

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Komplex módszer a matematika oktatásának
fejlesztésére a mérnöki alapképzésekben**

Sipos Dóra Fruzsina

Témavezető: Dr. Kocsis Imre



DEBRECENI EGYETEM

Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2024

A doktori értekezés előzményei és célkitűzései

A matematikai ismeretek meghatározott körének megtanulása mindig is fontos része volt a mérnökképzésnek. Folyamatosan változott viszont többek között

- a mérnökhallgatóknak a középiskolából hozott tudása és motivációja;
- a hallgatók befogadókészsége és absztrakciós szintje;
- az oktatásra rendelkezésre álló idő (kontaktóra, konzultációs lehetőségek);
- a számításokat elvégző eszközök rendelkezésre állása;
- az alkalmazás módja és lehetősége;
- a témakörök súlyozása.

A változás különösen felgyorsult egyrészt a nagytudású matematikai és mérnöki tervező szoftverek széleskörű elterjedésével, újabban pedig a mesterséges intelligencián alapuló problémamegoldó eszközök megjelenésével.

A mérnökképzésbe lépők átlagos tudásszintjének jelentős csökkenése, és ehhez kapcsolódóan a matematika tanulásával kapcsolatos nagyfokú motivátlanság oda vezetett, hogy ma már az elit egyetemeken is azon kénytelenek gondolkodni, hogy hogyan segítsék a hallgatóikat a hiányosságaik pótlásában annak érdekében, hogy el lehessen kezdeni a műszaki tárgyak érdemi tanulását.

Míg sok évtizeden át az elitképzésnek számító mérnöki képzésekben fel sem vetődött, hogy az oktatók módszertani eszközökön gondolkodjanak (természetesen a jó tanárok ettől függetlenül is jól tanítottak), addig ma elkerülhetetlen a hallgatók képességeihez és attitűdjéhez igazodó módszerek alkalmazása.

A matematikai szakmódszertan számos eszköze átvihető a műszaki tárgyakba, emellett a szakmódszertani vizsgálatok kiterjesztése megteremti a lehetőséget az együtt gondolkodásnak, a teljes képzési folyamat egységes vizsgálatának és fejlesztésének.

A 2000-es évek eleje óta jelentősen megnövekedett hallgató/oktató arány és a kontaktórák számának (ezen belül a matematika órák számának)

drasztikus csökkenése az oktatás tömegesedését idézte elő, a hallgatókkal való személyes foglalkozás és a konzultálás időkerete jelentősen kevesebb lett. Ez, a korábban említett bemeneti tudáscsökkenés által kialakult helyzetet tovább nehezítette, és újabb kihívást jelentett a matematikát tanítók számára.

A matematikai ismereteknek az alkalmazásokhoz kötődő átadására nagyobb hangsúlyt kell fektetni akár olyan formában is, hogy egyes témaköröket céltudatosan újra tanítunk szakmai tárgyak keretében, vagy a megtanítást eleve oda tervezzük. Ez megvalósulhat a szakmai tárgy oktatójának bevonásával is, de ez elsősorban a matematikatanárok feladata lenne ebben a formában is. Ez a fajta együttműködés alkalmas arra is, hogy a műszaki tárgyakban megfogalmazott problémafelvetések és számolási igények visszacsatolhatók a „normál” matematikai kurzusok anyagába.

A dolgozatomban egy komplex oktatási program elemeit mutatom be, ezek hatékonyságnak vizsgálatával együtt.

A dolgozat **1. fejezetében**, a matematikaoktatás szerepével foglalkozom a mérnökképzésben.

A **2. fejezet** a kutatási módszeremhez kapcsolódó nemzetközi kutatások eredményeit mutatják be. A **2.1 alfejezetben** a nemzetközi szakirodalomban elérhető hatékonyságmérési és -növelési módszereket tárgyalom. A **2.2 alfejezetben** pedig az azonnali visszakerdezés módszer hatékonyságának kérdéseivel foglalkozom az ezen a területen megjelent nemzetközi publikációk alapján.

A **3. fejezetben** a matematika oktatásában kialakult gyakorlatot tárgyalom a Debreceni Egyetem Műszaki Kar (DE MK) műszaki alapképzéseiben, majd bemutatom a Matematika kurzusok adatait és az elvégzett felméréseket.

A **3.2 alfejezet** a DE Műszaki Karra belépő hallgatókkal íratott „nulladik” zárthelyi dolgozatot mutatja be. Ezt a dolgozatot minden évben megíratjuk az elsőéves hallgatókkal a képzés elkezdése előtt. A dolgozat célja, egyrészt a beérkező diákok matematikai tudásszintjének felmérése, másrészt ennek alapján javasoljuk a hallgatóknak a Bevezető matematika nevű felzárkóztató kurzuson való részvételt.

A **3.3 alfejezet** egy oktatói felmérést tárgyal. Mivel a „Nulladik” zárhelyi dolgozaton elért eredmények meglehetősen alacsonyak, és az évek során egyre rosszabbak lettek, a DE MK Műszaki Alaptárgyi Tanszék (kari támogatással) oktatásmódszertani program kidolgozását határozta el. Ennek keretében felmértem a szakmai tárgyakat oktatók véleményét a matematikai ismeretek szükségességéről. Ehhez egy kérdőívet készítettem és a töltöttem ki, arra vonatkozóan, hogy véleményük szerint a saját tantárgyaikban mennyire van szükség matematikai ismeretekre, ezek milyen mértékben állnak rendelkezésre, amikor szükség van rájuk. Céloom az volt, hogy átfogó képet kapjak a szaktárgyak oktatóinak véleményéről a jelenlegi matematikaoktatással kapcsolatban.

A **3.4 alfejezetben** egy hallgatói felmérést mutatok be.

Ebben azt mértem fel, közvetlenül az alapképzés befejezése után, illetve több évvel később, hogy

- milyen kép él a hallgatókban a matematika tárgyat illetően;
- mennyire maradtak meg az ismeretek;
- mennyire kapcsolódnak ezek a mindennapi munkájukhoz;
- összhangban volt-e a (az alapképzés, önképzés vagy továbbképzés keretében megszerzett) matematikai elmélet és annak alkalmazása.

A bemutatott felmérésben olyan kört választottam a tesztek kitöltésére, akiknél feltételezhető volt, hogy az alapképzésben szerzett ismeretek nem merültek feledésbe. A felmérés mérnöki alapidiplomával (főiskolai, BSc) rendelkező hallgatók körében készült, akik mesterképzésen folytatják tanulmányaikat.

A **4. fejezetben** megvizsgálom a matematikai ismeretek alkalmazását a DE Műszaki Kar mérnöki alapképzéseiben írt szakdolgozatokban. Ebben a vizsgálatban a matematikaoktatásnak a hatékonyságát abból a szemszögből elemeztem, hogy a képzést lezáró, összefoglaló jellegű önálló munkákban hogyan jelennek meg a matematikai ismeretek. A hallgatók választanak-e olyan témákat, ahol hangsúlyos a matematikai eszközök alkalmazása, és ha igen, akkor mely eszközöket használják.

A matematikai ismereteket az alkalmazás szempontjából a szakdolgozatokban az alábbi kategóriákba soroltam:

- I. Nem használ matematikát (pl.: folyamatfejlesztés, kvalitatív vizsgálat, veszteségek felismerése, folyamat átszervezése);
- II. A kidolgozott téma nem igényel komoly matematikai modellt (pl.: adott formula alkalmazása egy mennyiség kiszámolására, gyártási időtartamának meghatározása a gyártási folyamat részleteinek ismeretében);
- III. Matematikai modell használata képlet szinten (BSc) (pl.: a műszaki számítás, tervezés egy modell részét képező formulákon alapszik, pl. méretezési feladat);
- IV. A matematikai modell formális bemutatása (BSc);
- V. Teljes matematikai modell tényleges alkalmazása a rendszer/folyamat vizsgálatokor (MSc) (pl.: ismert matematikai modell elemeinek tényleges alkalmazása új rendszer, folyamat tervezésében, pl. elektromos hajtású jármű tervezése);
- VI. Új matematikai modell megalkotása (PhD) (pl.: új rendszer, folyamat megtervezése, ehhez új matematikai modell megalkotása, pl. szimulációs szoftverek létrehozása).

A vizsgálat sajnálatos módon azzal a nem meglepő eredménnyel zárult, hogy a hallgatók kevésbé használják a szakdolgozatokban alkotó módon az alapképzésen megtanult, a műszaki folyamatok magas színvonalú, korrekt leírásához szükséges matematikai ismereteket. Ha matematikai eszközökre utalnak, akkor azt csak formálisan teszik meg. A matematikai tantárgyakból szerzett jegyek alacsony átlaga összhangban van azzal, hogy a matematikai ismeretek általában alacsony szinten hasznosulnak a szakdolgozatokban.

Az **5. fejezetben** az oktatási módszer elemeit mutatom be.

Az **5.1 alfejezetben** az oktatási program szintjeit és elemeit mutatom be:

- a mérnöki alapképzések szintje;
- a matematikát intenzíven használó mérnöki kurzusok szintje;
- a mérnöki matematika tantárgyak szintje.

Az **5.2 alfejezetben** a fogalomkép, a kulcsfontosságú tudáselemek ciklikus felidézésének szerepével foglalkozom.

A mérnöki K+F+I tevékenységek megkövetelik bizonyos kulcsfogalmak tökéletes megértését és az absztrakciós képességet. A „nulladik” zárthelyi dolgozatok során szerzett tapasztalataink [17] azt mutatják, hogy a legtöbb elsőéves hallgatónak még az alapvető matematikai fogalmak megfelelő használata is gondot okoz. Következésképpen az egyetemi oktatóknak foglalkozniuk kell még az alapvető fogalmakhoz kapcsolódó, Tall által definiált fogalomképpel is [23], ami az egyén elméjében egy adott fogalomhoz kapcsolódó összes kognitív struktúrából áll.

Az **5.3 alfejezetben** a speciális matematika jegyzetek, az elosztott tudásátadás, és a problémaalapú tanulás fontosságát tárgyalom.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a szakmai kurzusokban a mérnöki témák tanulmányozása során nagy terjedelmű, átfogó matematikai tankönyvekre való egyszerű hivatkozás („ezt olvassák el és tanulják meg X könyv Y fejezetéből”) szinte haszontalan. Rövid, speciális matematikai jegyzeteket kell készíteni alkalmazásközpontú tárgyalási módszerrel. A mérnöki matematika problémaalapú tanulása olyan haladó mérnöki témák tanulását szolgálhatja, amelyek magas szintű matematikai ismereteket és azok kreatív alkalmazását igénylik. Egy nemzetközi oktatásfejlesztési projekt keretében a problémaalapú tanulás egy módszerét mutattuk be egy esettanulmány formájában a gépészmérnöki alapszak Műszaki diagnosztika tantárgyához kapcsolódóan, ennek keretében egy speciális célú jegyzet is készült: ThinkBS - Basic Sciences in Engineering Education, Erasmus Plus Project [24].

Az **5.4 alfejezet** a kurzusokon, féléveken átívelő házfeladatok (projektek) szerepéről szól.

A mérnökképzés hatékonysága jelentősen növelhető, ha a hallgatók az oktatási folyamat minden szakaszában tisztában vannak azzal, hogy a tananyag egyes részei hogyan kapcsolódnak egymáshoz, és milyen feladatokat lesznek képesek megoldani a komplex ismeretekkel.

A projektek, amelyek a képzés során végig feladatokat adnak a hallgatóknak, a teljes képzési folyamat áttekintését és a tanulási célok megértését

szolgálják. A részfeladatokat a jelenlegi tudásuknak megfelelő szinten kell megoldaniuk, de már az elején használható eredményeket kell kapniuk.

A DE Műszaki Kar mechatronika alapképzésben egy többféléves projektet (házi feladatot) adtak ki, amely a matematika, a fizika, az informatika és több kapcsolódó műszaki tantárgy ismeretelemeit tartalmazza. A projekt témája egy negyedautó modell felfüggesztésének vizsgálata a legegyszerűbb diszkrét idejű modell felírásától a szabályozásméleti értelemben vett megfigyelhetőség és irányíthatóság elemzéséig. [20]

Az **5.5 alfejezetben** az azonnali visszakerdezés módszert mutatom be röviden, mint a módszertanom elemét.

A módszertanomba beépített többféle visszajelzési mód közül a „valós idejű” azonnali visszajelzési módnak van a legfontosabb szerepe a mérnöki matematika tanítási folyamatában. Az azonnali visszakerdezés módszerét a 7. fejezetben tárgyalom részletesen. Az óra végi online felmérések elsődleges célja nem a diákok értékelése volt. Azt szerettem volna felmérni, hogy a hallgatók mennyire értették meg az órai anyagot, és mennyire tudják felidézni az előző hetek témáit. Ez a fajta visszajelzés lehetőséget ad a gyors korrekcióra, és egyben az új információk elmélyítését és megszilárdítását is szolgálja.

Az **5.6 alfejezetben** a „Műszaki problémák integrálása az órai munkába a modellalkotás különböző szintjein” módszert mutatom be, mint a saját módszertanom fontos elemét.

A DE Műszaki Kar Műszaki Alaptárgyi Tanszéken készült egy feladatadatbázist, amelyben a vizsgálatom részeként a feladatokat három kategóriába soroltam: tisztán matematikai problémák, amelyeket műszaki alkalmazások motiválnak; olyan műszaki problémák, amelyekhez a modell adott, és a megoldáshoz csak matematikai ismeretekre van szükség; olyan szakmai kontextusban megfogalmazott műszaki problémák, amelyek modellalkotást és magasabb szintű, összetett matematikai ismereteket igényelnek.

Az értekezés új tudományos eredményei

Az értekezésem új tudományos eredményei a dolgozat 6. és 7. fejezetében találhatóak.

MéRNÖKI problémák integrálása az órai munkába a modellalkotás különböző szintjein

A méRNÖKI matematika oktatásába – különböző szintű modellezési feladatot igénylő – műszaki problémákat építettem be a tananyagba, és a módszer hosszútávú hatását késleltetett vizsgálatokkal teszteltem a matematika órától független műszaki környezetben. A modellezésen keresztül történő problémamegoldás nehézségének kezelésére a méRNÖKI feladatok által motivált matematikai problémák három típusát (szintjét) határoztam meg. Ehhez kapcsolódóan készült egy feladat-adatbázis, és az abban lévő feladatokat szisztematikusan integráltam az órai munkába.

A megközelítésemben a legfontosabb hatékonysági tényező az, hogy a hallgatók milyen mértékben tudják alkalmazni a szakmai tárgyak tanulása során és későbbi méRNÖKI munkájukban a tanult matematikai fogalmakat és módszereket. Mivel a tanítási gyakorlat általában a méRNÖKI kulcskompetenciákra összpontosít, a méRNÖKI matematikát inkább szakmai tantárgynak, mint a tanterv más moduljaitól elkülönített kurzusnak kell tekinteni. A cél a matematikai és a szakmai tárgyak közötti szinergia megteremtése. A kívánt szinergia megteremtése lehet az új matematikai és műszaki ismeretek tanítása során a témák összekapcsolásával, közös projektekben való részvétellel, valamint a matematikai és műszaki ismeretek tovább fejlesztésével és értékelésével a képzés során a lehető legtöbb szakmai kurzusban.

A bemutatott didaktikai módszertan újszerű eleme a matematikai témakövetés és a matematikai ismeretek nem matematikai kontextusban történő szisztematikus tesztelése a méRNÖKI tárgyak keretében, a műszaki tárgyak oktatóival együttműködve.

A feladat-adatbázisban a feladatokat három kategóriába soroltam:

- tisztán matematikai kérdések, melyeket műszaki alkalmazások motiválnak;

- olyan műszaki kérdések, melyek esetén a modell adott, és amelyek megoldása csak matematikai ismereteket igényel;
- olyan szakmai szöveggel megfogalmazott műszaki feladatok, melyek megoldása során modellalkotásra és magasabb szintű, összetett matematikai ismeretekre van szükség.

Módszeremben az egyes témákhoz kapcsolódó mérnöki alkalmazásokat egyidejűleg integráltam a tanóra anyagába a klasszikus matematikai feladatokkal.

A módszerem hatékonyságának az ellenőrzésére késleltetett tesztet készítettem a Statika tantárgyhoz. A tapasztalatok alapján a késleltetett tesztek alkalmazását kiterjesztettem további három tárgyra a szakmai tárgyak oktatóinak együttműködésével. Ezek az Elektromagnetika, a Logisztika és a Jármű- és hajtáselemek.

Részletes elemzést végeztem a Matematika I. tárgyra épülő, egy félévvel későbbi Statika tantárgy késleltetett tesztjéhez kapcsolódóan. A késleltetett teszt a Statika tantárgy első zárthelyi dolgozatához kapcsolódott. Vizsgálatomban a késleltetett teszt matematikai kérdéseket tartalmazott a Matematikai I. kurzus tananyagából, de műszaki problémaként megfogalmazott kérdésekként. A hallgatók nem kaptak tájékoztatást a kérdések jellegéről sem teszt előtt, sem a teszt alatt, így maguknak kellett értelmezni a szituációt. A válaszok megadásához minimális ismeretekre volt szükség a Statika tárgyból, de ennek a tudásnak a megléte előfeltétele volt a vizsgán való megfelelésnek, ezért feltételezhető volt, hogy a hallgatók rendelkeznek ezzel a tudással. Miután a kérdéseket értelmezték, azok megoldásához már csak tisztán matematikai eszközök használatára volt szükség.

A vizsgálatomban 80 jármű- és gépészmérnöki szakos hallgató vett részt: 40 hallgató volt a kísérleti csoportban és 40 hallgató volt a kontrollcsoportban. Mindkét szakon a Matematika I. tantárgy 4 óra előadásból és 4 óra gyakorlatból áll.

A 3.2 fejezetben bemutatott „nulladik” zárthelyi dolgozattal ellenőriztem a bejövő elsőéves hallgatók tudásszintjét. A vizsgálat évében a „nulladik” zárthelyi dolgozaton 60 pontot lehetett elérni. Kétmintás t-próbával

összehasonlítottam a „nulladik” zárthelyi dolgozat eredményét a két csoportban. A t-próba alapján nem volt szignifikáns különbség a kísérleti csoport ($M=44,95$, $SD=24,96$) és a kontrollcsoport ($M=49,18$, $SD=25,70$) kezdeti felkészültsége között ($t(78)=0,75$, $p=0,458$ (kétszélű, $d=0,17$).

A Matematika I. tantárgyat a két csoport azonos tematikával tanulta azonos óraszámban. A kísérleti csoport hallgatói a 4 órás gyakorlatból 1 órát töltöttek a műszaki problémák megoldásával minden héten, míg a kontrollcsoport hallgatói csak klasszikus, tisztán matematikai feladatokat oldottak meg.

T1 tézis: *A modellezési igény szerint kategorizált műszaki feladatok alkalmazása növeli a matematikai ismeretek előhívásának és alkalmazásának sikerét a szakmai tárgyak tanulásában.*

A kísérleti csoportba tartozó tanulók, akiknél a mérnöki feladatokat a módszerem szerint integráltam a Matematika I tantárgy órai munkájába, jobb eredményeket értek el a Statika tantárgy keretében végzett késleltetett matematikai teszten, mint a kontrollcsoport tanulói.

Kétmintás t-próbával összehasonlítottam a késleltetett teszten elért pontszámokat. Azok a tanulók, akiknek a Matematika I. kurzus gyakorlati óráinak egy részét műszaki problémák megoldására szántuk (kísérleti csoport $M=54,15$, $SD=24,17$), szignifikánsan jobb eredményeket értek el a Statika tárgy keretein belül végzett késleltetett teszten mint a kontrollcsoport tanulói ($M=37,03$, $SD=21,24$), $t(78)=3,36$, $p=0,001$ (kétszélű, $d=0,75$)).

A t-próba eredménye megerősítette a T1 tézisémet.

Az oktatási módszertanom hatékonyságának az ellenőrzésére a kutatásban vizsgált tantárgyak oktatóival személyes interjúkat készítettem.

Az interjúk során a módszertanom egyik fő eleméhez az alkalmazásorientált matematikaoktatás és a késleltetett tesztek használatához kapcsolódóan tettem fel. Arra kerestem választ, hogy ezeket a módszereket mennyire ítélik hasznosnak, milyen ötleteik vannak a további fejlesztésekre, és milyen a hozzáállásuk a matematikai ismeretek kezeléséhez.

Az első öt kérdés általános dolgokra vonatkozott, ahol hárman válaszolták azt, hogy a matematikai tudás hiánya a szakmai tárgyak oktatása során gondot okoz. Sajnálatos módon nem jellemző a konzultáció a matematika tárgyak oktatóival. Egy oktató kivételével mindenki szán időt a matematikai ismeretek ismételtesére, az az egy oktató, aki nem, az időhiányt jelölte meg oknak.

A 6-23. kérdések az alkalmazott módszerre vonatkoztak. Minden oktató azonosította a saját szakmai tárgya során alkalmazott matematikai ismereteket, általában hasznosnak ítélte a matematika tárgy oktatójával való konzultációt, és egyetértett abban, hogy nagyon hasznos a matematikai ismeretek kérdezése szakmai környezetben.

A módszer alkalmazása során kapott visszajelzést minden válaszadó hasznosnak értékelte a saját tárgyának és a matematika tárgy oktatásnak javításához. A kísérletben való részvétel alatt korábban a matematika tárgyak oktatóival nem konzultáló válaszadóknak megváltozott a véleménye az együttműködésnek a szükségességéről, és folytatni kívánják a módszer alkalmazását a matematikát oktatókkal együttműködésben, és ezt a többi szakmai tárgy oktatójának is ajánlják. Javaslatokat tettek a módszer továbbfejlesztésére, amit a jövőben tervezek több kolléga bevonásával is megvalósítani.

T2 tézis: *Az oktatói felmérés és az interjúk alapján a szakmai tárgyak oktatói eredményesnek ítélik a szakmai példák integrálását a matematika kurzus tananyagába és a matematikai kérdések szakmai környezetbe ágyazását egyaránt.*

T2/a tézis: *A szakmai oktatók hatékonyak és eredményesnek ítélik a matematika kurzusokban alkalmazott módszert, melynek keretében szakmai példákat integráltunk a matematika tananyagába.*

Minden válaszadó szakmai oktató egyetértett abban, hogy a gyakorlati, műszaki példák integrálása a matematika tananyagba, növeli a műszaki tárgyak oktatásának sikerességét is, a matematikai témakörök és műszaki feladatok összekapcsolásával és hallgatók felismerik a matematika fontosságát.

A kapott válaszok a T2/a tézisem igazolták.

T2/b tézis: *A műszaki tárgyak oktatói szerint egyrészt elengedhetetlen a szükséges matematikai ismeretek szakszerű átisméltése vagy újra tanítása, másrészt a matematikai kérdések szakmai környezetbe ágyazása – új módszerként – önmagában is segíti a műszaki tárgyak tanulását.*

A válaszokból kiderült, hogy minden válaszadó egyetértett abban, hogy a matematikai ismeretek fontosak a saját szakmai tárgyuk oktatása során, hasznosnak ítélték a késleltetett tesztek alkalmazását.

A kapott válaszok T2/b tézisemet igazolták.

Azonnali visszakerdezés módszer

A módszertanom másik fő eszköze az azonnali visszakerdezés módszer.

A tanítási folyamat hatékony kontrollálásához szükség van a gyakori ellenőrzésekre. Az egyetemi matematikaoktatásban szokásos (félvente 1-2 dolgozat) számonkérési módszerek hatékonysága alacsony, az eredmények csupán az értékelést szolgálják, és nem használhatók a tanítási folyamat érdemi korrekciójára.

A tanítási folyamat javítását leginkább szolgáló gyakori eszközök az órai munka megfigyelése és az óra végi ellenőrzés. A tanórákon az interaktivitást fokozni kell, mert interakció nélkül nincs figyelem. Az interaktivitás fontos eleme, az azonnali visszakerdezés. Az interaktivitásból önmagában nem adódik megfelelő szintű visszajelzés, mivel általában a hallgatók csak kis része válaszol a feltett kérdésekre. Úgy gondolom, hogy az órán feldolgozott tananyagra való rákerdezés egyrészt segíti az ismeretek megmaradását, másrészt közvetlen visszajelzést ad a tanulási folyamat sikerességéről.

A kétféléves vizsgálatomban a Debreceni Egyetem Műszaki Karának elsőéves gépészmérnök szakos hallgatói vettek részt, a kísérleti és kontrollcsoportcsoportban 32-32 fő. A kísérleti csoportban alkalmaztam az azonnali visszakerdezés módszert. Minden Matematika I. és Matematika II. órára négykérdéses online tesztet készítettem. Így a két félév során 24 teszt készült. A felmérésekhez a Kahoot alkalmazás kvíz funkcióját használtam. Azt vizsgáltam, hogy a módszer milyen hatással van a hallgatók eredményeire.

A felméréseknek nem volt célja a hallgatók értékelése. A kérdésekkel egyrészt azt szerettem volna felmérni, hogy a hallgatók mennyire értették meg az órai anyagot, emlékeznek-e rá az óra végén, illetve mennyire tudták felidézni az elmúlt hetek témaköreit. Ez visszajelzés az oktatási folyamat hatékonyságáról, és lehetőséget teremt a gyors korrekcióra. Másrészt a visszakérdezés a tanítási módszerem része, az óravégi visszakérdezés az ismeretek elmélyítését szolgálja.

Megvizsgáltam, hogy kimutatható-e függés az alkalmazott módszertől. A kísérleti és a kontrollcsoport eredményeiben (zárthelyi dolgozatok pontszáma) nem volt lényeges eltérés. Ezért a vizsgálatot a kísérleti csoporttal folytattam tovább.

T3 tézis: *Az alacsonyabb tudásszintű hallgatók esetében az azonnali visszajelzés során mutatott nagyobb aktivitás és jobb eredmények növelik a tananyag elsajátításának hatékonyságát a félévközi és a félév végi tesztek eredményei alapján.*

A kísérleti csoport hallgatóit két csoportra osztottam a „nulladik” zárthelyi dolgozaton elért eredményük alapján, az alsó 50%-ot az *A* csoportba, míg a felső 50%-ot a *B* csoportba soroltam.

Megvizsgáltam, hogy a rendszeres azonnali visszakérdezés hatása eltért-e a két csoportban. Ehhez minden hallgató esetén megnéztem a jó válaszok arányát az óra végi online teszteken, valamint a Matematika I. két zárthelyi dolgozata alapján a kapott összpontszámot.

A kapott eredmények alapján az azonnali visszakérdezés módszer hatását vizsgálva eltérő eredmény adódott az *A* és a *B* csoport esetén.

A „nulladik” zárthelyi dolgozat alapján kevésbé felkészült hallgatók esetében az azonnali visszakérdezés során mutatott nagyobb aktivitás és jobb eredmények növelik a tananyag elsajátításának hatékonyságát a félévi és a félév végi tesztek eredményei alapján.

Az eredményeim azt mutatták, hogy a gyengébb alapokkal rendelkező hallgatók esetén a dolgozatok eredményét (a jegyet) lényegesen befolyásolja az, hogy a tanórákon figyeltek-e, és megértették-e az elhangzottakat. Vagyis számukra fontosabbnak bizonyult az óra követése. A

B csoport esetén az átlag pontszám sokkal nagyobb volt (76,4), mint az *A* csoportban (58,9). A „nulladik” zárthelyi dolgozaton alacsonyabb pontszámot elért hallgatók csoportjában (*A* csoport) az átlagpontszám jobban függött a tanórák végi tesztek eredményeitől.

Ezen eredmények a T3 tézisémet igazolták.

Az azonnali visszakerdezés módszer alkalmazását követően készítettem egy felmérést a kísérleti csoport hallgatóival, az alkalmazott módszer hatékonyságáról. Arra voltam kíváncsi, hogy a diákok mennyire ítélték hasznosnak az alkalmazását, jobban sikerült-e elsajátítaniuk a tananyagot a segítségével, és összességében milyen érzéseik vannak az azonnali visszakerdezés módszerrel kapcsolatban.

T4 tézis:

A hallgatók véleménye szerint az azonnali visszakerdezés módszer alkalmazásával, jobban megmaradnak a matematikai ismereteik, és hasznosnak ítélik a módszert.

A felmérés elemzése alapján kiderült, hogy a hallgatók szerint a módszer hatékony, jobban el tudták mélyíteni a matematikai ismereteiket, szívesen alkalmazták a módszert, és akár további tantárgyak keretében is alkalmaznák.

Ez az eredmény alátámasztotta a T4 tézisémet.

Emellett gyűjtöttem visszajelzéseket a személyes beszélgetések (informális interjúk) formájában is, ezek szintén megerősítették a módszer alkalmazásának jó fogadtatását.

Hivatkozások

- [1] S. N. Dvoryatkina, R. A. Melnikov és V. E. Shcherbatykh, „Identification of the Research Potential of Students in the Process of Revealing Integrative Connections of the Subject Content of Mathematical Courses,” *European Journal of Contemporary Education*, 2022.
- [2] S. Freeman, S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt és M. P. Wenderoth, „Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics,” *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), pp. 8410-8415., 2014.
- [3] S. Henderson és P. Broadbridge, „Engineering mathematics education in Australia,” *MSOR Connections*, 9(1), pp. 12-17., 2009.
- [4] A. D. Plutenko, A. V. Leyfa, A. V. Kozyr és T. V. Haletskaia, „Specific Features of Vocational Education and Training of Engineering Personnel for High-Tech Businesses,” *European Journal of Contemporary Education*, 7(2), pp. 360-371., 2018.
- [5] A. Rooch, P. Junker és J. H. K. Härterich, „Linking mathematics with engineering applications at an early stage—implementation, experimental set-up and evaluation of a pilot project,” *European Journal of Engineering Education*, 41(2), pp. 172-191., 2016.
- [6] C. R. Bego, K. B. Lyle, J. C. Immekus és P. A. Ralston, „Introducing desirable difficulty in STEM barrier courses with spaced retrieval practice,” *In 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1-6., 2021.
- [7] D. Lawson, A. C. Croft és M. Halpin, „Good practice in the provision of mathematics support centres,” *LTSN Maths, Stats & OR Network*, 2003.
- [8] M. Gallimore és J. Stewart, „Increasing the impact of mathematics support on aiding student transition in higher education,” *Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA*, 33(2), pp. 98-109., 2014.
- [9] D. Lawson, T. Croft és M. Halpin, „Evaluating and Enhancing the Effectiveness of Mathematics Support Centres,” *Final report of a project funded by the LTSN Maths, Stats and OR Network*, 2001.
- [10] G. Perkin és A. C. Croft, „Mathematics Support Centres—the extent of current provision,” *MSOR Connections* 4(2), pp. 14-18., 2004.

- [11] M. Bhaïrd és D. C. Lawson, „How to set up a Mathematics and Statistics Support Provision,” *Sigma – Centre of Excellence in Mathematics and Statistics Support*, 2012.
- [12] E. V. Soboleva, T. N. Suvorova, M. I. Bocharov és T. I. Bocharova, „Development of the personalized model of teaching mathematics by means of interactive short stories to improve the quality of educational results of schoolchildren,” *European Journal of Contemporary Education*, 11(1), pp. 241-257., 2022.
- [13] A. Baddeley, M. W. Eysenck és M. C. Anderson, *Memory*, Psychology Press, 2009.
- [14] A. Ambrus, „Teaching Mathematical Problem-Solving with the Brain in Mind: How can opening a closed problem help?,” *Center for Educational Policy Studies Journal*, 4(2), pp. 105-120., 2014.
- [15] M. L. Epstein, B. B. Epstein és G. M. Brosvic, „Immediate feedback during academic testing,” *Psychological reports*, 88(3), pp. 889-894., 2001.
- [16] F. Leydecker, „Interactive tools in lectures with many participants,” *In Didactics of Mathematics in Higher Education as a Scientific Discipline–Conference Proceedings*, pp. 169-171., 2017.
- [17] G. Szanyi és A. Varga, „Matematikai alapok a mérnökképzésben: kereslet és kínálat,” *Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education*, pp. 70-77., 2018.
- [18] Képzési és Kimeneti Követelmények, 05 2018-2022. [Online]. <https://kormany.hu/dokumentumtar/kepzesi-es-kimeneti-kovetelmenyek-1>.
- [19] I. Kocsis, R. Mikuska, C. Budai, K. Á. Kis és P. Korondi, „Discrete-time modeling and animation with mechatronics approach for control education,” *In 2023 IEEE 10th International Conference on E-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)*, pp. 1-6., 2023.
- [20] K. Á. Kis, G. Korsoveczki, K. Sarvajcz, P. Korondi, I. Kocsis és I. Balajti, „Quarter Car Suspension State Space Model and Full State Feedback Control for Real-Time Processing,” *In 2023 Signal Processing Symposium (SPSymo)*, pp. 73-78., 2023.
- [21] D. Sipos és I. Kocsis, „Supporting the education of engineering mathematics using the immediate feedback method,” *Teaching Mathematics and Computer Science*, 21(1), pp. 49-61., 2023.

- [22] D. Sipos és I. Kocsis, „On a mathematics teaching efficiency concept and a delayed mathematics testing method in technical learning environment in engineering higher education,” *Annales Mathematicae et Informaticae*, 2024.
- [23] D. Tall és S. Vinner, „Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity,” *Educational studies in mathematics*, 12(2), pp. 151-169., 1981.
- [24] I. Kocsis és D. Sipos, „"Project-Based Learning in Technical Diagnostics Course in a Mechanical Engineering Bachelor Programme, ThinkBS Basic Sciences in Engineering Education, Erasmus Plus Project", International Workshop," 2021.
- [25] I. Kocsis és D. Sipos, „On Research and Training in Machinery Diagnostics in Engineering Education,” *Műszaki Tudományos Közlemények*, pp. 31-36., 2022.
- [26] C. Kézi, „Modellalkotás középiskolás fokon,” *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 8(4), pp. 76-83., 2023.
- [27] J. T. Cooper, T. Whitney és A. S. Lingo, „Using immediate feedback to increase opportunities to respond in a general education classroom,” *Rural Special Education Quarterly*, 37(1), pp. 52-60., 2018.



Nyilvántartási szám: DEENK/392/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Sipos Dóra

Doktori Iskola: Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

MTMT azonosító: 10061790

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

1. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: A complex methodology for the development of mathematical modeling skills in engineering education.
Int. rev. appl. sci. eng. Epub, 1-16, 2024. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/1848.2024.00803>
2. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: On a method for measuring the effectiveness of mathematics teaching using delayed testing in technical contexts in engineering education.
Ann. Math. Inform. Epub, 1-16, 2024. ISSN: 1787-5021.
DOI: <http://dx.doi.org/10.33039/ami.2024.03.003>
IF: 0.3 (2023)
3. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: Supporting the education of engineering mathematics using the immediate feedback method.
Teach. math. comput. sci. 21 (1), 49-61, 2023. ISSN: 1589-7389.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5485/TMCS.2023.0548>

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

4. Nagyné Kondor, R., **Sipos, D.**: Mérnöki és innovációs készségek fejlesztése = development of engineering and innovation skills.
Int. J. Eng. Manag. Sci. 5 (2), 364-369, 2020. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2020.2.42>
5. **Sipos, D.**: A numerikus számítások szerepe a műszaki modellekben.
Int. J. Eng. Manag. Sci. 3 (5), 76-83, 2018. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2018.5.9>





6. Kocsis, I., **Sipos, D.**: Matematikai kompetencia- és attitűdvizsgálat mérnökhallgatók körében = Study on Mathematical Competence and Attitude of Engineering Students.
Int. J. Eng. Manag. Sci. 2 (2), 43-55, 2017. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2017.2.5>.

Magyar nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

7. Kocsis, I., **Sipos, D.**: Gondolatok a műszaki kutatásról és képzésről a gépészeti diagnosztika kapcsán.
Műsz. Tud. Közl. 17, 31-36, 2022. EISSN: 2393-1280.
DOI: <https://doi.org/10.33895/mtk-2022.17.07>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

8. Kocsis, I., **Sipos, D.**: On Research and Training in Machinery Diagnostics in Engineering Education.
Műsz. Tud. Közl. 17 (1), 31-36, 2022. EISSN: 2393-1280.
DOI: <http://dx.doi.org/10.33894/mtk-2022.17.07>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (6)

9. **Sipos, D.**: A matematikaoktatás hatékonyságának vizsgálata.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Szerk.: Kocsis Imre, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 47-52, 2021.
ISBN: 9789634903130
10. Nagyné Kondor, R., **Sipos, D.**: Mérnöki és innovációs készségek fejlesztése: kutatási tapasztalatok.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Kocsis Imre, [University of Debrecen Faculty of Engineering], Debrecen, 20-23, 2020.
ISBN: 9789634901747
11. **Sipos, D.**: A hallgatói visszajelzések folyamatos gyűjtésének egy módszeréről.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Imre Kocsis, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 66-70, 2017.
ISBN: 9789634739814
12. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: A matematikai ismeretek szerepének és fontosságának vizsgálata a mérnökképzésben egy oktatói felmérés alapján.
In: Matematikát, Fizikát és Informatikát Oktatók 41. Országos Konferenciája, Szerk.: Tóth István, Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Budapest, 223-227, 2017.
ISBN: 9789632696621





13. **Sipos, D.:** A műszaki modellekben alkalmazott numerikus számítások szerepének bemutatása középiskolásoknak tartott ismeretterjesztő foglalkozásokon.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Imre Kocsis, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 61-65, 2017.
ISBN: 9789634739814
14. Kocsis, I., **Sipos, D.:** Katapult: egy egyszerű demonstrációs eszköz a statisztikai módszerek és a folyamatfejlesztés oktatásában = Catapult : Simple Tool in Teaching Statistics an Process Improvement.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Imre Kocsis, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 22-29, 2016.
ISBN: 9789634739456

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

15. Kocsis, I., **Sipos, D.:** A mérnöki matematikai tudáselemek átértékelődése a fejlett matematikai segédesszközök jelenlétében.
In: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2023 : Konferencia előadások kivonatai. Szerk.: Békési Bertold, MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága. Szolnok, 36-36, 2023. ISBN: 9789637064449
16. Kocsis, I., **Sipos, D.:** Matematikatanulás műszaki tárgyak keretében.
In: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2021 : konferencia előadások kivonatai. Szerk.: Kocsis Imre, Szodrai Ferenc, MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága, Debrecen, 59, 2021. ISBN: 9789634903208

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,3

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0,3

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.07.08.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

**A complex method for improving the mathematics
education in undergraduate engineering training**

by Dóra Fruzsina Sipos

Supervisor: Dr. Imre Kocsis



UNIVERSITY OF DEBRECEN

Doctoral School of Mathematical and
Computational Sciences

Debrecen, 2024

Background and objectives of the doctoral thesis

Learning a specific set of mathematical skills has always been an important part of engineering education. But it has been constantly changing in terms of

- the knowledge and motivation that engineering students bring from secondary school;
- students' ability to learn and their level of understanding of abstract concepts;
- the time available for teaching (contact hours, consultation opportunities);
- availability of tools to perform calculations;
- the method and possibility of applications;
- the weighting of the topics.

The pace of change has accelerated in particular with the widespread availability of high-performance mathematical and engineering design software and, more recently, the emergence of problem-solving tools based on artificial intelligence.

The significant decline in the average level of knowledge of engineering entrants, and the associated lack of motivation to learn mathematics, has led to a situation where even elite universities are now having to think about how to help their students fill the gaps in order to start learning engineering subjects in a meaningful way.

Whereas for many decades, in engineering training, which were considered elite education, it was not even a question of thinking about methodological tools (of course, good teachers taught well regardless), today it is inevitable to use didactical methods adapted to the students' abilities and attitudes.

Many of the tools of mathematics teaching methodology can be transferred to technical subjects, and the extension of methodological studies to technical subjects creates the possibility of thinking together with those who apply mathematics and examining and developing the whole educational process in a coherent way.

The significant increase in the student/teacher ratio since the early 2000s and the drastic reduction in the number of contact hours (including mathematics) has led to a massification of teaching, with significantly less time for face-to-face work and consultation. This, combined with the previously mentioned decrease in input knowledge, has further aggravated the situation and created a new challenge for mathematics teachers.

More emphasis should be placed on the transfer of mathematical knowledge in relation to applications, either by deliberately re-teaching certain topics in technical subjects or by scheduling teaching in these subjects. This could also be done by involving the teacher of the technical subject, but this would primarily be the task of mathematics teachers in this form as well. This type of collaboration could also be used to feed back the problems and numeracy needs of technical subjects into the material of 'normal' mathematics courses.

In my thesis, I present the elements of a complex educational programme, together with a study of their effectiveness.

In **Chapter 1**, I discuss the role of mathematics education in engineering education.

Chapter 2 presents the results of international research related to my research methodology. In **Subchapter 2.1**, I discuss the methods of efficiency measurement and improvement available in the international literature. And in **Subsection 2.2**, I address the issues of the effectiveness of the immediate feedback method based on international publications in this field.

In **Chapter 3**, I discuss the practice in mathematics education in the undergraduate engineering programmes of the Faculty of Engineering Technology at the University of Debrecen. I introduce the engineering mathematics courses and surveys conducted in the frame of these courses.

Subsection 3.2 presents the Entrance test written by students entering the Faculty of Engineering. This test is written each year with first year students before they start their studies. The aim of the test is, on the one hand, to assess the level of mathematical knowledge of incoming students and, on

the other hand, to recommend the students to take the introductory mathematics course.

Subsection 3.3 discusses an instructor survey. As the results of the Entrance tests are rather low and have been getting worse over the years, the Department of Basic Technical Studies decided to develop a novel teaching methodology. As part of this, I surveyed the opinions of teachers of technical subjects on the need for mathematical knowledge. For this purpose, I prepared a questionnaire on the extent to which they think that mathematical knowledge is needed in their own subjects and to what extent it is available when it is needed. My aim was to get an overall picture of subject teachers' views on current mathematics teaching.

In **Subsection 3.4**, I present a student survey.

In this, I assessed, immediately after completing the basic education and several years later, that

- what image the students have about the subject of mathematics;
- how much knowledge has been retained;
- how related these are to their everyday work;
- whether the mathematical theory (acquired in the framework of basic education, self-education or further education) and its application were consistent.

In the survey, I chose a sample of people to complete the tests, for whom it could be assumed that the knowledge acquired in initial training had not been forgotten. The survey was conducted among students learning in a master programme with a bachelor's degree in engineering provided by the Faculty of Engineering.

In **Chapter 4**, I examine the application of mathematical knowledge in thesis works written in undergraduate engineering programmes of the Faculty of Engineering. In this part, I analyse the effectiveness of mathematics teaching from the perspective of how mathematical knowledge is presented in the summative independent theses that conclude the training. Do students choose topics where the use of mathematical tools is emphasised and, if so, which tools are used?

I have grouped the mathematical knowledge in terms of application in the theses into the following categories:

- I. Not using mathematics (e.g.: process improvement, qualitative analysis, loss detection, process reengineering)
- II. The topic does not require an advanced mathematical model (e.g.: application of given formulas to calculate quantities, determination of the production time based on the details of the production process)
- III. Use of a mathematical model at formula level (BSc) (e.g.: technical calculation, design based on formulas given in the model, e.g. sizing task)
- IV Formal presentation of a mathematical model (BSc)
- V. Application of a complete mathematical model in the study of a system/process (MSc) (e.g.: application of the elements of a known mathematical model in the design of a new system/process, e.g. design of an electric vehicle)
- VI. Creation of a new mathematical model (PhD) (e.g.: design of a new system/process creating a new mathematical model, e.g. creation of simulation software).

Unfortunately, the study came to the unsurprising conclusion that students make little creative use in their theses of the mathematical knowledge they have learned in their undergraduate studies to describe technical processes correctly and to a high standard. When they do refer to mathematical tools, they do so only formally. The low average grade in mathematics is consistent with the fact that mathematical knowledge is generally used at a low level in engineering bachelor theses.

In **Chapter 5**, I present the elements of my teaching methodology.

In **Subsection 5.1**, I introduce at the levels and elements of my educational programme:

- the level of the basic engineering programmes (BSc);
- the level of engineering courses that use mathematics intensively;
- the level of engineering mathematics courses.

In **Subsection 5.2**, I address the role of conceptualisation and cyclical recall of key knowledge elements.

Engineering R&D&I activities require a perfect understanding of certain key concepts and the ability to abstract. Our experience with the Entrance tests [17] shows that most first-year students have problems even with the correct use of basic mathematical concepts. Consequently, university lecturers have to deal even with the conceptual picture of basic concepts as defined by Tall [23], which consists of all the cognitive structures associated with a given concept in an individual's mind.

In **Subsection 5.3**, I discuss the importance of specific mathematics notes, distributed knowledge transfer, and problem-based learning.

Experience shows that in professional courses, simply referring to large, comprehensive mathematics textbooks ("read and learn this from chapter Y of book X") when studying engineering topics is almost useless. Short, specific mathematical notes should be prepared using an application-oriented method of discussion. Problem-based learning of engineering mathematics can be used to learn advanced engineering topics that require a high level of mathematical knowledge and its creative application. In the framework of an international educational development project, a method of problem-based learning was presented in a case study in the field of Engineering Diagnostics in the Bachelor of Mechanical Engineering, including a special purpose note: ThinkBS - Basic Sciences in Engineering Education, Erasmus Plus Project [24].

Subsection 5.4 discusses the role of homework (projects) across courses and semesters.

The effectiveness of engineering education can be significantly increased if students are aware at all stages of the educational process of how the different parts of the curriculum are interrelated and what tasks they will be able to solve with the complex knowledge.

Projects, which provide students with tasks throughout the training, give an overview of the whole training process and an understanding of the learning objectives. They should be able to complete the sub-tasks at a level

appropriate to their current knowledge, and they should get usable results from the beginning.

The Mechatronics bachelor's programme of the faculty has a project (homework) over several semesters, which covers the knowledge elements of mathematics, physics, computer science and several related technical subjects. The topic of the project is the study of the suspension of a quarter car model, from the simplest discrete-time model to the analysis of observability and controllability in the perspective of the control theory. [20]

In **Subsection 5.5**, I briefly introduce the immediate feedback method as an element of my methodology.

Among the several feedback methods incorporated in my methodology, the "real-time" immediate feedback method has the most important role in the teaching process of engineering mathematics. The method of immediate feedback is discussed in detail in **Chapter 7**. The primary purpose of the end-of-class online surveys was not to assess students. I wanted to gauge the extent to which students had understood the lesson material and could recall the previous weeks' topics. This kind of feedback gives the opportunity for quick corrections and also serves to deepen and consolidate new information.

In **Subsection 5.6**, I present the method "Integrating technical problems into classroom work at different levels of modelling" as an important element of my own methodology.

The Department of Basic Technical Subjects at the Faculty of Engineering has created a task database in which, as part of my investigation, I have classified the tasks into three categories: purely mathematical problems motivated by technical applications; technical problems for which the model is given and only mathematical knowledge is needed to solve them; technical problems formulated in a professional context that require modelling and higher-level, complex mathematical knowledge.

New scientific results

The new scientific results of my thesis are presented in **Chapters 6 and 7**.

Integrating engineering problems into classroom work at different levels of modelling

In the teaching of engineering mathematics, I incorporated technical problems requiring different levels of modeling tasks into the curriculum, and I tested the long-term effect of the method with delayed tests in a technical environment independent of the mathematics class. To deal with the difficulty of problem solving through modeling, I defined three types (levels) of mathematical problems motivated by engineering tasks. In connection with this, a task database was created, and the tasks in it were systematically integrated into the class work.

In my approach, the most important effectiveness factor is the extent to which students can apply the mathematical concepts and methods they have learned in their professional studies and later in their engineering work. Since teaching practice tends to focus on key engineering competences, engineering mathematics should be considered as a professional subject rather than a course separate from other modules in the curriculum. The aim is to create synergy between mathematics and technical subjects. The desired synergy can be created by linking subjects in the teaching of new mathematical and technical knowledge, by participating in joint projects, and by further developing and evaluating mathematical and technical knowledge in as many professional courses as possible throughout the course of the training.

A novel element of the didactic methodology presented is the systematic testing of mathematical topics and mathematical knowledge in non-mathematical contexts in engineering subjects, in collaboration with teachers of technical subjects.

I have grouped the tasks in a task database into three categories:

- purely mathematical questions motivated by engineering applications;
- technical questions where the model is given and the solution requires only mathematical knowledge;
- technical problems formulated with technical text, where the solution requires modelling and a higher level of complex mathematical knowledge.

In my methodology, I integrated engineering applications related to each topic into the classroom material simultaneously with classical mathematics exercises.

To verify the effectiveness of my method, I created a delayed test for the Statics subject. Based on the experience gained, I extended the use of the delay tests to three other subjects in collaboration with the instructors of these subjects. These are Electromagnetics, Logistics and Vehicle and Drive Elements.

I conducted a detailed analysis in connection with the delayed test of the Statics course, which is based on Mathematics I, one semester later. The delayed test was related to the first Statics test, it contained mathematical questions from the Mathematics I course, but formulated as engineering problems. The students were not informed about the nature of the questions either before or during the test, so they had to interpret the situation themselves. The answers required a minimum knowledge of Statics that was a prerequisite for passing the test, so it was assumed that the students had this knowledge. Once the questions had been interpreted, they could only be solved using purely mathematical tools.

80 students majoring in vehicle and mechanical engineering participated in the study: 40 students in the experimental group and 40 students in the control group. In these majors, the course Engineering Mathematics I consists of 4 hours of lecture and 4 hours of practical. The inclusion of technical examples of different levels serves to increase the efficiency according to our concept.

The level of knowledge of the incoming students is checked every year with an entrance test consisting of high school exercises. The students in the two groups achieved almost identical results in this entrance test. The two-sample t-test indicated that there was no significant difference between the scores of the Experimental group ($M=44.95$, $SD=24.96$) and the Control group ($M=49.18$, $SD=25.70$), $t(78)=0.75$, $p=0.458$ (two-tail, $d=0.17$).

Both the experimental group and the control group studied Engineering Mathematics I according to the same curriculum and for the same number of hours. However, the students in the experimental group spent 1 hour of

the 4-hour practical class each week studying models and solving engineering problems, while the students in the control group only solved classical mathematical problems.

Thesis 1: *The use of technical tasks categorised according to modelling needs increases the success of mathematical knowledge development and application in the learning of technical subjects.*

The students in the experimental group, for whom I integrated engineering tasks into their class work in the Mathematics I subject according to my method, performed better on the delayed mathematics test in the Statics subject than the students in the control group.

The scores of the delayed test were compared in the two groups. The students who studied mathematics in a way that regularly involved solving technical problems of different modelling levels during a part of the lessons (Experimental group) ($M=54.15$, $SD=24.17$) achieved significantly better results in the subsequent assessment of their mathematical knowledge in the Statics subject than students in the Control group ($M=37.03$, $SD=21.24$), $t(78)=3.36$, $p=0.001$ (two-tail, $d=0.75$).

The t-test results confirmed Thesis 1.

In order to verify the effectiveness of my teaching methodology, I conducted personal interviews with the teachers of the subjects studied in the research.

During the interviews, I asked questions related to the use of application-oriented mathematics teaching and delayed tests as one of the main elements of my methodology. I was looking for answers on how useful they consider these methods to be, what ideas they have for further improvements, and what their attitudes are towards the management of mathematical knowledge.

The first five questions were about general issues, with three respondents saying that lack of mathematical knowledge was a problem in teaching technical subjects. Unfortunately, consultation with the teachers of mathematics subjects is not common. All but one instructor take the time

to review the necessary mathematics, the one instructor who does not cited lack of time as the reason.

Questions 6-23 concerned the method used. All the instructors identified the mathematical knowledge used in their own professional subject, generally considered it useful to consult their mathematics subject instructor and agreed that, in general, it is very useful to ask mathematical knowledge in a professional context.

All respondents evaluated the feedback received during the application of the method as useful for improving their own subject and the teaching of mathematics. During participation in the experiment, the respondents who had not previously consulted with the teachers of mathematics subjects changed their opinion about the necessity of cooperation, and they want to continue using the method in cooperation with the teachers of mathematics, and they recommend this to the teachers of other professional subjects as well. They made suggestions for the further development of the method, which I plan to implement in the future with the involvement of several colleagues.

Thesis 2: *According to the teacher survey and interviews, teachers of technical subjects consider the integration of professional examples into the mathematics course curriculum and the embedding of mathematical questions in a professional context to be effective.*

Thesis 2/a: *Instructors of the professional courses consider the method used in mathematics teaching, whereby professional examples are integrated into the mathematics curriculum, to be efficient and effective.*

All responding professional educators agreed that integrating practical, technical examples into the mathematics curriculum also increases the success of teaching technical subjects by linking mathematical topics and technical tasks, and making students realise the importance of mathematics.

The responses received confirmed Thesis T2/a.

Thesis 2/b: *According to technical teachers, on the one hand, it is essential to repeat or re-teach the necessary mathematical knowledge in a professional way, and on the other hand, the embedding of mathematical*

questions in a professional context – as a new method – is in itself a way to help the learning of technical subjects.

The responses showed that all respondents agreed that mathematical knowledge is important in the teaching of their technical subject and considered the use of delayed tests to be useful.

The responses received confirmed Thesis T2/b.

Immediate feedback method

The other main tool in my methodology is the immediate feedback method.

Frequent checks are necessary to effectively control the teaching process. The usual methods of inquiry in university mathematics education (1-2 papers per semester) are of low effectiveness, the results are only used for evaluation and cannot be used for a meaningful correction of the teaching process.

The most common tools for improving the teaching process are lesson observation and end-of-lesson monitoring. Interactivity in lessons should be increased, because without interaction there is no attention. An important element of interactivity is immediate feedback. Interactivity alone does not provide an adequate level of feedback, as usually only a small proportion of students respond to the questions asked. I believe that asking questions about the material covered in class helps to retain knowledge and gives direct feedback on the success of the learning process.

In my two-semester study, first-year mechanical engineering students of the Faculty of Engineering participated, 32 each in the experimental and control groups. In the experimental group, I used the immediate feedback method. I created a four-question online test for each Mathematics I and Mathematics II class. Thus, 24 tests were produced over the two semesters. I used the quiz function of the Kahoot application for the surveys. I investigated the impact of the method on the students' results.

The purpose of the surveys was not to evaluate the students. With the questions, I wanted to assess how well the students understood the lesson material, whether they remembered it at the end of the lesson, and how

well they were able to recall the topics of the past weeks. This is feedback on the effectiveness of the educational process and creates an opportunity for quick correction. On the other hand, feedback is part of my teaching method, feedback at the end of the lesson serves to deepen knowledge.

I examined whether there was a dependence on the method used. There was no significant difference in the results (total test scores) between the experimental and control groups. I therefore continued the study with the experimental group.

Thesis 3: *For students with lower levels of knowledge, greater activity and better results in immediate feedback increase the effectiveness of learning, based on the results of the mid-term and end-term tests.*

The students in the experimental group were divided into two groups based on their Enter test scores, the bottom 50% were placed in group A and the top 50% in group B.

I examined whether the effect of regular immediate feedback differed between the two groups. To do this, I looked at the proportion of good answers for each student on the end-of-class online tests and the overall scores on the two Mathematics I tests.

Based on the results obtained, the effect of the immediate feedback method was found to be different for groups A and B.

In the case of students who are less prepared on the basis of the Entrance test, the greater activity and better results shown during the immediate feedback increase the effectiveness of learning the course material based on the results of the semester and end-of-semester tests.

My results showed that for students with a weaker foundation, the outcome of the papers (the grade) was significantly affected by whether they paid attention and understood what was being taught in class. In other words, for them, it was more important to follow the lesson. For group B, the average score was much higher (76.4) than for group A (58.9). For the group of students who scored lower on the "zero" final paper (group A), the average score was more dependent on the results of the end-of-class tests.

These results confirmed Thesis 3.

After using the immediate feedback method, I conducted a survey with the students of the experimental group on the effectiveness of the method used. I wanted to find out how useful the students found it, whether they had improved their learning and, overall, how they felt about the immediate feedback method.

Thesis 4: *Students consider that using the immediate feedback method helps them to better retain their mathematical knowledge and that they find the method useful.*

The analysis of the survey showed that the students considered the method to be effective, that they were able to deepen their mathematical knowledge, that they were happy to use the method and that they would like to use it in other subjects.

This result supported Thesis 4.

In addition, I collected feedback in the form of face-to-face (informal) interviews, which also confirmed the good reception of the use of the method.

References

- [1] S. N. Dvoryatkina, R. A. Melnikov és V. E. Shcherbatykh, „Identification of the Research Potential of Students in the Process of Revealing Integrative Connections of the Subject Content of Mathematical Courses,” *European Journal of Contemporary Education*, 2022.
- [2] S. Freeman, S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt és M. P. Wenderoth, „Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics,” *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), pp. 8410-8415., 2014.
- [3] S. Henderson és P. Broadbridge, „Engineering mathematics education in Australia,” *MSOR Connections*, 9(1), pp. 12-17., 2009.
- [4] A. D. Plutenko, A. V. Leyfa, A. V. Kozyr és T. V. Haletskaia, „Specific Features of Vocational Education and Training of Engineering Personnel for High-Tech Businesses,” *European Journal of Contemporary Education*, 7(2), pp. 360-371., 2018.
- [5] A. Rooch, P. Junker és J. H. K. Härterich, „Linking mathematics with engineering applications at an early stage—implementation, experimental set-up and evaluation of a pilot project,” *European Journal of Engineering Education*, 41(2), pp. 172-191., 2016.
- [6] C. R. Bego, K. B. Lyle, J. C. Immekus és P. A. Ralston, „Introducing desirable difficulty in STEM barrier courses with spaced retrieval practice,” *In 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1-6., 2021.
- [7] D. Lawson, A. C. Croft és M. Halpin, „Good practice in the provision of mathematics support centres,” *LTSN Maths, Stats & OR Network*, 2003.
- [8] M. Gallimore és J. Stewart, „Increasing the impact of mathematics support on aiding student transition in higher education,” *Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA*, 33(2), pp. 98-109., 2014.
- [9] D. Lawson, T. Croft és M. Halpin, „Evaluating and Enhancing the Effectiveness of Mathematics Support Centres,” *Final report of a project funded by the LTSN Maths, Stats and OR Network*, 2001.
- [10] G. Perkin és A. C. Croft, „Mathematics Support Centres—the extent of current provision,” *MSOR Connections* 4(2), pp. 14-18., 2004.
- [11] M. Bhaïrd és D. C. Lawson, „How to set up a Mathematics and Statistics Support Provision,” *Sigma – Centre of Excellence in Mathematics and Statistics Support*, 2012.
- [12] E. V. Soboleva, T. N. Suvorova, M. I. Bocharov és T. I. Bocharova, „Development of the personalized model of teaching mathematics by means of interactive short stories to improve the quality of educational results of

schoolchildren," *European Journal of Contemporary Education*, 11(1), pp. 241-257., 2022.

- [13] A. Baddeley, M. W. Eysenck és M. C. Anderson, *Memory*, Psychology Press, 2009.
- [14] A. Ambrus, „Teaching Mathematical Problem-Solving with the Brain in Mind: How can opening a closed problem help?,” *Center for Educational Policy Studies Journal*, 4(2), pp. 105-120., 2014.
- [15] M. L. Epstein, B. B. Epstein és G. M. Brosvic, „Immediate feedback during academic testing,” *Psychological reports*, 88(3), pp. 889-894., 2001.
- [16] F. Leydecker, „Interactive tools in lectures with many participants,” *In Didactics of Mathematics in Higher Education as a Scientific Discipline—Conference Proceedings*, pp. 169-171., 2017.
- [17] G. Szanyi és A. Varga, „Matematikai alapok a mérnökképzésben: kereslet és kínálat,” *Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education*, pp. 70-77., 2018.
- [18] Képzési és Kimeneti Követelmények, 05 2018-2022. [Online]. <https://kormany.hu/dokumentumtar/kepzesi-es-kimeneti-kovetelmenyek-1>.
- [19] I. Kocsis, R. Mikuska, C. Budai, K. Á. Kis és P. Korondi, „Discrete-time modeling and animation with mechatronics approach for control education,” *In 2023 IEEE 10th International Conference on E-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)*, pp. 1-6., 2023.
- [20] K. Á. Kis, G. Korsoveczki, K. Sarvajcz, P. Korondi, I. Kocsis és I. Balajti, „Quarter Car Suspension State Space Model and Full State Feedback Control for Real-Time Processing,” *In 2023 Signal Processing Symposium (SPSymposium)*, pp. 73-78., 2023.
- [21] D. Sipos és I. Kocsis, „Supporting the education of engineering mathematics using the immediate feedback method,” *Teaching Mathematics and Computer Science*, 21(1), pp. 49-61., 2023.
- [22] D. Sipos és I. Kocsis, „On a mathematics teaching efficiency concept and a delayed mathematics testing method in technical learning environment in engineering higher education,” *Annales Mathematicae et Informaticae*, 2024.
- [23] D. Tall és S. Vinner, „Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity,” *Educational studies in mathematics*, 12(2), pp. 151-169., 1981.
- [24] I. Kocsis és D. Sipos, „"Project-Based Learning in Technical Diagnostics Course in a Mechanical Engineering Bachelor Programme, ThinkBS Basic Sciences in Engineering Education, Erasmus Plus Project", International Workshop,” 2021.

- [25] I. Kocsis és D. Sipos, „On Research and Training in Machinery Diagnostics in Engineering Education,” *Műszaki Tudományos Közlemények*, pp. 31-36., 2022.
- [26] C. Kézi, „Modellalkotás középiskolás fokon,” *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 8(4), pp. 76-83., 2023.
- [27] J. T. Cooper, T. Whitney és A. S. Lingo, „Using immediate feedback to increase opportunities to respond in a general education classroom,” *Rural Special Education Quarterly*, 37(1), pp. 52-60., 2018.



Registry number: DEENK/392/2024.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Dóra Sipos
Doctoral School: Doctoral School of Mathematical and Computational Sciences
MTMT ID: 10061790

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (3)

1. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: A complex methodology for the development of mathematical modeling skills in engineering education.
Int. rev. appl. sci. eng. Epub, 1-16, 2024. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/1848.2024.00803>
2. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: On a method for measuring the effectiveness of mathematics teaching using delayed testing in technical contexts in engineering education.
Ann. Math. Inform. Epub, 1-16, 2024. ISSN: 1787-5021.
DOI: <http://dx.doi.org/10.33039/ami.2024.03.003>
IF: 0.3 (2023)
3. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: Supporting the education of engineering mathematics using the immediate feedback method.
Teach. math. comput. sci. 21 (1), 49-61, 2023. ISSN: 1589-7389.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5485/TMCS.2023.0548>

List of other publications

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (3)

4. Nagyné Kondor, R., **Sipos, D.**: Mérnöki és innovációs készségek fejlesztése = development of engineering and innovation skills.
Int. J. Eng. Manag. Sci. 5 (2), 364-369, 2020. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2020.2.42>
5. **Sipos, D.**: A numerikus számítások szerepe a műszaki modellekben.
Int. J. Eng. Manag. Sci. 3 (5), 76-83, 2018. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2018.5.9>





6. Kocsis, I., **Sipos, D.**: Matematikai kompetencia- és attitűdvizsgálat mérnökhallgatók körében = Study on Mathematical Competence and Attitude of Engineering Students.
Int. J. Eng. Manag. Sci. 2 (2), 43-55, 2017. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2017.2.5>.

Hungarian scientific articles in international journals (1)

7. Kocsis, I., **Sipos, D.**: Gondolatok a műszaki kutatásról és képzésről a gépészeti diagnosztika kapcsán.
Műsz. Tud. Közl. 17, 31-36, 2022. EISSN: 2393-1280.
DOI: <https://doi.org/10.33895/mtk-2022.17.07>

Foreign language scientific articles in international journals (1)

8. Kocsis, I., **Sipos, D.**: On Research and Training in Machinery Diagnostics in Engineering Education.
Műsz. Tud. Közl. 17 (1), 31-36, 2022. EISSN: 2393-1280.
DOI: <http://dx.doi.org/10.33894/mtk-2022.17.07>

Hungarian conference proceedings (6)

9. **Sipos, D.**: A matematikaoktatás hatékonyságának vizsgálata.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Szerk.: Kocsis Imre, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 47-52, 2021.
ISBN: 9789634903130
10. Nagyné Kondor, R., **Sipos, D.**: Mérnöki és innovációs készségek fejlesztése: kutatási tapasztalatok.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Kocsis Imre, [University of Debrecen Faculty of Engineering], Debrecen, 20-23, 2020.
ISBN: 9789634901747
11. **Sipos, D.**: A hallgatói visszajelzések folyamatos gyűjtésének egy módszeréről.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Imre Kocsis, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 66-70, 2017.
ISBN: 9789634739814
12. **Sipos, D.**, Kocsis, I.: A matematikai ismeretek szerepének és fontosságának vizsgálata a mérnökképzésben egy oktatói felmérés alapján.
In: Matematikát, Fizikát és Informatikát Oktatók 41. Országos Konferenciája, Szerk.: Tóth István, Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Budapest, 223-227, 2017.
ISBN: 9789632696621





13. Sipos, D.: A műszaki modellekben alkalmazott numerikus számítások szerepének bemutatása középiskolásoknak tartott ismeretterjesztő foglalkozásokon.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Imre Kocsis, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 61-65, 2017.
ISBN: 9789634739814
14. Kocsis, I., Sipos, D.: Katapult: egy egyszerű demonstrációs eszköz a statisztikai módszerek és a folyamatfejlesztés oktatásában = Catapult : Simple Tool in Teaching Statistics an Process Improvement.
In: Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education.
Ed.: Imre Kocsis, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 22-29, 2016.
ISBN: 9789634739456

Hungarian abstracts (2)

15. Kocsis, I., Sipos, D.: A mérnöki matematikai tudáselemek átértékelődése a fejlett matematikai segédesszközök jelenlétében.
In: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2023 : Konferencia előadások kivonatai. Szerk.: Békési Bertold, MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága, Szolnok, 36-36, 2023. ISBN: 9789637064449
16. Kocsis, I., Sipos, D.: Matematikatanulás műszaki tárgyak keretében.
In: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2021 : konferencia előadások kivonatai. Szerk.: Kocsis Imre, Szodrai Ferenc, MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága, Debrecen, 59, 2021. ISBN: 9789634903208

Total IF of journals (all publications): 0,3

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 0,3

The Candidate's publication data submitted to the IDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

08 July, 2024

