

Szimulációs környezetek alkalmazása a gyakorlatorientált villamosmérnök-képzésben

Juhász Gergő, Kovács Róbert Sándor

Híradástechnika és Infokommunikáció Tanszék, Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Óbudai Egyetem, Bécsi út 96/B, Budapest, 1034, HUN

juhasz.gergo@kvk.uni-obuda.hu, kovacs.robert@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt: A gyakorlatorientált villamosmérnök-képzésben a szimulációs környezetek alkalmazása lehetővé teszi a hallgatók számára, hogy elméleti ismereteiket a gyakorlatban is kipróbálják és fejlesszék. Az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karán számos szimulációs környezetet és szoftvert alkalmaznak az alap- és mesterképzések kurzusain. Ilyenek például a Matlab, Tina, Ansys, AutoCAD és GNU Radio szoftverek. A szimulációs környezetek alkalmazása a gyakorlatorientált villamosmérnök oktatásban jelentős előnyökkel jár, mivel lehetővé teszi a hallgatók számára a valós világbeli problémák szimulációját és megoldását. Kutatásaim során megvizsgálom a különböző szimulációs környezetek alkalmazásának lehetőségeit az egyes tantárgycsoportokban és képzési területeken, illetve kitérek a szimulációs környezetek alkalmazásának hatékonyságára. Cikkemben bemutatom a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon jelenleg, az egyes tantárgyak oktatásában előforduló szimulációs és tervező programokat, amelyekről előzetesen kérdőíves felmérést végeztem a kollégáim körében. Részletesen beszámolok ezen szoftverek előnyeiről és hátrányairól, használhatóságukról, továbbá a kérdőívekről és kiértékelésükről. Célom a kapott eredmények és a felhasznált szakirodalmak alapján egy olyan szoftver-tantárgy-mátrixot összeállítani, amely kapcsolatot teremt az alapképzésen oktatott tantárgyak és a rajtuk alkalmazott, illetve a jövőben alkalmazásra javasolt szoftverek között.

Kulcsszavak: szimulációs környezet, innovatív oktatás, villamosmérnök képzés, kérdőív, mátrix

1. Szimulációs környezetek és jelentőségük

A szimulációs környezetek olyan számítógépes programok, amelyek lehetővé teszik számunkra, hogy egy adott problémát vagy jelenséget virtuális térben leképezzünk és manipulációkat végezzünk rajta. A számítástechnika fejlődésének eredményeként a szimulációs programok rendkívül sokrétűvé és nagy kapacitásúvá váltak, így képesek összetett jelenségek és folyamatok valósághű leképezésére.

Ezekkel az eszközökkel a felhasználók különféle számításokat végezhetnek, modellezhetnek, továbbá elemzéseket és statisztikákat készíthetnek rövid idő alatt, kis energiabefektetéssel. A szimulációk elvégzése után az eredmény sokféle lehet: adatok, virtuális modellek, de akár kézzelfogható tárgyak is, amennyiben valamilyen perifériát (nyomtató, 3D-nyomtató, CNC maró) alkalmazunk. A számítási folyamat közben lehetőségünk van a paraméterek dinamikus módosítására, és új parancsok kiadására.

Ezen szoftverek működését az alábbi folyamatábra modellezi:



1. ábra

Szimulációs szoftverek működésének folyamatábrája

Forrás: saját szerkesztés

2. Szimulációs környezetek jelentősége az oktatásban

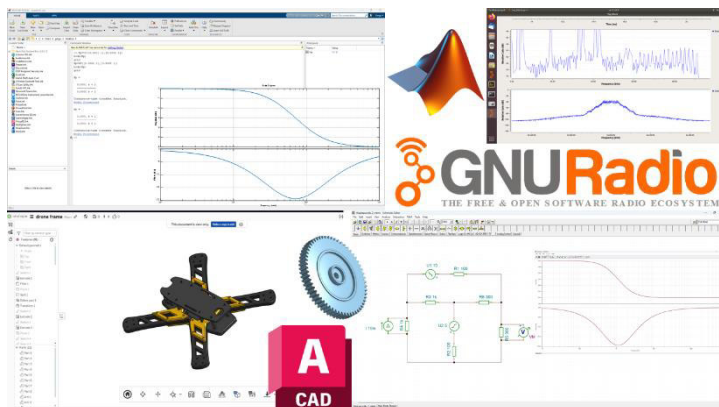
A szimulációs környezetek alkalmazása számos előnnyel jár mind az oktatásban, mind pedig az iparban. Fontos megemlíteni, hogy az Ipar 4.0, illetve az IoT (Internet of Things) egyik legfőbb alappillért képezik ezek a programok, illetve használatuk és beágyazásuk a gyártási folyamatokba. A legfontosabb előnyük egyértelműen a bonyolult problémák egyszerűbb és költséghatékonyabb megoldása. Egy szimulációs szoftverrel végzett adatfeldolgozás sokkal gyorsabb és effektívebb lehet, mint a hagyományos, papíron végzett számítások. A digitális környezetben egyszerűen módosíthatók a paraméterek, akár számítás közben is dinamikusan, illetve lehetőséget kapunk a problémák többoldalú megközelítésére. [1]

A szoftverek integrációja a különféle ipari folyamatokba nemcsak a termékfejlesztést gyorsítja, hanem hozzájárul a fenntarthatóbb és innovatívabb jövő kialakításához is, mivel költséghatékony alternatívát jelentenek a valóságban elvégzett kísérletekkel és mérésekkel szemben. Továbbá, a programok egymásba

ágyazhatóak, ezért használatukkal olyan jelenségek is modellezhetőek, amikhez nem rendelkezünk kézzel fogható eszközökkel. [2]

Ezen okokból kifolyólag a szimulációs környezetek alkalmazása rohamosan növekvő szerepet kap az oktatásban is, különösen a villamosmérnök képzésben. Ennek oka, hogy az ipar olyan elvárást támaszt az egyetemet elvégző, friss diplomás hallgatókkal szemben, mely szerint korunk mérnökeinek jól kell ismerniük a szimulációs környezeteket. Ezért az egyetemeknek a 21. században elengedhetetlen feladata, hogy olyan képzést nyújtsanak, amely ennek a követelménynek megfelel, és biztosítja, hogy a hallgatók készség szinten elsajátítsák ezeknek a programoknak a kezelését. [3]

A szimulációs szoftverek bevezetése az oktatásba több előnyt is hordoz. Egyrészt leegyszerűsíti és felgyorsítja az oktatás és a tanulás folyamatát, mivel a programok révén a hallgatók olyan különböző mérési és számítási feladatokat tudnak elvégezni, amelyek máskülönben a valóságban bonyolultak vagy kivitelezhetetlenek lennének. Ezen felül a hallgatóknak olyan feladatok is adhatóak, amelyeket otthon kell elvégezniük a programok segítségével, ezzel megszilárdítva a kurzusokon megszerzett tudást házi feladatok formájában. Az Óbudai Egyetem számos szimulációs szoftverhez rendelkezik licenccel, amelyek révén különféle területeken (áramkörtervezés, infokommunikációs hálózatok, gyártásautomatizálás) kaphatnak a hallgatók innovatív és korszerű tudást. A megszerzett készségek alapvetőek lesznek számukra a kihívásokkal teli villamosmérnöki pályán, ahol egyre több szakterületen kell helytállniuk. [4] [5]



2. ábra

A Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon leggyakrabban alkalmazott szoftverek

Forrás: összeállította a szerző

3. Kérdőív a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon alkalmazott szimulációs környezetekről

3.1. A kérdőív

Az előzőekben megfogalmazott lehetőségekből és kihívásokból arra a következtetésre jutottam, hogy érdemes lenne egy kutatást elvégezni a teljes Karon, hogy átfogó képet kapjunk arról, hogy a villamosmérnök képzéshez jelenleg mely szoftvereket alkalmazzák aktívan az oktató kollégák. Ebben főként az motivált engem, hogy további ötleteket és javaslatokat szerezzek arról, hogy a jövőben még milyen programok használatával tudnám kibővíteni az oktatói munkám eszköztárát. További célom az, hogy a kutatásom során szerzett eredményeket és adatokat széles körben elterjesszem a Karon, ezzel is elősegítve a problémaközpontú villamosmérnök oktatás fejlődését.

Ehhez egy kérdőívet készítettem, amelynek kitöltésében a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon oktató kollégák közreműködését kértem. A kérdőívet a Google Forms felületén állítottam össze még 2024 nyarán. A célom pedig az volt, hogy feltérképezzem, hogy a villamosmérnök hallgatók tanításában milyen szimulációs szoftvereket használnak az oktatók az egyetemi laboratóriumokban, és ezeket a szoftvereket milyen tantárgyakhoz, évfolyamokhoz és konkrét feladatokhoz kötik. A kérdőív maximum 3 darab program feltüntetését tette lehetővé kollégáinként. [6] [7] [8]

A kérdőív a következő főbb pontokra tért ki:

- A szoftver neve: az alkalmazott környezet pontos neve.
- Tantárgyi alkalmazás: mely kurzusokon kerül alkalmazásra?
- Hányadéves hallgatók használják?
- Alkalmazási terület: milyen típusú tevékenységekre használják a szoftvert (számolás / feladatmegoldás / tervezés / modellezés / ábrázolás)?

A kérdőív különös figyelmet fordít arra, hogy az oktatók hogyan használják ezeket a szoftvereket a tananyag szemléltetésére, hogy a hallgatók jobban megértsék a laboratóriumi gyakorlatokat és az elméleti háttérrel. A begyűjtött válaszok alapján a kutatás célja az, hogy betekintést nyújtson a szimulációs környezetek szerepébe a gyakorlati oktatásban, valamint felmérje ezek hatékonyságát a mérnökhallgatók képzésében. [6] [7] [8]

3.2. A kérdőívben kapott válaszok összefoglalása

Az előző fejezetben bemutatott kérdőívre számos választ kaptam, melyeket az alábbiakban foglalkok össze, a szoftverek felsorolásával, illetve alkalmazásának részleteivel (tantárgy, hallgatói évfolyam, felhasználás):

3.2.1. TinkerCAD

Felhasználás: A hallgatók virtuálisan építhetnek meg Arduino-ra épülő kapcsolásokat, majd programot írhatnak rá, melyet szimulációban le tudnak futtatni. Ez lehetővé teszi, hogy hardver vásárlása nélkül gyakoroljanak mind a laborban, mind pedig otthon.

Tantárgy: Programozás 2. (BSc), Arduino programozás

Évfolyam: 2.

3.2.2. TINA

Felhasználás: Áramkörtervezés és -szimuláció. Ezzel a szoftverrel analóg és digitális áramköröket lehet megépíteni, amelyeken különböző mérések végezhetőek el. Ezzel a hagyományos műszeres méréseket lehet kiváltani, illetve ellenőrizni. Az áramköröknek bármilyen paramétere mérhető vele, akár még karakterisztika is készíthető.

Tantárgy: Digitális technika, Elektronika, Analóg és digitális áramkörök, Villamosságtan

Évfolyam: 1. és 2.

3.2.3. MatLab

Felhasználás: Számolás, példamegoldás és ábrázolás. A MatLab különösen jelek paramétereinek vizsgálatánál, illetve matematikai és fizikai példamegoldásnál hasznos, emellett modulációs technikák bemutatására, Fourier-transzformációk végzésére és képfeldolgozásra is használják a hallgatók. [9] [10]

Tantárgy: Infokommunikáció alapjai, Digitális jelfeldolgozás, Jelanalízis, Hírközlésmélet, Statisztika és ütemezésmélet, Automatika

Évfolyam: Mindegyik.

3.2.4. Neplan

Felhasználás: Olyan villamos hálózatok modellezése, amelyek számításokat és méretezéseket igényelnek. A Neplan segít a hálózatok tervezésében és a különféle paraméterek kiszámításában.

Tantárgy: Villamos hálózatok számítása és méretezése

Évfolyam: MSc.

3.2.5. Picoscope

Felhasználás: Ábrázolás és szimuláció. A Picoscope elsősorban az elektromos jelek vizualizációját szolgálja, ezáltal segítve a kapcsolástechnikai gyakorlatokat.

Tantárgy: Kapcsolástechnika

3.2.6. Wireshark

Felhasználás: TCP/IP működésének bemutatása, protokollanalízis, adatátviteli folyamatok megfigyelése. Különösen hasznos a hálózati protollok tanulmányozásában és az infokommunikációs rendszerek működésének megértésében.

Tantárgy: Híradástechnika 2., Infokommunikáció alapjai és adatátvitel

Évfolyam: 2. és 3.

3.2.7. LabVIEW

Felhasználás: Vizualizáció, szimuláció. A LabVIEW lehetővé teszi különféle áramköri szimulációk létrehozását, amelynek segítségével az elméleti tananyag szemléletesebbé és érthetőbbé válik.

Tantárgy: Jelfeldolgozás I. és II.

Évfolyam: 3. és 4.

3.2.8. wokwi.com

Felhasználás: Ezzel a környezettel a hallgatók mikrokontrollerrel megvalósítandó áramköröket tudnak megépíteni és szimulálni.

Tantárgy: Programozás és Projektmunka

Évfolyam: 1-3.

3.2.9. LTSpice

Felhasználás: Áramköri modellezés és teljesítményelektronikai rendszerek szimulációja.

Tantárgy: Teljesítményelektronika és elektronikus átalakítók

Évfolyam: MSc

3.2.10. Eagle

Felhasználás: Nyomtatottáramkör-tervezés. Az Eagle különösen hasznos az elektronikai áramkörök tervezéséhez, dokumentációjához és méretezéséhez.

Tantárgy: Elektronikai technológia

Évfolyam: 2.

3.2.11. AutoCAD

Felhasználás: Tervezés, ábrázolás. Az AutoCAD az egyik legismertebb szoftver ábrák és 3D modellek készítéséhez, amelyek nélkülözhetetlenek a műszaki rajzolás és a tervezési folyamatok során.

Tantárgy: Optikai hálózati technológiák, Kapcsolástechnika

Évfolyam: 3.

3.2.12. MPLAB-X

Felhasználás: Mikrokontroller programozás, kódolás. Segítségével a megírt programot lehet a mikrokontrollerre rátölteni, illetve lépcsenként debugolni. Beépített szimulátorral rendelkezik.

Tantárgy: Digitális jelfeldolgozás, Beágyazott szoftverfejlesztés

Évfolyam: 3.

3.2.13. FreeCAD

Felhasználás: Modellezés, ábrázolás. A FreeCAD segítségével a hallgatók 3D-s modelleket készíthetnek és tervezhetnek.

Tantárgy: Anyagmozgató rendszerek modellezése

3.2.14. KICAD

Felhasználás: Nyomatottáramkör-tervezés. A KICAD jól alkalmazható elektronikai áramkörök tervezéséhez, NYÁK méretezéséhez.

Tantárgy: Beágyazott rendszerek

3.2.15. Creo Parametric

Felhasználás: 3D-s tervezés. A Creo Parametric lehetőséget nyújt a hallgatóknak 3D modellek megvalósítására és vizualizációjára.

Tantárgy: 3D tervezés

3.3. Kérdőív értékelése

A kérdőív válaszaiból látható, hogy a szimulációs szoftverek alkalmazása nemcsak a hallgatók elméleti ismereteinek elmélyítésében játszik fontos szerepet, hanem elősegíti gyakorlati készségeik fejlesztését is. Az egyes szoftverek különféle oktatási célokra történő használata azt mutatja, hogy az oktatók igyekeznek a modern technológia által biztosított szimulációs környezeteket beépíteni a tantervbe. Összességében a kérdőív alapján megállapítható, hogy a szimulációs szoftverek használata széles körben elterjedt a villamosmérnök képzésben, és ezen eszközök megfelelő alkalmazása segíti a hallgatókat abban, hogy a gyakorlati és az elméleti szaktudást egyaránt megszerezzék.

4. Szoftver-tantárgy mátrix összeállítása

Kutatásom egyik fő mérföldköve az előző fejezetben összegyűjtött és elemzett szoftverekből, továbbá az általam elvégzett szakirodalomkutatás során feltárt programokból egy szoftver-tantárgy-mátrix összeállítása. Ennek során az F tanterv tantervi táblázatában szereplő alapképzéses, minden hallgató számára kötelező tantárgyakat (összesen 36 darab) fogom egy táblázatban összepárosítani azokkal a programokkal, amiket érdemes lehet az oktatásuk során alkalmazni. [11]

Első lépésként egy olyan táblázatot hoztam létre, amelyben csak azokat a tantárgyakat soroltam fel, amelyek oktatásához már jelenleg is alkalmaznak a kollégáim szimulációs szoftvereket. A felsorolt tantárgyak mellé itt még csak azokat a programokat rendeltem hozzá, amelyekről vagy a kérdőívből szereztem tudomást, vagy a tantárgykövetelményi tematikákban egyértelműen szerepelnek az adott kurzus leírásában, illetve BSc-s tanulmányaim során nekem is használnom kellett őket. Ennek következményeképpen elképzelhető, hogy valamelyik tantárgy, vagy a hozzá tartozó szoftver kimaradt a listából. (Lásd az 1. táblázatban!)

1. táblázat

Jelenlegi szoftverek és tantárgyak

Tantárgy:	Jelenleg használt szoftver:
Informatika	Structorizer
Infokommunikáció alapjai	WhireShark
Villamosságtan I.	TINA, MatLab
Villamosságtan II.	TINA, MatLab
Digitális technika II.	TINA, Xilinx
Elektronika I.	TINA
Elektronika II.	TINA
Programozás I.	CodeBlocks
Programozás II.	TinkerCAD, wokwi.com
Beágyazott rendszerek	MPLAB-X, KICAD
Irányítástechnika	MatLab, Simulink
Telekommunikációs technológiák	MatLab, WhireShark
Elektronikai technológia	Eagle

A táblázatból jól látható, hogy a 36 darab alapozó tantárgy oktatásához jelenleg csak 13-hoz használnak a kollégák valamilyen szimulációs szoftvert. Ez sajnos csak 36%-a az összesnek, ami némileg több csak az 1/3-adnál. Továbbá az is elmondható, hogy azon tárgyaknál, ahol alkalmaznak valamilyen programot,

zömében csak ugyanazt a néhányat. Ezek közül főként a MatLab és a TINA jut kimagasló szerephez. [9][10]

Az általam elkészített szoftver-tantárgy mátrix az előző pontban felvázolt problémát hivatott feloldani. Ebben a táblázatban mind a 36 darab alapozó tantárgyhoz próbáltam olyan szimulációs környezeteket hozzárendelni, amik kapcsolódnak az adott kurzus tematikájában leírt, elsajátítandó ismeretanyag szemléltetéséhez. Ennek elkészítése során nem csak a kérdőívben válaszként kapott programokat vettem figyelembe, hanem az általam – az szakirodalomkutatás során – megismert, illetve már a gyakorlatban eddig is használt szoftvereket. (A mátrixot lásd a 2. táblázatban!) A táblázat első oszlopa a 36 alapozó tantárgyat tartalmazza, a második oszlopa pedig a hozzájuk már eddig is használt szoftvereket (félkövéren szedett), illetve az általam javasoltakat (normál betűtípus).

2. táblázat
Szoftver-tantárgy mátrix

Tantárgy:	Jelenleg használt és javasolt szoftver:
Informatika	Structorizer , TinkerCAD, MPLAB-X, CodeBlocks, PyCharm
Kreatív megoldások a villamosmérnöki szakmában	LabVIEW, AutoCAD, FreeCAD, Creo Parametric
Természettudományok alapjai	MatLab, GeoGebra, WolframAlpha
Villamosipari anyagismeret	Eagle, FreeCAD, KICAD, TINA
Matematika I.	MatLab, GeoGebra, WolframAlpha
Matematika II.	MatLab, GeoGebra, WolframAlpha
Matematika III.	MatLab, GeoGebra, WolframAlpha
Fizika I.	MatLab, GeoGebra, WolframAlpha
Fizika II.	MatLab, GeoGebra, WolframAlpha
Infokommunikáció alapjai	WireShark , MatLab, GNURadio
Környezet-, minőség- és biztonságtechnika	LabVIEW, AutoCAD, FreeCAD, Creo Parametric
Innovatív tanulástechnikai készségek a mérnökké válás során	LabVIEW, AutoCAD, FreeCAD, Creo Parametric
Tutori rendszer kiépítése	Bármelyik, amire a tutorálnak szüksége van.
Tutori rendszer alkalmazása	Bármelyik, amire a tutorálnak szüksége van.
Gazdaságtudományi alapismeretek	MatLab

Vállalkozási alapismeretek	MatLab
Villamosságtan I.	TINA, MatLab , Falstad, CircuitLab
Villamosságtan II.	TINA, MatLab , Falstad, CircuitLab
Digitális technika I.	TINA, Picoscope, wokwi.com, Falstad, CircuitLab
Digitális technika II.	TINA, XILINX , Picoscope, wokwi.com, MPLAB-X, Falstad
Elektronika I.	TINA , Picoscope, Eagle, MPLAB-X, CircuitLab
Elektronika II.	TINA , Picoscope, Eagle, MPLAB-X, CircuitLab
Méréstechnika I.	TINA, MatLab
Méréstechnika II.	TINA, MatLab
Programozás I.	CodeBlocks , VisualStudio
Programozás II.	TinkerCAD, wokwi.com , MPLAB-X, Structorizer, PyCharm, VisualStudio
Beágyazott rendszerek	MPLAB-X, KICAD , TinkerCAD
Írányítástechnika	MatLab, Simulink , LabVIEW, Scilab, Xcos, OpenModelica
Megújuló energiaforrások és energiahatékonyság	Neplan, LTSpice, AutoCAD
Programozott vezérléstechnikai alapismeretek	TinkerCAD, MPLAB-X, MatLab, LabVIEW, Scilab
Telekommunikációs technológiák	MatLab, WhireShark , GNURadio, Audacity
Villamos energetika	Neplan, LTSpice, MatLab
Elektronikai technológia	Eagle , TINA, KICAD
Villamos hajtásláncok	MatLab, LabVIEW, Scilab, Xcos, OpenModelica
EMC	Neplan, LTSpice
Internetes alkalmazások és WEB technológiák	MatLab, WireShark

A szoftver-tantárgy mátrix létrehozásakor igyekeztem mind a 36 tantárgyhoz releváns, a tananyaghoz megfelelő szemléltetést nyújtó programot hozzárendelni. Ennek eredményeképpen a 36%-os szimulációs környezet alkalmazást próbáltam

közel 100%-osra megnövelni. A táblázatból látható, hogy az egyes kurzusokhoz számos szoftvert gyűjtöttem össze, ezzel lehetőséget adva az oktatóknak arra, hogy a számukra legmegfelelőbbet válasszák ki.

Az elkészült mátrixot az egyes tantárgyak tárgyfelelőseivel szeretném a jövőben megosztani, ezzel elősegítve a gyakorlatorientált oktatást. Természetesen az általam összeállított mátrix csak egy ajánlás, amellyel a kollégáknak szimulációs környezeteket javaslok az oktatás szemléletesebbé tételéhez. Ezzel azt az eredményt kívánom elérni, hogy a hallgatókhoz a számítógépes programok nyújtotta lehetőségeket (grafika és számítási kapacitás) kihasználva közelebb hozzuk az adott tantárgyakat, csökkentve a lemorzsolódást. Mivel a mátrix csak egy ajánlás, emiatt a kollégáim önálló döntésére bízom, hogy milyen mértékben fogják az általam kapott és elemzett eredményeket a jövőben felhasználni.

Konklúzió

A kutatásom legfőbb lépését végrehajtottam, melynek során feltérképeztem a szimulációs szoftverek szerepét és hatását a gyakorlatorientált villamosmérnök képzésben a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon. A szimulációs környezetek jelentős mértékben hozzájárulnak a hallgatók tudásának elmélyítéséhez és gyakorlati készségeik fejlesztéséhez. A kutatás során elkészített kérdőív segítségével adatokat gyűjtöttem az oktatók szimulációs szoftverhasználati szokásairól, tantárgyspecifikus alkalmazásaikról, valamint az egyes szoftverek oktatási célú felhasználási területeiről. A kutatás során összegyűjtött adatok alapján a szimulációs szoftverek oktatásba való integrálása sokszínű és széles körű a Karon. A kérdőív eredményei alapján a szimulációs szoftverek alkalmazása különösen hatékonynak bizonyult azoknál a tárgyaknál, ahol fontos a gyakorlati szemléltetés. A szimulációs környezetek által nyújtott legfőbb előny az otthonról való elérhetőség, hozzájárult ahhoz, hogy a hallgatók önállóan is gyakorolhassanak és elmélyíthessék a tudásukat. A kutatás eredményei alapján megfogalmazható egy javaslat a szimulációs környezetek további fejlesztésére az oktatásban. Ez pedig a szimulációs szoftverekhez készült oktatási segédanyagok bővítése, mint például részletes videós útmutatók, gyakorló feladatok, és interaktív tanulási felületek, amelyek segítik a hallgatókat a szoftverek használatának gyorsabb elsajátításában. [12] [13]

Összességében a kutatás eredményei alátámasztják, hogy a szimulációs környezetek használata jelentős pozitív hatással van a villamosmérnöki képzésre, és számos lehetőséget biztosít a gyakorlatorientált tanulás támogatására. Továbbfejlesztésként további elemzéseket végeznék a hallgatói teljesítmények és visszajelzések alapján, hogy az így nyert tapasztalatokkal még inkább elősegíthessük a szimulációs eszközök szerepének bővítését a villamosmérnök képzésben, továbbá, ezzel tovább bővíteném a mátrixot. [14]

Források

- [1] Mourtzis, D.; Doukas, M.; Bernidaki, D.: Simulation in Manufacturing: Review and Challenges, *Procedia CIRP*, 2014, Pages 213-229, ISSN 2212-8271, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114010634>, 2024. 11. 06.
- [2] Gunal, Murat M., Simulation and the Fourth Industrial Revolution, 2019, Simulation for Industry 4.0 (pp.1-17), DOI: 10.1007/978-3-030-04137-3_1
- [3] Rennie, A. E. W., Lambert, C. G., & Gunawardhana, N., Virtual Laboratories in Undergraduate Science and Engineering Courses: a Systematic Review, 2009–2019 (2020). *Education Sciences*, 10(10), 291. DOI: 10.3390/educsci10100291.
- [4] Szabó, Csilla Marianna, Bartal, Orsolya, Nagy, Bálint, The Methods and IT-Tools Used in Higher Education Assessed in the Characteristics and Attitude of Gen Z, *Acta Polytechnica Hungarica*. Vol. 18, No. 1, 2021.
- [5] Sáiz-Manzanares, M.C.; Marticorena-Sánchez, R.; Muñoz-Rujas, N.; Rodríguez-Arribas, S.; Escolar-Llamazares, M.-C.; Alonso-Santander, N.; Martínez-Martín, M.Á.; Mercado-Val, E.I. Teaching and Learning Styles on Moodle: An Analysis of the Effectiveness of Using STEM and Non-STEM Qualifications from a Gender Perspective. *Sustainability* 2021, 13, 1166. <https://doi.org/10.3390/su13031166>.
- [6] Baross, M. T.: 5G Mobile Technology in Education, 2023 IEEE 6th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), Budapest, Hungary, 2023, pp. 000295-000300, doi: 10.1109/CANDO-EPE60507.2023.10418032.
- [7] Vasantha Raju, Narayanaswamy, N. S., Harinarayana, Online survey tools: A case study of Google Forms, 2016, *Scientific, Computational & Information Research Trends in Engineering*, GSSS-IETW, Mysore
- [8] Baross, M. T.: Passive Optical Black Box, 2022 IEEE 20th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), Subotica, Serbia, 2022, pp. 163-168, doi: 10.1109/SISY56759.2022.10036261.
- [9] Kővári, A.; Rajcsanyi-Molnar, M.: Mathability and Creative Problem Solving in the MaTech Math Competition. *Acta Polytechnica Hungarica*, 2020. 17. 147-161. 10.12700/APH.17.2.2020.2.9.
- [10] Wuhrl, T.: Pilot Signal Removal, Digital Signal Processing Algorithm and it's Practical Implementation. *Acta Polytechnica Hungarica*. Vol. 20, No. 7, 2023.

- [11] Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, villamosmérnöki BSc. magyar nyelvű képzés, Nappali tagozat, F tanterv, https://kvk.uni-obuda.hu/static/2023/06/17/Villamosmernok_BSC_nappali_F.pdf, 2024. 11. 07.
- [12] Cseh Papp, I.; Karácsony, P.; Juhász, T.: Study Preferences in Higher Education. *Acta Polytechnica Hungarica*. Vol. 20, No. 4, 2023.
- [13] López Gutiérrez, J. R., Ponce, P., & Molina, A., eal-Time Power Electronics Laboratory to Strengthen Distance Learning Engineering Education on Smart Grids and Microgrids (2021). *Future Internet*, 13(9), 237. DOI: 10.3390/fi13090237
- [14] Guzsvinecz, T.; Orbán-Mihálykó, É.; Perge, E.; Sik-Lányi, C.: The Effect of Engineering Education, on Spatial Ability, in Virtual Environments. *Acta Polytechnica Hungarica*. Vol. 20, No. 5, 2023.