



MUHANDISLIK GEOMETRIYASI VA KOMPYUTER GRAFIKASI TA'LIMIDA 3D MODELLASHTIRISH ASOSIDA FAZOVIIY VIZUALIZATSIYANI RIVOJLANTIRISH

Mamasidikova Gulnoraxon Muhammad qizi,

Qo'qon shahar, 21-maktab o'qituvchisi.

DOI: <https://doi.org/10.54613/ku.v19iA.1811>

MAQOLA HAQIDA/O' STAT'YE

Qabul qilindi: 17-avgust 2026-yil

Tasdiqlandi: 19-avgust 2026-yil

Jurnal soni: 19-A

Maqola raqami: 46

KALIT SO'ZLAR/ КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

3D modellashirish, fazoviy vizualizatsiya, muhandislik geometriyasi, kompyuter grafikasi, grafik kompetensiya, audio-video texnologiyalar, raqamli ta'lim muhiti, fazoviy tafakkur, interaktiv modellashirish

ANNOTATSIYA/ АННОТАЦИЯ

Mazkur maqolada bo'lajak muhandislarning grafik kompetensiyalarini rivojlantirishda 3D modellashirish, fazoviy vizualizatsiya hamda audio-video texnologiyalarining metodik imkoniyatlari tahlil qilinadi. Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi fanlarini o'qitishda ikki o'lchamli chizma va uch o'lchamli model o'rtasidagi bog'liqlikni shakllantirish, geometrik obyektlarni fazoda tasavvur qilish, ularni yaratish, o'zgartirish, aylantirish, kesimlarini hosil qilish va turli proyeksiyalarda tahlil qilish jarayonlariga alohida e'tibor qaratiladi. Tadqiqotda raqamli modellashirish muhitining talabalarning mustaqil grafik faoliyatini tashkil etishdagi imkoniyatlari ham ko'rib chiqiladi. 3D obyektlar bilan amaliy ishlash orqali geometrik masalalarni kuzatish, sinab ko'rish va qayta konstruksiyalash imkoniyatlarining kengayishi ta'lim mazmunini amaliy muhandislik vazifalariga yaqinlashtiradi. Shuningdek, turli murakkablikdagi modellashirish topshiriqlarini izchil qo'llash orqali talabalarning individual tayyorgarlik darajasini hisobga olish va ularning grafik faoliyatini bosqichma-bosqich rivojlantirish imkoniyati yuzaga keladi. Ushbu yondashuv muhandislik grafikasi mashg'ulotlarida mustaqil ishlash, geometrik qarorlarni asoslash va raqamli loyihalash ko'nikmalarini shakllantirish uchun metodik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

ABOUT THE PAPER

Accepted: 17 August 2026

Approved: 19 August 2026

Volume: 19-A

Paper number: 46

KEYWORDS

3D modelling, spatial visualization, engineering geometry, computer graphics, graphic competence, audio-video technologies, CAD, digital learning environment, spatial thinking, interactive modelling

ANNOTATION

This article examines the methodological potential of 3D modelling, spatial visualization, and audio-video technologies for developing the graphic competencies of future engineers. Particular attention is paid to establishing the relationship between two-dimensional drawings and three-dimensional models in teaching engineering geometry and computer graphics, as well as to the processes of spatial representation, creation, transformation, rotation, and analysis of geometric objects, including the construction of sections and different projections. The study also considers the potential of digital modelling environments for organizing students' independent graphic activities. Practical work with three-dimensional objects provides opportunities to observe, test, and reconstruct geometric solutions, thereby bringing the learning content closer to authentic engineering tasks. The systematic use of modelling assignments with different levels of complexity can accommodate students' varying levels of preparation and support the gradual development of their graphic abilities. This approach can provide a methodological basis for fostering independent learning, justification of geometric decisions, and digital design skills in engineering graphics education.

Kirish

Zamonaviy tadqiqotlarda modellashirish texnologiyalaridan ta'lim jarayonida foydalanish muhandislik ta'limini takomillashtirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda. Ayniqsa, muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi fanlarini o'qitishda modellashirish talabalarning geometrik obyektlarni fazoviy tasavvur qilish, ularning tuzilishini tahlil etish hamda grafik ko'rinishlarini amaliy jihatdan ifodalash imkoniyatlarini kengaytiradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 3D modellashirish va interaktiv vizual vositalardan foydalanish talabalarning fazoviy fikrlashini rivojlantirish hamda murakkab geometrik shakllarni tushunishini yengillashtirishga xizmat qiladi.

Muhandislik geometriyasi doirasida modellashirishni faqat tayyor uch o'lchamli obyektlarni namoyish etish vositasi sifatida emas, balki geometrik tushunchalarni yaratish, o'zgartirish, taqqoslash va tahlil qilishga imkon beruvchi didaktik vosita sifatida qarash maqsadga muvofiq. Talaba ikki o'lchamli chizma bilan ishlashdan uch o'lchamli modelni yaratish va uni turli nuqtayi nazarlardan ko'rib chiqishgacha bo'lgan jarayonda obyektning fazoviy tuzilishi va uning grafik tasviri o'rtasidagi bog'liqlikni yaxshiroq anglaydi. CAD tizimlari va 3D modellashirish dasturlarining ta'lim jarayoniga integratsiyasi aynan shu jarayonni amaliy jihatdan qo'llab-quvvatlaydi.

Mazkur yondashuvda audio va video texnologiyalar ham muhim metodik ahamiyat kasb etadi. Muhandislik geometriyasiga oid murakkab grafik amallarni bosqichma-bosqich namoyish etuvchi videodarslar, animatsiyalar, ekran yozuvlari va ovoqli tushuntirishlar talabani o'quv materialini mustaqil ravishda qayta ko'rib chiqishiga imkon beradi. Xususan, video materialni takroran ko'rish, 3D modelning aylantirilishi yoki kesimlarining ketma-ket namoyish etilishi orqali geometrik obyektning fazoviy xususiyatlarini turli rakurslarda kuzatish mumkin. Ko'p modal ta'limda videodarslar, CAD mashg'ulotlari va uch o'lchamli modellarni birgalikda qo'llash fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarining rivojlanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Shu nuqtayi nazardan, mazkur tadqiqot doirasida modellashirish deganda muhandislik

geometriyasiga oid obyektlarning raqamli modellarni yaratish, ularni vizualizatsiya qilish, o'zgartirish va tahlil etish orqali talabalarda fazoviy tasavvur hamda grafik kompetensiyalarni shakllantirishga qaratilgan pedagogik jarayon tushuniladi. Bunda 3D modellar, CAD vositalari, interaktiv grafikalar, animatsiyalar, audio izohlar va videomateriallar yagona raqamli ta'lim muhiti tarkibida o'zaro uyg'unlashtiriladi.

Bunday yondashuv an'anaviy chizma va statik tasvirlarning imkoniyatlarini kengaytirib, talabaga geometrik obyektning nafaqat tayyor ko'rinishda kuzatish, balki uni mustaqil ravishda yaratish, fazoda aylantirish, o'lchamlarini o'zgartirish, kesimlarini hosil qilish va turli proyeksiyalar orqali tahlil qilish imkonini beradi. Natijada nazariy bilim bilan amaliy grafik faoliyat o'rtasidagi uzviy bog'liqlik kuchayadi hamda bo'lajak muhandislarning fazoviy tafakkuri, grafik savodxonligi va raqamli loyihalash ko'nikmalarini rivojlantirish uchun qulay pedagogik sharoit yaratiladi. Shunday qilib, muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi fanlarini o'qitishda 3D modellashirishni audio-video texnologiyalari bilan integratsiyalash talabalarning murakkab geometrik obyektlarni idrok etishi, fazoviy munosabatlarni anglash va grafik masalalarni amaliy yechish imkoniyatlarini oshiradi. Eng muhimi, bunda raqamli texnologiyalar maqsadning o'zi emas, balki muhandislik-geometrik bilimlarni chuqur o'zlashtirish va professional grafik kompetensiyalarni shakllantirishga xizmat qiluvchi metodik vosita sifatida namoyon bo'ladi.

Adabiyotlar tahlili

Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi ta'limida fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirish masalasi zamonaviy muhandislik ta'limining muhim yo'nalishlaridan biri sifatida qaraladi. Ayniqsa, ikki o'lchamli chizma asosida uch o'lchamli obyektning tasavvur qilish, uning geometrik tuzilishini anglash va modelni turli yo'nalishlarda aqliy hamda amaliy manipulyatsiya qilish ko'nikmalari muhandislik grafikasi fanlarini o'zlashtirish bilan bevosita bog'liq. Budinoff va McMains 3D modellashirish kursida fazoviy vizualizatsiya qobiliyati bilan talabalarning o'quv natijalari o'rtasidagi munosabatni o'rgangan.

Tadqiqotda 57 nafar talaba ishtirok etgan bo'lib, 47 nafar talabaning boshlang'ich va yakuniy fazoviy vizualizatsiya testlari taqqoslangan. Mualliflar semestr davomida o'rta test ko'rsatkichi 9,4 foizga oshganini aniqlaganlar. Shu bilan birga, yakuniy fazoviy vizualizatsiya ko'rsatkichlari imtihonlar va umumiy kurs natijalari bilan kuchli bog'liqlikka ega bo'lgan [1, 17–20].

Mazkur tadqiqotning muhim jihati shundaki, fazoviy vizualizatsiya faqat abstrakt geometrik qobiliyat sifatida emas, balki 3D modellashirish jarayonida rivojlanadigan va o'quv faoliyati natijalariga ta'sir ko'rsatadigan ko'nikma sifatida talqin qilinadi. Mualliflar talabalardan muhandislik chizmasini o'qish, unga mos uch o'lchamli obyektni SOLIDWORKS muhitida modellashirish va keyinchalik uning grafik tasvirini yaratishni talab qilgan topshiriqdan foydalanish [1, 18]. Tadqiqot natijalari boshlang'ich fazoviy vizualizatsiya darajasidan ko'ra kurs oxiridagi ko'rsatkichlarning o'quv natijalari bilan kuchliroq bog'langanini ko'rsatgan [1, 20–21].

Budinoff va McMainsning xulosalarida 2D muhandislik chizmalarini talqin qilish va ularga mos 3D geometriyani yaratish kabi faoliyatlar fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarining rivojlanishiga xizmat qilishi mumkinligi qayd etiladi. Mualliflar aynan chizma va uch o'lchamli model o'rtasidagi o'tish jarayonini fazoviy fikrlashni faollashtiruvchi o'quv faoliyati sifatida ko'rsatadilar [1, 21]. Shu bilan birga, ular sabab-oqibat munosabatini qat'iy belgilash mumkin emasligini ham ta'kidlaydilar. Bu holat 3D modellashirishning fazoviy vizualizatsiyaga ta'sirini baholashda boshqa pedagogik omillarni ham hisobga olish zarurligini ko'rsatadi [1, 22–23].

Kösa va Karakuşning tadqiqoti esa kompyuter yordamida loyihalash (CAD) vositalaridan foydalanishning muhandislik talabalarining fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalariga ta'sirini bevosita tajriba asosida o'rgangan. Tadqiqotda 116 nafar birinchi bosqich mexanika muhandisligi talabasi qatnashgan, ulardan 72 nafari CAD asosidagi mashg'ulotlarda ishtirok etgan tajriba guruhini, 44 nafari esa nazorat guruhini tashkil etgan. Fazoviy vizualizatsiyani baholash uchun Purdue Spatial Visualization Test–Visualization of Rotations (PSVT:R) testi boshlang'ich va yakuniy bosqichlarda qo'llangan [2, 296–308]. Tadqiqot natijalariga ko'ra, CAD asosidagi muhandislik chizmachiligi mashg'ulotlari talabalarining fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarini rivojlantirish bilan bog'liq ijobiy natijalarni bergan.

Kösa va Karakuşning yondashuvi 3D modellashirishning ta'limiy ahamiyatini amaliy grafik faoliyat bilan bog'lash imkonini beradi. Bunda CAD muhiti geometrik obyektni faqat tayyor shaklda ko'rsatish uchun emas, balki uni yaratish, o'zgartirish va fazoviy jihatdan tahlil qilish uchun xizmat qiladi. Shuningdek, tadqiqotchilar fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarining muhandislik chizmachiligi kursidagi muvaffaqiyat bilan bog'liqligini ham ko'rsatganlar [2, 296–308].

Katona tadqiqotida esa birinchi bosqich muhandislik talabalari uchun tashkil etilgan 18 ta 45 daqiqalik kompyuter yordamida 3D modellashirish kursining fazoviy qobiliyatga ta'siri o'rganilgan. Tadqiqotda 3D modellashirish, muammoli vaziyatlarni hal qilish va obyektlarni loyihalashga yo'naltirilgan topshiriqlardan foydalanilgan. Muallif ma'lumotlariga ko'ra, kurs fazoviy ko'nikmalarining rivojlanishiga xizmat qilgan va ayniqsa o'rta darajadagi fazoviy qobiliyatga ega talabalar uchun sezilarli o'sish kuzatilgan [3, 26–37].

Katona tomonidan ilgari surilgan yana bir muhim jihat 3D modellashirishni muammoli topshiriqlar bilan birlashtirishdir. Bunday yondashuvda talaba tayyor geometrik obyektni shunchaki kuzatmaydi, balki uni loyihalash va yaratish jarayonida fazoviy munosabatlarni aniqlaydi. Shu sababli CAD asosidagi 3D mashg'ulotlar fazoviy intellekt bilan bir qatorda texnologik masalalarni hal qilish va obyektlarni loyihalash faoliyatini ham qo'llab-quvvatlaydi [3, 26–37].

Mazkur yo'nalishdagi eng yangi tadqiqotlardan biri Wang, Ding, Wang va Yu tomonidan 2025-yilda amalga oshirilgan bo'lib, unda muhandislik talabalarining fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarini rivojlantirish uchun explicit instruction, ya'ni aniq va tizimli bevosita o'qitish yondashuvi asosida maxsus mini-modullar ishlab chiqilgan. Tadqiqot "Introduction to Civil Engineering" kursida o'qiyotgan talabalarni qamrab olgan. Tajriba va kechiktirilgan nazorat guruhlarining har birida 28 nafardan talaba qatnashgan. Natijalar bevosita va tizimli o'qitish fazoviy vizualizatsiya ko'rsatkichlarini yaxshilaganini hamda ushbu ta'simning keyingi bosqichda ham saqlanganini ko'rsatgan [4].

Wang va hammualliflarning tadqiqoti fazoviy vizualizatsiyani faqat talabaning individual qobiliyati sifatida qabul qilishdan ko'ra, uni maxsus tashkil etilgan pedagogik faoliyat orqali rivojlantirish mumkinligini asoslaydi. Tadqiqotda vizual-fazoviy ko'nikmalar va bevosita o'qitish alohida omillar sifatida talaba natijalariga sezilarli ta'sir ko'rsatgan, biroq ularning o'zaro ta'siri statistik jihatdan sezilarli bo'lmagan [4].

Ko'rib chiqilgan ilmiy manbalar 3D modellashirish, CAD vositalari va tizimli pedagogik ko'rsatkichlarni fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirish

bilan bog'lashini ko'rsatadi. Budinoff va McMains 3D modellashirish kursidagi fazoviy vizualizatsiya va o'quv natijalari o'rtasidagi munosabatni ko'rsatgan bo'lsa [1, 17–23], Kösa va Karakuş CAD asosidagi muhandislik grafikasi mashg'ulotlarining fazoviy vizualizatsiyaga ta'sirini tajribaviy jihatdan o'rgangan [2, 296–308]. Katona 3D CAD kursini fazoviy ko'nikmalarni rivojlantirish bilan bog'lagan [3, 26–37], Wang va hammualliflar esa fazoviy vizualizatsiyani aniq, bosqichma-bosqich o'qitish orqali rivojlantirish mumkinligini ko'rsatgan [4].

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur tadqiqotda muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi ta'limida 3D modellashirish asosida fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirish imkoniyatlarini aniqlash uchun tahlil, taqqoslash, modellashirish va pedagogik kuzatuv metodlaridan foydalanildi. Ilmiy adabiyotlar tahlili orqali fazoviy vizualizatsiya, CAD texnologiyalari va 3D modellashirishning ta'limiy imkoniyatlari o'rganildi hamda mavjud ilmiy yondashuvlar qiyosiy tahlil qilindi. Metodik modelda o'quv jarayoni 2D chizmani tahlil qilish → fazoviy tasavvur hosil qilish → 3D model yaratish → modelni manipulyatsiya qilish → kesim va proyeksiyalarni tahlil qilish → grafik ifodalash ketma-ketligi asosida tashkil etildi. Shuningdek, audio-video materiallar, animatsiyalar va ekran yozuvlaridan murakkab grafik amallarni bosqichma-bosqich tushuntirish vositasi sifatida foydalanishning metodik imkoniyatlari baholandi. Tadqiqotning metodik jihatdan muhim tomoni shundaki, unda fazoviy vizualizatsiya umumiy "qobiliyat" sifatida shunchaki kuzatilmagan, balki uni rivojlantirishga qaratilgan maxsus o'quv aralashuvi ishlab chiqilgan. Tadqiqotchilar Introduction to Civil Engineering kursida tahsil olayotgan talabalar uchun fazoviy vizualizatsiyaning prinsip va texnikalarini o'rgatuvchi mini-modullarni qo'llaganlar. Tajriba guruhida mazkur pedagogik aralashuv dastlabki testdan keyin darhol amalga oshirilgan, kechiktirilgan nazorat guruhida esa aralashuv keyingi bosqichga qoldirilgan. Har ikki guruhda 28 nafardan talaba qatnashgan.

Natijalar

Muhandislik ta'limida talabalarining fazoviy vizualizatsiya qobiliyatini rivojlantirish geometrik obyektlarni anglash, ularning fazodagi o'zaro munosabatlarini aniqlash va grafik axborotni amaliy faoliyatga aylantirishning muhim shartlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, muhandislik geometriyasi, muhandislik grafikasi, kompyuter grafikasi va loyihalash fanlarida talabaning ikki o'lchamli grafik tasvir asosida uch o'lchamli obyektni tasavvur qila olishi, obyektni turli yo'nalishlarda aqliy ravishda aylantirishi hamda uning fazoviy tuzilishini tahlil qilishi professional grafik faoliyatning muhim tarkibiy qismini tashkil etadi. Shu sababli zamonaviy muhandislik ta'limida fazoviy vizualizatsiyani tasodifiy ravishda shakllanadigan qobiliyat sifatida emas, balki maxsus pedagogik metodlar asosida rivojlantirilishi mumkin bo'lgan kompetensiya sifatida qarash tendensiyasi kuchaymoqda.

Mazkur nuqtayi nazar 2025-yilda Qian Wang, Yi Ding, Jiayi Wang va Qiong Yu tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotda ham o'z ifodasini topgan. Tadqiqotchilar muhandislik talabalarining fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarini rivojlantirish uchun maxsus "explicit instruction", ya'ni aniq, tizimli va bevosita o'qitishga asoslangan mini-modullarni ishlab chiqqanlar.

Tadqiqot natijalari fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarini maqsadli va tizimli ravishda o'qitish talabalarining natijalarini sezilarli darajada yaxshilashi mumkinligini ko'rsatgan. Tajriba guruhida bevosita o'qitishdan keyin ko'rsatkichlar yaxshilangan, keyinchalik ushbu yondashuv kechiktirilgan nazorat guruhida ham qo'llanganda ijobiy natijalar kuzatilgan. Muhimi, tadqiqotchilar aralashuvdan keyingi samaralar ma'lum vaqt davomida saqlanib qolganini, ya'ni o'quv ta'sirining faqat qisqa muddatli natija bilan cheklanmaganini qayd etganlar.

Mazkur natija muhandislik geometriyasini o'qitish metodikasi uchun muhim nazariy xulosani beradi: fazoviy tafakkurni rivojlantirishni faqat talabaning mustaqil tajribasiga qoldirish shart emas. Aksincha, fazoviy obyektlarni tasavvur qilish, ularni aqliy aylantirish, geometrik qismlar o'rtasidagi munosabatlarni aniqlash va grafik tasvirdan fazoviy modelga o'tish kabi operatsiyalarni bosqichma-bosqich va aniq ko'rsatkichlar asosida o'rgatish mumkin. Shu nuqtayi nazardan, o'qituvchi tomonidan beriladigan metodik ko'rsatma, vizual namuna, amaliy topshiriq va mustaqil modellashirish faoliyati yagona didaktik tizimni tashkil etishi lozim.

Ushbu ilmiy yondashuvni 3D modellashirish texnologiyalariga tatbiq etganda, fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirish jarayoni bir necha o'zaro bog'liq bosqichlarda tashkil etilishi mumkin. Birinchi bosqichda talaba ikki o'lchamli chizma yoki geometrik tasviri tahlil qiladi. Ikkinchi bosqichda chizmada berilgan elementlarning fazodagi joylashuvini aniqlaydi. Uchinchi bosqichda ushbu ma'lumotlar asosida 3D model yaratadi. To'rtinchi bosqichda modelni aylantirish, masshtabini

o'zgartirish, qismlarga ajratish yoki kesim hosil qilish orqali obyektning fazoviy tuzilishini tekshiradi. Yakuniy bosqichda esa yaratilgan modelning proyeksiyalarini qayta hosil qilib, uni dastlabki grafik tasvir bilan taqqoslaydi. Bunday faoliyat fazoviy vizualizatsiyani passiv kuzatishdan faol konstruktiv faoliyatga aylantiradi.

Shu jihatdan, 2025-yilgi tadqiqotning asosiy metodik g'oyasi — fazoviy vizualizatsiyani maxsus pedagogik aralashuv orqali rivojlantirish mumkinligi — 3D modellashirish asosidagi muhandislik geometriyasi metodikasi bilan mantiqan uyg'unlashadi. Biroq bunda bir muhim farq mavjud: Wang va uning hamkasblari fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirish uchun bevosita va tizimli o'qitish mini-modullaridan foydalangan bo'lsa, mazkur tadqiqot doirasida ushbu yondashuvni 3D modellashirish, CAD vositalari, audio-video materiallar va interaktiv vizualizatsiya bilan kengaytirish mumkin.

Bunday integratsiya ayniqsa murakkab geometrik obyektlarni o'rganishda muhimdir. Masalan, talaba murakkab detalning ikki o'lchamli chizmasini olganda, dastlab undagi asosiy geometrik elementlarni ajratadi. Keyinchalik videodars yordamida obyektning 3D modelga aylantirish jarayonini bosqichma-bosqich kuzatadi. Shundan so'ng CAD muhitida ushbu amalni mustaqil takrorlaydi. Tayyor modelni turli rakurslarda aylantirish, uning kesimini hosil qilish va geometrik parametrlarini o'zgartirish orqali talaba obyektning ichki fazoviy munosabatlarini bevosita tekshiradi. Demak, audio-video material tushuntirish va namoyish funksiyasini, 3D model interaktiv vizualizatsiya funksiyasini, CAD muhiti esa konstruktiv-amaliy faoliyat funksiyasini bajaradi.

Tadqiqotning yana bir muhim jihati vizual fazoviy ko'nikmalar va o'qitish usuli o'rtasidagi munosabatning o'rganilganidir. Mualliflar vizual fazoviy ko'nikmalar va bevosita o'qitish aralashuvi talaba natijalariga alohida sezilarli ta'sir ko'rsatganini aniqlagan, biroq ularning o'zaro ta'siri statistik jihatdan sezilarli bo'lmagan. Bu natija barcha talabalar, shu jumladan fazoviy qobiliyati turlicha bo'lgan talabalar uchun tizimli va aniq o'qitish foydali ishlab chiqish vazifasi yuklatiladi.

Muhandislik geometriyasi fanida 3D modellashirishga asoslangan topshiriqlarni talabalar tayyorgarligi darajasiga qarab bosqichlashtirish maqsadga muvofiq. Boshlang'ich bosqichda oddiy geometrik jismlarni tanish va aylantirish, keyingi bosqichda ikki o'lchamli chizmadan uch o'lchamli model yaratish, undan keyin murakkab detallarni modellashirish, kesimlar hosil qilish va yig'ma modellarni tahlil qilish kabi topshiriqlardan foydalanish mumkin. Yuqori bosqichda esa talabaga tayyor algoritim emas, balki muhandislik masalasi berilib, uning geometrik modelini mustaqil ishlab chiqish vazifasi yuklatiladi.

Shuningdek, 2025-yilgi tadqiqot natijalari baholash tizimini ham qayta ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi. Fazoviy vizualizatsiya va grafik kompetensiyani faqat yakuniy chizmaning to'g'riligi bilan baholash yetarli emas. Talabaning obyektning fazoviy tasavvur qilishi, modelni yaratish ketma-ketligini tushunishi, proyeksiyalar o'rtasidagi munosabatni aniqlashi, modelni manipulyatsiya qilishi va geometrik qarorlarini izhlashi ham baholanishi lozim. Shu sababli diagnostik tizimda fazoviy vizualizatsiya testi, amaliy CAD topshiriq'i va grafik mahsulot sifatini baholash kabi o'zaro to'ldiruvchi ko'rsatkichlardan foydalanish maqsadga muvofiq.

Wang va hamkasblarining 2025-yilgi tadqiqoti muhandislik ta'limida fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarini rivojlantirishni maxsus, tizimli va bosqichma-bosqich pedagogik ta'sir orqali tashkil etish mumkinligini ilmiy jihatdan asoslaydi. Mazkur ilmiy yondashuvni 3D modellashirish va audio-video texnologiyalari bilan integratsiyalash orqali yanada kengaytirish mumkin. Bunda asosiy metodik zanjirni "aniq tushuntirish → vizual namoyish → 3D modellashirish → interaktiv manipulyatsiya → fazoviy tahlil → grafik ifodalash → amaliy qo'llash" shaklida tashkil etish bo'lajak muhandislarning fazoviy tafakkuri va professional grafik kompetensiyalarini rivojlantirishga yo'naltirilgan yaxlit pedagogik tizimni shakllantiradi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, bo'lajak muhandislarning grafik kompetensiyalarini rivojlantirishda fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarini maqsadli va tizimli ravishda shakllantirish muhim metodik shartlardan biridir. Wang va boshqalar (2025) tomonidan olib borilgan tadqiqot natijalari fazoviy vizualizatsiya qobiliyatlarini faqat tabiiy ravishda rivojlanadigan individual xususiyat sifatida emas, balki maxsus tashkil etilgan, bosqichma-bosqich va aniq ko'rsatmalarga asoslangan ta'lim orqali takomillashtirish mumkinligini ko'rsatadi.

Mazkur ilmiy yondashuv muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi fanlarini o'qitishda 3D modellashirish texnologiyalaridan foydalanishning metodik asoslarini kuchaytiradi. Bunda talabaning ikki o'lchamli chizma va uch o'lchamli obyekt o'rtasidagi munosabatni anglash, geometrik obyektning fazoda tasavvur qilish, uni 3D muhitda yaratish, aylantirish, o'zgartirish, kesimlarini hosil qilish hamda turli proyeksiyalarda qayta ifodalash jarayonlari izchil tashkil etilishi lozim.

Shu nuqtayi nazardan, 3D modellashirishni audio-video texnologiyalari bilan integratsiyalash nafaqat o'quv materialini vizual namoyish etish, balki fazoviy fikrlash va grafik faoliyatni bosqichma-bosqich rivojlantirish imkonini beruvchi kompleks metodik vosita sifatida qaralishi mumkin. Videodarslar, ekran yozuvlari, animatsiyalar va ovoqli izohlar murakkab grafik amallarni ketma-ket tushuntirishga, 3D modelar esa mazkur amallar natijasini bevosita kuzatish, manipulyatsiya qilish va tahlil etishga imkon beradi. Natijada "2D chizma → fazoviy tahlil → 3D modellashirish → modelni manipulyatsiya qilish → kesim va proyeksiyalarni tahlil qilish → 2D grafik ifoda" ketma-ketligiga asoslangan o'quv jarayoni talabalarning fazoviy-vizual, konstruktiv, grafik-operatsion, analitik va raqamli kompetensiyalarini kompleks rivojlantirishga xizmat qilishi mumkin. Demak, zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanishning asosiy maqsadi texnologiyaning o'zini qo'llash emas, balki uning imkoniyatlaridan manipulyatsiya qilishni bilimlarni chuqurlashtirish, fazoviy tasavvurni rivojlantirish va professional grafik kompetensiyalarni shakllantirish vositasi sifatida samarali foydalanishdan iborat.

Muhokama

Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi mashg'ulotlarida fazoviy vizualizatsiyani shakllantirish masalasi faqat geometrik shakllarni ko'rish yoki ularning tayyor tasvirlarini o'rganish bilan chegaralanmaydi. Talaba grafik axborotni turli ko'rinishlar o'rtasida o'zgartira olishi, obyektning geometrik xususiyatlarini ajrata bilishi va o'z qarorini grafik vositalar orqali ifodalashi kerak. Shu sababli ta'lim jarayonida vizual materialning mavjudligi emas, balki undan qanday o'quv faoliyatini tashkil etishda foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

3D modellashirishning metodik imkoniyati aynan shu nuqtada namoyon bo'ladi. Uch o'lchamli muhit talabaning geometrik obyekt haqidagi tasavvurini harakatchan va tekshiriladigan shaklga keltiradi. Masalan, detalning tashqi ko'rinishi bilan bir qatorda uning alohida elementlari, o'lchamlari, fazodagi joylashuvi va o'zaro bog'lanishlarini modellashirish jarayonida ko'rib chiqish mumkin. Bunday faoliyatda talaba geometrik yechimni faqat qabul qiluvchi emas, balki uni yaratish va tekshirish jarayonining bevosita ishtirokchisiga aylanadi.

Muhim jihatlardan biri shundaki, 3D model bilan ishlash jarayoni grafik topshiriqning turli bosqichlarini birlashtirish imkonini beradi. Dastlabki chizma geometrik axborot manbai sifatida xizmat qilsa, model ushbu axborotning fazoviy talqini ifodalaydi. Modelni aylantirish, ayrim qismlarni ajratish, o'lchamlarini o'zgartirish yoki kesim hosil qilish esa talabaning o'z geometrik farazlarini tekshirishiga sharoit yaratadi. Shu jihatdan 3D modellashirishni oddiy vizual ko'rgazma vositasidan konstruktiv va nazorat qiluvchi o'quv vositasiga aylantirish mumkin.

Audio-video texnologiyalarining qo'shilishi ushbu jarayonning boshqa bir muhim tomonini kuchaytiradi. Murakkab grafik amalni o'qituvchi tomonidan faqat og'zaki tushuntirish ba'zi hollarda uning bajarilish ketma-ketligini to'liq anglash uchun yetarli bo'lmayligi mumkin. Ekran yozuvi yoki qisqa videodars orqali ayni amalning bajarilish tartibi, buyruqlar ketma-ketligi va modeldagi o'zgarishlar bir vaqtning o'zida namoyish qilinadi. Talaba materialni o'zlashtirish tezligiga qarab videoni qayta ko'rishi mumkin. Bu esa o'qituvchining bir xil operatsiyani ko'p marotaba takroriy tushuntirishga bo'lgan ehtiyojini kamaytirib, mustaqil amaliy faoliyat uchun qo'shimcha imkoniyat yaratadi.

Mazkur texnologiyalarni birlashtirishda ularning funksiyalarini aniq chegaralash ham muhimdir. Video vositasi **jarayonni tushuntirish va namoyish qilish**, 3D model **fazoviy obyektning kuzatish va manipulyatsiya qilish**, CAD muhiti esa **mustaqil konstruktiv faoliyatni amalga oshirish** vazifasini bajarishi mumkin. Shu tarzda har bir texnologiya o'ziga xos didaktik vazifani bajaradi va ularning mexanik qo'shilishi o'miga funksional integratsiyasi yuzaga keladi.

Bunday integratsiya o'quv topshiriqlarining murakkablik darajasini izchil oshirishga ham imkon beradi. Oddiy geometrik jismlarni tanishdan boshlangan mashqlar keyinchalik chizma asosida model yaratish, murakkab detalni qayta konstruksiyalash, kesim va proyeksiyalarni aniqlash hamda mustaqil geometrik yechim ishlab chiqishga olib kelishi mumkin. Bunda topshiriqning murakkabligi faqat obyekt shakliga qarab emas, balki talabadan talab qilinadigan fikrlash operatsiyalarining soni va murakkabligiga qarab belgilanadi.

Yana bir metodik masala — talabaga tayyor modelni berish bilan uning o'zi model yaratishi o'rtasidagi farqdir. Tayyor model fazoviy obyektning tushunishni yengillashtirishi mumkin, biroq mustaqil modellashirish talabaning geometrik qaror qabul qilish, fazoviy munosabatlarni aniqlash va grafik amallarni izchil bajarish faoliyatini kuchaytiradi. Shu bois ta'lim jarayonida tayyor 3D modelar namoyish vositasi sifatida, mustaqil modellashirish esa rivojlantiruvchi topshiriq sifatida uyg'unlashtirilishi maqsadga muvofiq.

Maqola doirasidagi yondashuvning yana bir jihati — fazoviy

vizualizatsiyani faqat yakuniy natija orqali emas, balki o'quv faoliyatining jarayoniy ko'rsatkichlari orqali kuzatish imkoniyatidir. Talabanning chizmadan modelga o'tishi, modelni to'g'ri manipulyatsiya qilishi, kesim va proyeksiyalarni izohlashi hamda yakuniy grafik tasviri hosil qilishi uning fazoviy va grafik kompetensiyalarini kompleks tarzda namoyon

etadi. Shu sababli baholashda faqat chizmaning tashqi to'g'riligi emas, balki grafik qarorning shakllanish jarayoni ham hisobga olinishi mumkin. Quyidagi jadvalda maqolada taklif etilayotgan texnologik komponentlarning o'quv jarayonidagi funksional bog'liqligi umimlashtiriladi.

1-jadval

3D modellashirish asosida fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirishning metodik komponentlari

Texnologik komponent	Ta'lim jarayonidagi asosiy vazifa	Talabning faoliyati	Shakllanadigan ko'nikma
2D chizma	Geometrik axborotni dastlabki shaklda berish	Chizma elementlarini ajratish va tahlil qilish	Grafik axborotni o'qish
Audio tushuntirish	Muhim geometrik va texnologik jihatlarini izohlash	Tushuntirishni tinglash va amaliy amal bilan bog'lash	Algoritmik anglash
Videodars va ekran yozuvi	Grafik amalning bajarilish ketma-ketligini namoyish qilish	Amallarni kuzatish va takrorlash	Operatsion grafik ko'nikma
3D model	Obyektning fazoviy tuzilishini ifodalash	Modelni kuzatish, aylantirish va o'zgartirish	Fazoviy vizualizatsiya
CAD muhiti	Mustaqil konstruktiv faoliyatni tashkil etish	Geometrik obyektini yaratish va tahrirlash	Raqamli modellashirish
Kesim va proyeksiya vositalari	Obyektning ichki va tashqi geometrik munosabatlarini tekshirish	Kesim hosil qilish va proyeksiyalarni taqqoslash	Fazoviy-analitik fikrlash
Mustaqil topshiriq	O'zlashtirilgan bilimlarni amaliy vaziyatga ko'chirish	Berilgan masala uchun geometrik model ishlab chiqish	Konstruktiv va muhandislik kompetensiyasi
Yakuniy grafik ifoda	3D yechimni grafik ko'rinishga qaytarish	Model asosida 2D tasvirlarni hosil qilish	Grafik ifodalash

Jadvaldan ko'rinadiki, mazkur metodik tizimda texnologiyalar bir-birining o'rnini bosmaydi, balki o'zaro to'ldiradi. 2D chizma boshlang'ich grafik axborotni beradi, audio-video vositalari uni anglash va bajarish jarayonini qo'llab-quvvatlaydi, 3D model va CAD muhiti esa mazkur bilimni amaliy-konstruktiv faoliyatga aylantiradi. Kesim va proyeksiyalar bilan ishlash orqali obyektning turli grafik ifodalari o'zaro bog'lanadi. Natijada o'quv jarayoni faqat dasturiy vositadan foydalanishni o'rgatishga emas, balki geometrik fikrlashni grafik faoliyat bilan birlashtirishga yo'naltiriladi.

Shu asosda 3D modellashirishni muhandislik geometriyasi ta'limiga joriy etishda asosiy metodik talab texnologiyani o'z-o'zicha maqsadga aylantirmaslikdan iborat. Uning samaradorligi talabning fazoviy obyektini anglashiga, geometrik munosabatlarni mustaqil tekshirishiga va o'z yechimini grafik shaklda asoslay olishiga xizmat qilishi bilan belgilanadi. Bunday yondashuv maqolada ilgari surilgan raqamli ta'lim muhitini shakllantirish g'oyasini mazmunan to'ldiradi.

Xulosa

Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi ta'limida fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirish bo'lajak muhandislarning grafik faoliyatini takomillashtirishning muhim yo'nalishlaridan biridir. Tahlillar 3D modellashirishni o'quv jarayoniga maqsadli kiritish orqali geometrik obyektlarni ikki o'lchamli chizmadan uch o'lchamli modelga o'tkazish, ularning fazodagi tuzilishini kuzatish va grafik ifodalar o'rtasidagi bog'liqlikni anglash imkoniyatlari kengayishini ko'rsatadi. 3D modellashirishning audio-video texnologiyalari bilan uyg'unlashtirilishi o'quv faoliyatining izchilligini ta'minlaydi. Videodars, ekran yozuvi va ovozli izohlar grafik amallarni ketma-ket o'zlashtirishga yordam bersa, uch o'lchamli modellar va CAD muhiti mazkur bilimlarni amaliy faoliyat

orqali mustahkamlash imkonini beradi. Modelni aylantirish, o'lchamlarini o'zgartirish, kesimlar hosil qilish va turli proyeksiyalarni tekshirish orqali talaba geometrik obyektning fazoviy xususiyatlarini faol ravishda tahlil qiladi. Taklif etilgan metodik yondashuvda o'quv jarayonini "2D chizma → fazoviy tahlil → 3D model yaratish → interaktiv manipulyatsiya → kesim va proyeksiyalarni tekshirish → grafik ifodalash" ketma-ketligida tashkil etish muhim ahamiyatga ega. Bunday izchillik talabning tayyor tasviri qabul qilishdan mustaqil geometrik model yaratish va uni grafik jihatdan asoslashgacha bo'lgan faoliyatini qamrab oladi. Shuningdek, fazoviy vizualizatsiyani rivojlantirishda topshiriqlarni talabning tayyorgarlik darajasiga mos ravishda bosqichlashtirish maqsadga muvofiq. Oddiy jismlarni tanish va manipulyatsiya qilishdan boshlab, chizma asosida model yaratish, murakkab detallarni modellashirish, kesimlarni hosil qilish va mustaqil muhandislik-geometrik yechim ishlab chiqishga o'tish grafik kompetensiyalarning izchil shakllanishiga sharoit yaratadi. Shu bilan birga, baholash jarayonida faqat yakuniy grafik mahsulotning to'g'riligiga tayanmasdan, talabning fazoviy tasavvuri, modellashirish ketma-ketligini anglash darajasi, proyeksiyalar o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashi, model bilan ishlash qobiliyati va geometrik qarorini izohlashi kabi ko'rsatkichlarni ham hisobga olish zarur. 3D modellashirish, CAD vositalari va audio-video texnologiyalarining o'zaro uyg'unligi muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi ta'limini ko'rgazmali, interaktiv va amaliy yo'nalishga olib keluvchi metodik imkoniyatlarni kengaytiradi. Mazkur yondashuvning asosiy pedagogik qiymati raqamli texnologiyaning o'zida emas, balki undan fazoviy tafakkur, grafik savodxonlik, konstruktiv fikrlash va professional grafik kompetensiyalarni rivojlantirishga yo'naltirilgan vosita sifatida foydalanishda namoyon bo'ladi.

Foydalangan adabiyotlar ro'yxati

1. Budinoff H., McMains S. Relationships between spatial visualization ability and student outcomes in a 3D modeling course // Engineering Design Graphics Journal. – 2018. – Vol. 82. – No. 1. – P. 17–23.
2. Wang Q., Ding Y., Wang J., Yu Q. Explicit Instructions to Improve Spatial Visualization Skills of College Engineering Students // Journal of Civil Engineering Education. – 2025. – Vol. 151. – No. 4. – DOI: 10.1061/JCEED.EIENG-2124.

3. Kōsa T., Karakuş F. The Effects of Computer-Aided Design Software on Engineering Students' Spatial Visualisation Skills // European Journal of Engineering Education. – 2018. – Vol. 43. – No. 2. – P. 296–308. – DOI: 10.1080/03043797.2017.1370578.
4. Katona J. The CAD 3D Course Improves Students' Spatial Skills in the Technology and Design Education // YBL Journal of Built Environment. – 2019. – Vol. 7. – No. 1. – P. 26–37.
5. Fleisig R. V., Robertson A., Spence A. D. Improving the Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students // Proceedings of

the Canadian Engineering Education Association (CEEA). – 2011. – DOI: 10.24908/pceea.v0i0.4050.

6. Qarshiyev O. N. Muhandislik va kompyuter grafikasi. – 2024.
7. Khine M. S. (ed.). Visual-Spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice. – Cham: Springer, 2017. – 263 p.
8. Uttal D. H., Cohen C. A. Spatial Thinking and STEM Education: When, Why, and How? // *Psychology of Learning and Motivation*. – 2012. – Vol. 57. – P. 147–181. – DOI: 10.1016/B978-0-12-394293-7.00004-2.
9. Sorby S. A. Developing 3-D Spatial Visualization Skills // *Engineering Design Graphics Journal*. – 1999. – Vol. 63. – No. 2. – P. 21–32.
10. Buckley J., Seery N., Canty D. Spatial Cognition in Engineering Education: Developing a Spatial Ability Framework to Support the

Translation of Theory into Practice // *European Journal of Engineering Education*. – 2018. – Vol. 43. – No. 6. – P. 733–752.

11. Zhu C., Leung C. O. Y., Lagoudaki E., et al. Fostering Spatial Ability Development in and for Authentic STEM Learning // *Frontiers in Education*. – 2023. – Vol. 8. – Article 1138607. – DOI: 10.3389/educ.2023.1138607.
12. Gittinger M., Seery N., Buckley J., et al. Systematic Review of Spatial Abilities and Virtual Reality: The Role of Interaction // *Journal of Engineering Education*. – 2024. – DOI: 10.1002/jee.20568.
13. Duffy G., Sorby S., Bowe B. An Investigation of the Role of Spatial Ability in Representing and Solving Word Problems among Engineering Students // *Journal of Engineering Education*. – 2020. – Vol. 109. – No. 3. – P. 424–442. – DOI: 10.1002/jee.20349