

Using of Dynamic Animations to Illustrate Mathematical Theorems

Edina Kocsó, Márta Cserné Pekkel

University of Dunaújváros, Táncsics M. út 1/A, Dunaújváros 2400, Hungary, {kocsoe; csernepm}@uniduna.hu

Abstract

Today, we make effective use of computers and smart devices in many areas of education, including the teaching of mathematics – taking advantage of the fact that for today’s generations, these devices are part of their natural medium. In this study, we present an educational aid that aims to promote effective learning by combining new types of technical possibilities and taking into account the needs of students. As a result of a questionnaire survey and the success of the course, we received feedback on the way in which we should continue to produce digital teaching materials and aids during the teaching of mathematics at the University of Dunaújváros.

Keywords: illustration; Mathematics education; dynamic figure; animation; digital environment

Dinamikus animációk használata matematikai tételek szemléltetéséhez

Kocsó Edina, Cserné Pekkel Márta

*Dunaújvárosi Egyetem, Táncsics Mihály út 1/A, Dunaújváros, 2400, Magyarország,
{kocsoe; csernepm}@uniduna.hu*

Absztrakt

Napjainkban hatékonyan használjuk a számítógépet és az okoseszközöket az oktatás több területén, így a matematika tanítása során is – kihasználva azt, hogy a mai generációk számára ezen eszközök a természetes közegük része. Ebben a tanulmányban egy olyan oktatási segédanyagot mutatunk be, mely az eredményes tanulást tűzte ki célul vegyítve az újfajta technikai lehetőségekkel és figyelembe véve a hallgatók igényeit. Egy kérdőíves vizsgálat és a kurzus sikeressége eredményeként kaptunk visszajelzést arról, hogy a továbbiakban milyen úton folytassuk a digitális tananyagok és segédanyagok készítését a matematika oktatása során a Dunaújvárosi Egyetemen.

Kulcsszavak: szemléltetés; matematika oktatás; dinamikus ábra; animáció; digitális környezet

1. Bevezetés

A digitális technika nemcsak a hétköznapijaink, de az iskolai élet, a tanulás részévé is vált. De milyen eszközökkel segíti és változtatja meg a tanítás folyamatát az IKT-eszközök alkalmazása? Ha az oktatással összefüggésben halljuk ezt a szót, akkor sok esetben csak magára a számítógépre és az interaktív táblára asszociálunk, pedig ennek a fogalomnak sokkal tágabb jelentése van (Benedek, 2008). Természetesen, az magában nem elegendő a hatékony tanítási módszerhez, illetve a tanóra színesebbé tételéhez, hogy valaki alkalmazza a modern

technikai eszközöket és programokat, a legfontosabb kérdés, hogy hogyan és mire használjuk a digitális technika adta lehetőségeket (Racskó, 2017). Napjainkban nemcsak a felnőttképzésben (Kővári, 2019) és felsőoktatásban (Váraljai et al. 2020), de már az általános és középiskolában tanulók információfeldolgozási ismeretei és tanulási módszerei is jelentősen megváltoztak (Váraljai & Nagy, 2019) a rendelkezésre álló eszközök, programok hatására. A mostani generáció számára már magától értetődő a digitális világ (Ujbányi et al., 2017), természetes közeg a számítógép, az okoseszközök és az internet léte (Horváth, 2016).

A konvencionális tanulási-tanítási mód a matematika tantárgy esetében is már idejétmúlt. Jelenleg még számos intézményben fellelhető a frontális óravezetés módszere. A tanulás ideje, helye és módszere szigorúan kötött, de a Dunaújváros Egyetem oktatói is igyekeznek a modern oktatás elvárásaihoz igazodni.

A digitális környezetbe áthelyezett matematikatanítás a megszokott mintával szemben új struktúrát alakít ki, hiszen egy vegyes oktatási mód keretében kerül megvalósításra maga a tanulási folyamat. A távoktatási kurzusok többéves múltra tekintenek vissza az egyetem életében, kiváltképp a matematika ily módon történő oktatása (Nagy, 2018, Ujbányi et al. 2019a). Ez idő alatt kidolgozásra került az online kurzus technológiai háttere (Orosz et al., 2019), az oktatás módszertana (Molnár et al., 2018), az oktatási anyagok (Kővári, 2017) és segédanyagok (Ujbányi et al, 2019b).

A diákok részéről fontos – akár a magyar, akár az angol nyelvű képzések esetén (Erdélyi, 2012) –, hogy meglegyen a megfelelő szintű képesség, nyitottság és a kellő motiváltság arra, hogy az online kurzus teljesítése sikeres legyen.

Az ilyen típusú oktatási módnak számos előnye van: azoknak a diákoknak is van lehetőségük a tanulásra, akiknek közlekedési problémájuk, vagy időbeosztásuk miatt (például munkahelyi elfoglaltság) a hagyományos oktatási rendben vagy nem lenne módja a tananyag elsajátítására, vagy nehézségekbe ütközne. Ezen előnyök mellett azonban még mindig fontos a módszerek további fejlesztése, hiszen a lemorzsolódás még mindig jelentős feladatot ró az egyetemekre (Bacsa-Bán & Viktorija, 2016).

Az oktatás kereteit a digitális környezet teremti meg a tanári magyarázat és konzultáció által kínált lehetőséggel kiegészítve. Az ilyen típusú online kurzusokat folyamatos megfigyelés-ellenőrzés kíséri, melynek célja nemcsak a diákok tevékenységének a figyelemmel kísérése, ellenőrzése, értékelése (Bognár, 2016), hanem a tananyag fejlesztése és tökéletesítése is.

A Moodle rendszeren keresztül minden egyetemi hallgató egyéni belépési azonosítóval és jelszóval hozzáfér a digitális tananyaghoz, mely az alábbi struktúra szerint lett kialakítva: elméleti rész ismertetése pár perces videók formájában, önellenőrző teszt és számolási feladatok megoldásokkal. A diákok számára egy tanulási útmutató került kialakításra, mely tartalmazza a tanulás ütemtervét, az elvégzendő feladatokat, mégis mindenki számára biztosítja az egyéni ütemben való előrehaladást az egyes fejezetek között.

A tanári hozzáféréssel rendelkező felhasználók követni tudják a tanulók munkáját, tevékenységét, elért eredményeit, valamint kapcsolatteremtésre is van lehetőség a rendszeren keresztül. A többféle típusú tananyag nemcsak hogy változatosabbá teszi a tanulási folyamatot, de azzal, hogy tetszés szerint bármikor elérhető és korlátlanul megtekinthető, növeli a tanulás hatékonyságát.

A Dunaújvárosi Egyetem hallgatói több képzési szinten, rendkívül nagy arányban hallgatnak matematikát. A Matematika 3. tantárgy az alapképzési szakokon az őszi félévben szerepel. Jellemző átadási mód a heti 3 óra tantermi gyakorlat.

A tantárgy elsődleges képzési célja, hogy a hallgatók további tanulmányaikhoz a nélkülözhetetlen matematikai alapokat megszerezzék; a tárgy teljesítéséhez szükséges alapvető elvárás, hogy a szakterületnek megfelelő matematikai feladatok megoldásához szükséges módszereket, eljárásokat ismerjék és alkalmazni is tudják.

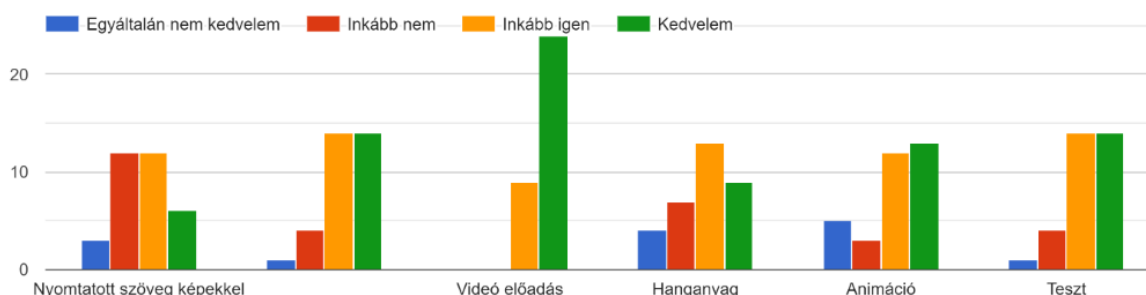
A tantárgy elsajátítását a tanórai jegyzetek, a kötelező és ajánlott irodalmak mellett az egyes témakörökhöz tematikusan összeállított polimédia-anyagok, gyakorló feladatsorok, önellenőrző tesztek segítik, melyek minden hallgató számára elérhetőek a Moodle rendszeren keresztül, valamint rendszeres online Microsoft Teams felületen tarott konzultációk támogatják a tantárgy sikeres teljesítését.

2. A kérdőív

A kurzus 33 nappali tagozatos hallgatója a 2020/21. tanév őszi félévének végén egy kérdőív segítségével értékelték a kurzust. A kérdőív teljes ismertetésétől itt eltekintünk, néhány érdekes kérdést azonban röviden tárgyalunk.

A később tárgyalt válaszok elemzése miatt érdemes megemlíteni, hogy a választ adók mintegy 75%-a 21 és 30 év közötti, míg 25%-a ennél is fiatalabb.

3. Az ELMÉLETI matematika tananyag elsajátításához mennyire kedveli az alábbi tananyag típusokat?

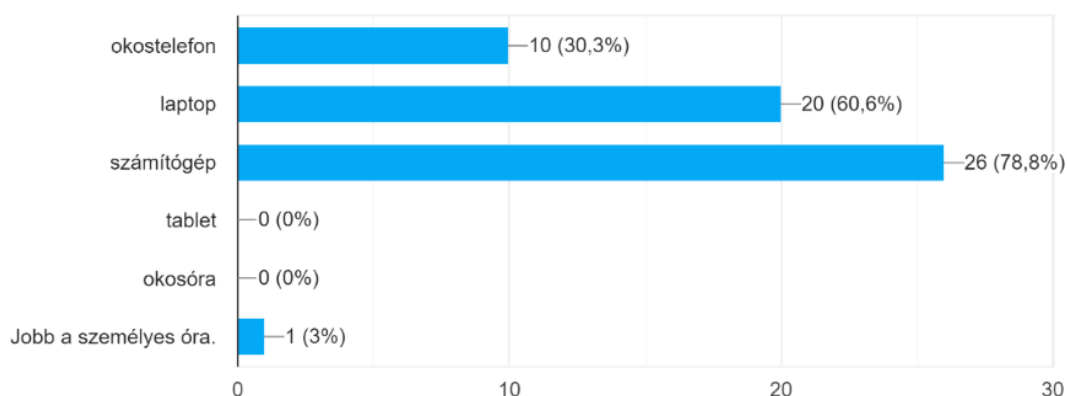


2.1. ábra “Az elméleti matematika tananyag elsajátításához mennyire kedveli az alábbi tananyag típusokat?” kérdésre adott válaszok. Az alábbi típusok esetén kellett választani: Nyomtatott szöveg képekkel. Elektronikus szöveg képekkel. Videó előadás. Hanganyag. Animáció. Teszt. A lehetséges válaszok: Egyáltalán nem kedvelem. Inkább nem. Inkább igen. Kedvelem.

A válaszadók mindegyike bejelölte, hogy a matematika tananyag elsajátításához a videó előadásokat előnyben részesíti. Sokan kedvelik az elektronikus szöveget képekkel, a tesztek és az animációkat is. A Moodle rendszerben jelenleg a felsoroltak közül csak az animációk nem érhetőek el a Matematika 3. kurzuson, ezért ezen típussal részletesen foglalkozunk a 3. fejezetben.

4. Milyen saját DIGITÁLIS ESZKÖZ segítségével szeret tanulni? Több válasz is lehetséges!

33 válasz

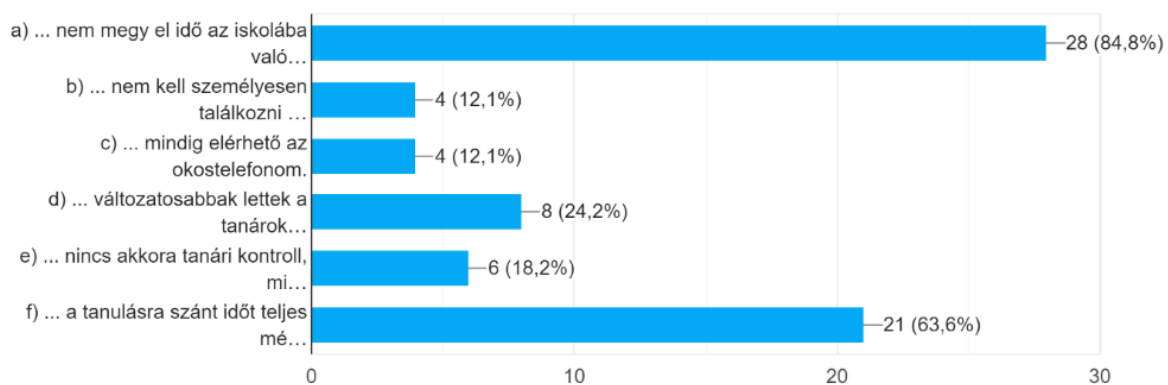


2.2. ábra A “Milyen saját digitális eszköz segítségével szeret tanulni?” kérdésre adott válaszok

A 4. kérdésre adott válaszok alapján megállapítható, hogy a hallgatók leginkább számítógép, laptop segítségével tanulnak. Nem elhanyagolható azonban a mobiltelefon használata sem. Erre – más egyetemekhez hasonlóan (Sík & Molnár, 2019) – a kurzusok további fejlesztése során érdemes figyelemmel lenni. Az okosóra azonban – vélhetően technikai jellemzői miatt – egyelőre várhatóan nem fog jelentős szerepet vállalni az oktatás folyamatának támogatásában.

5. Melyik állítás igaz Önre leginkább? Az ONLINE OKTATÁS számomra azért JÓ, mert... (Több válasz is lehetséges!)

33 válasz

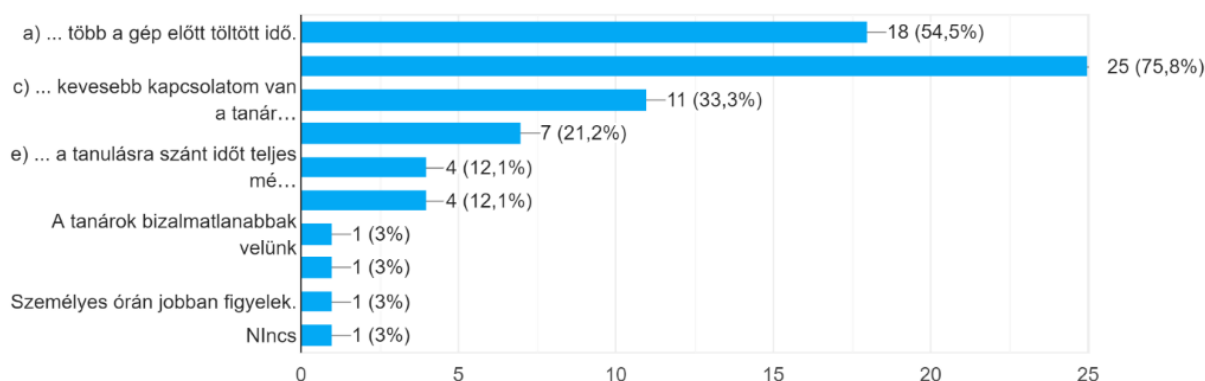


2.3. ábra A “Melyik állítás igaz Önre leginkább? Az online oktatás számomra azért jó, mert...” kérdésre adott válaszok. A lehetséges válaszok: a) ... nem megy el idő az iskolába való utazással., b) ... nem kell személyesen találkozni emberekkel., c) ... mindig elérhető az okostelefonom., d) ... változatosabbak lettek a tanárok tanítási módszerei., e) ... nincs akkora tanári kontroll, mint a hagyományos oktatásban., f) ... a tanulásra szánt időt teljes mértékben én oszthatom be magamnak.

A hallgatók szerint az online oktatás legnagyobb előnye az időtakarékoság, ugyanakkor ezen oktatási forma esetén a tanulásra fordított időt a hallgatók saját maguk oszthatják be, így a megfelelő súlypontokkal készülhetnek a dolgozatokra.

6. Melyik állítás igaz Önre leginkább? Az ONLINE OKTATÁS számomra azért NEM JÓ, mert... (Több válasz is lehetséges!)

33 válasz

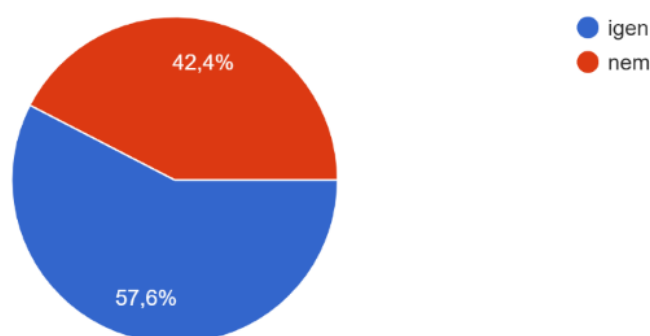


2.4. ábra A “Melyik állítás igaz Önre leginkább? Az online oktatás számomra azért nem jó, mert...” kérdésre adott válaszok. Az alábbi lehetőségek közül lehetett választani: a) ... több a gép előtt töltött idő. b) ... kevesebb kapcsolatom van a hallgatótársakkal., c) ... kevesebb kapcsolatom van a tanárokkal., d) ... a technikai eszközök hiánya/nem megfelelő működése nehézséget okozhat. e) ... a tanulásra szánt időt teljes mértékben nekem kell megszerveznem, beosztanom., f) ... nehezen tanulok képernyőről, szeretem a nyomtatott dokumentumokat.

Az online oktatással szemben sokan hátrányként értékelik, hogy többet kell a számítógép előtt ülni. Legtöbben ezen oktatási módszerrel szemben azt kifogásolják, hogy így kevesebb a kapcsolatuk a társaikkal.

8. Fordult-e az oktatóhoz kérdésekkel az online órák során?

33 válasz

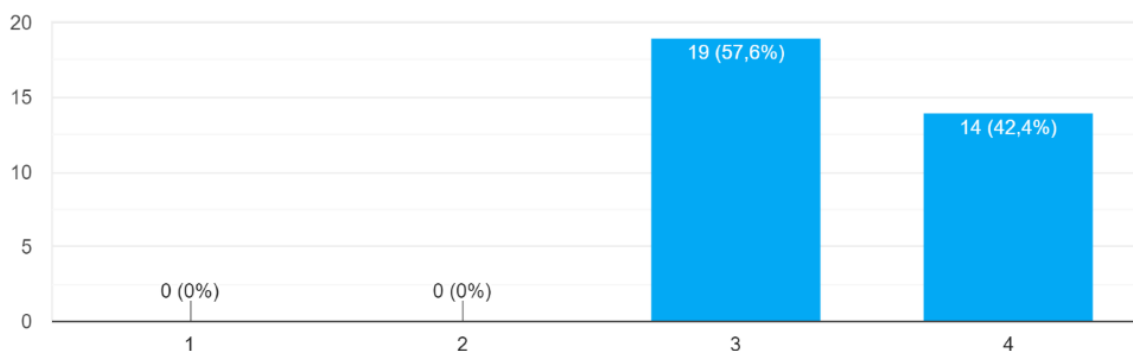


2.5. ábra A “Fordult-e az oktatóhoz kérdésekkel az online órák során?” kérdésre adott válaszok

Az online órák során a hallgatók majdnem 60%-a tett fel kérdést az oktatóknak. Ez egyrészt aktív hallgatói részvételt jelez, másrészt azt, hogy – szemben a hagyományos frontális oktatással – a hallgatók bátrabban kérdeznek – még matematikából is.

9. Mennyire volt az oktató ELŐADÁSA követhető? (1: egyáltalán nem volt követhető, 2: nagyon nehéz volt követni, 3: jól követhető volt, 4: teljes mértékben követhető volt)

33 válasz



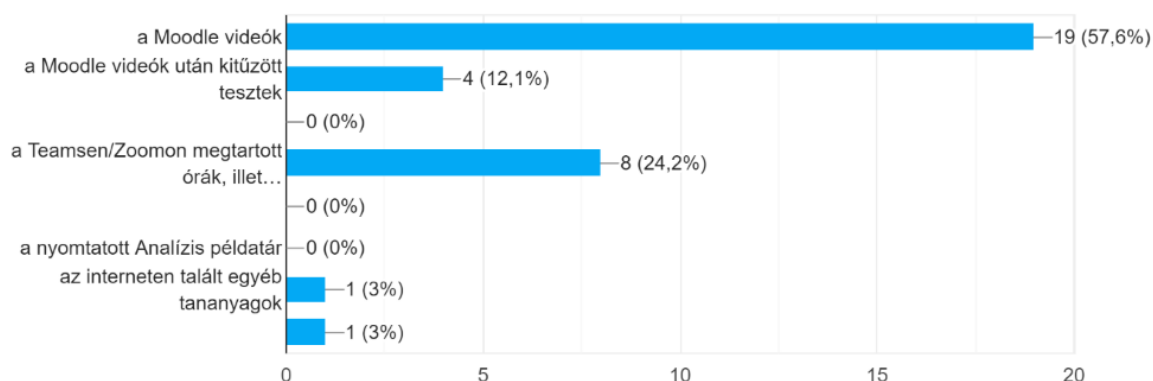
2.6. ábra A “Mennyire volt az oktató ELŐADÁSA követhető? (1: egyáltalán nem volt követhető, 2: nagyon nehéz volt követni, 3: jól követhető volt, 4: teljes mértékben követhető volt)” kérdésre adott válaszok

A 33 válasz közül egyik sem állította, hogy az oktató előadása egyáltalán nem volt követhető, sem azt, hogy nehéz volt követni: több, mint 40% szerint az órák teljes mértékben követhetőek voltak.

12. Melyik tananyag típus(ok) segíti(k) Önt a legjobban a matematika vizsgára való felkészülésben?

Jelöljön be maximum hármat!

33 válasz

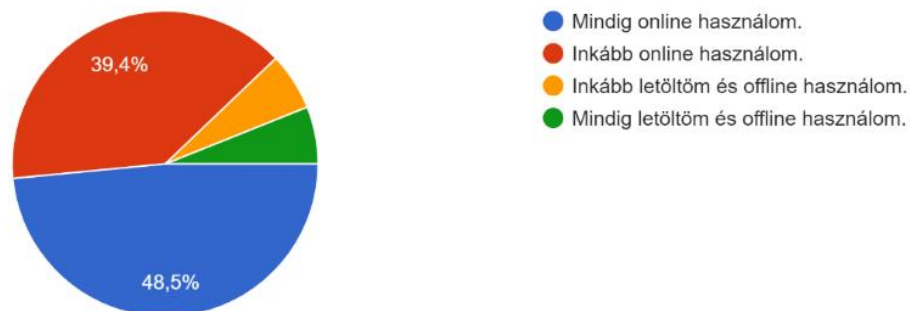


2.7. ábra A “Melyik tananyag típus(ok) segíti(k) Önt a legjobban a matematika vizsgára való felkészülésben?” kérdésre adott válaszok. Az alábbi lehetőségek közül lehetett választani: “a Moodle videók; a Moodle videók után kitűzött tesztek, a Moodle fejezet végén található témazáró tesztek; a Teamsen/Zoomon megtartott órák, illetve az azokról készült videók; a Kovács J.-Takács M.-Takács G.: Analízis tankönyv; a nyomtatott Analízis példatár, az interneten talált egyéb tananyagok; egyéb.”

A korábbi tapasztalatainkkal egyező eredményt mutatnak a 12. kérdésre adott válaszok. A hallgatók már nem használják a nyomtatott tankönyveket és példatárakat. Jelen kurzus hallgatói saját bevallásuk alapján a Moodle rendszerben található oktató videókat és az ezek után elérhető teszteket, valamint a Teamsben rögzített kontakt órák felvételeit használják az önálló tanuláshoz. Fontos látni, hogy a tesztek nem csak feleletválasztásos feladatokat jelentenek. Számos feladat önállóan kiszámolt eredményét a hallgatónak kell beírnia a megfelelő helyre. A feladatok nagy része továbbá paraméteres feladat, így a feladat újbóli megoldása esetén a hallgató ugyanolyan feladattípussal, de más számokkal találkozhat, mint korábban. Ez lehetővé teszi, hogy a hallgató fejlessze logikus gondolkodását, problémamegoldó képességét, s a feladat megoldási módszerét tanulja meg, ne egy adott feladat eredményét rögzítse emlékezetében.

13. Hogyan használja a fenti tananyagokat? Melyik állítás igaz Önre leginkább?

33 válasz

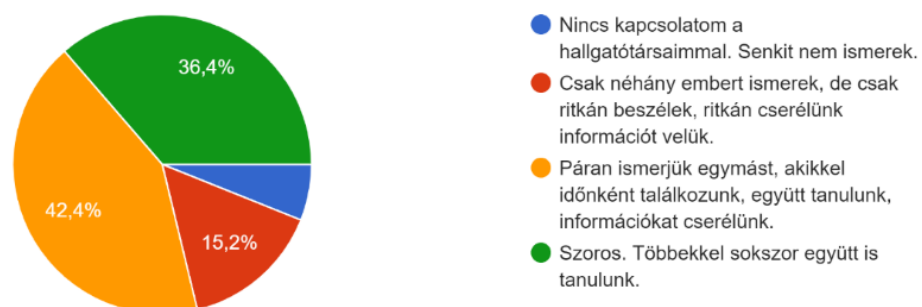


2.8. ábra A “Hogyan használja a fenti tananyagokat? Melyik állítás igaz Önre leginkább?” kérdésre adott válaszok. “Mindig online használom. Inkább online használom. Inkább letöltöm és offline használom. Mindig online használom.” lehetőségek közül lehetett választani.

A 13. kérdés válaszai jól tükrözik a generációs jellemvonásokat (Szabó et al. 2021): a tananyagokat gyakorlatilag csak online használják. Megszokták, hogy az internet a nap bármely szakában rendelkezésükre áll, a tananyagokat felesleges letölteni és tárolni saját számítógépükön, azok a felhőben mindig elérhetőek.

14. Mennyire erős a hallgatótársaival a kapcsolata? Melyik állítás igaz Önre leginkább a hallgatótársaival való kapcsolata tekintetében?

33 válasz

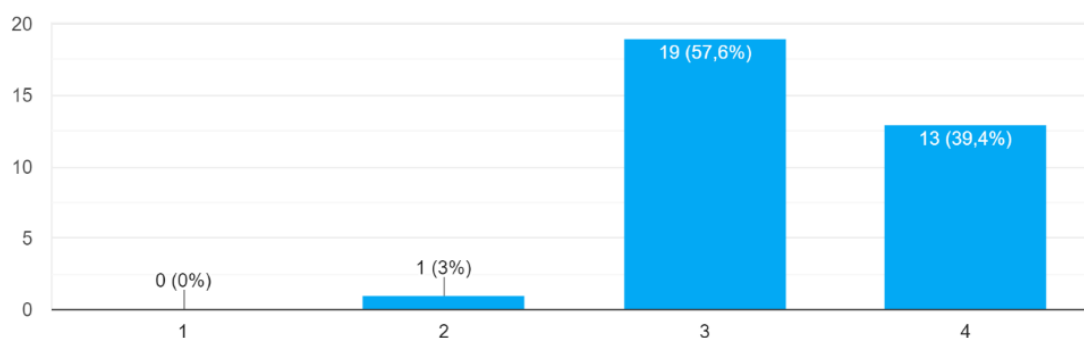


2.9. ábra A “Mennyire erős a hallgatótársaival a kapcsolata? Melyik állítás igaz Önre leginkább a hallgatótársaival való kapcsolata tekintetében?” kérdésre adott válaszok. “a) Nincs kapcsolatom a hallgatótársaimmal. Senkit nem ismerek. b) Csak néhány embert ismerek, de csak ritkán beszélek, ritkán cserélünk információt velük. c) Páran ismerjük egymást, akikkel időnként találkozunk, együtt tanulunk, információkat cserélünk. d) Szoros. Többekkel sokszor együtt is tanulunk.” lehetőségek közül lehetett választani.

Az elsőéves hallgatók körében végzett felmérésekkel ellentétben a Matematika 3. kurzus esetében a hallgatók jelentős részének van szoros kapcsolata a hallgatótársaival. Ez a kapcsolat együtt tanulásban, közös készülésben is megnyilvánul. A társaikkal együtt tanuló hallgatók vélhetően későbbi életútjukon is építhetnek ezekre a kapcsolatokra. Elsőéves hallgatók körében végzett felmérésünk azt mutatja, hogy náluk még nem alakult ki az a kapcsolatrendszer, melynek támogató szerepe tanulmányaikban is megmutatkozna. A közösség építése nemcsak a személyes oktatás esetén fontos (Courter 2007), hanem online tanulási környezetek esetén is (Ricks et al. 2014).

Több kérdés (például a 16.) vizsgálta a hallgatók általános elégedettségének mértékét. Négyfokozatú skálán az inkább elégedett és az elégedett válaszok aránya 70-80% körüli.

16. Mennyire felelt meg ELVÁRÁSAINAK az online kurzus összességében? (1: nem felelt meg az elvárásaimnak, 2: általában nem felelt meg az elvár...k, 4: teljes mértékben megfelelt az elvárásaimnak)
33 válasz



2.10. ábra A “Mennyire felelt meg ELVÁRÁSAINAK az online kurzus összességében? (1: nem felelt meg az elvárásaimnak, 2: általában nem felelt meg az elvárásaimnak, 3: általában megfelelt az elvárásaimnak, 4: teljes mértékben megfelelt az elvárásaimnak)” kérdésre adott válaszok.

3. Taylor-polinom szemléltetése a GeoGebrával

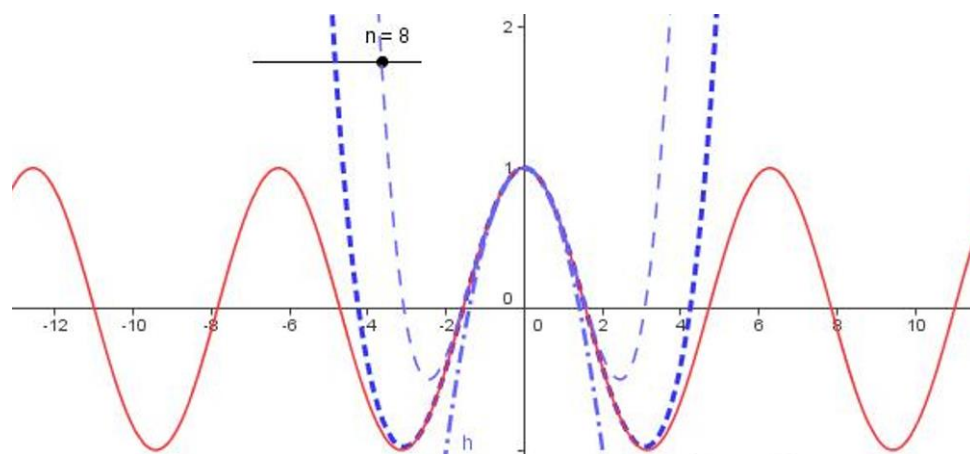
A felmérés 3. kérdésére adott válaszok alapján megállapítható, hogy felkészülésük során a hallgatók szívesen használnának animációkat, melyek jól szemléltethetnek bizonyos fogalmakat, tételeket. Ebben a fejezetben egy interaktív animációt mutatunk be, melyet a fentiek alapján a kurzus tananyagának javaslunk.

A Matematika 3. és a Numerikus módszerek tantárgyak tematikájában az interpoláció és extrapoláció, numerikus differenciálás, numerikus integrálás mellett megtalálható a

differenciálszámítás alkalmazásai, s ennek kapcsán tanulják a hallgatók a MacLaurin-sorokat, valamint a Taylor-sorokat. A függvénysorozatok és függvénysorok elméletének elmélyült tanulmányozását meg kell előznie a szemléletes, vizuális megismerésnek. Hallgatóink számára láthatóvá kell tenni, mit jelent az, hogy egy függvényt valamely intervallumon adott fokú Taylor-polinommal közelítünk, illetve hogy miért hasznos, ha egy függvény helyett egy számolásban annak valamely Taylor-polinomját használjuk.

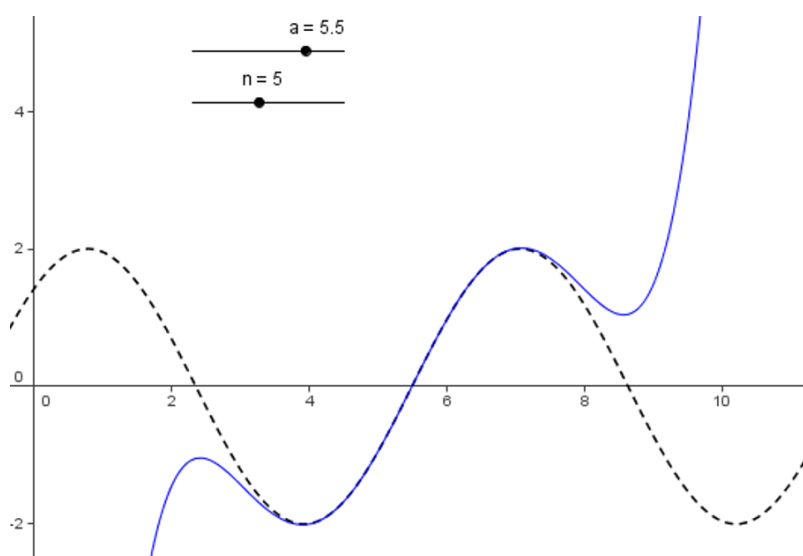
A MacLaurin-sor, a Taylor-sor és a Taylor-polinom fogalmának ismertetésétől eltekintünk, az érdeklődő olvasónak javasoljuk (Kovács et al. 1998) részletes tanulmányozását.

A megértés kezdeti fázisában konkrét példákkal szemléltetjük a fogalmat. A 3.1. ábrán piros folytonos vonallal a függvényt és kék szaggatott vonallal a függvény 0-hoz tartozó nyolcadfokú Taylor-polinomját ábrázoltuk. Az n értéke csúszkával változtatható. A GeoGebra (GeoGebra, 2020) interaktivitását nagymértékben javítja a csúszkák alkalmazásának lehetősége. Csúszkával különböző paraméterek vizualizációját valósítjuk meg. A `TaylorPolinom[cos x, 0, 8]` paranccsal adható meg az $\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto \cos x$ függvény 0 középpontú nyolcadfokú Taylor-polinomja. A GeoGebra lehetőséget ad arra, hogy az elkészített segédanyagunkat appletként mentjük el, s tegyük elérhetővé a felhasználók számára. A 3.1. ábrán bemutatott alkalmazáson megfigyelhető: amint a Taylor-polinom fokszámát növeljük, annak grafikonja egyre jobban közelíti a függvény grafikonját. (Jelen alkalmazásban az n értéke 1 és 10 között változtatható.)



3.1. ábra A GeoGebra applet képernyőképe

Az ábrán jól látható, hogy a változtatható fokszámú polinomon kívül még két fix függvény is meg van adva (szaggatott, ill. pontozott vonallal). Ezek a másod- és negyedfokú Taylor-polinomok viszonyítási alapul szolgálnak a diákoknak.



3.2. ábra A GeoGebra applet a transzformált függvény esetén.

A 3.2. ábrán a valós számok halmazán értelmezett $f(x) = 2 \sin(x - a)$ függvényt, valamint a függvény n -edfokú, a -középpontú Taylor-polinomját ábrázoltuk. Az a és n paraméterek értéke csúszkával állítható. Az a paraméter értéke a $[-2\pi; 3\pi]$ intervallumban, az n paraméter értéke pedig 1 és 20 között változtatható az egér segítségével, a lépésköz rendre $\pi/4$, illetve 1.

Az alábbi feladatok megoldását javasoljuk a hallgatóknak:

1. Az a csúszka segítségével ábrázolja az $f(x) = 2\sin(x - \frac{\pi}{2})$ függvényt! Az n csúszka segítségével növelje a fenti függvény a középpontú Taylor-polinomjának fokszámát! Vizsgálja a Taylor-polinom tulajdonságait, midőn n változik!
2. Hasonlítsa össze az $n = 9$ és $n = 10$ értékhez tartozó Taylor-polinomokat! Mi állapítható meg az $n = 2k - 1$ és $n = 2k$ értékhez tartozó Taylor-polinomokról? Miért?
3. Miért célszerű magasabb fokú Taylor-polinommal közelíteni az $f(x)$ függvényt?
4. Milyen megfontolások alapján célszerű a lehető legalacsonyabb fokú polinommal közelíteni egy függvényt?
5. Határozza meg a $g(x) = 2\sin x$ függvény $n = 7$ -ed fokú Taylor-polinomját! Számítását ellenőrizze a GeoGebra program segítségével!

Tanár szakos hallgatók számára javasolt további feladatok:

6. Készítsen GeoGebra alkalmazást, melyen a $h(x) = a + \cos(x - b)$ függvényt, s annak 0-középpontú n -edfokú Taylor-polinomját szemlélteti! Pedagógiai megfontolások alapján alkalmazzon különböző vonalformátumokat, színeket! Készítsen feliratokat!
7. Miért nem lehet a csúszkán $n = 0.39$ értéket beállítani?
8. Röviden ismertesse a Taylor-polinomok alkalmazási lehetőségeit!

4. Összefoglalás

A Dunaújvárosi Egyetemen fontosnak tartjuk a hallgatók megfelelő motiválását, a hallgatóbarát tananyagok készítését a hallgatói sikeresség érdekében. Ma a számítógépek a fiatalok természetes használati tárgyaként eredményesen alkalmazhatók az oktatásban, ezt ki kell használnunk a matematika tanítása során is. Az IT-generáció szülöttei egy felgyorsultabb életet élnek, egyszerre több feladatot is el tudnak végezni, mely során a hatékonyságra, gyorsaságra törekednek. Az információszerzésük alapvetően a számítógépen és az okoseszközökön keresztül történik időponttól függetlenül, és ezen tényezők miatt az őket érintő visszaigazolásokat és feltett kérdéseikre a válaszokat is azonnal igénylik. Ezen felismerés eredményeként létrejött oktatási segédanyagot mutattunk be ebben a tanulmányban, mely a hatékony tanulás elérésére hivatott, ötvözve a modern technika adta lehetőségekkel, kiszolgálva a hallgatói igényeket. Természetesen egy oktatási segédanyag nem helyettesítheti a hallgatók tanulásba fektetett munkáját. Segédanyagunk mindössze egy alternatívát kínál arra, hogy a hallgató gondolatait a matematika felé tereljük. Bízunk abban, hogy munkánk eredményeként több diákunk teljesíti sikeresen a tárgyat, továbbá alkalmazza a matematikát mindennapi munkájában. A hallgatók kérdőívben adott válaszai és a kurzus sikeressége visszajelzés számunkra, hogy folytassuk a digitális tananyagok és segédanyagok készítését a továbbiakban is.

Irodalomjegyzék

Bacsa-Bán, A.; Viktorija, M. (2016). Comparison of studies' termination reasons in College of Dunaujvaros (Hungary) and Kauna Kolegija/University of Applied Sciences Faculty of Technologies and Landscaping (Lithuania). In: Maior, Enikő; Tóth, Péter; Varga, Anikó (szerk.) Empirikus kutatások az oktatásban határon innen és túl. Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem Trefort Ágoston Mérnökpedagógiai Központ, 272-296., 25 p.

- Benedek A. (szerk.) (2008). *Digitális pedagógia*. Typotex Kiadó, Budapest.
- Bognár, L. (2016). Discriminant analysis as a tool for analysing student's preferences choosing online or traditional course for a repeated exam. *Turkish Online Journal Of Educational Technology*, Special Issue for INTE 2016 pp. 725-730., 6 p.
- Courter, S. (2007) Building community and retention among first-year students: engineering, First-Year Interest Groups (eFIGSs) Conference Paper in Proceedings - Frontiers in Education Conference, DOI: 10.1109/FIE.2007.4418132
- Erdélyi, K. (2012). How Information Technology Helps to Mitigate Difficulties. Occurred In: Teaching Intercultural Groups, ICETA 2012 10th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Stará Lesná, The High Tatras, Slovakia, November 8-9, p. 97.
- GeoGebra (2020) <http://www.geogebra.org> 2020. december 10.
- Horváth, I. (2016). Innovative engineering education in the cooperative VR environment. 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom). Wroclaw, Poland, pp. 359-364.
- Kovács J., Takács G., Takács M. (1998) *Analízis*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Kővári, A. (2019.). Adult education 4.0 and Industry 4.0 challenges in lifelong learning. *Pedacta*, 9(1), pp. 9-16.
- Kővári, A. (2017). Költséghatékony informatikai eszközökkel támogatott projektoktatás. In *A tanulás új útjai (HERA Évkönyvek 2016)* (pp. 273–284).
- Molnár, Gy., Szűts Z., Biró, K. (2018). Use of Augmented Reality in Learning. *Acta Polytechnica Hungarica* 15(5) pp. 209-222
- Nagy, B. (2018). VR alkalmazásának lehetősége a matematika oktatásában. In: Baranyiné, Kóczy Judit; Fehér, Ágota (szerk.) XXI. Apáczai-napok konferencia. "Útkeresés és újratervezés". Tanulmánykötet. Győr, Magyarország: Széchenyi István Egyetem Apáczai Csere János Kar, pp. 305-309., 5 p.
- Orosz, B., Kovács, C., Karuovic, D., Molnár, Gy., Major, L., Vass, V., Zoltán, Sz., Námesztovszki, Zs. (2019). Digital education in digital cooperative environments. *Journal of Applied Technical and Educational Sciences*, 9(4) pp. 55-69.

Racsko, R. (2017). Digital Transformation in Education. (Digitális átállás az oktatásban) Veszprém: School Culture Books (Iskolakultúra-könyvek) 52.

Ricks, K et al. (2014). An Engineering Learning Community To Promote Retention And Graduation Of At-Risk Engineering Students American Journal of Engineering Education – December 2014 Volume 5, Number 2, pp 73-90

Sík, D., & Molnár, G. (2019). Élményalapú, okostelefonnal támogatott atipikus oktatásmódszertani megoldások a nyitott tananyagfejlesztés kiterjesztésére. *Opus et Educatio*, 6(2)

Szabó, Cs. M., Bartal, O., Nagy, B. (2021). The Methods and IT-tools Used in Higher Education Assessed in the Characteristics and Attitude of Gen Z. *Acta Polytechnica Hungarica*. Megjelenés alatt

Ujbányi, T.; Stankov, G.; Nagy, B. (2019a). A transparent working environment in MaxWhere virtual space. In: Baranyi, Péter (szerk.) Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2019 Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok: IEEE, pp. 475-478., 3 p.

Ujbányi, T.; Stankov, G.; Nagy, B. (2019b). Eye tracking based usability evaluation of the MaxWhere virtual space in a search task. In: Baranyi, Péter (szerk.) Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2019 Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok: IEEE, pp. 469-474., 6 p.

Ujbányi T. et al (2017). ICT Based Interactive and Smart Technologies in Education - Teaching Difficulties. In Proceedings of the 229th International Conference on Education and E-learning (ICEEL), pp. 39–44.

Váraljai, M., Kollár, A. M., Nagy, B. (2020). E-learning Spaces to Empower Students Collaborative Work Serving Individual Goals. *Acta Polytechnica Hungarica* 17(2) pp. 97-114., 18 p.

Váraljai, M.; Nagy, B. (2019). A Survey in Issues of Disruptive Technologies to Broaden Learning for The Future Students. In: Baranyi, Péter (szerk.) Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2019 Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok: IEEE, (2019) pp. 391-396., 5 p.