

UDC 004.946

DOI <https://doi.org/10.52171/herald.374>

The Application of Virtual Laboratories Across Different Fields and Their Impact on Assessment

L.N. Ahmadov, T.E. Osmanli

Azerbaijan National Academy of Aviation (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

Osmanli Tabriz / e-mail: tosmanli@naa.edu.az

Abstract

This study examines the use of virtual laboratories in physics, chemistry, and computer networks, focusing on their effects on learning assessment. Two groups of 24 students each participated – one used virtual labs, the other traditional methods. Performance was measured across five indicators: accuracy, task time, feedback-based revisions, satisfaction, and sense of presence. Results showed that virtual labs, especially in computer networks, led to higher accuracy, faster completion, and stronger engagement. In contrast, physics and chemistry showed varied outcomes due to content complexity. Statistical analysis confirmed significant differences. The study highlights that virtual lab effectiveness depends not only on technology but also on pedagogical design and user experience quality.

Keywords: virtual reality, virtual laboratories, assessment systems, simulation-based learning, experiential learning model, statistical analysis.

Submitted 02 July 2025

Published 16 March 2026

For citation:

L.N.Ahmadov, T.E. Osmanli

[The Application of Virtual Laboratories Across Different Fields and Their Impact on Assessment]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2026, vol. 18 (1), pp. 105-113

ISSN (p): 2076-0515, ISSN (e): 2789-8245

CC BY-NC 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Virtual laboratoriyaların müxtəlif sahələrdə tətbiqi və qiymətləndirməyə təsiri

L.N. Əhmədov, T.E. Osmanlı

Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Bu tədqiqat fizika, kimya və kompüter şəbəkələri sahələrində virtual laboratoriyaların tətbiqi və onların tədrisin qiymətləndirməsinə təsirini araşdırır. Təcrübə hər biri 24 tələbədən ibarət iki qrupda aparılıb: biri virtual laboratoriyalarla, digəri isə ənənəvi üsullarla tədris alıb. Tələbələrin fəaliyyətləri beş əsas göstərici üzrə qiymətləndirilib: dəqiqlik, tapşırığın yerinə yetirilmə vaxtı, əks-əlaqəyə əsaslanan düzəlişlər, məmnunluq və “orada olma” hissi. Nəticələr göstərdi ki, kompüter şəbəkələri sahəsində virtual laboratoriyalar yüksək dəqiqlik, qısa vaxt və güclü psixoloji iştirakla seçilib. Fizika və kimyada isə bu fərqlər məzmunun vizuallaşdırılma çətinliyi ilə izah olunur. Statistik analiz fərqlərin əhəmiyyətli olduğunu təsdiqləyib. Tədqiqat göstərir ki, virtual laboratoriyaların effektivliyi təkcə texnologiya deyil, həm də pedaqoji dizayn və istifadəçi təcrübəsindən asılıdır.

Açar sözlər: virtual reallıq, virtual laboratoriyalar, qiymətləndirmə sistemləri, simulyasiya əsaslı öyrənmə, təcrübə əsaslı tədris modeli, statistik təhlil.

Применение виртуальных лабораторий в различных областях и их влияние на оценивание

Л.Н. Ахмадов, Т.Э. Османлы

Азербайджанская Национальная академия авиации (Баку, Азербайджан)

Аннотация

В статье рассматривается применение виртуальных лабораторий в таких областях, как физика, химия и компьютерные сети, а также их влияние на процесс оценивания в обучении. Эксперимент проводился с двумя группами по 24 студента: одна обучалась с помощью виртуальных лабораторий, другая – традиционными методами. Результаты оценивались по пяти показателям: точность, время выполнения, число исправлений по обратной связи, уровень удовлетворённости и ощущение присутствия. Результаты показали, что в области компьютерных сетей виртуальные лаборатории способствовали большей точности, скорости выполнения и повышенной психологической вовлечённости. В физике и химии результаты отличались из-за сложности визуализации. Анализ подтвердил, что эффективность виртуальных лабораторий зависит не только от технологий, но и от педагогического дизайна и качества опыта.

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальные лаборатории, системы оценивания, обучение на основе симуляций, модель обучения на основе практики, статистический анализ.

Giriş

Müasir təhsil sistemində texnologiyalardan istifadə tədrisin effektivliyini artırmaqla yanaşı, öyrənmə mühitini fərdiləşdirmək üçün əhəmiyyətli imkanlar yaratmışdır. Xüsusilə praktiki bacarıqların formalaşmasında ənənəvi laboratoriyalardan virtual laboratoriyalara keçid son illərdə daha da aktuallaşmışdır. Şərait, maliyyə, resurslar və əlçatanlıq baxımından simulyasiya və uzaqdan laboratoriyalar ənənəvi laboratoriyalara real alternativ kimi qiymətləndirilir.

Texnologiyaların inteqrasiyası səbəbindən ənənəvi, simulyasiya və uzaqdan idarəolunan laboratoriyalar arasındakı texniki sərhədlər getdikcə yoxa çıxır [1]. Artıq laboratoriya texnologiyasından çox, tələbənin psixoloji iştirakı və "orada olma hissi" öyrənmə keyfiyyətinin mühüm müyyən edici elementi hesab olunur. Bu faktor, öyrənmə motivasiyası, diqqət, aktivlik və yaddaş üzərində bilavasitə təsir göstərir. Digər tərəfdən, universitetlər ənənəvi laboratoriyalardakı yüksək maliyyə xərclərini azaltmaq üçün daha effektiv, əlçatan texnoloji alternativlər axtarırlar.

Digər tədqiqatlarda da vurğulanır ki, kompüter simulyasiyaları elmi proseslərin daha dərin başa düşülməsinə, hipotez qurma, analiz, öz fəaliyyətinə tənqidi baxış və sınaq planlaması kimi bacarıqların inkişafına imkan verir [2]. Lakin bu mühitlərdə pedaqoji dəstəyin olmaması tələbənin yanlış istiqamətləndirilməsinə, öyrənmənin də qeyri-effektiv olmasına səbəb ola bilər. Bu baxımdan, simulyasiya mühitində öyrənmənin effektivliyi texnologiya üstünlüklərindən çox, onun dizaynı və pedaqoji strukturdan asılıdır.

Eyni zamanda, istifadəçini mühitə tam daxil edən virtual texnologiyaların istifadəsi tələbələrdə "orada olma" hissini artırsa da, hər

zaman daha yüksək öyrənmə nəticələrinə gətirib çıxarmır. Aparılan tədqiqatda göstərilmişdir ki, istifadəçini mühitə tam daxil edən virtual reallıq (VR) tələbələrdə daha çox hissiyyət və məmnunluq yaratsa da, kompüter üzərində olan klassik versiya daha yüksək bilik nəticələri vermişdir [3].

Bu nəticə, texnologiyanın özündən çox onun istifadə şəklinin öyrənməyə təsir etdiyini göstərir.

Bütün bu faktlar, virtual laboratoriyalara keçidin sadəcə texniki yenilik deyil, eyni zamanda pedaqoji dəyişiklik kimi qiymətləndirilməsini zəruri edir.

İşin məqsədi

Bu tədqiqatın məqsədi, virtual laboratoriyaların təlim prosesində istifadə imkanlarını və qiymətləndirmə effektivliyini empirik dəlillərlə analiz etmək, texnologiyanın təhsil keyfiyyətinə intellektual təsirlərini ortaya qoymaqdan ibarətdir.

Məsələnin qoyuluşu

Virtual laboratoriyaların müxtəlif sahələrdə tətbiqi və onların qiymətləndirmə prosesinə təsirini müqayisəli şəkildə öyrənmək məqsədilə bu tədqiqat həyata keçirilmişdir. Əsas məqsəd – fizika, kimya və kompüter şəbəkələri kimi müxtəlif fənn sahələrində tələbələrin akademik fəaliyyət göstəricilərinə və motivasiyasına virtual laboratoriya əsaslı və ənənəvi tədris metodlarının təsirini müqayisə etməkdir. Bu məqsədlə kəmiyyət yönümlü təcrübəyə əsaslanan tədqiqat modeli seçilmişdir.

Virtual laboratoriyaların təhsildə istifadəsinin yalnız texniki deyil, həm də pedaqoji və psixoloji aspektlərə təsir göstərdiyi əvvəlki tədqiqatlarda da vurğulanmışdır [4].

Məsələnin həlli

Tədqiqat çərçivəsində fizika, kimya və kompüter şəbəkələri fənləri üzrə üç tədris bloku müəyyən edilmişdir. Hər blok üzrə eyni strukturda olmaqla, virtual və ənənəvi metodlarla tədris edilən tapşırıqlar hazırlanmışdır. Bu fənlər həm praktiki elmi bacarıqlar, həm də məzmunun mahiyyətini dərk etməyi tələb etdiyindən, virtual mühitlərin effektivliyini qiymətləndirmək üçün ideal seçim sayılır. Fizika və kimya kimi sahələrdə virtual laboratoriyaların öyrənmə nəticələrinə müsbət təsiri, xüsusilə əsas ideyaları qavrama bacarığı və öyrəndiklərini şüurlu şəkildə təhlil etmə və nəticə çıxarma qabiliyyəti ilə əlaqədardır [5].

İştirakçılar təsadüfi üsulla iki bərabər qrupa ayrılmışdır: virtual laboratoriya ilə çalışan qrup ($n \approx 24$) və ənənəvi metodlarla işləyən qrup ($n \approx 24$). Hər iki qrup eyni praktik tapşırığı – lakin fərqli öyrənmə şəraitində – yerinə yetirmişdir. Tələbələr hər fənn üzrə fərqli simulyasiya və ya praktiki tapşırıqları yerinə yetirmişlər. Virtual qrup PhET, Labster və Cisco Packet Tracer kimi platformalardan istifadə edərək tapşırıqları simulyasiya şəraitində icra etmiş, ənənəvi qrup isə müəllim rəhbərliyində kağız və real avadanlıq əsaslı öyrənmə yolu ilə fəaliyyət göstərmişdir. Bu yanaşma əvvəlki tədqiqatlarda təsdiqlənmiş fərqli laboratoriya formatlarının tədrisə təsirini araşdırmaq üçün uyğun metod sayılır [6,7].

Virtual laboratoriya qrupunda tələbələr müvafiq fənlər üzrə uyğunlaşdırılmış simulyasiya platformalarında işləyərək sistem tərəfindən verilən avtomatlaşdırılmış əks-əlaqə və qiymətləndirmə ilə qarşılaşmışlar. Sistem tələbələrin icrasını real vaxtda izləyir, səhvləri müəyyənləşdirir və düzəlişlər üçün yönləndirici bildirişlər təqdim etmişdir. Ənənəvi qrupda

isə tələbələrin tapşırıqları müəllimlər tərəfindən əl ilə yoxlanılmış və əks-əlaqə tapşırıqdan sonra şifahi və ya yazılı formada verilmişdir.

Təcrübənin sonunda hər iki qrupdan toplanan məlumatlar bu göstəricilər əsasında təhlil olunmuşdur: (1) tapşırığın düzgünlük faizi (%), (2) icra müddəti (dəqiqə ilə), (3) təhlilə əsaslanan düzəlişlərin sayı, (4) təlimdən razılıq səviyyəsi və (5) "orada olma hissi" – yəni tələbənin laboratoriyada psixoloji iştirak hissi.

Bu göstəricilərin bəziləri Python skriptləri ilə avtomatik olaraq hesablanmışdır, subyektiv məlumatlar 5 ballıq Likert şkalası ilə ölçülən anketlər vasitəsilə toplanmışdır. Bənzər yanaşmalar əvvəlki tədqiqatlarda da istifadə olunmuş və öyrənmənin həm nəticə, həm də proses aspektlərini qiymətləndirməyə imkan vermişdir.

Virtual laboratoriya qrupunun təqdim etdiyi nəticələr müəlliflər tərəfindən hazırlanmış Python skriptləri vasitəsilə avtomatik təhlil edilmişdir. Əldə olunan nəticələr CSV formatında çıxarılmış, daha sonra Excel və SPSS proqramlarında statistik təhlilə cəlb edilmişdir.

Statistik təhlil üçün aşağıdakı metodlardan istifadə olunmuşdur:

- **T-test:** Hər iki qrup üzrə göstəricilərin ortalamaları arasında fərqlərin statistik əhəmiyyətini müəyyənləşdirmək üçün Student t-testləri tətbiq olunmuşdur.

- **Cohen-in d əmsalı:** Effekt ölçüsünü təyin etmək üçün hər bir göstərici üzrə Cohen-in d əmsalı hesablanmışdır.

- **Pearson korelyasiya analizi:** Subyektiv məmnunluq ilə nəticələr arasındakı əlaqənin olub-olmaması araşdırılmışdır.

Təhlillər Python 3.11 mühitində, NumPy, SciPy və pandas kitabxanalarından istifadə edilməklə həyata keçirilmişdir. $p < 0.05$ səviyyəsində statistik əhəmiyyət qiymətləndirilmişdir.

Statistik analizlərin necə aparıldığına dair şəffaflyq təmin etmək məqsədilə, hər bir əsas göstərici üzrə nümunə hesablamalar aşağıda təqdim olunmuşdur. Bütün hesablamalar Python proqramlaşdırma mühitində scipy.stats və numpy kitabxanaları vasitəsilə həyata keçirilmişdir.

Bu tədqiqatın nəticələri göstərdi ki, virtual laboratoriyaların istifadəsi tələbələrin həm texniki, həm də psixoloji göstəriciləri üzrə əhəmiyyətli dərəcədə müsbət təsirə malikdir. Təcrübə zamanı əldə olunan məlumatlar aşağıdakı beş əsas göstərici üzrə təhlil edilmişdir.

Tapşırığın düzgünlük faizi (%) – bu göstərici tələbələrin yerinə yetirdiyi tapşırıqlardakı texniki konfigurasiya və ya əməliyyatların düzgünlük səviyyəsini əks etdirir. Virtual laboratoriya ilə tədris alan tələbələrin düzgünlük faizi ortalama 90.1% təşkil etmişdir. Ənənəvi tədris qrupunda bu göstərici 78.0% olmuşdur. Tələbələrin texniki icrada daha dəqiq olmaları avtomatik əks-əlaqə və real vaxt düzəliş imkanları ilə izah olunur.

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (1)$$

Burada \bar{X}_1 və \bar{X}_2 – müvafiq olaraq birinci və ikinci qrupun orta göstəriciləri; s_1 və s_2 – standart kənarlaşma [8]; n_1 və n_2 – qruplardakı iştirakçı sayı.

Dəyərləri yerinə qoyduqda (1)-ə əsasən: $\bar{X}_1 = 90.1$, $s_1 = 2.6$, $n_1 = 24$, $\bar{X}_2 = 78.0$, $s_2 = 3.8$, $n_2 = 24$.

$$t = \frac{(90.1 - 78.0)}{\sqrt{\frac{2.6^2}{24} + \frac{3.8^2}{24}}} \approx 12.77$$

Bu fərq statistik baxımdan əhəmiyyətlidir ($p < 0.001$). Bu, o deməkdir ki, virtual laboratoriyanın tədris nəticələrinə həqiqətən də təsiri var. Fərq təsadüf nəticəsi deyil, tədris metodunun effektivliyindən qaynaqlanır.

İcra müddəti – bu göstərici tapşırığın yerinə yetirilməsi üçün tələbəyə lazım olan vaxtı göstərir. Virtual laboratoriya qrupunda tələbələr tapşırıqları orta hesabla 14.5 dəqiqəyə, ənənəvi qrupda isə 20.2 dəqiqəyə yerinə yetirmişlər. Bu fərq təlimin interaktiv və yönləndirici xarakteri ilə izah olunur. Cohen's $d = -4.16$ olaraq çox güclü fərqi göstərir, bu isə virtual mühitin tələbələrin problemin mahiyyətini daha tez başa düşməsinə şərait yaratdığını göstərir.

Cohen-in d əmsalı hesablaması iki qrup arasında təsirin böyüklüyünü təyin etmək üçün istifadə olunur:

$$d = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_{ortağ}} \quad (2)$$

$$S_{ortağ} = \sqrt{\frac{((n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2)}{(n_1 + n_2 - 2)}} \quad (3)$$

Burada $S_{ortağ}$ – qrupların orta (birləşdirilmiş) standart kənarlaşmasıdır.

Hesablamalara görə $s_1 = 1.2$, $s_2 = 1.5$ təyin edilmişdir. (3)-cü düsturdan istifadə etməklə, verilmiş dəyərləri yerinə qoyduqda:

$$S_{ortağ} = \sqrt{\frac{(23 \times 1.44 + 23 \times 2.25)}{46}} = 1.37$$

$$d = \frac{(14.5 - 20.2)}{1.37} \approx -4.16$$

Bu, çox güclü fərq deməkdir. Mənfi işarə isə göstərir ki, virtual laboratoriya qrupu tapşırığı daha tez yerinə yetirib.

Bir digər göstərici kimi təhlilə əsaslanan düzəlişlərin sayı tələbələrin aldıkları əks-əlaqəyə əsasən etdikləri düzəlişlərin orta sayını ifadə edir. Virtual laboratoriyada bu göstərici 2.0, ənənəvi qrupda isə 1.0 olmuşdur.

(1) düsturu əsasında T-test hesablamasının nəticəsi hesablanmışdır. Əgər $s_1 = 0.5$, $s_2 = 0.4$, $n_1 = n_2 = 24$ olarsa $t \approx 2.83$. Bu fərq $p < 0.01$ səviyyəsində əhəmiyyətlidir.

Tələmdən razılıq səviyyəsi Likert şkalası əsasında ölçülmüş və tələbələrin təlimdən məmnunluğu təyin edilmişdir. Virtual laboratoriya qrupunda 4.65/5 (93/100), ənənəvi qrupda isə 3.8/5 (76/100) olmuşdur. (2) düsturu əsasında Cohen-in d hesablaması: $s_1 = 4.0$, $s_2 = 5.0$, $S_{ortaq} \approx 4.54$, $d \approx 3.74$.

Tələbənin özünü laboratoriya şəraitində psixoloji olaraq iştirak edən kimi hiss etməsini ölçən “orada olma hissi” göstəricisi müəyyənləşdirilmişdir. Bu göstərici xüsusilə əhatəli və interaktiv tədris mühitlərinin effektivliyini qiymətləndirmək üçün əhəmiyyətlidir.

Cədvəldən görüldüyü kimi bu göstərici virtual qrupda 4.8/5, ənənəvi qrupda 3.4/5 olmuşdur.

Cədvəl – Tələbə nəticələrinin statistik göstəriciləri
Table – Statistical indicators of student performance

Göstərici	Virtual Qrup (n=24)	Ənənəvi Qrup (n=24)	Cohen d əmsalı	T-test
Düzgünlük (%)	90.1 ± 2.6	78.0 ± 3.8	2.45	$t = 12.77, p < 0.001$
İcra müddəti (dəq)	14.5 ± 1.2	20.2 ± 1.5	-4.16	$t = -11.89, p < 0.001$
Düzəliş sayı	2.0 ± 0.5	1.0 ± 0.4	2.00	$t = 2.83, p < 0.01$
Razılıq səviyyəsi (/100)	93 ± 4.0	76 ± 5.0	3.74	$t = 3.91, p < 0.001$
Orada olma hissi (/5)	4.8 ± 0.3	3.4 ± 0.6	2.80	$t = 4.23, p < 0.001$

Bu nəticələr sübut edir ki, virtual laboratoriyalar yalnız texniki öyrənməni deyil, həm də tələbənin öyrənmə prosesinə emosional və motivasiya bağlılığını gücləndirir. Bu isə müasir təhsil sistemində texnologiya əsaslı yanaşmaların nə dərəcədə vacib olduğunu bir daha ortaya qoyur.

Bu nəticələrə əsasən (1)-ci düsturdan istifadə ilə aparılan t -test analizləri göstərdi ki, bütün göstəricilər üzrə virtual laboratoriya ilə tədris olunan qrup ənənəvi qrupa nisbətən statistik olaraq əhəmiyyətli dərəcədə üstün nəticələr göstərmişdir. Cohen d əmsalı ilə aparılan analizlər isə bu üstünlüyün praktik əhəmiyyətini ortaya qoyur.

Məsələn, “orada olma hissi” göstəricisi üçün Cohen d əmsalı $\rightarrow 1.84$ (2)-ci düsturla hesablanmış və bu, çox güclü təsiri göstərmişdir [9]. Bu isə tələbələrin virtual mühidə özlərini daha çox laboratoriya içində hiss etdiklərini və emosional motivasiyalarının daha yüksək olduğunu göstərir.

Bu tədqiqatda eləcə də üç fənn üzrə virtual laboratoriyaların tətbiqi ayrılıqda qiymətləndirildi: fizika, kimya və kompüter şəbəkələri. Hər fənn öz tədris xüsusiyyətlərinə görə fərqli nəticələr göstərdi. Aşağıda bu fərqlərlə bağlı yekun nəticələr qeyd edilib:

Fizika fənni daha vizual və dinamik eksperimentlər (məsələn, cərəyan dövrləri, sürtünmə simulyasiyası) ilə tədris edildiyi üçün, tələbələrin qavrama sürəti yüksək olmuş və bu, qısa icra müddətinə (13.2 dəq) və yüksək düzgünlük faizi ilə (91.3%) nəticələnmişdir.

Kimya fənni isə daha mücərrəd və mürəkkəb reaksiyalarla bağlıdır. Təhlilə əsaslanan düzəlişlərin sayının çoxluğu bu sahədə tələbələrin daha çox əks-reaksiya və qeyri-müəyyənliklə qarşılaşdığını göstərir. Burada vizual imitasiyaların məhdudluğu “orada olma hissi” göstəricisində (4.5) nisbətən aşağı nəticə ilə özünü göstərmişdir. Bundan əlavə, virtual laboratoriyalarda tənzimləmə və dəqiq eksperiment şərt-

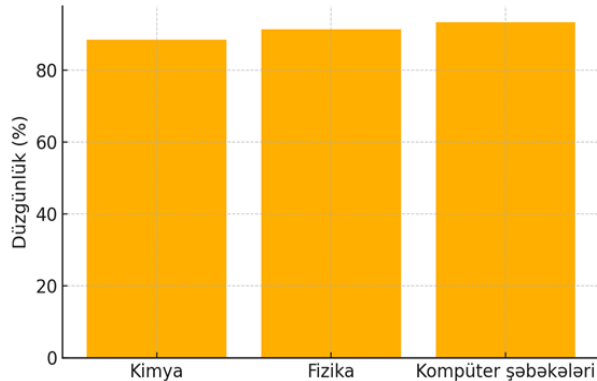
ləri tələbələrdən daha güclü fokuslanma qabiliyyəti və elmi metodlara uyğun sınaq aparma bacarığı tələb edir [10].

Kompüter şəbəkələri fənni isə texniki və məntiqi tapşırıqların daha asan vizuallaşdırıldığı sahədir. Bu fəndə avtomatlaşdırılmış skriptlərlə qiymətləndirmə və dərhal əks-əlaqə tələbələrdə yüksək motivasiya yaratmış və ən yüksək “orada olma hissi” (4.95) və düzgünlük (93.2%) göstəriciləri ilə nəticələnmişdir.

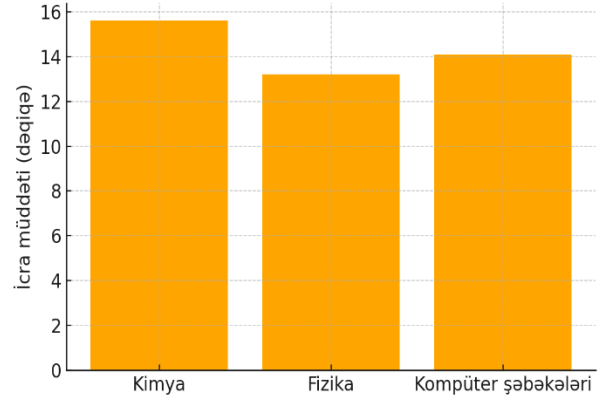
Tədqiqatın nəticələrinin vizual təhlili üçün üç əsas göstərici – düzgünlük faizi, icra müddəti və “orada olma hissi” üzrə qrafiklər hazırlanmışdır. Bu qrafiklər fənlər üzrə tələbə fəaliyyət göstəriciləri və təlim keyfiyyəti haqqında ümumi vəziyyəti təqdim edir.

Şəkil 1-də tələbələrin yerinə yetirdiyi tapşırıqlarda düzgünlük (səviyyəsi fənlər üzrə müqayisəli şəkildə göstərilir. Ən yüksək nəticə kompüter şəbəkələri fənninə aiddir (93.2%), bu isə texniki tapşırıqların daha aydın və sistemli şəkildə vizuallaşdırılması ilə izah oluna bilər. Fizika fənni də yüksək düzgünlük faizi ilə (91.3%) seçilir, kimya isə nisbətən daha aşağı nəticə (88.4%) göstərmişdir ki, bu da reaksiyaların mürəkkəbliyi və dəyişən ssenarilərlə əlaqədardır.

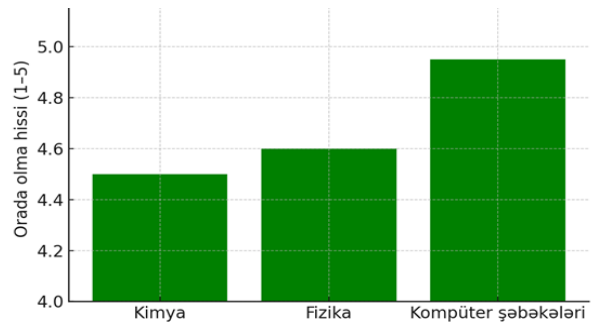
Şəkil 2 isə tələbələrin tapşırıqları yerinə yetirmək üçün sərf etdikləri orta vaxtı göstərir. Fizika fənnində tələbələr tapşırıqları daha sürətli yerinə yetirmiş (13.2 dəq.), kimya isə ən uzun icra müddəti (15.6 dəq.) ilə fərqlənmişdir.



Şəkil 1 – Fənlər üzrə düzgünlük faizi
Figure 1 – Accuracy rate by subjects



Şəkil 2 – Fənlər üzrə orta icra müddəti
Figure 2 – Average completion time by subjects



Şəkil 3 – Fənlər üzrə psixoloji iştirak göstəricisi
Figure 3 – Psychological engagement indicator by subjects

Bu, kimya tapşırıqlarında daha çox analiz və təhlilə əsaslanan düzəlişlərə ehtiyac duyulması ilə bağlı ola bilər. Kompüter şəbəkələri isə orta göstərici ilə (14.1 dəq.) balanslı nəticə ortaya qoymuşdur.

Şəkil 3 isə tələbələrin virtual mühitdə psixoloji iştirak səviyyəsini – yəni özlərini “laboratoriyada iştirak etmiş kimi” hiss etmə dərəcəsini ölçür. Kompüter şəbəkələri fənni bu göstərici üzrə ən yüksək nəticəni göstərmişdir (4.95/5) ki, bu da interaktivlik və dərhal əks-əlaqə ilə əlaqələndirilir. Fizika fənni 4.6 ilə ikinci yerdə, kimya isə 4.5 ilə nisbətən aşağı nəticə göstərmişdir. Bu, kimyəvi proseslərin vizual modelləşdirilməsində hələ də inkişaf ehtiyacının olduğunu göstərir.

Bu tədqiqatın nəticələri göstərdi ki, virtual laboratoriyaların tətbiqi yalnız texniki biliklərin ötürülməsi ilə kifayətlənmir, həm də tələbələrin psixoloji iştirak səviyyəsini, motivasiyasını və təlim məmnunluğunu əhəmiyyətli dərəcədə artırır [11,12].

Nəticə

Ümumiləşdirilmiş nəticələr göstərir ki, müxtəlif fənlər üzrə aparılan müqayisəli analizlər virtual laboratoriyaların effektivliyinin fənnin məzmun və struktur xüsusiyyətlərindən asılı olaraq fərqli xarakter daşdığını təsdiq edir.

Xüsusilə kompüter şəbəkələri fənnində ani əks-əlaqə və avtomatik qiymətləndirmə vasitələrinin istifadəsi həm düzgünlük səviyyəsinin, həm də “orada olma hissi”nin ən yüksək nəticələrlə təzahür etməsinə səbəb olmuşdur. Fizika fənni isə real həyatda müşahidə edilə bilən fiziki proseslərin interaktiv simulyasiyası şəklində təqdim edilməsi ilə öyrənməni asanlaşdırmışdır. Kimya fənnində isə daha mürəkkəb və mücərrəd məzmunlar səbəbilə tələbələrin icra müddəti daha uzun olmuşdur, lakin bu

sahədə vizuallaşdırma texnologiyalarının inkişaf etdirilməsi ilə nəticələrin daha da yaxşılaşacağı proqnozlaşdırılır.

Bu tədqiqatın nəticələri əsasında bir sıra əsas tövsiyələr irəli sürülə bilər. İlk növbədə, virtual laboratoriyaların hazırlanmasında fənn yönümlü dizayn prinsipləri əsas götürülməlidir. Çünki müxtəlif fənlər fərqli öyrənmə tərzini və məzmun xüsusiyyətləri tələb edir. Məsələn, texniki və tətbiqi sahələrdə interaktivlik və real vaxtda vizuallaşdırma öyrənmə effektivliyini artırdığı halda, mücərrəd sahələrdə təlim materiallarının strukturlaşdırılması daha mühüm rol oynayır.

Digər tərəfdən, avtomatik qiymətləndirmə və əks-əlaqə sistemləri tələbələrin öz fəaliyyətlərinə dərhal reaksiya verməsini təmin etdiyindən, öyrənmənin fərdiləşdirilməsi və sürətlənməsi üçün mühüm alət hesab edilir. Bu cür sistemlər təkcə təlimin texniki cəhətdən dəstəklənməsini deyil, həm də müəllimlərin iş yükünün azalmasını və obyektiv qiymətləndirmənin təmin edilməsini mümkün edir.

Üçüncü vacib amil tələbənin “orada olma hissi” və psixoloji iştirak səviyyəsidir. Tədqiqatlar göstərir ki, əhatəli və interaktiv mühitlərdə öyrənən özünü “real laboratoriyaya şəraitindəymiş kimi” hiss etdikdə, onun həm motivasiyası, həm də yaddaş tutumu artır. Bu isə dizayn və istifadəçi interfeysinin təkcə texniki deyil, həm də pedaqoji prinsiplərə əsaslanaraq hazırlanmasını tələb edir.

Nəhayət, bu cür təlim modellərinin genişlənmə potensialı nəzərə alınmalıdır. Virtual laboratoriyaların yalnız STEM sahələri ilə məhdudlaşmayaraq, humanitar və sosial elmlərlə də uyğunlaşması, gələcəkdə fərqli fənn sahələri üzrə öyrənmə imkanlarını bütün tələbələr üçün bərabər və daha əlçatan hala gətirə bilər.

Maraqlar münaqişəsi

Müəlliflər bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edirlər.

REFERENCES

1. **Ma J., Nickerson J.V.** (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 38(3), Article 7.
<https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>
2. **Rutten N., van Joolingen W.R., van der Veen J.T.** (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
3. **Makransky G., Terkildsen T. S., Mayer R. E.** (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
4. **de Jong T., Linn M. C., Zacharia Z. C.** (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308.
<https://doi.org/10.1126/science.1230579>
5. **Brinson J. R.** (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218–237.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>
6. **Tatli Z., Ayas A.** (2013). Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159–170.
<https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.1.159>
7. **Scheckler R.K.** (2003). Virtual labs: A substitute for traditional labs? *International Journal of Developmental Biology*, 47(2–3), 231–236.
<https://ijdb.ehu.eus/article/pdf/12705675>
8. **Gafarzada H., Gafarov A., Khankishiyev I.** (2023). The Analysis of Information Processing Methods to Assess Reliability of Machines and Equipment // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 15(2), 29–41.
https://doi.org/10.52171/2076-0515_2023_15_02_29_41
9. **Cohen J.** (1977). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/C2013-0-10517-X>
10. **Ghadeer H., Ahmad A.** (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 977-996.
<https://doi.org/10.28945/4668>
11. **Osmanli, T.** (2025). AI-enhanced predictive modelling of virtual laboratory microlearning in online distance education. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Vol. 30, No. 9, pp. 2461-2471.
<https://doi.org/10.18280/isi.300920>
12. **Osmanli, T.** (2025). The Impact of Virtual Laboratories on Student Motivation and Academic Performance: An Integrated Fuzzy-Sem and Machine Learning Study. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 7(1), 414–438.
<https://doi.org/10.37385/jaets.v7i1.9146>