMI 4
1. IEVADS 5
1.1 ShiftVET Projekta pārskats 5
1.2 Purpose of this guide 5
1.3 Kam domāts ceļvedis? 6
1.4 Kā izmanto ceļvedi? 7
2. Tehnoloģijas apraksts 9
2.1 Kas ir 3D skeneris? 9
2.2 Kā strādā 3D skeneris? 9
2.3 3D skenēšanas tehnoloģijas tipi 11
2.3.1. 3D skenēšana izmantojot lāzera triangulāciju 11
2.3.2. Strukturētas gaismas 3D skenēšana 12
2.3.3. 3D skenēšana, izmantojot fotogrammetriju vai foto skenēšanu 13
2.3.4. Kontakta 3D skenēšana 15
2.3.5. Lāzera impulsa (pulse-based) 3D skenēšana 16
2.4 Vispārīgās pielietošanas jomas 18
2.5 Nepieciešamais aprīkojums 19
2.6 Tehniskās uzstādīšanas kontrolsaraksts 21
3. Tehnoloģijas potenciāls profesionālajā izglītībā (VET) kokapstrādē 23
3.1 Izglītības priekšrocības 23
3.2 3D skenera tehniskās priekšrocības profesionālajā izglītībā kokapstrādē un galdniecībā 24
3.3 Pedagoģiskais kontrolsaraksts 25
3.4 Piemēri aktivitātēm profesionālajā izglītībā (VET) kokapstrādē 27
4. Integrācija mācību klasē 29
4.1 Metodiskie ieteikumi 29
4.2 Ieviešanas plāns soli pa solim 30

4.3 Mācību procesa integrācijas kontrolsaraksts....31
4.4 Ieteikumi skolotājiem....33
5. Drošība un ilgtspēja 3D skenera izmantošanā....34
6. Papildresursi....36
7. Nobeigums....37
Literatūras saraksts....38

Attēls

Attēls 1: 3D skeneris [2]. 9
Attēls 2: 3D Skenēšanas darbvirsma. Avots: Open IA (2026). 11
Attēls 3: 3D skeneris- Lāzera triangulācija [4]. 12
Attēls 4: Strukturētas gaismas 3D skeneris [5]. 13
Attēls 5: Fotogrammetrija [6]. 15
Attēls 6: Kontakta 3D skenēšana [7]. 16
Attēls 7: Lāzera impulsa (pulse-based) 3D skenēšana [9]. 17
Attēls 8: Figūras 3D skenēšana [13]. 25
Attēls 9: Cilvēks izmanto 3D skeneri. [18]. 34

SAĪSINĀJUMI

Point Cloud
Miljonu punktu kolekcija 3D telpā (X, Y, Z koordinātas), kas attēlo skenēta objekta virsmu.

Mesh / Polygon Mesh
Digitāla virsma, kas izveidota no punktu mākoņa, veidojot savienotas daudzstūru virsmas, kas attēlo objekta ģeometriju.

Noise (in scanning)
Nevēlami vai neprecīzi datu punkti, ko izraisa atstarošanās, vāja apgaismošana vai skenēšanas kļūdas.

STL (STereoLithography)
Bieži izmantots faila formāts, lai eksportētu skenētus modeļus 3D drukāšanai vai turpmākai apstrādei.

OBJ (Object file format)
3D faila formāts, kas var saglabāt ģeometriju un dažos gadījumos arī tekstūras informāciju no skenētiem modeļiem.

CAD (Computer-Aided Design)
Programmatūra, ko izmanto, lai modificētu, analizētu vai pārprojektētu skenētus 3D modeļus.

1. IEVADS

1.1 ShiftVET Projekta pārskats

ShiftVET projekts ir izstrādāts, lai atbalstītu sākotnējās profesionālās izglītības un apmācības (i-VET) skolotājus digitālo tehnoloģiju ieviešanā galdniecības mācību procesā. Tā mērķis ir palīdzēt modernizēt esošās apmācību programmas, lai skolēni varētu attīstīt digitālās prasmes, kas nepieciešamas galdniecības un ražošanas nozarēs. Padarot mācīšanos inovatīvāku un iesaistošāku, projekts arī cenšas palielināt skolēnu interesi par šiem karjeras ceļiem.
Lai vadītu šo pārmaiņu procesu, ShiftVET koncentrējas uz četriem galvenajiem mērķiem:

- Palīdzēt skolotājiem saprast, kā digitālās tehnoloģijas var tikt pielietotas profesionālajā izglītībā (VET) galdniecībā un kā tās var uzlabot mācīšanu un mācīšanos.
- Izveidot bezmaksas tiešsaistes resursu krātuvi, kur pieejami materiāli, piemēri un uzdevumi, kurus skolotāji var viegli integrēt savās stundās.
- Novērtēt praktiskos digitālos rīkus, piemēram, 3D skenerus, kopā ar skolēniem, lai izpētītu, kā šīs tehnoloģijas var uzlabot praktisko mācību procesu.
- Veicināt progresīvu tehnoloģiju izmantošanu, ne tikai projekta partneru vidū, bet arī citos profesionālās izglītības centros, vienlaikus izpētot, kā šie rīki varētu būt noderīgi arī citās nozarēs.

1.2 Purpose of this guide

Šī ceļveža mērķis ir palīdzēt profesionālās izglītības un apmācības (VET) skolotājiem galdniecībā ieviest un integrēt 3D skenēšanu mācību procesā.
Ņemot vērā, ka digitālās tehnoloģijas arvien vairāk ietekmē galdniecības un ražošanas nozares, 3D skenēšana ir kļuvusi par spēcīgu rīku digitalizācijai, analīzei, dokumentēšanai, dizaina izstrādei un radošai problēmu risināšanai. Izpratne par tās potenciālu ir būtiska, lai sagatavotu skolēnus veiksmīgai darbībai mūsdienīgā, tehnoloģijām atbalstītā profesionālajā vidē.
Šis ceļvedis ir īpaši izstrādāts, lai palīdzētu pedagogiem iegūt nepieciešamās zināšanas, pārliecību un praktiskās prasmes, lai efektīvi izmantotu 3D skenēšanas tehnoloģijas galdniecības mācību procesā.

Tas piedāvā skaidru un pieejamu ievadu 3D skenēšanas un digitālās datu fiksēšanas pamatos: kas tā ir, kā tā darbojas un kāpēc tā ir svarīgs papildinājums tradicionālajām galdniecības tehnikām un digitālajiem dizaina rīkiem.
Šī ceļveža mērķis konkrētāk ir:

- Izveidot stabilu pamatu 3D skenēšanas principos, tostarp galvenajās koncepcijās, skeneru veidos, precizitātes apsvērumos, datu formātos un būtiskos digitālajos darbplūsmu procesos.
- Paskaidrot tās nozīmīgumu galdniecībā, parādot, kā 3D skenēšana var atbalstīt tādas darbības kā reversā inženierija, esošo detaļu digitālā dokumentēšana, kvalitātes kontrole, restaurācijas darbi, pielāgotu dizainu izstrāde un integrācija ar CAD/CAM procesiem.
- Nodrošināt praktiskas, klasē gatavas stratēģijas 3D skenēšanas ieviešanai VET programmās, tostarp mācību stundas idejas, praktiskos uzdevumus, datu apstrādes darbplūsmas, drošības apsvērumus un padomus skeneru aprīkojuma pārvaldībā
- Atbalstīt skolotājus ar dažādu pieredzes līmeni, piedāvājot skaidrojumus un konkrētus piemērus, kas padara 3D skenēšanu pieejamu pat tiem, kuri ir jauni digitālās fiksēšanas tehnoloģijās.
- Stiprināt saikni starp digitālo un tradicionālo amatniecību, palīdzot skolēniem saprast, kā 3D skenēšana var papildināt galdniecības prasmes, pārvēršot fiziskos objektus digitālos modeļos, nevis aizstājot praktisko darbu procesu.

Šī ceļveža mērķis ir padarīt 3D skenēšanu pieejamu, iedvesmojošu un izglītojošu resursu gan skolotājiem, gan skolēniem, palīdzot pārvarēt plaisu starp tradicionālo amatniecību un digitālo tehnoloģiju piedāvātajām iespējām mūsdienu galdniecībā un mēbeļu ražošanā.

1.3 Kam domāts ceļvedis?

Šis ceļvedis ir izstrādāts profesionālās izglītības un apmācības (VET) skolotājiem un pedagogiem galdniecībā, kuri vēlas ieviest 3D skeneri savā mācību praksē. Tas ir paredzēts profesionāļiem ar dažādu digitālo tehnoloģiju zināšanu līmeni — gan iesācējiem, gan pieredzējušiem pedagogiem, kuri vēlas efektīvāk integrēt 3D skenēšanu savās stundās.
Konkrētāk, šis ceļvedis ir paredzēts:

- Galdniecības profesionālās izglītības skolotājiem, kuri meklē praktiskus rīkus, piemērus un stratēģijas, kā 3D skeneri integrēt savās klasēs un darbnīcās.

- Profesionālās izglītības sniedzējiem un apmācību centriem, kuri vēlas modernizēt savas programmas un nodrošināt skolēniem piekļuvi aktuālajām digitālajām tehnoloģijām.
- Pedagogiem saistītās tehniskajās vai ražošanas jomās, kuri vēlas saprast, kā 3D skeneris var papildināt tradicionālās amatniecības prasmes un uzlabot mācību pieredzi.
- Tiem, kas piedalās profesionālās kompetences pilnveides apmācībās, un vēlas stiprināt savas digitālās prasmes un paplašināt mācību resursus.
- Ikvienam, kas iesaistīts profesionālās izglītības programmu veidošanā, koordinēšanā vai atbalstīšanā, un kura mērķis ir veicināt inovācijas, radošumu un digitālo gatavību skolēnu vidū.

1.4 Kā izmanto ceļvedi?

Šis ceļvedis ir izstrādāts kā praktisks un elastīgs resurss, lai palīdzētu skolotājiem integrēt 3D skeneri profesionālajā galdniecības apmācībā.
To var izmantot pakāpeniski, atgriežoties pie dažādām sadaļām, attīstoties jūsu izpratnei un pārliecībai. Nav nepieciešams lasīt visu uzreiz; tas var sekot jums visu mācību prakses laiku.
Kā gūt maksimālu labumu no šī ceļveža:

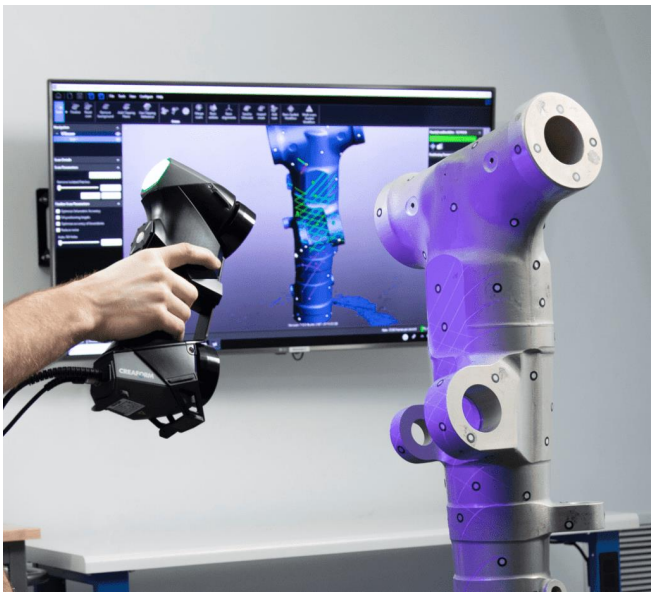
- Sāciet ar pamatiem – iepazīstieties ar ievada nodaļām, lai saprastu, kas ir 3D skeneris, kā tas darbojas un kāpēc tas kļūst arvien nozīmīgāks galdniecībā. Šie pamati palīdzēs sasaistīt tehnoloģiju ar tradicionālajām mācību metodēm.
- Iepazīstieties ar rīkiem un materiāliem – pārskatiet sadaļas, kas apraksta 3D skeneru veidus, parastos materiālus, programmatūras darbplūsmas un būtisko terminoloģiju.
- Izpētiet pedagoģiskās pielietošanas iespējas – ceļvedī ir piemēri un skaidrojumi, kas ilustrē, kā 3D skeneri var pielietot galdniecības profesionālajā izglītībā. Šīs sadaļas palīdzēs vizualizēt iespējas klasē.
- Izmantojiet praktiskās aktivitātes – atradīsiet demonstrācijas, kas paredzētas klasē. Šīs aktivitātes ir veidotas elastīgas, lai tās varētu pielāgot dažādiem līmeņiem.

- Eksperimentējiet un reflektējiet kopā ar skolēniem – ieviešana ir visefektīvākā, kad skolotāji un skolēni kopā izpēta tehnoloģiju. Izmantojiet praktiskos uzdevumus, lai eksperimentētu, pārrunātu rezultātus, risinātu problēmas un iedrošinātu skolēnus pilnveidot savus dizainus.
- Izmantojiet kā pastāvīgu atsauci – ceļvedis nav domāts vienreizējai lasīšanai un nolikšanai malā. Tas ir resurss, pie kura varat vērsties jebkurā brīdī, kad nepieciešama skaidrojuma, piemēru vai iedvesmas jaunu stundu izstrādei. To var arī kombinēt ar papildu resursiem, kas tiks izstrādāti ShiftVET projektā.

2. Tehnoloģijas apraksts

2.1 Kas ir 3D skeneris?

3D skenēšana ir process, kurā tiek vākti dati no fiziskās pasaules, lai to rekonstruētu kā digitālu 3D modeli. Tas ietver reālu objektu ģeometrijas fiksēšanu, lai tos varētu attēlot digitāli, ļaujot veikt tādas darbības kā mērīšana, pārbaude vai digitālā saglabāšana.
Konkrētais 3D skenēšanas veids ir atkarīgs no izmantotās tehnoloģijas un vācamā datu tipa, taču galvenais mērķis paliek nemainīgs – reģistrēt fiziskās dimensijas un virsmas informāciju, lai pārvērstu to digitālā formātā.
3D skenēšanas rezultāts parasti sastāv no augstas izšķirtspējas punktu mākoņa datiem vai tīklojuma (Mesh) modeļiem, kas attēlo skenētā objekta formu un virsmas īpašības, ko pēc tam var izmantot programmatūrā analīzei, dizainam vai darbplūsmām [1].



Attēls 1: 3D skeneris [2].

2.2 Kā strādā 3D skeneris?

3D skenēšana ir process, kurā tiek fiksētas objekta vai vides fiziskās dimensijas, lai izveidotu tā digitālu attēlojumu. Šī tehnoloģija revolucionē veidu, kā mēs projektējam, ražojam un mijiedarbojamies ar pasauli, piedāvājot nepieredzētus detalizācijas un precizitātes līmeņus. 3D skeneri ir kļuvuši par būtiskiem rīkiem kvalitātes kontrolei, produktu dizainam un citām pielietošanas jomām.

Spēja fiksēt gan ģeometriju, gan tekstūru ir fundamentāla 3D skenera funkcionalitātei. Fiksējot lielu datu punktu skaitu objekta virsmā, šī ierīces rada ļoti

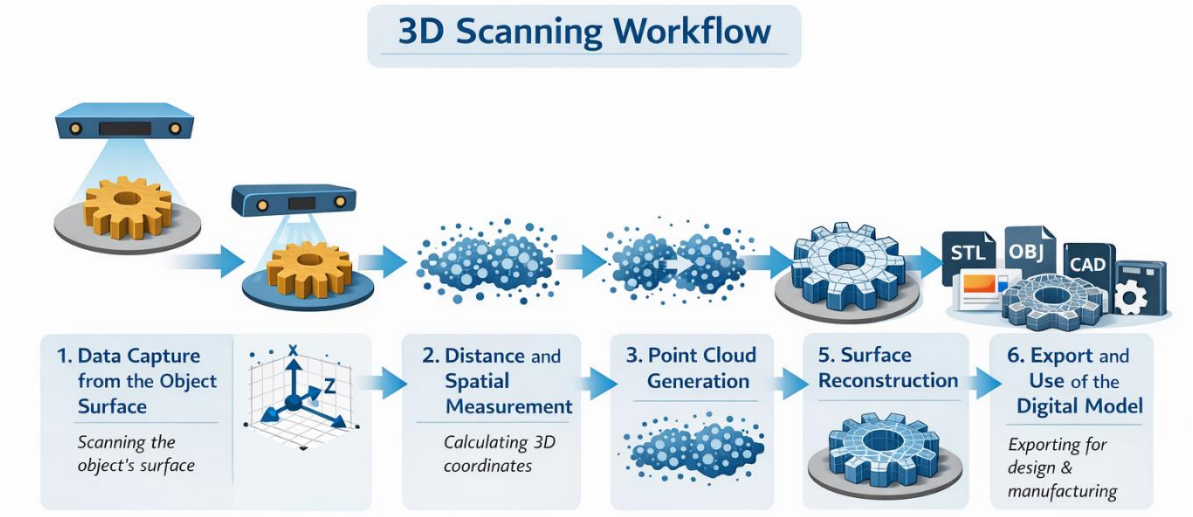
detalizētus trīsdimensionālus modeļus. Šis digitālās pārvēršanas process ir būtisks pielietojumiem, kas prasa precīzus mērījumus un sarežģītus dizainus. Iegūtie modeļi kalpo kā daudzpusīgi rīki virtuālajām simulācijām, uzlabojot procesu efektivitāti un kvalitāti.

Vispārīgā 3D skenēšanas darbplūsma:

Lai gan dažādas 3D skenēšanas sistēmas izmanto atšķirīgus mērīšanas principus, tām visām ir kopīga darbplūsma:

1. Datu iegūšana no objekta virsmas: Skenēšanas sistēma iegūst informāciju no objekta virsmas, fiksējot, kā projicēts signāls vai novērota bilde mijiedarbojas ar šo virsmu. Šajā solī tiek vākti izejas ģeometriskie dati, kas apraksta objekta ārējo formu.
2. Attāluma un telpisko koordinātu mērījumi: Skeneris aprēķina vairāku virsmas punktu telpisko pozīciju, nosakot to attālumu attiecībā pret skenera sensoriem. Šie mērījumi tiek pārvērsti trīsdimensionālās koordinātās (X, Y, Z), kas apraksta objekta ģeometriju telpā.
3. Punktu mākoņa ģenerēšana: Savāktie mērījumi tiek apvienoti punktu mākonī — blīvā individuālu punktu kopumā, kas attēlo skenētā objekta virsmu. Katrs punkts atbilst precīzai vietai trīsdimensionālā telpā, un visi punkti kopā definē objekta formu.
4. Saskaņošana un datu apvienošana: Sarežģītu objektu gadījumā bieži nepieciešami vairāki skenējumi, lai fiksētu visas virsmas. Specializēta programmatūra saskaņo un apvieno atsevišķos datu komplektus vienā, konsekventā punktu mākonī, nodrošinot digitālā modeļa nepārtrauktību un pilnīgumu.
5. Virsmas rekonstrukcija un modeļa izveide: Apvienotais punktu mākonis tiek apstrādāts, lai izveidotu virsmas modeli vai daudzstūru tīklojumu (Polygon Mesh), kas attēlo objekta nepārtrauktu ģeometriju. Šo modeli var pilnveidot, attīrīt vai optimizēt atkarībā no paredzētā pielietojuma.
6. Digitālā modeļa eksportēšana un izmantošana: Gatavais 3D modelis var tikt eksportēts standarta digitālos formātos (piemēram, STL vai OBJ) un izmantots dizainā, analīzē, dokumentēšanā, kvalitātes kontrolē vai integrācijā ar CAD un ražošanas procesiem.

No otras puses, programmatūras loma skenēšanas procesā ir arī kritiska. 3D skenēšanas programmatūra ir būtiska, jo tā pārvalda datu iegūšanu, apstrādā izejas mērījumus, filtrē "troksni", saskaņo vairākus skenējumus un ģenerē lietojamus digitālos modeļus. Bez specializētas programmatūras skenera radītie izejas dati nevar tikt pārvērsti jēgpilnā vai praktiskā 3D attēlojumā [1], [3].



Attēls 2: 3D Skenēšanas darbvirsma. Avots: Open IA (2026).

2.3 3D skenēšanas tehnoloģijas tipi

Tagad, kad esam aplūkojuši šo tehnoloģiju vispārīgos terminos, varam koncentrēties uz tās dažādajiem veidiem. Pastāv piecas galvenās 3D skeneru tehnoloģiju kategorijas, katrai no tām ir savas īpašības, priekšrocības un ierobežojumi.

2.3.1. 3D skenēšana izmantojot lāzera triangulāciju

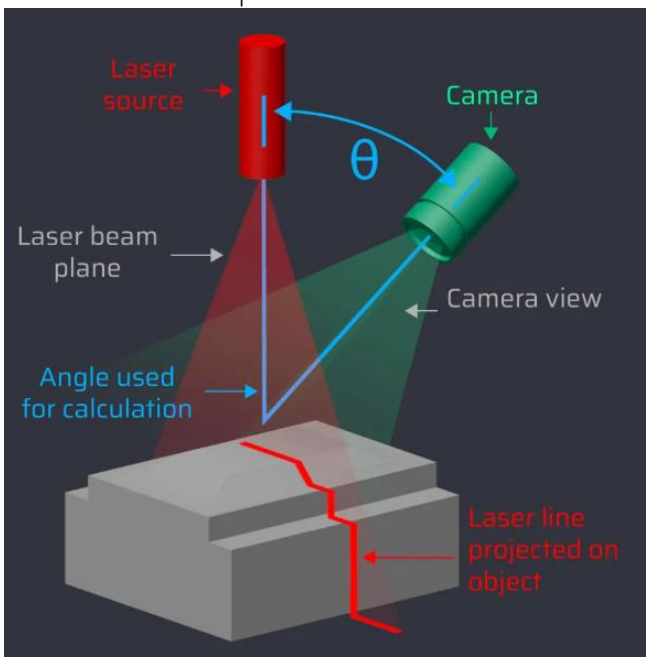
Šī tehnoloģija veido trijstūri starp lāzera staru avotu, mērīto objektu un sensoru, lai aprēķinātu miljonu punktu pozīcijas uz objekta virsmas. Lāzera punkts vai līnija tiek projicēta uz objektu, un sensori uztver atstarošanos, ļaujot sistēmai aprēķināt telpiskos datus.
Šajā metodē skeneris zina lāzera avota pozīciju, kameras pozīciju un leņķus un attālumus starp tiem.
Kad lāzers sasniedz objektu, sensors uztver atstarošanos noteiktā leņķī. Sistēma pēc tam izmanto vienkāršas ģeometriskas attiecības (balstoties uz trijstūri, ko veido šie trīs elementi), lai aprēķinātu punkta koordinātas objekta virsmā.
Šis skenēšanas process parasti norit šādi:

1. Uz objekta tiek projicēta lāzera līnija vai punkts.
2. Kamera vai sensors, kas atrodas zināmā leņķī, uztver atstarojošo gaismu.
3. Specializēta programmatūra, izmantojot trīsstūrveidā formulas, aprēķina katra punkta precīzo pozīciju uz virsmas.
4. Kustoties skenerim, tiek vākti daudzi šādi punkti, lai rekonstruētu objekta pilno ģeometriju.

Kāpēc šī metode ir noderīga?

- Ļoti precīza un detalizēta, ideāli piemērota maziem vai vidējiem objektiem.
- Bieži tiek izmantota, kad precizitāte ir svarīga, piemēram, detaļu vai specifisku elementu mērīšanā.

Tomēr galvenais ierobežojums: spīdīgas vai caurspīdīgas virsmas var radīt problēmas, jo lāzers tās neatstaro pareizi.



Attēls 3: 3D skeneris- Lāzera triangulācija [4].

2.3.2. Strukturētas gaismas 3D skenēšana

Strukturētās gaismas skenēšana ir 3D skenēšanas tehnoloģija, kas darbojas, projicējot uz objektu zināmu gaismas rakstu un analizējot, kā šis raksts mainās, sasniedzot objekta virsmu. Novērojot šīs deformācijas, sistēma var aprēķināt objekta trīsdimensionālu formu.

Atšķirībā no lāzera skenēšanas, strukturētās gaismas skeneri parasti projicē virkni gaismas rakstu (piemēram, svītras vai režģus) uz lielāku platību. Viena vai vairākas kameras ieraksta, kā šie raksti līkumo, stiepjas vai saplacinās atkarībā no virsmas ģeometrijas.

Pēc tam skenera programmatūra salīdzina iegūtās bildes un, izmantojot ģeometriskos aprēķinus, nosaka katra redzamā punkta precīzo pozīciju uz virsmas un pārvērš šo informāciju 3D koordinātās.

Kā šis process darbojas?

1. Uz objekta tiek projicēts gaismas raksts.
2. Kameras novēro, kā raksts tiek izkropļots atkarībā no objekta formas.
3. Programmatūra analizē šos kropļojumus un aprēķina punktu pozīcijas uz virsmas trīsdimensionālā telpā

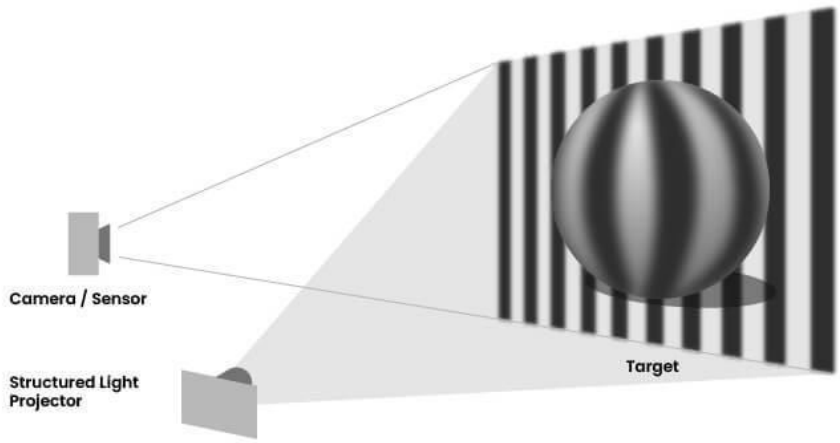
4. Tūkstoši vai miljoni punktu tiek fiksēti vienlaikus, radot detalizētu digitālu attēlojumu.

Kāpēc strukturētās gaismas skenēšana ir noderīga?

- Ātra, jo tiek fiksēta liela objekta platība vienlaikus, nevis punkts pa punktam.
- Precīza, spējot uztvert smalkas detaļas atkarībā no skenera izšķirtspējas.
- Droša un bezkontakta, jo tiek izmantota redzamā vai balta gaisma, nevis lāzeri.

Galvenie ierobežojumi, kas jāņem vērā:

- Strukturētās gaismas skenēšana ir jutīga pret ārējiem apgaismojuma apstākļiem. Spēcīga apkārtējā gaisma, tieša saules gaisma vai atstarošanās var traucēt projicētā raksta uztveri un samazināt skenēšanas precizitāti. Tāpēc skenēšana parasti tiek veikta kontrolētos iekštelpu apstākļos.
- Ļoti tumšas, spīdīgas vai caurspīdīgas virsmas var prasīt iepriekšēju sagatavošanu, lai nodrošinātu uzticamu raksta uztveri.



Attēls 4: Strukturētas gaismas 3D skeneris [5].

2.3.3. 3D skenēšana, izmantojot fotogrammetriju vai foto skenēšanu

Fotogrammetrija ir veids, kā izveidot 3D modeli no reāla objekta, izmantojot virkni fotogrāfiju, kas uzņemtas no dažādiem leņķiem. Tā vietā, lai izmantotu specifisku skeneri, šo metodi bieži var veikt ar telefonu vai digitālo kameru, padarot to pieejamu un ekonomisku.

Kā darbojas fotogrammetrija?

1. Uzņemiet daudz fotogrāfiju no objekta: apstaigājiet to un uzņemiet attēlus ik pēc dažiem grādiem, lai fiksētu visas puses.
2. Datora programma analizē visus attēlus, meklējot īpašus atsauces punktus, kas parādās vairāk nekā vienā fotogrāfijā.

3. Salīdzinot šos atsauces punktus dažādās fotogrāfijās, programmatūra nosaka, kur katrs punkts atrodas telpā, un izmanto šo informāciju, lai izveidotu 3D modeli.
4. Rezultātā tiek iegūts digitāls 3D objekta attēlojums, ko var apskatīt, izmērīt vai eksportēt uz citu programmatūru.

Vienkāršāk sakot:

- Programmatūra meklē objektus vai iezīmes, kas parādās vairākās fotogrāfijās.
- Tā aprēķina šo punktu pozīcijas 3D telpā.
- Šīs pozīcijas veido pamatu 3D modelim.

Kāpēc fotogrammetrija ir noderīga metode?

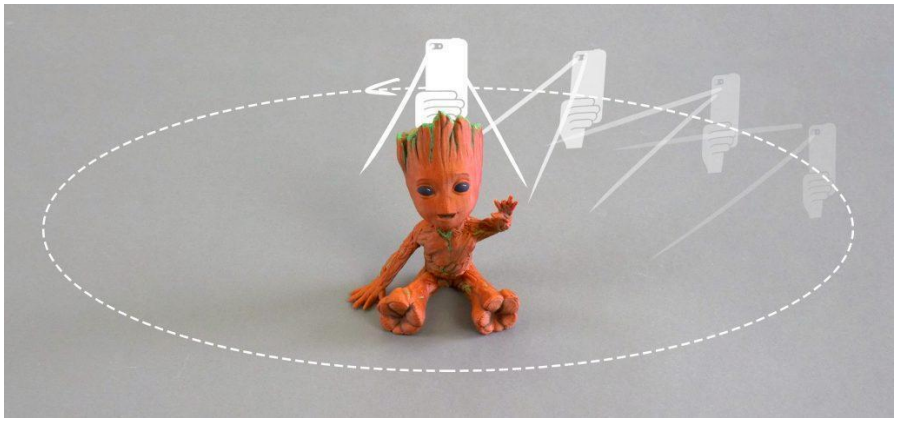
Fotogrammetrijai ir vairākas praktiskas priekšrocības, kas to padara pievilcīgu izglītībā un darbnīcās:

- Zemas izmaksas: Nav nepieciešami speciāli skeneri; pietiek ar parastu kameru vai telefona kameru.
- Elastība: Darbojas ar plašu objektu klāstu, tostarp ar neregulārām formām vai tekstūrētām virsmām.
- Pārnēsājama: To var izmantot ārpus klases vai darbnīcā, bez īpašas sagatavošanas vai iestatījumiem.

Tas padara fotogrammetriju par lielisku pamata veidu, kā mācīt 3D datu fiksēšanu, neprasot lielus ieguldījumus aparatūrā.

Galvenie ierobežojumi:

- Labs apgaismojums ir svarīgs: ja fotogrāfijas ir pārāk tumšas vai tajās ir spēcīgas ēnas, programmatūra var saskarties ar grūtībām atrast atbilstošos punktus.
- Nepieciešams daudz fotogrāfiju: jo vairāk attēlu uzņemts no dažādiem leņķiem, jo labāks rezultāts. Dažas fotogrāfijas nesniegs precīzu modeli.
- Apstrādes laiks: 3D modeļa izveide no fotogrāfijām datorā var aizņemt laiku, īpaši, ja tiek izmantoti daudzi augstas izšķirtspējas attēli.



Attēls 5: Fotogrammetrija [6].

2.3.4. Kontakta 3D skenēšana

Kontakta 3D skenēšana ir metode, kurā objekta forma tiek fiksēta, fiziski pieskaroties tās virsmai ar zondi. Tā vietā, lai izmantotu lāzerus vai gaismu, šāda veida skeneris mēra objektu punktu pa punktam, izmantojot tiešo kontaktu. Tas padara šo metodi būtiski atšķirīgu no lielākās daļas mūsdienu optisko skeneru.

Kā tas darbojas?

1. Mazs zondes gals pieskaras objekta virsmai.
2. Katru reizi, kad zonde pieskaras objektam, sistēma reģistrē šī punkta precīzo pozīciju telpā.
3. Zonde pārvietojas pa objektu, vai nu manuāli, vai izmantojot mehānisku roku.
4. Visi izmērītie punkti tiek apvienoti, lai izveidotu digitālu 3D modeļa attēlojumu objekta virsmai.

Tā kā zonde fiziski pieskaras objektam, skeneris vienmēr precīzi zina, kur atrodas virsma, neietekmējoties no gaismas, krāsas vai gaismas atstarošanās.

Kādas ir priekšrocības?

Kontakta skenēšana ir īpaši vērtīga situācijās, kur nepieciešama augsta precizitāte. Šī metode piedāvā:

- Ļoti augstu precizitāti, padarot to piemērotu mērījumu un pārbaudes uzdevumiem.
- Uzticamus rezultātus pat ar caurspīdīgiem, spīdīgiem vai ļoti tumšiem materiāliem, kas bieži ir problemātiski optiskajiem skeneriem.
- Stabilus un atkārtojamus mērījumus, kas ir svarīgi kvalitātes kontroles procesos.

Tāpēc kontakta skenēšana bieži tiek izmantota rūpnieciskajā pārbaudē un kvalitātes verifikācijā, kur precizitāte ir svarīgāka par ātrumu.

Svarīgi arī ņemt vērā šos ierobežojumus:

- Lēns process: Katram punktam jābūt pieskartam individuāli, tāpēc lielu vai sarežģītu objektu skenēšana aizņem daudz laika.
- Ierobežota elastība: Objekti ar dziļiem dobumiem, sarežģītām līknēm vai trauslām virsmām var būt grūti vai pat neiespējami skenēt.
- Fizisks kontakts: Tā kā zonde pieskaras objektam, šī metode nav piemērota mīkstiem, elastīgiem vai trausliem materiāliem, kurus varētu sabojāt.

Tāpēc kontakta skenēšana klasēs vai darbnīcās tiek izmantota retāk un parasti tiek rezervēta specializētiem mērīšanas uzdevumiem.

.



Attēls 6: Kontakta 3D skenēšana [7].

2.3.5. Lāzera impulsa (pulse-based) 3D skenēšana

Šī 3D skenēšanas metode mēra objektus, sūtot īsus lāzera impulsus un mērot laiku, kas paiet, līdz tie atgriežas pēc atstarojuma no virsmas. Zinot gaismas ātrumu, sistēma var ar lielu precizitāti aprēķināt attālumu līdz objektam.
Vienkāršāk sakot, skeneris:

- nosūta lāzera impulsu,
- gaida, kad atstarojums atgriežas,
- mēra tam patērēto laiku,
- un pārvērš šo laiku attālumā.

Kā šī skenēšanas metode darbojas?

1. Skeneris izstaro lāzera impulsu uz objektu vai vidi.
2. Lāzers sasniedz virsmu un atstarojas atpakaļ uz skeneri.
3. Sistēma mēra laiku starp impulsa izstarojumu un atgriešanos.
4. No šī laika skeneris aprēķina attālumu līdz konkrētajam punktam.
5. Šis process tiek atkārtots daudzas reizes sekundē, lai izveidotu 3D attēlojumu objekta vai telpas ģeometrijai.

Kāpēc tas ir noderīgi?

Impulsa lāzera skenēšana ir īpaši noderīga, ja:

- objekts vai teritorija ir ļoti liela, piemēram, ēkas, telpas, mašīnas vai āra konstrukcijas;
- nepieciešams fiksēt vispārējo formu un izmērus, nevis smalkas virsmas detaļas;
- skenerim jāstrādā no lieliem attālumiem līdz objektam.

Tāpēc šo tehnoloģiju bieži izmanto tādās jomās kā arhitektūra, būvniecība, rūpnieciskās telpas un liela mēroga inspekcijas.

Ierobežojumi, kas jāņem vērā:

- Lēnāka nekā citas optiskās skenēšanas metodes, jo katrs attāluma mērījums balstās uz lāzera impulsa laiku.
- Detalizācijas līmenis parasti ir zemāks nekā lāzera trīsstūrveidā vai strukturētās gaismas skeneriem.
- Aprīkojums parasti ir lielāks un dārgāks, padarot to mazāk piemērotu klasēm vai darbnīcām [4], [8].



Attēls 7: Lāzera impulsa (pulse-based) 3D skenēšana [9].

2.4 Vispārīgās pielietošanas jomas

3D skenēšana ir tehnoloģija, kas fiksē reālu objektu formu un izveido digitālu 3D modeli, ko var izmantot daudzos veidos:

- Digitalizācija un dokumentēšana

3D skeneri tiek izmantoti, lai digitalizētu objektus un vidi, pārvēršot fiziskās formas digitālos failos. Tas ļauj:

1. Objektus reģistrēt un saglabāt digitāli.
2. Apskatīt un kopīgot modeļus datorā.
3. Saglabāt digitālos ierakstus nākotnes izmantošanai vai atsaucei.

Šī pieeja ir īpaši noderīga, ja objekti ir pārāk lieli, trausli vai grūti pārvietojami, vai ja nepieciešams saglabāt pastāvīgu ierakstu.

- Dizains un attīstība

Pēc objekta skenēšanas digitālo modeli var izmantot dizaina programmatūrā, piemēram, CAD. Tas ļauj:

1. Modificēt vai uzlabot esošos dizainus.
2. Izveidot jaunus komponentus, balstoties uz skenēto objektu.
3. Apvienot skenētos modeļus ar jaunām digitālām detaļām.

Šī pielietošana var paātrināt produktu izstrādi un palīdzēt dizaina uzdevumos, kad sākotnējie dizaina faili nav pieejami.

- Apgrieztā inženierija (Reverse engineering)

3D skenēšana bieži tiek izmantota, lai atkārtoti izveidotu objekta digitālo modeli, ja nav pieejams CAD fails vai sākotnējais zīmējums. Praktiski:

1. Objekts tiek skenēts.
2. No skenējuma tiek izveidots digitāls modelis.
3. Modeli var izmantot, lai reproducētu vai pielāgotu objektu.

Šī metode ir īpaši noderīga darbnīcās, ražošanā un remonta darbos.

- Pārbaude un kvalitātes kontrole

Skenējot detaļu vai objektu un salīdzinot digitālo modeli ar paredzamajiem izmēriem, lietotāji var:

1. Pārbaudīt, vai objekts atbilst dizaina specifikācijām.
2. Atklāt novirzes formā vai izmēros.
3. Pārliecināties, ka detaļas ir ražotas pareizi.

Tas padara 3D skenēšanu par vērtīgu rīku precīzas mērīšanas vai verifikācijas gadījumos.

- Integrācija ar citām digitālajām tehnoloģijām

3D skeneri labi darbojas kopā ar citām tehnoloģijām, piemēram:

1. Modeļus var eksportēt 3D drukai vai CNC apstrādei.
2. Digitālos failus var izmantot dizaina vai simulācijas programmatūrā.
3. Tie atbalsta darbplūsmas, kas apvieno fiziskos un digitālos procesus.

Tas nozīmē, ka 3D skenēšana nav neatkarīga tehnoloģija, bet var būt daļa no plašākas digitālās darbplūsmas [10].

Kad 3D skenēšana nav labākā izvēle

Lai gan 3D skenēšana ir jaudīgs digitālais rīks, svarīgi saprast, ka tā ne vienmēr ir piemērotākā katram uzdevumam. Dažos gadījumos tradicionālās metodes vai citas digitālās tehnoloģijas var būt efektīvākas vai atbilstošākas.

3D skenēšana var nebūt labākā izvēle, ja objekts ir ar ļoti vienkāršu ģeometriju, ko ātri var izmērīt ar manuāliem rīkiem vai izveidot tieši CAD. Šādos gadījumos skenēšana var pievienot nevajadzīgas darbības darba plūsmai.

Tāpat metode ir mazāk efektīva, ja objekti ir ļoti mazi, spēcīgi atstarojoši, caurspīdīgi vai izgatavoti no materiāliem, kurus grūti precīzi uztvert bez virsmas sagatavošanas. Izglītības vidē ierobežotais laiks, nepietiekams apgaismojuma kontroles līmenis vai trūkstoša piemērota aparatūra var samazināt rezultātu kvalitāti.

Palīdzot skolēniem saprast, kad 3D skenēšanu nevajadzētu izmantot, tiek veicināta kritiskā domāšana un informētas lēmumu pieņemšana, izvēloties digitālās tehnoloģijas.

2.5 Nepieciešamais aprīkojums

Lai veiktu 3D skenēšanu, nepieciešams neliels pamata aprīkojuma komplekts. Precīza konfigurācija ir atkarīga no izmantotā skenera veida, taču lielākajai daļai 3D skenēšanas uzstādījumu ir kopīgas šādas būtiskas sastāvdaļas:

- 3D skeneris

Svarīgākā sastāvdaļa ir pats 3D skeneris.

Tā ir ierīce, kas fiksē objekta formu. Atkarībā no tehnoloģijas, skeneris var:

1. izmantot gaismu vai lāzerus,
2. būt pārnēsājams vai nostiprināts uz statīva,
3. skenēt mazus objektus vai lielākas virsmas.

Skeneris atbild par neapstrādāto datu vākšanu, kas vēlāk tiks pārvērsti digitālā 3D modelī.

- Dators (PC vai portatīvais dators)

Dators ir nepieciešams, lai:

1. kontrolētu skeneri,
2. sekotu līdzi skenēšanas procesam,
3. apstrādātu iegūtos datus.

Datoram jābūt pietiekami jaudīgam, lai spētu apstrādāt 3D datus, īpaši, strādājot ar detalizētiem skenējumiem vai lieliem objektiem. Lielākajā daļā gadījumu mācību vajadzībām pietiek ar mūsdienīgu standarta portatīvo datoru vai stacionāro datoru.

- 3D skenēšanas programmatūra

3D skenēšanas programmatūra ir nepieciešama, lai:

1. iegūtu datus no skenera,
2. saskaņotu dažādus skenējumus,
3. izveidotu galīgo 3D modeli.

Šī programmatūra parasti tiek piegādāta kopā ar skeneri un nodrošina vadītu, viegli lietojamu interfeisu. Bez šīs programmatūras skenera iegūtie dati nevar tikt pārvērsti lietojamā 3D modelī.

- Stabila darba virsmas

Ir svarīgi nodrošināt stabilu darba galdu, lai:

1. objekts nekustētos skenēšanas laikā,
2. rezultāti būtu konsekventi un uzticami.

Maziem objektiem pietiek ar vienkāršu galdu. Lielākiem objektiem nepieciešama tīra un stabila virsma.

- Rotējošā platforma (pēc izvēles, bet noderīga)

Rotējošā platforma bieži tiek izmantota mazu vai vidēja lieluma objektu skenēšanai. Tā ļauj objektam:

1. rotēt gludi,
2. tikt skenētam no visām pusēm, neveicot skenera pārvietošanu.

Tas padara skenēšanu vienkāršāku, ātrāku un konsekventāku, īpaši iesācējiem.

- Marķieri vai atsauces punkti (pēc izvēles)

Dažas skenēšanas sistēmas izmanto nelielus līmējamus marķierus, kas tiek novietoti uz objekta vai ap to.

Šie marķieri palīdz programmatūrai:

1. atpazīt dažādas skenēšanas pozīcijas,
2. pareizi saskaņot vairākus skenējumus.

Tie ir īpaši noderīgi, skenējot objektus ar maz detalizētu virsmu.

- Barošana un kabeļi

Gan skenerim, gan datoram nepieciešams:

1. uzticams barošanas avots,
2. piemēroti savienojuma kabeļi (USB vai līdzīgi).

Stabila barošana un pareizi savienojumi novērš pārtraukumus skenēšanas laikā.

- Vienkāršas vides prasības

Jāņem vērā arī skenēšanas vides nozīme:

1. priekšroka iekštelpām,
2. kontrolēts apgaismojums uzlabo rezultātus,
3. izvairīties no spēcīgas saules gaismas vai atstarošanas [1].

2.6 Tehniskās uzstādīšanas kontrolsaraksts

Pirms sākt jebkādu stundas aktivitāti ar 3D skeneri, ir būtiski pārliecināties, ka aprīkojums ir pareizi uzstādīts un droši lietojams. Šis kontrolsaraksts apkopo galvenos tehniskos elementus, kurus skolotājiem jāverificē pirms skenēšanas procesa uzsākšanas. To var izmantot kā ātru atsauces rīku, lai nodrošinātu uzticamību, drošību un nevainojamu skenēšanas darbību.

Aprīkojuma gatavība

- 3D skeneris ir uzstādīts vai novietots uz stabilas virsmas un nevar nejauši pārvietoties skenēšanas laikā.
- Skenēšanas zona ir tīra, sakopta un brīva no šķēršļiem, kas varētu traucēt skenēšanu.
- Skeneris ir pareizi savienots ar datoru (USB, barošanas avots vai bezvadu savienojums, ja piemērojams).
- Skeneris ir kalibrēts, ja ražotājs to prasa, sekojot ieteiktajai procedūrai.
- Dators atbilst minimālajām tehniskajām prasībām, lai programmatūra darbotos vienmērīgi.
- 3D skenēšanas programmatūra ir instalēta, atjaunināta un darbojas pareizi.
- Ja tiek izmantota rotējošā platforma, tā ir stabila un rotē gludi.
- Ja nepieciešami atsauces marķieri, tie ir pieejami un pareizi novietoti uz objekta vai ap to.
- Skenējamais objekts ir tīrs, sauss, stabils un nekustēsies skenēšanas laikā.
- Objekts atbilst ieteiktajam skenera izmēru diapazonam.

Vides un skenēšanas apstākļi

- Skenēšanas aktivitāte tiek veikta iekštelpās, kontrolētā vidē.
- Apgaismojuma apstākļi ir piemēroti skenēšanai (nav tiešas saules gaismas vai spēcīgu atstarojošu virsmu).
- Ir identificētas ļoti spīdīgas, caurspīdīgas vai ļoti tumšas virsmas, un, ja nepieciešams, plānota virsmas sagatavošana.
- Apkārt objektam ir pietiekami daudz vietas, lai brīvi pārvietotu skeneri (rokas skeneriem).

Drošības pārbaudes

- Skolēniem ir paskaidrots, ka skeneri izmanto gaismu vai lāzerus un tos nedrīkst vērst acīs.
- Ir sniegtas skaidras instrukcijas, kur skolēni var likt rokas skenēšanas laikā.
- Kabeļi ir sakārtoti, lai neradītu paklupšanas risku.

- Skeneris un dators tiek lietoti saskaņā ar ražotāja drošības norādījumiem.
- Skenējamais objekts nesatur asas malas vai nestabilas detaļas.

Digitālie resursi

- Ir pieejama pamata 3D modelēšanas vai skatīšanas programmatūra, lai pārbaudītu skenēto modeli.
- Ir zināmi un saprotami failu formāti eksportam (piemēram, STL vai OBJ).
- Ir pietiekami daudz vietas datu saglabāšanai un punktu mākoņiem.
- Skolēniem ir skaidrs, kur tiks saglabāti skenētie faili un kā tie tiks izmantoti vēlāk (skatīšana, rediģēšana, drukāšana utt.).

Galīgā pārbaude pirms skenēšanas

- Ir veikts īss testa skenējums, lai pārliecinātos, ka iestatījumi un apstākļi ir pareizi.
- Skolēniem ir skaidrs skenēšanas aktivitātes pamatmērķis un kādam vajadzētu būt sagaidāmajam rezultātam.

3. Tehnoloģijas potenciāls profesionālajā izglītībā (VET) kokapstrādē

3.1 Izglītības priekšrocības

3D skenēšanas integrācija profesionālajā izglītībā kokapstrādē piedāvā nozīmīgas izglītības priekšrocības, ja to izmanto kā rīku praktiskās mācīšanās atbalstam. Saskaņā ar dažām klases pieredzēm, aprakstītām maģistra darbā *"Activities for bringing 3D scanning into the classroom"*, 3D skenēšana pozitīvi ietekmē studentu iesaisti, prasmju attīstību un mācību rezultātus.

- Lielāka motivācija, strādājot ar reāliem objektiem
  Profesionālajā izglītībā kokapstrādes studenti jūtas motivēti, strādājot ar fiziskiem materiāliem un īstām detaļām. 3D skenēšanas aktivitātes palielina motivāciju, jo studenti tieši mijiedarbojas ar objektiem, ne tikai strādājot ar abstraktiem konceptiem vai zīmējumiem.
  Ar šo tehnoloģiju skolēni var skenēt koka savienojumus, komponentus vai instrumentus, ar kuriem viņi jau ir pazīstami, kas palīdz samazināt pretestību digitālajiem rīkiem tradicionāli manuālajās disciplīnās.
- Uzlabota telpiskā izpratne par koka elementiem
  Telpiskā vizualizācija ir vēl viena galvenā 3D skenēšanas priekšrocība klasē, īpaši noderīga profesionālajā izglītībā kokapstrādē, jo tā palīdz skolēniem izprast formu, tilpumu un savienojumus.
  Ar 3D skenēšanu skolēni var apskatīt savienojumus no jebkura leņķa, saprast, kā detaļas savienojas, un pat analizēt sarežģītākas formas, kuras grūti izprast 2D attēlos. Tas atvieglo pāreju no fiziskā darba uz tehniskajiem zīmējumiem un digitālajiem modeļiem.
- Mācīšanās caur praksi un kļūdu analīzi
  Skenēšanas aktivitātes veicina aktīvu mācīšanos, kur skolēni var testēt, novērot rezultātus un analizēt radušās kļūdas. Profesionālajā izglītībā kokapstrādē šī pieeja ir īpaši piemērota, jo skolēni var skenēt koka detaļas, noteikt neprecizitātes vai trūkstošās daļas, un pēc tam apspriest, kāpēc skenēšana neizdevās un kā to uzlabot.
  Šis process stiprina kritiskās domāšanas prasmes, kas ir būtiskas kokapstrādes nozarē strādājošajiem.
- Digitālo prasmju attīstība, saistīta ar amatniecību
  3D skenēšana klasē arī uzlabo skolēnu digitālās prasmes, īpaši izmantojot pieejamus rīkus un programmatūru. Profesionālajā izglītībā kokapstrādē tas palīdz skolēniem savienot tradicionālās prasmes ar mūsdienīgu digitālo darbu.

Rezultātā skolēni iemācās atbildīgi izmantot digitālos rīkus, pārvaldīt 3D failus un izprast, kā fiziskos objektus var digitalizēt. Tas sagatavo skolēnus arvien biežāk sastopamajām mūsdienu galdniecības vidēm.

- Komunikācijas un dokumentācijas prasmes
  Skolēni uzlabo mutiskās un rakstiskās komunikācijas prasmes, skaidrojot skenēšanas procesu un iegūtos rezultātus. Profesionālajā izglītībā kokapstrādē tas nostiprina profesionālās prasmes, piemēram: darba dokumentēšanu, tehnisko lēmumu pamatošanu un rezultātu prezentēšanu.
  Skolēni var aprakstīt, kā tika skenēta detaļa, pamatojot izvēlētās skenēšanas metodes, un prezentēt dizaina uzlabojumus. Šīs prasmes tieši pārnesamas uz profesionālo vidi.
- Sadarbības mācīšanās darbnīcas aktivitātēs
  Grupas darba vērtība skenēšanas aktivitātēs ir īpaši nozīmīga, un 3D skenēšana veicina šīs īpašības. Kokapstrādes apmācībā darbs grupās jau ir ierasta prakse darbnīcās, padarot 3D skenēšanu par dabiska papildinājuma kooperatīvai mācībai.
  Darbs mazās grupās veicina kopīgu atbildību, uzlabo komunikāciju un atspoguļo reālo darbnīcas dinamiku. Tas stiprina gan tehniskās, gan sociālās prasmes [11].

3.2 3D skenera tehniskās priekšrocības profesionālajā izglītībā kokapstrādē un galdniecībā

3D skenēšana piedāvā vairākas tehniskās priekšrocības, kas ir īpaši nozīmīgas kokapstrādē, jo tā ļauj precīzi fiksēt reālus koka objektus un pārvērst tos izmantojamos digitālos modeļos. Šī iespēja palīdz sasaistīt tradicionālās galdniecības prasmes ar mūsdienu digitālajiem rīkiem, kas tiek izmantoti darbnīcās.

Viena no galvenajām 3D skenēšanas tehniskajām priekšrocībām ir spēja precīzi uztvert koka objektu formu un izmērus. Atšķirībā no manuālajām mērīšanas metodēm, kas var būt lēnas un pakļautas nelielām kļūdām, 3D skenēšana ieraksta objekta pilnu ģeometriju, tostarp līkumus, leņķus un neregulāras virsmas. Šis precizitātes līmenis ir īpaši noderīgs, strādājot ar sarežģītiem koka komponentiem, savienojumiem vai rokdarbu detaļām.

Vēl viena priekšrocība ir spēja strādāt ar sarežģītām formām, kuras grūti izmērīt manuāli. Daudzi kokapstrādes projekti ietver organiskas formas, dekoratīvus elementus vai pielāgotas detaļas, kuras ir grūti dokumentēt ar tradicionāliem rīkiem. 3D skenēšana vienkāršo šo procesu, uztverot visu objekta virsmu vienā digitālajā modelī, kuru pēc tam var apskatīt no jebkura leņķa.

Ar skenēšanas palīdzību iegūtie digitālie modeļi viegli izmantojami dizaina un modifikācijas procesos. Kad koka objekts ir skenēts, modeli var atvērt CAD programmatūrā, lai pielāgotu izmērus, uzlabotu dizainu vai adaptētu esošās detaļas jaunām prasībām.
Turklāt 3D skenēšana ir saderīga ar reversās inženierijas principiem, kas nozīmē digitāla modeļa izveidi no jau esoša fiziska objekta. Kokapstrādes apmācībā tas ir noderīgi, ja nav pieejami oriģinālie plāni vai zīmējumi, piemēram, reprodukcijai antīkiem mēbeļu izstrādājumiem vai esošu elementu adaptācijai. Skolēniem ir iespēja skenēt objektu un izmantot digitālo modeli kā atsauci reprodukcijai vai uzlabošanai.
3D skenēšana arī palīdz ietaupīt laiku dokumentācijas un sagatavošanas procesā. Objekta digitalizēšana bieži ir ātrāka nekā tā manuāla mērīšana un zīmēšana, īpaši sarežģītiem objektiem. Šī efektivitāte ļauj skolēniem veltīt vairāk laika dizaina analīzei, būvniecības principu izpratnei un praktisko prasmju pilnveidošanai.
Visbeidzot, 3D skenēšana rada spēcīgu saikni starp fizisko darbu darbnīcā un digitālajām ražošanas tehnoloģijām. Skenētie modeļi var tikt kopīgoti, saglabāti, pārstrādāti vai kombinēti ar citiem digitālajiem rīkiem, piemēram, CNC iekārtām vai 3D printeriem. Profesionālajā izglītībā kokapstrādē tas palīdz skolēniem iepazīties ar digitālajiem darba procesiem, kas arvien vairāk tiek izmantoti profesionālajā vidē, vienlaikus saglabājot tradicionālās manuālās prasmes [12].



Attēls 8: Figūras 3D skenēšana [13].

3.3 Pedagoģiskais kontrolsaraksts

Ieviešot 3D skeneri kokapstrādes VET mācībās, tas nav tikai tehnisks uzdevums, bet arī pedagoģiska iespēja. Pirms nodarbību izstrādes skolotājiem jānodrošina, ka stundu mērķi, skolēnu sagatavotība un atbilstība mācību programmai ir skaidri definēta.

Šis kontrolsaraksts palīdz nodrošināt, ka 3D skeneris tiek izmantots jēgpilnā, motivējošā un pedagoģiski efektīvā veidā.

Stundas mērķis

- Aktivitāte ir skaidri saistīta ar kokapstrādes un galdniecības mācību programmu (savienojumi, komponenti, mēbeles, instrumenti, restaurācija utt.)
- Skolēni saprot atšķirību starp fiziskiem objektiem un digitālajiem 3D modeļiem
- Skolēni saprot pamata saikni starp 3D skenēšanu un CAD: skenēšana fiksē realitāti, CAD ļauj to modificēt vai pārveidot
- Uzdevums veicina kritisko domāšanu, piemēram, identificējot skenēšanas kļūdas, trūkstošās daļas vai neprecizitātes, un apspriežot, kā tās uzlabot
- Aktivitātē ir iekļauta praktiska mijiedarbība ar reāliem koka objektiem gan pirms, gan pēc skenēšanas.

Pedagoģiskā sagatavošanās

- Ir sagatavots reāls koka objekts skenēšanai (savienojums, komponents, instruments, neliels mēbeļu elements).
- Ir sagatavots piemērs ar pabeigtu 3D skenēšanu, lai parādītu skolēniem, kāds izskatās veiksmīgs rezultāts.
- Ir identificētas biežākās problēmas, ar kurām skolēni var saskarties (trūkstošas virsmas, “troksnis”, nepareiza izlīdzināšana, atstarošana).
- Ir sagatavoti vadlīniju jautājumi, piemēram:
    1. Kāpēc dažas virsmas skenētajā ir trūkstošas?
    2. Kas izraisīja neskaidru virsmu?
    3. Kā nākamreiz varētu uzlabot skenēšanu?
- Ir ieplānoti brīži sadarbībai, diskusijām un rezultātu salīdzināšanai starp grupām.

Materiālu adaptācija kokapstrādei

- Skenētais objekts ir skaidri saistīts ar reālajiem kokapstrādes procesiem (savienojumi, stiprinājumi, dekoratīvi elementi, paraugi, instrumenti).
- Skolēni var salīdzināt fizisko koka detaļu ar tās digitālo skenēšanu, identificējot līdzības un atšķirības.
- Aktivitāte palīdz skolēniem saprast, kā skenēšana atbalsta kokapstrādi, piemēram, dokumentācijā, analīzē vai adaptācijā.

- Ir sniegti skaidri piemēri, kas parāda, ka 3D skenēšana papildina amatniecību, nevis aizstāj to.

3.4 Piemēri aktivitātēm profesionālajā izglītībā (VET) kokapstrādē

Zemāk minētās aktivitātes parāda vienkāršus un reālus veidus, kā integrēt 3D skenēšanu kokapstrādē un galdniecībā. Katras aktivitātes mērķis ir atbalstīt praktisko mācīšanos un sasaistīt digitālos rīkus ar tradicionālo darbnīcas praksi.

Īsa garuma projekts – iesācēju līmenis (1–2 nodarbības): Vienkārša koka komponenta skenēšana un analīze

Mērķis: Iepazīstināt skolēnus ar 3D skenēšanas darbplūsmu, izmantojot vienkāršu un pazīstamu koka objektu no darbnīcas.

- Apraksts: Skolēni izvēlas nelielu koka elementu, piemēram: koka savienojuma paraugu, starplikas bloku, rokturi vai vienkāršu instrumentu. Viņi skenē objektu, izveido digitālo 3D modeli un vizualizē to datorā. Klasē tiek apspriesta skenēšanas kvalitāte, trūkstošās daļas un kopējā precizitāte, salīdzinot digitālo modeli ar reālo objektu.
- Mācību rezultāti: Izprast pamata 3D skenēšanas darbplūsmu; Iemācīties atšķirt fiziskos objektus no digitālajiem modeļiem; Novērot virsmas kvalitāti, ģeometriju un skenēšanas ierobežojumus.
- Variācija: Skolēni skenē to pašu objektu, izmantojot dažādus skenēšanas leņķus vai iestatījumus, un salīdzina rezultātus.

Vidēja garuma projekts – vidējs līmenis (3–4 nodarbības): Koka savienojuma analīze un uzlabošana, izmantojot 3D skenēšanu

Mērķis: Izpētīt tradicionālos koka savienojumus, digitāli analizējot reālu koka savienojumu.

- Apraksts: Skolēni skenē esošu koka savienojumu (piemēram, astes asti, pirkstu savienojumu vai dūriena un tērauda savienojumu). Digitālais modelis tiek izmantots, lai novērotu ģeometriju, leņķus un savienojuma precizitāti. Skolēni identificē nepilnības vai neprecizitātes un apspriež, kā savienojumu varētu uzlabot, pirms to atkārtoti izgatavo vai pielāgo koka detaļās.
- Mācību rezultāti: Uzlabot telpisko izpratni par savienojumiem; Iemācīties analizēt ģeometriju un tolerances; Saistīt skenēšanas rezultātus ar reālu galdniecības precizitāti.
- Variācija: Dažādas grupas skenē dažādus savienojumus un prezentē, kurš dizains nodrošina labāko piegulšanu vai strukturālo izturību.

Ilgtermiņa garuma projekts – progresīvs līmenis (1–2 nedēļas): Hibrīda darbplūsma – no skenēta objekta līdz pārveidotai koka detaļai

Mērķis: Izprast, kā 3D skenēšana atbalsta dokumentāciju, pārveidošanu un adaptāciju kokapstrādes projektos.

- Apraksts: Skolēni skenē esošu koka objektu vai komponentu (piemēram, mēbeļu detaļu, rokturi, dekoratīvu elementu vai instrumentu). Skenētais modelis tiek izmantots kā atsauce, lai pārveidotu vai pielāgotu objektu (piemēram, mērogs, proporcijas vai ģeometrija). Galīgā versija tiek izgatavota vai modificēta koka detaļā.
- Mācību rezultāti: Izprast 3D skenēšanas papildinošo lomu amatniecībā; Iemācīties, kā digitālā fiksācija atbalsta pārveidošanu un plānošanu; Pielietot gan digitālo analīzi, gan tradicionālās kokapstrādes prasmes.
- Variācija: Skolēni dokumentē visu procesu (objekta izvēle → skenēšana → analīze → pārveidošana → koka detaļas izgatavošana) un prezentē savus secinājumus.

4. Integrācija mācību klasē

4.1 Metodiskie ieteikumi

Lai veiksmīgi integrētu 3D skenēšanu profesionālajā izglītībā kokapstrādē un galdniecībā, svarīgi ir koncentrēties ne tikai uz pašu tehnoloģiju, bet arī uz to, kā tā tiek ieviesta un izmantota pedagoģiski. Šie metodiskie ieteikumi palīdz nodrošināt, ka 3D skenēšana atbalsta mācību mērķus un darbnīcas praksi, nevis kļūst par izolētu vai pārāk tehnisku aktivitāti.

- Sāciet ar reāliem darbnīcas objektiem

3D skenēšana jāievieš, izmantojot reālus koka objektus, ar kuriem skolēni jau ir pazīstami, piemēram: savienojumus, instrumentus, komponentus vai paraugus.
Sākot ar pazīstamiem materiāliem, skolēni labāk saprot tehnoloģijas mērķi un samazina pretestību pret digitālajiem rīkiem.
Šāda pieeja atbilst ieteikumiem tehnoloģiju integrēšanai profesionālajā izglītībā, kur digitālie rīki ir visefektīvākie, kad tie saistīti ar esošajām praktiskajām prasmēm.

- Koncentrējieties uz stundu mērķiem, nevis uz instrumentu

Skeneris jāprezentē kā līdzeklis mācību atbalstam, nevis kā nodarbības galvenais mērķis. Skolotājiem ieteicams skaidri izskaidrot, kāpēc skenēšana tiek izmantota konkrētā aktivitātē (analīzei, dokumentācijai, uzlabošanai, salīdzināšanai).
Izglītības pētījumi par 3D skenēšanu norāda, ka mācību rezultāti uzlabojas, ja tehnoloģija tiek izmantota konkrētu problēmu risināšanai, nevis kā pašmērķis.

- Izmantojiet soli pa solim vadītu pieeju

Nepieredzējušiem lietotājiem skenēšanas aktivitātes jāievieš pakāpeniski:

1. vispirms novērojot demonstrāciju,
2. tad veicot vadītu skenēšanu,
3. un galu galā strādājot patstāvīgāk.

Šāda atbalsta pieeja (Scaffolding) ieteicama profesionālajā izglītībā, lai izvairītos no kognitīvā pārslogojuma.

- Veiciniet novērošanu, salīdzināšanu un diskusiju

3D skenēšana dabiski rada diskusiju iespējas:

1. Kāpēc dažas virsmas skenētāja trūkst?
2. Kāpēc viens skenējums izskatās labāk nekā cits?
3. Ko varētu uzlabot?

Pētījumi par aktīvo mācīšanos rāda, ka refleksija un diskusija ar vienaudžiem būtiski uzlabo izpratni, strādājot ar digitālajiem modeļiem.

- Integrējiet skenēšanu ar tradicionālajām darbnīcas aktivitātēm

Skenēšanas aktivitātes jāapvieno ar praktiskiem darbnīcas uzdevumiem, piemēram, mērīšanu, griešanu, montāžu vai apdari.
Tas nostiprina ideju, ka digitālie rīki papildina amatniecību, nevis to aizstāj.
Šī hibrīdā pieeja tiek uzskatīta par labāko praksi mūsdienu profesionālajā un tehniskajā izglītībā.

- Pielāgojiet sarežģītību studentu līmenim

Ne visiem skolēniem jāapgūst uzlaboti skenēšanas iestatījumi vai programmatūra. Iesācēju līmenim pietiek ar pamata skenēšanu un vizualizāciju. Sarežģītāka analīze var tikt ieviesta pakāpeniski.
Izglītības avoti uzsver, ka digitālo rīku sarežģītību jāpielāgo skolēnu sagatavotībai, lai saglabātu motivāciju un pārliecību.

- Izmantojiet skenēšanu kā sadarbības aktivitāti

Kur vien iespējams, skenēšanas uzdevumi jāveic mazās grupās ar skaidriem uzdevumiem (skenera operators, novērotājs, failu pārvaldnieks, prezentētājs).
Sadarbības darbs atspoguļo reālo darbnīcas dinamiku un uzlabo iesaisti.
Sadarbības mācīšanās ar digitālajiem rīkiem ir ļoti ieteicama profesionālās izglītības kontekstā. [14], [15], [16].

4.2 Ieviešanas plāns soli pa solim

1. solis – Vides un aprīkojuma sagatavošana

Pirms 3D skenēšanas uzsākšanas ir svarīgi sagatavot tīru, stabilu un labi organizētu darba vidi. Skenerim jābūt pareizi pieslēgtam pie datora, un programmatūrai jābūt uzstādītai un darbspējīgai.
Ieteicams veikt vienkāršus testa skenējumus ar nelieliem koka objektiem, lai pārliecinātos, ka skeneris pareizi uztver objektu un digitālais modelis ir redzams un pilnīgs.

2. solis – Tehnoloģijas un to mērķa iepazīstināšana

Skolotājs vienkāršā valodā izskaidro, kas ir 3D skenēšana un kāpēc tā ir noderīga kokapstrādē. Uzsvars jāliek uz praktisko pielietojumu: formu analīzi, detaļu dokumentēšanu vai dizaina uzlabošanas atbalstu.
Šis solis palīdz skolēniem saprast, ka skenēšana ir palīgrīks, nevis manuālo prasmju aizstājējs.

3. solis – Skenēšanas procesa demonstrēšana

Skolotājs veic praktisku demonstrāciju, noskenējot vienkāršu koka objektu. Katrs solis tiek skaidrots mierīgi un saprotami, nepārslogojot ar tehniskām detaļām, lai skolēni varētu vērot visu darbplūsmu – no fiziska objekta līdz digitālam modelim.
Šajā posmā skolēni vēro un uzdod jautājumus.

4. solis – Vadīta studentu prakse

Skolēni strādā nelielās grupās un skenē vienkāršu objektu skolotāja uzraudzībā. Var piešķirt skaidras lomas (skenera operators, novērotājs, failu pārvaldnieks).

Mērķis ir dot skolēniem iespēju iegūt pārliecību, praktiski darbojoties, neuzsverot perfekta rezultāta sasniegšanu.

5. solis – Rezultātu novērošana un analīze

Pēc skenēšanas skolēni salīdzina digitālo modeli ar reālo koka objektu. Kopīgi tiek identificētas trūkstošas vietas, deformācijas vai neprecizitātes un apspriesti iespējamie cēloņi.

Šis solis veicina novērošanas prasmes, refleksiju un kritisko domāšanu.

6. solis – Skenēšanas sasaistīšana ar kokapstrādes praksi

Skolotājs sasaista skenēšanas rezultātus ar reālām darbnīcas aktivitātēm, piemēram, savienojumu ģeometrijas izpratni, izmēru pārbaudi vai detaļu dokumentēšanu.

Skolēni redz, kā skenēšana praktiski atbalsta tradicionālos kokapstrādes darbus.

7. solis – Mācību rezultātu nostiprināšana

Skolēni apkopo apgūto un pārrunā, kā 3D skenēšanu varētu izmantot turpmākajos projektos. To var īstenot īsās diskusijās vai vienkāršās rakstiskās refleksijās.

Šis noslēdzošais solis palīdz nostiprināt zināšanas un sagatavo skolēnus sarežģītākam tehnoloģijas pielietojumam nākotnē.

4.3 Mācību procesa integrācijas kontrolsaraksts

Kad skolotāji ir gatavi integrēt 3D skeneri savās nodarbībās, šis kontrolsaraksts kalpos kā ātrs ceļvedis nodarbības sagatavošanai, īstenošanai un noslēgumam. Tas palīdz pārliecināties, ka visi nepieciešamie materiāli, rīki, digitālie resursi un pedagoģiskie soļi ir sagatavoti, nodrošinot vienmērīgu un drošu nodarbības norisi.

Sagatavošanās nodarbībai

- Ir izvēlēts vienkāršs un piemērots koka objekts skenēšanai (savienojuma paraugs, neliela detaļa, instruments, šablons).
- Objekts ir tīrs, sauss un stabils, kā arī atbilst skenera izmēra un tehniskajām iespējām.
- Skeneris un dators ir iepriekš pārbaudīti, lai nodarbības laikā nerastos tehniskas problēmas.
- Skenēšanas programmatūra ir uzstādīta, atjaunināta un darbojas pareizi.
- Ir reālistisks laika plānojums skenēšanai un pamata modeļa apskatei vienas nodarbības ietvaros.

- Skolēniem ir pieejama vienkārša 3D modeļu skatīšanas vai rediģēšanas programmatūra, kas atbilst viņu prasmju līmenim.

Materiāli un rīki

- 3D skeneris un barošanas/datu kabeļi ir pieejami un labā stāvoklī.
- Dators vai klēpjdators aprīkots ar pietiekamu veiktspēju skenēšanas uzdevumiem.
- Ja nepieciešams, ir pieejams rotējošs galds vai atskaites marķieri.
- Ir sagatavota uzglabāšanas vieta (lokāla vai mākoņkrātuvē) skenēto failu saglabāšanai.
- Skenēšanas zona ir sakārtota un brīva no šķēršļiem.

Nodarbības laikā

- Skolēni zina savas lomas (skenera operators, objekta turētājs, novērotājs, failu pārvaldnieks, dokumentētājs).
- Skolēni izprot galvenos skenēšanas soļus:
  1. objekta novietošanu,
  2. skenēšanas veikšanu,
  3. skenējuma pilnīguma pārbaudi,
  4. faila saglabāšanu.
- Ir skaidri izskaidrota darbplūsma: Objekts → Skenēšana → Pārskats → Analīze.
- Ir ieplānots laiks skenējuma kvalitātes novērošanai un apspriešanai (trūkstošas zonas, troksnis, deformācijas).
- Ir izskaidroti drošības noteikumi (neskenēt acu virzienā, uzmanīgi rīkoties ar aprīkojumu).

Pēc nodarbības

- Skolēni dokumentē rezultātus (ekrānuzņēmumi, objekta fotogrāfijas, īsas piezīmes).
- Ir sagatavota īsa refleksijas aktivitāte, piemēram:
  1. Kas skenēšanas procesā izdevās labi?
  2. Kādas problēmas radās?
  3. Kā varētu uzlabot skenējumu?
- Skenētie faili ir pareizi saglabāti un nosaukti turpmākai izmantošanai.
- Skeneris un darba zona ir sakopti un sagatavoti nākamajai grupai.

4.4 Ieteikumi skolotājiem

Zemāk sniegti daži ieteikumi par 3D skeneru izmantošanu izglītības nolūkos.

Rekomendācijas	Apraksts
Tehniskais atbalsts un uzticamība	Pirms 3D skenera ieviešanas mācību procesā ir svarīgi izvēlēties aprīkojumu, kas ir uzticams, viegli uzturams un kura lietošanu nodrošina piegādātāja tehniskais atbalsts.
Drošības apzināšanās	Skolotājiem ir jāsaprot un skaidri jāizskaidro pamatdrošības noteikumi, strādājot ar 3D skenēšanas aprīkojumu. Skolēniem jāzina, kā atbildīgi rīkoties ar skeneri un ievērot sniegtās instrukcijas.
Piemērota skenēšanas vide	Skenēšanas zonai jābūt sakārtotai, stabilai un piemērotai izmantošanai mācību telpā. Kontrolēta iekštelpu vide palīdz uzlabot skenējumu kvalitāti un atvieglo aktivitāšu organizēšanu nodarbību laikā.
Skenēšanas tehnoloģijas izvēle	Dažādas 3D skenēšanas sistēmas piedāvā atšķirīgu sarežģītības līmeni. Izglītības vajadzībām ieteicams priekšroku dot lietošanas vienkāršībai un mācību vērtībai, nevis sarežģītām tehniskām funkcijām, nodrošinot, ka tehnoloģija atbilst mācību videi un skolēnu prasmju līmenim.
Sāciet ar vienkāršiem mācību uzdevumiem	Sākotnējām aktivitātēm jābūt vērstām uz vienkāršiem objektiem un skaidriem mācību mērķiem. Sākšana ar vienkāršu ļauj studentiem soli pa solim izprast skenēšanas procesu un iegūt pārliecību, pirms pāriet pie sarežģītākiem uzdevumiem.
Mācīšanās, novērojot un analizējot kļūdas	Nepilnīgi skenējumi ir mācību procesa sastāvdaļa. Skolotāji tiek aicināti izmantot skenēšanas kļūdas kā diskusiju un refleksijas iespējas, palīdzot skolēniem saprast tehnoloģijas ierobežojumus un uzlabot rezultātus.
Integrācija ar praktiskajām aktivitātēm	3D skenēšana jāintegrē praktiskajās darbnīcas aktivitātēs, pastiprinot esošās praktiskās prasmes. Tas palīdz skolēniem uztvert digitālos rīkus kā papildinājumu tradicionālajam amatniecības darbam, nevis kā tā aizvietotāju [17].

5. Drošība un ilgtspēja 3D skenera izmantošanā

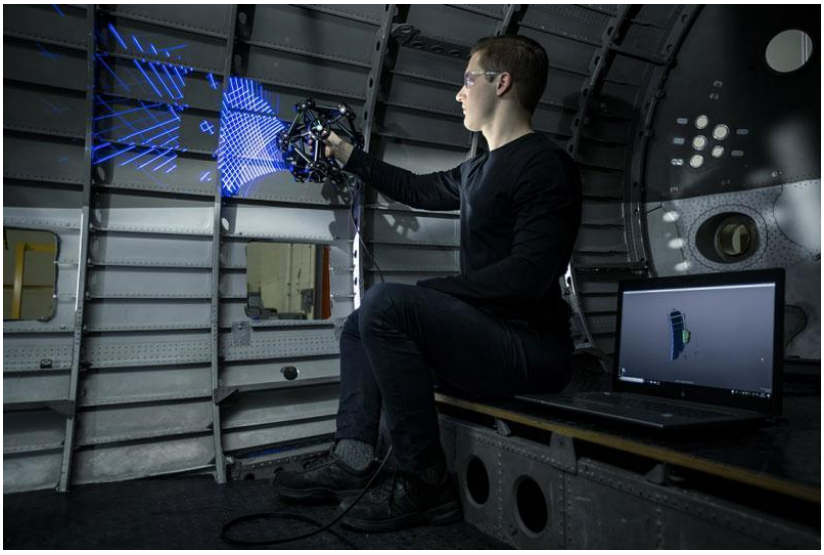
Izmantojot 3D skenerus profesionālās izglītības (VET) kokapstrādes un galdniecības mācībās, ir svarīgi ņemt vērā gan pamatdrošības aspektus, gan aprīkojuma un resursu ilgtspējīgu izmantošanu. Saskaņā ar vadlīnijām par 3D skenēšanas izglītības lietojumu, šos aspektus var viegli pārvaldīt, ievērojot skaidrus noteikumus un labi organizējot nodarbību vidi.

Drošības apsvērumi

3D skeneri ir droši izmantot izglītības vidē, jo tie neietver karstas virsmas vai kustīgas mehāniskas daļas. Tomēr skolotājiem jānodrošina, ka skolēni ievēro dažus pamatnoteikumus:

- Skeneri nekad nedrīkst vērst acīs, īpaši sistēmās, kas izmanto gaismas projicēšanu vai lāzerus.
- Aprīkojumu jālieto rūpīgi, lai izvairītos no kritieniem vai triecieniem.
- Kabeļi un savienojumi jāorganizē tā, lai novērstu paklupšanas risku.

Skaidras instrukcijas un uzraudzība palīdz nodrošināt drošu lietošanu, īpaši, ja ar skeneri strādā vairāki skolēni vienlaikus.



Attēls 9: Cilvēks izmanto 3D skeneri. [18].

Ilgtspējības apsvērumi

No ilgtspējas viedokļa 3D skenēšana veicina materiālu efektīvu un atbildīgu izmantošanu. Analizējot objektus digitāli pirms to pārveides vai detaļu reproducēšanas, skolēni var:

- Samazināt nevajadzīgu materiālu patēriņu;

- Izvairīties no izmēģinājumu un kļūdu metodes koka apstrādē;
- Uzlabot plānošanu pirms darbu uzsākšanas darbnīcā.

Turklāt digitālos modeļus var saglabāt, atkārtoti izmantot un koplietot, samazinot nepieciešamību atkārtoti ražot fiziskus paraugus. Tas veicina ilgtspējīgāku pieeju mācībām un ražošanai [17].

6. Papildresursi

Nosaukums: Sākam darbu ar 3D skeneri

Autors: Concord Free Public Library

Apraksts: Šis ir ievada video par 3D skeneru tehnoloģiju, kurā tiek parādītas pamata darbības, kā sākt izmantot šo tehnoloģiju.

Saite: https://www.youtube.com/watch?v=uqPB2PcHN-8

Nosaukums: Kā skenēt koka krēslu | Calibry 3D skeneris

Autors: Calibry

Apraksts: Šajā video redzams, kā tiek izmantots 3D skeneris — īss ievads, taču fokusēts uz koka objektu, konkrēti krēslu.

Saite: https://www.youtube.com/watch?v=l3qPHkGWRSA

Nosaukums: Ievads 3D skenēšanā

Autors: CREAFORM

Apraksts: Šis dokuments sniedz vizuālāku ievadu 3D skeneru tehnoloģijā.

Saite: https://www.creaform3d.com/-/media/project/oneweb/oneweb/creaform3d/technical-documentation/ebook1_an_introduction_to_3d_scanning.pdf?la=en&revision=74cdebf2-5279-4a66-9b0e-3d16633ca6b4&hash=0C0545C976BB275A3830C5DD195FBA2C

Nosaukums: Calibry 3D skenera lietotāja rokasgrāmata

Autors: Calibry 3D skeneris

Apraksts: Rokasgrāmata par to, kā izmantot šo 3D skeneri (strukturētās gaismas 3D skeneri).

Saite: https://thor3dscanner.com/assets/apps/support/Calibry_3D_scanner_Manual_ENG_OK.pdf

7. Nobeigums

3D skenēšana ir vērtīga un pieejama tehnoloģija, kas var bagātināt profesionālās izglītības un apmācības (VET) galdniecības un kokapstrādes programmās, ja to izmanto ar skaidriem izglītības mērķiem. Ļaujot koka objektus digitāli uztvert un analizēt, tas palīdz skolēniem labāk izprast formas, savienojumus un konstrukcijas detaļas, vienlaikus stiprinot saikni starp manuālajiem prasmēm un digitālajiem rīkiem. Saskaņā ar ShiftVET projekta mērķiem šī rokasgrāmata atbalsta digitālo tehnoloģiju pakāpenisku integrēšanu profesionālajā izglītībā, palīdzot skolotājiem modernizēt mācību praksi, saglabājot ciešu saikni ar darbnīcas realitāti. Ar vienkāršu sagatavošanos, skaidriem drošības noteikumiem un reāliem uzdevumiem 3D skenēšanu var veiksmīgi ieviest klasē. Lietojot šādā veidā, tā kļūst par praktisku atbalsta rīku, kas sagatavo audzēkņus mainīgai profesionālajai videi, vienlaikus cienot tradicionālās galdniecības prasmes.

No koka uz digitālo – izprotot amatniecību caur 3D skenēšanu!

Literatūras saraksts

[1] SHINING 3D. *What is 3D scanning and what types of scanners are there?*,. SHINING 3D, 03 July 2023. [Online]. Available: https://www.einscan.com/applications/que-es-el-escaneo-3d-y-que-tipos-de-escaneres-hay/. [Last access: 02 January 2026].

[2] R&G Metal Shaping. *Implementation of 3D laser scanning in industrial sheet metal fabrication.* R&G Metal Shaping, n.d. [Online]. Available: https://rgmetalshaping.com/implementacion-del-escaner-laser-3d/. [Last access: 02 January 2026].

[3] SCANOLOGY, *What is 3D scanning and how does a 3D scanner work?*, SCANOLOGY, 12 May 2025. [Online]. Available: https://www.3d-scantech.com/what-is-3d-scanning-and-how-does-a-3d-scanner-work-5970/. [Last access: 02 January 2026].

[4] KREON, *How does laser triangulation 3D scanning technology improve manufacturing processes?,* KREON, n.d., [Online]. Available: https://www.kreon3d.com/es/article/how-does-laser-triangulation-3d-scanning-technology-improve-manufacturing-processes. [Last access: 02 January 2026].

[5] 3DRevopoint, *What is Structured Light 3D Scanning and How It Works*, 3DRevopoint, 28 February 2025. [Online]. Available: https://www.revopoint3d.com/blogs/blog/what-is-structured-light-3d-scanning-and-how-it-works?srsltid=AfmBOorrjKkMXgqqwLu7Rnoh58AW280YBAOifvvQ-VUH29KbDEUoOhun&msged=1. [Last access: 02 January 2026].

[6] Zuza, M. *Photogrammetry – 3D scanning with just your phone/camera*, PRUSA, 13 March 2018. [Online]. Available: https://blog.prusa3d.com/photogrammetry-3d-scanning-just-phone-camera_7811/. [Last access: 02 January 2026].

[7] Grupo Abstract, *FARO ScanArm articulated arm 3D scanner*, Grupo Abstract, [Online]. Available: https://grupoabstract.com/soluciones/equipos/escaner3d/articulados/. [Last access: 02 January 2026].

[8] SICNOVA, *3D scanning technologies: advantages and limitations*, SICNOVA, 02 January 2022. [Online]. Available: https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/tecnologias-de-escaneo-3d-ventajas-y-limitaciones/. [Last access: 02 January 2026].

[9] Koneva, V. *What is 3D laser scanning?,* Artec 3D, 11 February 2025. [Online]. Available: https://www.artec3d.com/es/learning-center/laser-3d-scanning. [Last access: 02 January 2026].

[10] Descubre Arduino, *What is 3D scanning? Definition, advantages, and uses*, Descubre Arduino, [Online]. Available: https://descubrearduino.com/que-es-el-escaneo-3d-definicion-ventajas-y-usos/. [Last access: 02 January 2026].

[11] Rodríguez, D.S. *Activities for bringing 3D scanning into the classroom*, Valladolid, 2021.

[12] Lewsam, J. 3*D Scanning for Woodworking: Capturing Real-World Objects – 5 Game-Changing Benefits You Must Try,* Wood of Woodcraft, n.d., [Online]. Available: https://worldofwoodcraft.com/3d-scanning-for-woodworking-capturing-real-world-objects/. [Last access: 07 January 2026].

[13] Contreras, L. *How to choose a 3D scanner?,* 3D natives, 20 September 2017. [Online]. Available: https://www.3dnatives.com/es/expertos-elegir-un-escaner-3d-200920172. [Last access: 07 January 2026].

[14] SCANOLOGY, *How 3D Scanning is Shaping the Future of Education*, SCANOLOGY, 09 January 2025. [Online]. Available: https://www.3d-scantech.com/how-3d-scanning-is-shaping-the-future-of-education/. [Last access: 07 January 2026].

[15] Claros, M. D*iscover how a 3D scanner is transforming the education sector*, BlogWell, 15 June 2023. [Online]. Available: https://www.crear4d.com/descubre-como-un-escaner-3d-revoluciona-el-sector-educativo/. [Last access: 07 January 2026].

[16] Ramseier, A. *3D Scanning in Education: Enhancing Learning Experiences with Technology*, High country, 01 December 2025. [Online]. Available: https://hctcinc.com/blog/3d-scanning-in-education--enhancing-learning-experiences-with-technology. [Last access: 07 January 2026].

[17] CENTRAL SCANNING, *Uses Of 3D Scanning In The Educational Sector*, CENTRAL SCANNING, 14 August 2024. [Online]. Available: https://www.central-scanning.co.uk/3d-scanning-educational/. [Last access: 07 January 2026].

[18] CREAFORM, *Top tips for 3D scanning and quality control*, CREAFORM, [Online]. Available: https://www.creaform3d.com/es/resources/blog/3d-scanning-for-quality-control-top-tips-to-maximize-your-investment. [Last access: 07 January 2026].



SHIFTVET



Co-funded by
the European Union

Līdzfinansē Eiropas Savienība. Paustie uzskati un viedokļi ir tikai autora(-u) uzskati un viedokļi, un tie ne vienmēr atspoguļo Eiropas Savienības vai Spānijas Izglītības internacionalizācijas dienesta (SEPIE) nostāju. Ne Eiropas Savienība, ne finansējuma piešķīrēja iestāde nevar tikt saukta pie atbildības par tiem.