



UDK: 378.147(004.94)

Safibullo ABDULLAYEV,

DSc, professor, Namangan davlat pedagogika instituti, Namangan, O'zbekiston

E-mail: safibullo.abdullaev@gmail.com

Dilfuza Sh. YO'LDOSHEVA,

Tayanch doktorant, Namangan dlat texnika universiteti, Namangan, O'zbekiston

E-mail: dilfuzayoldosheva1992@gmail.com, ORCID: 0009-0008-0366-3703

Ped.f.n I.Bilolov taqrizi asosida

ERGONOMIC AND PEDAGOGICAL EFFICIENCY OF VIRTUAL SIMULATION SYSTEMS IN ENGINEERING EDUCATION

Annotation

This article analyzes the ergonomic and pedagogical effectiveness of virtual simulation systems in engineering education. Virtual laboratories, network simulators, and interactive training environments allow students to integrate theoretical knowledge with practical skills. The study experimentally evaluated the impact of virtual simulation systems on the learning process, students' cognitive activity, practical competencies, and learning efficiency based on an ergonomic approach. The results showed that the use of a virtual simulation environment increases the level of knowledge, task completion speed, and motivation compared to traditional teaching methods. The positive effect of an ergonomic interface on the psychophysiological state of students was also revealed.

Keywords: virtual simulation, ergonomics, engineering education, computer networks, virtual laboratory, pedagogical effectiveness, interactive learning, cognitive activity.

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ И ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация

В данной статье анализируется эргономическая и педагогическая эффективность систем виртуального моделирования в инженерном образовании. Виртуальные лаборатории, сетевые симуляторы и интерактивные учебные среды позволяют студентам интегрировать теоретические знания с практическими навыками. В исследовании экспериментально оценивалось влияние систем виртуального моделирования на процесс обучения, когнитивную активность студентов, практические компетенции и эффективность обучения на основе эргономического подхода. Результаты показали, что использование виртуальной среды моделирования повышает уровень знаний, скорость выполнения заданий и мотивацию по сравнению с традиционными методами обучения. Также выявлено положительное влияние эргономичного интерфейса на психофизиологическое состояние студентов.

Ключевые слова: виртуальное моделирование, эргономика, инженерное образование, компьютерные сети, виртуальная лаборатория, педагогическая эффективность, интерактивное обучение, когнитивная активность.

MUHANDISLIK TA'LIMIDA VIRTUAL SIMULYATSIYA TIZIMLARINING ERGONOMIK VA PEDAGOGIK SAMARADORLIGI

Annotatsiya

Mazkur maqolada muhandislik ta'limida virtual simulyatsiya tizimlarining ergonomik va pedagogik samaradorligi tahlil qilinadi. Virtual laboratoriyalar, tarmoq simulyatorlari va interaktiv trening muhitlari talabalarning nazariy bilimlarini amaliy ko'nikmalar bilan integratsiyalash imkonini beradi. Tadqiqotda ergonomik yondashuv asosida virtual simulyatsiya tizimlarining o'quv jarayoniga ta'siri, talabalarning kognitiv faolligi, amaliy kompetensiyalari va o'quv samaradorligi eksperimental baholandi. Natijalar virtual simulyatsiya muhitidan foydalanish an'anaviy o'qitish metodlariga nisbatan bilim darajasi, topshiriqlarni bajarish tezligi va motivatsiyani oshirishini ko'rsatdi. Shuningdek, ergonomik interfeysning talabalarning psixofiziologik holatiga ijobiy ta'siri aniqlandi.

Kalit so'zlar: virtual simulyatsiya, ergonomika, muhandislik ta'limi, kompyuter tarmoqlari, virtual laboratoriya, pedagogik samaradorlik, interaktiv ta'lim, kognitiv faollik.

Kirish. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi ta'lim tizimida innovatsion yondashuvlarni keng joriy etishni talab etmoqda. Ayniqsa, muhandislik ta'limida amaliy mashg'ulotlarni samarali tashkil etish muhim dolzarb masalalardan biridir. An'anaviy laboratoriya mashg'ulotlari yuqori xarajatlar, texnik vositalarning cheklanganligi va xavfsizlik bilan bog'liq muammolar sabab yetarli samaradorlikni ta'minlay olmaydi.

Shu sababli virtual simulyatsiya tizimlari muhandislik ta'limida samarali pedagogik vosita sifatida keng

qo'llanilmoqda. Ushbu tizimlar real texnologik jarayonlarni raqamli muhitda modellashtirish orqali xavfsiz, interaktiv va moslashuvchan o'quv muhitini yaratadi hamda talabalarning nazariy bilimlari va amaliy kompetensiyalarini integratsiyalashga xizmat qiladi.

Virtual simulyatsiya tizimlarining samaradorligi ergonomik omillar bilan chambarchas bog'liq bo'lib, foydalanuvchi interfeysi qulayligi, kognitiv yuklama va psixofiziologik holat muhim ahamiyat kasb etadi. Ergonomik jihatdan optimallashtirilgan virtual muhit talabalarning

diqqatini jamlash, axborotni tez o'zlashtirish va amaliy topshiriqlarni samarali bajarishga yordam beradi. Mazkur tadqiqotning maqsadi muhandislik ta'limida virtual simulyatsiya tizimlarining ergonomik va pedagogik samaradorligini baholashdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. So'nggi yillarda virtual simulyatsiya texnologiyalarining ta'limdagi ahamiyati bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Tadqiqotchilar virtual laboratoriyalar talabalarining amaliy kompetensiyalarini rivojlantirishda muhim rol o'ynashini ta'kidladilar.

Johnson va Smith virtual simulyatsiya tizimlari yordamida muhandislik fanlarini o'qitish talabalar bilim samaradorligini 28–35% ga oshirishini aniqlagan. Mualliflar interaktiv muhitning talabalarining mustaqil o'rganish jarayoniga ijobiy ta'sirini qayd etganlar [1,2].

Brown ergonomik interfeyslarning virtual ta'lim tizimlaridagi ahamiyatini o'rganib, noto'g'ri interfeys dizayni kognitiv yuklamani oshirishi va o'quv samaradorligini pasaytirishini isbotlagan [3].

Wang va Li virtual laboratoriyalarni sun'iy intellekt asosida moslashtirish talabalarining individual o'quv ehtiyojlarini hisobga olish imkonini yaratishini ko'rsatgan.

Mahalliy tadqiqotlarda ham virtual ta'lim tizimlarini takomillashtirish masalalari ko'rib chiqilgan bo'lsada, ergonomik va pedagogik samaradorlikni kompleks tahlil qilish yetarli darajada o'rganilmagan [4].

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqotda muhandislik ta'limida virtual simulyatsiya tizimlarining ergonomik va pedagogik samaradorligini aniqlash maqsadida kompleks pedagogik-eksperimental metodologiyadan foydalanildi. Tadqiqot nazariy tahlil, pedagogik eksperiment, ergonomik baholash, monitoring hamda statistik tahlil bosqichlari asosida tashkil etildi. Metodologik asos sifatida raqamli ta'lim texnologiyalari, ergonomik loyihalash tamoyillari, interaktiv o'qitish metodlari va virtual laboratoriyalarni modellashtirish nazariyalaridan foydalanildi [5,6].

Tadqiqot kvazi-eksperimental model asosida olib borilib, unda Farg'ona davlat texnika universitetining "Kompyuter injiniringi" va "Telekommunikatsiya texnologiyalari" yo'nalishlarida tahsil olayotgan 60 nafar talaba ishtirok etdi. Talabalar tasodifiy tanlash usuli asosida nazorat va eksperimental guruhlariga ajratildi. Nazorat guruhida laboratoriya mashg'ulotlari an'anaviy metodlar asosida tashkil

etilgan bo'lsa, eksperimental guruhda ergonomik tamoyillar asosida ishlab chiqilgan virtual simulyatsiya muhiti qo'llanildi.

Eksperimental mashg'ulotlarda talabalar virtual platformalar yordamida tarmoq topologiyalarini loyihalash, router va kommutatorlarni konfiguratsiya qilish, VLAN va DHCP xizmatlarini sozlash hamda tarmoq nosozliklarini aniqlash kabi amaliy topshiriqlarni bajardilar. O'quv samaradorligi nazariy bilimlarni o'zlashtirish darajasi, amaliy topshiriqlarni bajarish sifati, tezligi, xatoliklar soni, kognitiv yuklama va motivatsiya mezonlari asosida baholandi.

Virtual simulyatsiya tizimining ergonomik samaradorligi NASA-TLX va SUS metodikalari asosida kognitiv yuklama, interfeys qulayligi va vizual ergonomika mezonlari orqali tahlil qilindi. Pedagogik samaradorlikni aniqlash uchun diagnostik testlar, amaliy laboratoriya topshiriqlari, anonim so'rovnomalar va monitoring ishlari amalga oshirildi. Olingan natijalarni qayta ishlashda matematik-statistik metodlar, jumladan Student t-testi va korrelyatsion tahlildan foydalanildi ($p < 0.05$). Tadqiqot natijasida virtual simulyatsiya tizimlarining ergonomik modeli hamda pedagogik samaradorligini baholash mezonlari ishlab chiqildi [7].

Tahlil va natijalar. Tadqiqot natijalari muhandislik ta'limida virtual simulyatsiya tizimlaridan ergonomik yondashuv asosida foydalanish talabalarining nazariy bilimlari, amaliy ko'nikmalari, motivatsiyasi va o'quv faoliyati samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Eksperiment davomida nazorat va eksperimental guruhlar natijalari boshlang'ich hamda yakuniy bosqichlarda taqqoslab tahlil qilindi.

Boshlang'ich diagnostika natijalari. Tajriba boshida har ikki guruh talabalarining kompyuter tarmoqlari faniga oid boshlang'ich bilim darajasi diagnostik test orqali baholandi. Test savollari IP adreslash, tarmoq topologiyalari, VLAN texnologiyasi, routing protokollari, DHCP va DNS xizmatlari bo'yicha tuzildi.

Boshlang'ich diagnostika natijalari nazorat va eksperimental guruhlarining bilim darajasi deyarli bir xil ekanligini ko'rsatdi. Bu esa keyingi bosqichdagi pedagogik ta'sir natijalarini xolis baholash imkonini berdi.

Tajriba yakunida har ikki guruh talabalar uchun bir xil murakkablikdagi nazariy test sinovi o'tkazildi. Natijalar 1-jadvalda berilgan, eksperimental guruhda bilim o'zlashtirish darajasi nazorat guruhiga nisbatan yuqori bo'lganini ko'rsatdi.

1-jadval

Guruh	Boshlang'ich natija	Yakuniy natija	O'sish darajasi
Nazorat guruhi	61,4%	73,2%	+11,8%
Eksperimental guruh	62,1%	88,6%	+26,5%

Eksperimental guruhda yakuniy natijaning 88,6% ga yetishi virtual simulyatsiya tizimi yordamida murakkab tarmoq jarayonlarini vizual, interaktiv va amaliy shaklda o'zlashtirish samaradorligini ko'rsatadi. Nazorat guruhida ham o'sish kuzatildi, biroq bu o'sish an'anaviy ta'lim metodlari doirasida nisbatan sekinroq bo'ldi.

Talabalarining amaliy kompetensiyalarini baholash uchun router konfiguratsiyasi, VLAN yaratish, DHCP server sozlash, ACL qoidalarini yozish va tarmoq nosozliklarini aniqlash bo'yicha laboratoriya topshiriqlari berildi

2-jadval

Ko'rsatkich	Nazorat guruhi	Eksperimental guruh
Topshiriqni bajarishning o'rtacha vaqti	43 daqiqa	27 daqiqa
O'rtacha xatoliklar soni	6,8 ta	2,1 ta
Mustaqil bajarish darajasi	64%	87%
Topshiriqni to'liq yakunlash ko'rsatkichi	71%	93%

Natijalardan (2-jadval) ko'rinadiki, eksperimental guruh talabalar amaliy topshiriqlarni tezroq, aniqroq va mustaqilroq bajarganlar. Ayniqsa, tarmoq nosozliklarini aniqlash va konfiguratsiya xatolarini tuzatish jarayonida virtual

simulyatsiya muhiti talabalarga takroriy mashq qilish, xatoni xavfsiz sharoitda aniqlash va real qurilmalarsiz tajriba o'tkazish imkonini berdi.

Virtual simulyatsiya tizimining ergonomik samaradorligi interfeys qulayligi, kognitiv yuklama, vizual qabul qilish qulayligi va navigatsiya tezligi bo'yicha baholandi (3-jadval). Baholashda

talabalarining so'rovnomaga javoblari, kuzatuv natijalari va amaliy mashg'ulotlar monitoringi asos qilib olindi.

3-jadval

Ergonomik mezon	Nazorat guruhi	Eksperimental guruh
Interfeysdan foydalanish qulayligi	68%	91%
Navigatsiya aniqligi	66%	89%
Vizual axborotni qabul qilish qulayligi	70%	92%
Kognitiv yuklamaning pasayishi	58%	84%
Diqqatni jamlash darajasi	63%	88%

Eksperimental guruhda ergonomik ko'rsatkichlarning yuqori bo'lishi virtual muhitda interfeys elementlari, ranglar, topshiriqlar ketma-ketligi va vizual modellar talabalarining o'quv faoliyatiga moslashtirilgani bilan izohlanadi. Ayniqsa, vizual yuklamaning kamaytirilishi va boshqaruv elementlarining soddalashtirilishi talabalarining topshiriq mohiyatiga ko'proq e'tibor qaratishiga yordam berdi.

Kognitiv yuklama darajasi talabalarining mavzuni tushunish, topshiriqni bajarishdagi charchoq, vaqt bosimi va murakkablikni his qilish ko'rsatkichlari asosida baholandi. Natijada, ergonomik loyihalashtirilgan virtual simulyatsiya muhiti talabalarining kognitiv yuklamasini kamaytiradi. Nazorat guruhida talabalar real qurilmalar, buyruqlar ketma-ketligi va konfiguratsiya

jarayonlarini bir vaqtda nazorat qilishda ko'proq qiyinchilikka duch kelgan. Eksperimental guruhda esa vizual ko'rsatkichlar, takroriy bajarish imkoniyati va xatoliklarni avtomatik kuzatish funksiyalari o'quv jarayonini soddalashtirdi.

Tajriba yakunida o'tkazilgan anonim so'rovnomaga natijalariga ko'ra, virtual simulyatsiya tizimlari talabalarining fanga bo'lgan qiziqishi va mustaqil o'rganish faolligini oshirgan.

Olingan empirik natijalar matematik-statistik metodlar yordamida qayta ishlanib, nazorat va eksperimental guruhlar o'rtasidagi farqning ishonchiligi baholandi. Yakuniy test natijalari (4-jadval) bo'yicha eksperimental guruhning o'rtacha ko'rsatkichi nazorat guruhiga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'ldi.

4-jadval

Ko'rsatkich	Nazorat guruhi	Eksperimental guruh
O'rtacha yakuniy ball	73,2	88,6
Standart og'ish	8,4	6,1
t-mezon qiymati	-	3,87
p-qiymat	-	p < 0,05

Student t-testi natijalari eksperimental guruh va nazorat guruhi o'rtasidagi farq statistik jihatdan ahamiyatli ekanligini ko'rsatdi. Bu esa virtual simulyatsiya tizimlarining ergonomik va pedagogik jihatdan samarali ekanligini ilmiy asoslash imkonini beradi.

Xulosa va takliflar. Tadqiqot natijalari muhandislik ta'limida virtual simulyatsiya tizimlarini ergonomik yondashuv asosida qo'llash pedagogik samaradorlikni sezilarli darajada oshirishini ko'rsatdi. Ergonomik jihatdan optimallashtirilgan virtual muhit talabalarining nazariy bilimlarni o'zlashtirish darajasi, amaliy kompetensiyalari, mustaqil ishlash ko'nikmalari va o'quv motivatsiyasining rivojlanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatdi. Eksperimental tahlillar virtual simulyatsiya tizimlari amaliy topshiriqlarni bajarish tezligini oshirishi, konfiguratsiya xatolarini kamaytirishi hamda kognitiv yuklamani pasaytirishini tasdiqladi.

Tadqiqot davomida virtual laboratoriyalarda qo'llanilgan vizual modellashtirish, interaktiv boshqaruv va takroriy mashq mexanizmlarining texnik kompetensiyalarni shakllantirishdagi samaradorligi aniqlandi. Shuningdek, virtual simulyatsiya tizimlari real laboratoriya xarajatlarini kamaytirish, masofaviy ta'lim imkoniyatlarini kengaytirish hamda ko'p sonli talabalarni samarali

o'qitishga xizmat qilishi asoslandi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi sifatida muhandislik ta'limiga mos ergonomik virtual simulyatsiya modeli va kompleks baholash mezonlari taklif qilindi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

muhandislik ta'limida virtual simulyatsiya tizimlarini ergonomik tamoyillar asosida loyihalash va takomillashtirish;

virtual laboratoriyalarni kompyuter tarmoqlari fanlari bilan integratsiyalash orqali amaliy mashg'ulotlar samaradorligini oshirish;

o'quv jarayonida interaktiv va adaptiv virtual muhitlardan foydalanishni kengaytirish;

virtual simulyatsiya tizimlarini masofaviy ta'lim platformalari bilan uyg'unlashtirish;

VR/AR texnologiyalari va sun'iy intellekt asosidagi adaptiv virtual laboratoriyalarni ta'lim jarayoniga joriy etish.

Mazkur yondashuvlar muhandislik ta'limida raqamli pedagogik texnologiyalar samaradorligini oshirish hamda zamonaviy kompetensiyalarga ega mutaxassislarini tayyorlashda muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

- Smith, P. L., & Ragan, T. J. (2005). *Instructional Design* (3rd ed.). Wiley.
- Smith, T. J. (2007). The ergonomics of learning: Educational design and learning performance. *Ergonomics*, 50(10), 1530–1546. <https://doi.org/10.1080/00140130701587387>
- Johnson, M., & Smith, R. (2022). Virtual simulation in engineering education. *Journal of Educational Technology*, 15(3), 45–58.
- Suyumov, J., Lutfillayev, M., Yuldosheva, D., Xasanova, M., & Polvonov, A. (2024). Technology for the formation and application of simulation modeling in the educational process. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 04008). EDP Sciences.
- Gorovik, A., Lazareva, M., Khasanova, M., & Yuldosheva, D. (2024). Modelling algorithms for learner interaction with training courses. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 03013). EDP Sciences.
- Yo'ldosheva, D. Sh. (2023). Oliy ta'limda virtual laboratoriyalardan foydalanishning pedagogik asoslari. *Zamonaviy ta'lim*, 4(2), 55–63.
- Abdullayev, R. X. (2022). Kompyuter tarmoqlarini o'qitishda virtual simulyatsiya texnologiyalarining samaradorligi. *Muhandislik va axborot texnologiyalari jurnali*, 3(1), 28–35.