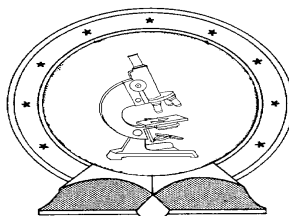


DE TTK



1949

A DIGITÁLIS KÉPFELDOLGOZÁS SZÁMÍTÓGÉPES OKTATÁSÁNAK KÉRDÉSEI

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

Király Sándor

Témavezető: Dr. Fazekas Gábor

Debreceni Egyetem
Természettudományi Doktori Tanács
Matematika-és Számítástudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2012.

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola Didaktika programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2012.

.....

Tanúsítom, hogy Király Sándor doktorjelölt 2007-2010 között a fent megnevezett Doktori Iskola Didaktika programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2012.

.....

A Digitális képfeldolgozás számítógépes oktatásának kérdései

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
az informatikadidaktika tudományágban

Írta: Király Sándor okleveles informatika tanár

Készült a Debreceni Egyetem Matematika-és Számítástudományok
doktori iskolája (Didaktika programja) keretében

Témavezető: Dr. Fazekas Gábor

A doktori szigorlati bizottság:

.....elnök: Dr.
.....tagok: Dr.
..... Dr.

A doktori szigorlat időpontja: 2010. szeptember 24.

Az értekezés bírálói:

Dr.
Dr.
Dr.

A bírálóbizottság:

elnök: Dr.
tagok: Dr.
Dr.
Dr.
Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 20.....

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	1
1.1. A témaválasztás indoklása	1
1.2. A dolgozat célja	3
1.3. A kutatás módszerei	3
2. Irodalmi előzmények	4
2.1. Digitális képfeldolgozás.....	4
2.2. A digitális képfeldolgozás oktatása.....	5
2.3. Az e-learning	6
2.4. Az e-learning története.....	8
2.4.1. A távoktatás története	8
2.4.2. A távoktatás Magyarországon	10
2.4.3. A tanulás felértékelődése	10
2.4.4. Az e-learning kialakulása	11
2.4.5. Az új típusú e-learning.....	12
2.5. Az e-learning jellemzői.....	14
2.6. Az e-learning alkotóelemei	15
2.6.1. Learning Management System (LMS).....	16
2.6.2. A Moodle	17
2.6.3. Tartalomkezelő rendszer (LCMS).....	18
2.7. E-learning szabványok.....	20
2.7.1. AICC.....	21
2.7.2. IMS	21
2.7.3. ADL	23
2.7.4. SCORM.....	24
2.7.5. LOM	24
2.7.5.1. A LOM szerkezete.....	25
3. Anyag és módszer.....	25
3.1. E-learning tananyag fejlesztése a digitális képfeldolgozás tantárgy tanításához.....	26
3.1.1. A tananyag tartalmának fejlesztése	26
3.1.1.1. Didaktikai tagolás	27
3.1.1.2. Technikai tagolás.....	28
3.1.1.3. A tananyag szövege	28

3.1.2. Tanulástámogatás	33
3.1.3. Integrál transzformációk	34
3.1.3.1. A Fourier transzformáció	34
3.1.3.2. A Wavelet transzformáció	50
3.1.3.3. A diszkrét koszinusz transzformáció (DCT)	51
3.1.4. Konvolúció	62
3.1.5. Matematikai morfológia	66
3.1.6. Az értékelési rendszer	70
4. Eredmények	76
4.1. A tananyag eredményességének mérése	76
4.2. A tanulási szokások vizsgálata	80
4.2.1. A tananyag módosításának eredménye	84
5. Összefoglalás	85
6. Summary	88
7. Irodalomjegyzék	91
8. Függelék	95

1. BEVEZETÉS

1.1. A témaválasztás indoklása

A tanári pálya egyik érdekes és izgalmas területe annak kutatása, hogy milyen didaktikai módszerek alkalmazásával lehet hatékonyan elsajátíttatni az éppen aktuális tananyagot a korosztályban, érdeklődési körben, a választott tagozatban, előképzettségben, s motiváltságban egyaránt sokszínű képet mutató tanulókkal illetve hallgatókkal.

Ennek a dolgozatnak a szerzője az 1990-es közepén kezdett el foglalkozni tananyagfejlesztéssel, valamint azzal, hogyan lehetne az aktuális tananyagot a tanulókkal úgy elsajátíttatni, hogy egyrészt minél jobban szerepeljenek az érettségien és a tanulmányi versenyeken, ugyanakkor minél többen megszeressék szakmájukat a programozást. Szakközépiskolában, középfokú programozók képzésben az volt a cél, hogy kiképezzük a következő számítógép-programozó generációt. A diákok Turbo Pascal, Dbase és Clipper nyelveken tanultak programozni. Később a tananyagba bekerült a szövegszerkesztés és a táblázatkezelés, Word és Lotus 1-2-3 majd Excel programok használatával. Ezekben az években önálló, otthoni tanulói gyakorlásra, számítógépes munkavégzésre nem számíhattunk. A tanulók az új ismereteket szinte kizárólag a tanórán szerezték, illetve az iskolai gépterem délutáni használatával tudták ismereteiket mélyíteni, a házi feladatokat megoldani, illetve gyakorolni. Az általunk készített feladatok nyújtották az egyetlen lehetőséget a tanulók számára, hogy az órán megtanult algoritmusokat, programozási tételeket minél többször a gyakorlatban alkalmazhassák, leprogramozhassák. Ezek a feladatok jelentették a felkészülési lehetőséget a versenyekre és az érettségire egyaránt. Minél ötletesebb, nehezebb, de ugyanakkor a tananyagra épülő volt egy feladat, annál jobban szolgálta a felkészülést. A tanulás három fázisa közül [1] az információ felvétel többnyire az órán valósult meg, az információk transzformációja valamint az információk és a transzformációk értékelése a gyakorlati foglalkozásokon. Az oktatást a tanárközpontúság jellemezte. A tanár volt az ismeret és a tudás központja, irányította a tanulási folyamatot, és ellenőrizte a diákok hozzáférését az információhoz.

A tanulási segédletként a tanuló füzetet szolgált. Éppen ezért jó ötletnek tűnt olyan oktatási segédletek, tankönyvek írása, amelyek szükségtelenné tették programozási órákon a diktálást, az utasítások, eljárások, függvények, programozási tételek tábláról füzetbe másolását. Jelentős idő szabadult fel a tanulás második fázisára, azaz az ismeretek kialakítására új feladatok megoldására. Ugyanakkor megteremtette annak a lehetőségét is, hogy a tanítást ne az „átlagos” diákhhoz mérjük, hogy ne mindenki ugyanolyan ütemben haladjon. Különösen a programozás gyakorlati órák adtak lehetőséget arra, hogy különböző képességű, haladási ütemű diákok különböző nehézségű feladatokat oldjanak meg, más sebességgel haladhassanak, azaz a tanulás hatékonysága javuljon.

Később, a grafikus Office alkalmazások megjelenésével a használatukat bemutató könyvek lehetővé tették a tanulók számára, hogy mindenki saját képességei szerint haladjon a tananyag elsajátításával. Nem volt szükség olyan órákra, ahol a diákok egy része arra várt, hogy a tanár a lemaradt diákok számára még egyszer megmutassa, hogyan lehet használni a feladat megoldására az adott szoftver menüpontjait. A saját készítésű könyvek pedig éppen azt és csakis azt tartalmazták, amire szükségünk

volt. A számítógépek otthoni elterjedése lehetővé tette, hogy a könyvet felhasználva a diákok otthon is tudjanak gyakorolni, az órán elmondottakat a könyv segítségével újra fel tudják idézni. Viszont mindenki ugyanazt a könyvet kapta, ugyanazt a szöveget olvasta, nem volt lehetőség a tananyag testreszabhatóságára. A közismereti informatika megjelenése a középfokú oktatásban eredményezte azt, hogy az informatikai oktatás új célt is kapott: minden diákban kialakítsa a számítógép-felhasználói készségeket. A számítógépek otthoni használata lehetőséget adott arra, hogy a tanulás, a felhasználói készségek kialakítása az iskolából részben átkerült otthonra. A tanulók otthon több időt tölthettek az számítógép előtt, mint az iskolában. Az elkészített dokumentumokat adathordozón a tanár ellenőrizhette, javíthatta.

Az internet használat bővülésével tovább változott a tanítási-tanulási környezet. Egy elkészített dokumentum azonnal megjelenhet a tanár elektronikus postafiókjában, a javítás pedig diák elektronikus postafiókjában. A gyakorlás, a készségek kialakítása, az ismeretek egy részének megszerzése az otthoni számítógép előtt is lehetővé vált megfelelő motiváció esetén.

A tanulás hatékonysága, sebessége még tovább növelhető, ehhez azonban új oktatási formákat, módszereket kell keresni, amelyek növelik az oktatás hatékonyságát, felgyorsítják a tanulási folyamatot.

Ennek a dolgozatnak a szerzője PhD tanulmányai alatt kezdte el tanítani a Digitális képfeldolgozás nevű tárgyat az Eszterházy Károly Főiskolán. Az ország többi felsőoktatási intézményéhez hasonlóan a tárgy itt is a választható tárgyak közé tartozik. A nappali és levelező tagozatos programtervező informatikusok valamint informatikus könyvtárosok számára meghirdetett tárgy heti két gyakorlati órát biztosít a tanításra a nappali tagozatos hallgatóknak, a levelező tagozatos hallgatóknak pedig 12 órát. A hallgatók a 3. félévtől kezdve vehetik fel a tárgyat. Az órák látogatása a nappali tagozatos hallgatók számára kötelező, a levelező tagozatos hallgatók számára nem.

A digitális képfeldolgozás során arra törekszünk, hogy a képek elemzése révén fokozatosan megértsük, azaz helyesen értelmezzük a képben foglalt vizuális információkat, felismerjük, hogy mit ábrázol a kép. Ehhez a képen olyan átalakításokat végzünk, melyek révén az eredetinél kedvezőbb tulajdonságú képet kapunk. Az átalakítások túlnyomó része valamilyen algoritmus, többnyire erős matematikai alapon. A tárgy oktatása során a hallgatóknak egyrészt ismerniük és alkalmazniuk kell az egyes képfeldolgozási eljárásokat a rendelkezésre álló szoftverek segítségével, másrészt meg kell érteniük a képfeldolgozási algoritmusok elméleti hátterét. A gyakorlati órákon az egyes algoritmusokat a hallgatók a tanult nyelven (C#) kódolják, ami megfelelő szintű programozási ismereteket feltételez. Ezzel kapcsolatban jelent meg egy cikkünk a *Teaching Mathematics and Computer Science* folyóiratban. [2]

A középiskolában a tömörítési algoritmusok, tömörítők, képfarmátumok témakör során a tanulóink megismerik a digitális képfarmátumokat. Az informatika tagozaton tanulók, akik már rendelkeznek megfelelő matematikai ismeretekkel, már a középiskolában megtanulják a képek tömörítését lehető tevő integrál transzformációk működését. A tananyag leírását a *Teaching Mathematics and Computer Science* folyóiratban publikáltuk. [3][4] A számukra készített tananyag a főiskolás diákok számára sem jelenthet problémát.

Hogyan lehet azt megoldani, hogy ugyanazt a tananyagot ugyanolyan szinten sajátítsa el a levelező tagozatos hallgató, mint a nappali tagozatos? Az előbbinek 12 órája, az utóbbinak körülbelül 28 órája van. Hogyan lehet a levelező tagozatos hallgatók motiváltságát fenntartani, ha egy félévben kétszer találkoznak a tanárral? A tárgy választható jellege miatt arra is törekedni kell, hogy minél kisebb legyen a lemorzsolódás, a hallgatók minden évben válasszák a tárgyat. Hogyan lehet a különböző matematikai alapokkal rendelkezők számára megtanítani a képfeldolgozó algoritmusok matematikáját úgy, hogy az órán senki se unatkozzon, hogy az érdeklődést folyamatosan fenntartsuk? A tantermi foglalkozás esetén ugyanis a cél általában az, hogy egy konkrét tananyagot a tanteremben lévő közösség egy meghatározott szinten elsajátítson, figyelmen kívül hagyva a közösséget alkotó tanulók képességeit.

Amennyiben a tanulási folyamat az intézményen kívül valósul meg, akkor a tanuló a saját maga által meghatározott ütemben tudja elsajátítani az ismereteket. Olyan tananyagra van szükség, amelyet bárhol és bármikor el lehet érni, amely testreszabható, amely interaktív, különböző médiumokat képes felhasználni a tanulás folyamata során. Hipotézisem szerint az e-learning alkalmazásával jelentős mértékben növelhető a tananyag elsajátításának hatékonysága. Az interaktivitás és a multimediális elemek felhasználásával elérhető az, hogy a „tanulás legyen teljesen gyakorlatias, teljesen szórakoztató...”[5], s mivel több érzékszervet vonhatunk be, ezáltal a tanulás hatékonyabb is lehet. Ahogyan Comenius mondta: „Mindent az érzékek elé kell állítani, amennyire csak lehetséges: a láthatót a látás, a hallhatót a hallás, a szagolhatóat a szaglás, az ízlelhetőt az ízlelés, a tapinthatót a tapintás elé. Ha valamit egyszerre több érzékszervvel is tudomásul lehet venni, azt több érzéknek is fel kell kínálni.” [5]

1.2. A dolgozat célja

A dolgozattal a következő hipotéziseket kívánjuk igazolni:

I. Egy jó minőségű elektronikus tananyag nagymértékben javítja a digitális képfeldolgozás tárgy tanulásának hatékonyságát.

II. Az e-learning nagymértékben hozzájárul a tanulási szokások megismeréséhez, s lehetővé teszi a tananyag továbbfejlesztését, a különböző tanulói képességekhez illesztését.

III. Az e-learning használata népszerűbbé tehet egy választható tárgyat a hallgatók körében.

IV. Az elektronikus tananyag testreszabhatósága gyorsíthatja a tanulási folyamatot.

V. Az elektronikus tananyag nagyobb belső motiváltságot adhat a tanuló számára, ezáltal a tanulási folyamat felgyorsul és hatékonyabbá válik.

1.3. A kutatás módszerei

- Az elektronikus tananyagfejlesztés céljához igazodva elsőként a Digitális képfeldolgozásra vonatkozó szakirodalom feltárását és feldolgozását kell említenünk.

- Tanulmányoztuk a különböző tanulási elméleteket, tanulási módszereket, tanulási modelleket, motivációs és értékelési stratégiákat, valamint az e-learning tananyagok módszertanát, az e-learning tananyagok minőségi ajánlásait és a tesztkészítés elméletét.
- Tanulmányoztuk az ingyenesen beszerezhető keretrendszereket, köztük is elsősorban a Moodle-t, amelynek 1.9-es változatát installáltuk egy általunk üzemeltetett Linux operációs rendszeren futó webszerverre.
- SCORM 1.2 kompatibilis tananyagot fejlesztettünk ki a Digitális képfeldolgozás tantárgyhoz, amelyet a Moodle-be importáltunk.
- A tananyaghoz szemléltető szoftvereket fejlesztettünk ki.
- Megvizsgáltuk az e-learning tananyag hatékonyságát. Összehasonlítottuk a hagyományos oktatásban tanulók (kontroll csoport) és az új oktatási forma (e-learning és blended-learning) szerint tanulók eredményeit. A kapott teszt-eredmények összehasonlító elemzéseket végeztünk.
- Megvizsgáltuk a tanulási szokásokat és a teszt-eredményeket, ezek alapján módosítottuk, hatékonyabbá tettük a Digitális képfeldolgozás tárgyhoz az e-learning tananyagot.

2. IRODALMI ELŐZMÉNYEK

2.1. Digitális képfeldolgozás

A digitális képfeldolgozás (*Digital Image Processing*) története az 1920-as évektől kezdődik, amikor az USA-ban megpróbálták a víz alatti kábelen továbbított újságcikkek képeit javítani, helyreállítani. A Digitális képfeldolgozás csillaga azonban csak az 1960-as években kezdett ragyogni, amikor a NASA a Holdról kapott, a Hold felszínéről érkező képeket akarta javítani, nagyteljesítményű mainframe számítógépek használatával. Az 1960-as évek végétől az orvosi diagnosztikában, a röntgenfelvételekhez is elkezdtek alkalmazni a digitális képfeldolgozás eljárásait, amelyek később a CT és az MRI eljárásokban teljesebben ki, fejlődtek tovább. Az 1980-as években a képfeldolgozási technikák nagyon hasznosnak bizonyultak a televíziós műsorszórásban is, valamint a távérzékelésben (űrképek), a robottechnikában éppen úgy, mint az orvosi diagnosztikai eszközökben, a szórakoztató-elektronika eszközeiben (digitális fényképezés, MMS, TV, képrögzítés) vagy a bűnüldözésben.

Minden műveletet, amely a kép javítását, helyreállítását, analizálását végzi, illetve bármely olyan műveletet, amely megváltoztatja a képet digitális képfeldolgozásnak nevezünk. A digitális képfeldolgozás a gyors technológiai változásoknak (számítógépek sebességének és tárolókapacitásuk növekedés) köszönhetően rendkívül gyorsan fejlődik.

A képfeldolgozás rendszerint a kép átalakítását vagy elemzését jelenti. A kép átalakítása során újabb kép keletkezik, amely jobban megfelel céljainknak. Azok a képi felvételek, amelyek nem ideális körülmények között készültek, gyakran zajosak, homályosak, túlzottan vagy kevésbé kontrasztosak, egyenlőtlenül megvilágítottak lehetnek. Ezek a problémák felléphetnek nem megfelelő digitalizálás eredményeképpen is. Ilyenkor a képjavításra van szükség. Ennek hatására újabb kép keletkezik,

amely jobban megfelel céljainknak. Azaz a digitális képfeldolgozás során arra törekszünk, hogy a képek elemzése révén fokozatosan megértsük, helyesen értelmezzük a képen foglalt vizuális információkat, felismerjük azt, hogy mit ábrázol a kép. A képi átalakítások lehetnek például: zajcsökkentés, a kép vagy egyes részleteinek élesítése (keményítése), de a magasabb szintű feldolgozás előkészítő lépései is ide tartoznak.

2.2. A digitális képfeldolgozás oktatása

A tárgy keretein belül a hallgatóknak egyrészt meg kell ismerniük a képfeldolgozási eljárások hátterét, matematikai alapjait, valamint magukat a képfeldolgozási algoritmusokat, az egyes algoritmusok tulajdonságaival, előnyeivel és hátrányaival együtt, másrészt megfelelő szoftverek segítségével a megfelelő képen a megfelelő eljárásokat kell végrehajtaniuk. Ez utóbbiak tanítása a könnyebb feladatokat közé tartozik, hiszen például a GIMP és az ImageJ felhasználói szintű ismereteinek elsajátítása programtervező informatikusok számára nem jelent nehéz feladatot, hasonlóan a MATLAB szoftver alkalmazásához. A tárgy tanításához további szoftverek is elérhetők, például a Khoros Cantata vagy az Image Magick¹.

A képfeldolgozási feladatokban jól használható alapvető elméleti eredmények, illetve a feldolgozási algoritmusok működésének magas szintű bemutatása úgy, hogy a megértés teljes legyen: ez a tárgy oktatásának igazi kihívása. A megértés azt jelenti, hogy az információ beépül a tanuló meglévő sémáiba, így kapcsolatba kerül a séma más elemeivel. Minél nagyobb a kapcsolatok száma, annál alaposabb a megértés. Skemp például különbséget tesz instrumentális és relációs megértés között [6]:

Az **instrumentális megértéskor** a tanuló tudja, hogyan oldjon meg feladatokat (tudja használni az eljárást), a **relációs megértéskor** a tanuló tudja mit és miért kell csinálni. Ez utóbbit alkalmazni tudók új megoldásokat alkotnak, így ők elégedettek lesznek, önbizalmuk nő, ráadásul motiváltakká is válnak. A Digitális képfeldolgozás tantárgy tanítása során arra kell törekedni, hogy a megértés relációs is legyen.

A tárgyat különböző néven ugyan, de több magyarországi egyetemen is oktatják, például a Debreceni Egyetemen, a Szegedi Tudományegyetemen, az ELTE-n vagy a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, szinte mindenhol választható tantárgyként, gyakran hasonló tematikával. A tárgyhoz többnyire előadás és gyakorlat tartozik. Az előadások fóliáit az internetről lehet letölteni, a laboratóriumi gyakorlatokon a hallgatóknak programot kell írni, illetve képfeldolgozó programot kell használniuk. Tudomásom szerint ennek a tantárgynak az oktatásához Magyarországon nem használnak e-learning tananyagot, a felsorolt intézményekben biztosan nem, **így hazai viszonylatban ez a tananyag úttörő jellegű.**

¹ A GIMP (*GNU Image Manipulation Program*), az ImageJ (a *National Institutes of Health* fejlesztése), a Khoros Cantata és az Image Magic (*Apache Software Foundation*) is szabad felhasználású szoftverek, ellentétben a MathWorks termékével, a MATLAB-bal.

2.3. Az e-learning

Az e-learning egyszerűen lefordítva e-tanulást jelent, ahol az e betű nyilván az elektronikus szóra utal. Sokan definiálták már az e-learninget. Tágabb értelemben, olyan oktatási/tanulási formákat értenek rajta, melyek aktívan építenek az IKT (*Információs és Kommunikációs Technológiák*) adta lehetőségekre, a számítógép interaktivitására. Például Horváth Jenő megfogalmazásában: „Az e-learning a modern oktatástechnológiai és pedagógiai módszertanokra épülő alkalmazott tudomány, amely szervesen alkalmazza az informatika és a telekommunikáció vívmányait a képzési folyamat hatékonyabbá tételére.” [7]

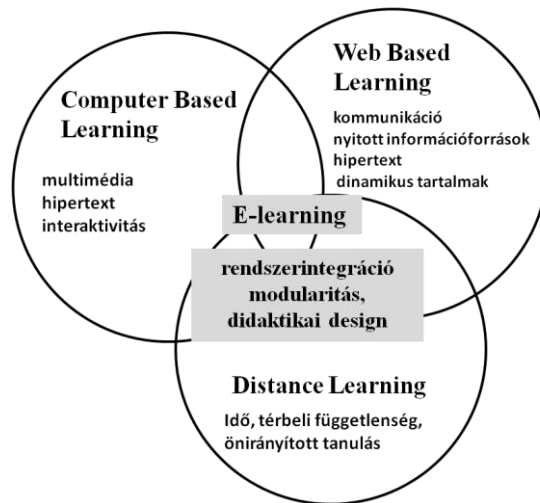
Ezen felül mindegy, hogy az adott oktatási, tanulási forma tantermi vagy távoktatás, közoktatás vagy felnőttképzés, nyitott képzés vagy egy-egy szakmacsoport célirányos továbbképzésére szolgál. A fenti definíció szerint tehát e-learning fogalmát rendelkezhetjük mindazon tanulási, képzési módszerekhez, eljárásokhoz, amelyek alkalmazásának célja az új ismeretek átadása és elsajátítása, és amelyekhez elektronikus eszközrendszert alkalmaznak.

Az e-learning szűkebb értelemben véve Forgó Sándor definíciója szerint: „Az e-learning olyan, számítógépes hálózaton elérhető nyitott – tér- és időkorlátoktól független – képzési forma, amely a tanítási tanulási folyamatot megszervezve hatékony optimális, ismeretátadási, tanulási módszerek birtokában a tananyagot és a tanuló forrásokat, a tutor-tanuló kommunikációt, valamint a számítógépes interaktív oktatószoftvert egységes keretrendszerbe foglalva a tanuló számára hozzáférhetővé teszi.”[8]

A következőkben az e-learninget Forgó Sándor definíciója szerint értelmezzük.

A definíciónak megfelelően az e-learninghez szükséges számítógép, számítógépes hálózat, és ez utóbbit kihasználva a tananyagot távolról is el lehet érni. Azaz az e-learning három oktatási forma metszete. [9]

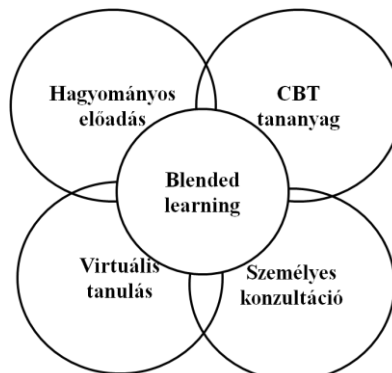
- *Computer Based Learning (CBL)* – azaz számítógéppel segített tanulás (nevezik *Computer Based Training*-nek is).
- *Web Based Learning (WBL)* – azaz internet alapú tanulás (nevezik *Web Based Training*-nek is).
- *Distance Learning* – azaz távoktatás.



1. ábra. Az e-learning összetevői

A számítógépet kihasználva lehetővé válik az interaktív alkalmazások használata a tanulás során (CBL), a WBL pedig az internetet mint modern kommunikációs és adatmegosztó hálózatot hozza be az e-learning tárházába. A távoktatás pedig a sajátos didaktikai módszereit, az idő és térfüggetlenséget hagyományozza az e-learningre.

Ha az e-learninget a hagyományos oktatással együtt használjuk, akkor **blended learningről** beszélünk. Ez az oktatási forma túlnyomó részben a felsőoktatáshoz kapcsolódik.



2. ábra. A blended learning összetevői

A blended-learning a hagyományos jelenléten alapuló oktatás, valamint a távoktatás elektronikus tanulási környezetének illetve tananyagainak változatából alakult ki. „A blended learning tanulás és oktatáseméleti, módszertani alapokon nyugvó átfogó infopedagógiai stratégia, mely a tanulást támogató rendszer révén – az emberi lét változatos megismerési és kommunikatív formáit integrálva – tér- és időkorlátok nélkül biztosítja a tanuló számára az optimális ismeretsajátítást. Olyan oktatási technológia, mely a képzéshez változatos, tanulási környezeti elemek (módszerek és

eszközök); hagyományos és virtuális tantermi tanulási formák, személyes és távolsági konzultációval, nyomtatott- és elektronikus tananyagok segítségével, magas színvonalú (high-tech) infokommunikációs eszközök révén a tananyagot kooperatíván, változatos módszerekkel, egyénre szabott formában teszi hozzáférhetővé, biztosítva a tanulók előrehaladási ütemének ellenőrzését, értékelését.” [10]

Az e-learning megoldások segítségével elérhető oktatási típusok:

Saját ütemezésű képzés: Az oktatási adminisztrátor felügyelete mellett a hallgató határozza meg a képzés sebességét. A képzés anyagát hálózaton keresztül éri el, interaktív módon halad a tananyagban.

Aszinkron képzés: A képzés anyagát a hallgató hálózaton keresztül érheti el, saját ütemezése szerint halad. A képzés során lehetőség nyílik online vitafórumok felépítésére, melynek során a hallgatók egymással illetve az oktatást vezető személlyel élőben tudnak kommunikálni.

Szinkronképzés – valós idejű „virtuális osztálytermek”: A távoktatási keretrendszer felhasználásával virtuális osztálytermek generálhatók. Az „osztálytermekben” élő video- és hanganyagok, megosztott alkalmazások, elektronikus táblák, valamint chat alkalmazásával a képzés hatékonysága fokozható.

2.4. Az e-learning története

„Az e-learning történetével kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy az e-learningnek nincs egyedi fejlődési fája és egyedi definíciója sem.” [11] Az e-learning-ről a korábbi definíció alapján is csak azóta beszélhetünk, amikortól a számítógépet és a webet tanításra, tanulásra használhatjuk. Kialakulásában azonban nagy szerepet játszott a harmadik komponens, a távtanulás. Az e-learning és a távoktatás közös töről fakadnak. Ennek megfelelően azt is mondhatjuk, hogy az e-learning történetének az első szakasza a távoktatás megjelenése, elterjedése.

2.4.1. A távoktatás története

A távoktatásban a hagyományos oktatással ellentétben a tanár és a diák között a tanulás időpontjában földrajzi távolság van, és ennek az áthidalására a központból sugárzott ismeretközlés illetve kommunikáció történik. A távoktatás másik fontos jellemzője, hogy a hangsúlyt a tanításról a tanulásra helyezi át. A távoktatási rendszer célja, hogy minél több eszközzel, minél hatékonyabban támogassa a tanulást.

A távoktatás első megjelenési formája Isaac Pitman kezdeményezése volt, aki 1840-től kezdve levelezőlapon tanította a gyorsírást Nagy-Britanniában. Az első eredeti levelező iskolát 1856-ban Charles Toussaint hozta létre Berlinben. Franciaországban pedig Emile Pigier nevéhez köthető az első levelező iskola létrehozása 1877-ben. Az Egyesült Államokban Th. J. Foster újságíró hozott létre levelező intézetet 1891-ben munkások számára.

Ezek a képzések már egy új oktatási forma megjelenései, ahogyan Kovács Ilma megfogalmazta, „melynek keretében több távoktatási módszer segítségével és más-ként valósul meg az úgynevezett tanulási-tanítási folyamat, mint a hagyományos oktatásban.” Legfőbb jellemzője a tanulás-tanítás tértől és időtől való függetlensége, amely rugalmasságot biztosít a tanuló számára, és a tanulóközpontú oktatás, melyet különböző szintű tanulást segítő rendszerek támogatnak. [12]

Az első közoktatási levelező iskola Baltimore-ban alakult 1905-ben, ahol kísérleti magániskolát szerveztek elemi iskolai szinten 4500 diák számára. 1914-ben elemi és középiskolát hoztak létre Melburne-ben, 1919-ben Vancouver-ben és 1922-ben Új-Zélandon.

A távoktatás további fejlődését vizsgálva azt láthatjuk, hogy a távoktatás a kezdektől fogva szoros kapcsolatban állt a technikai, a híradástechnikai, a kommunikációs közvetítő eszközökkel, amelyek fejlesztése és fejlődése elválaszthatatlanul végigkíséri a távoktatás teljes történetét.

A távoktatás fejlődésének következő szakasza Nagy Britanniában az 1920-as években kezdődik, ahol a BBC a tananyagokat rádión keresztül sugározta. Ezt a módszert a hagyományos oktatási formával párhuzamosan, annak kiegészítésére használták. A rádió felhasználásának a távoktatásban számos más országban is jellemzővé vált: Franciaországban 1937-ben, az Amerikai Egyesült Államokban 1939-ben, Ausztráliában 1942-ben, Szovjetunióban az 1920-as években, a többi volt szocialista államokban az 1950-es években.

Például a Radio Luxembourg 1926-tól kezdett oktatási célú adásokat közvetíteni, majd a BBC tett kísérletet először rádión keresztül sugárzott iskolarádiós műsorokra 1927-ben. 1937-ben a Radio Sorbonne műsoraiban rendszeressé váltak az oktatási célú adások, így ez az adó tekinthető az egyetemi szintű távoktatás egyik őseinek.

1939-ben vezették be a telefonon keresztüli oktatást mozgássérültek számára az USA-ban, kórházban és otthonfekvőknek egyaránt. Szintén 1939-ben alapították a franciák a mai CNED (*Centre National d'Enseignement à Distance, Országos Távoktatási Központ*) őseit. Ausztráliában 1942-ben használták először a rádiót és a telefont oktatási céllal.

A távoktatásnak mint rendszernek a kialakulása az 1950-es évek végén, az 1960-as évek közepén kezdődött. A volt szocialista országokban pedig az 50-es években indultak a levelező tagozatos képzések.

1957-ben a New York-i Egyetem a rádióban úgynevezett hajnali szemesztert indított különböző tárgyak (például fizika, történelem) oktatására. A rádió után a televízió a következő elektronikus eszköz, melyet a távoktatásban használtak, az 1950-es években az Egyesült Államokban, majd a 1960-as és az 1970-es években Európában és Japánban.

Fontos szerepet játszott a távoktatás fejlődésében az angliai Open University létrehozása. Az egyetem 1969-ben jött létre, és eredményei nagy hatást gyakoroltak nemcsak a felsőfokú felnőttoktatásra, hanem az oktatás minden szintjére és formájára is. „A tervezés során ún. éter egyetemet kívántak létrehozni, hangsúlyozva ezzel a rádió és a televízió szerepét. Később – nyilván politikai megfontolásból – az elnevezés Nyílt Egyetemre módosult, utalva arra, hogy az egyetem mindenki számára hozzáférhető.” [13]

A Nyílt Egyetem mintájára hasonló rendszerek jöttek létre a világ különböző pontjain, amelyek ha nem is mindig távoktatási rendszerek, mégis elemeiben alkalmazták az ott kialakított formákat és rendszereket.

2.4.2. A távoktatás Magyarországon

Magyarországon a második világháború háború előtt jogászképzés működött távolsági keretek között. 1950-es években pedig több felsőoktatási intézmény indított esti és levelező tagozatot.

1973-1980 között távoktatási módszertani kísérleteket folytattak Pécsen. A kísérletbe a Magyar Rádió és Televízió, valamint a TIT is bekapcsolódott. Az 1980-as évekig Magyarországon a távoktatás előzményeként a levelező oktatás volt ismert és széles körben alkalmazott. E képzési forma módszertani-oktatásszervezési elmaradottsága folytán gyenge hatásfokkal működött. A politikai és gazdasági viszonyok megváltozása után a távoktatás fokozatosan tört ki az elszigeteltségből. 1990-ben a Budapesti Műszaki Egyetem szervezte meg az első európai távoktatási találkozót. Egyre több felsőoktatási intézmény indított távoktatási tagozatot. 1991-ben megalakult a Nemzeti Távoktatási Tanács (NTT), melynek feladata a terület támogatása, ösztönzése és a feladatok koordinálása mind hazai, mind nemzetközi szinten. 1992-ben az országban hat helyen jött létre Regionális Távoktatási Központ. 1997-ben a hálózathoz már 16 egyetemre kiterjedően tíz regionális központ tartozott.

A hazai hálózatfejlesztés mellett hamar megjelentek Magyarországon az európai országok távoktatási intézményeinek magyar fiókintézetei is. Például 1992-ben Gábor Dénes Műszaki Informatikai Főiskola néven létrejött az első olyan önálló felsőoktatási intézmény (alapítványi magániskolaként), amely kifejezetten távoktatási formában szervezi meg (államilag elismert főiskolai diplomához vezető) képzéseit.

2.4.3. A tanulás felértékelődése

A távoktatás kialakulását, fejlődését, elterjedését a kommunikációs technológiák fejlődésénél kívül egyrészt társadalmi, másrészt gazdasági okokra vezethetjük vissza.

A fejlett társadalmakban megnövekedett a várható élettartam, s ugyanakkor jelentősen növekedett a tanulni akarók száma. A technika, a technológiák fejlődése, gyors változása a munkaerőpiac struktúráját is megváltoztatta. Az iskolában, felsőoktatásban megszerzett ismeretek pár év alatt elavultak, a munkahelyi követelmények szinte hónapok alatt megváltoztak, és új képességek elsajátítását követelték meg. Az embereknek életük során a szakmájuk fejlődésével is lépést kellett tartaniuk, szakterületükhöz kapcsolódó tudományokat is el kellett sajátítaniuk. Újabb és újabb szakmák alakultak ki, melyekben való jártasság megszerzéséhez tanulásra volt szükség, egy élet során akár többször is. A szellemi erőforrások felértékelődtek.

A vállalatok számára is egyre fontosabb lett a képzett munkaerő. A profitorientáltság miatt a képzést minél kisebb költséggel kell megoldani, ami szintén új oktatási formák kialakítását igényelte, igényli.

Az Európai Unióban a nyolcvanas években különböző programokat indítottak, segítve ezzel azt, hogy a megváltozott munkapiac szerkezetéhez az oktatás tudjon alkalmazkodni. Új képzési formákat alkalmaztak a szakképzésben, megnőtt a felnőttképzés szerepe, előtérbe került a felsőoktatásban a tanulók számának növekedése. A programok közül a legjelentősebbek a Commet, az Erasmus, a Lingua és a Force programok.[14][15] Célként fogalmazódott meg a tudás alapú társadalom igénye, melynek fejlesztési területei az innováció, a kutatás, az oktatás és a képzés. Az élet-hosszig tartó tanulásnak az állampolgárok alapvető jogává kell válnia. Ezen célok

megvalósításához az oktatásban is új utak keresésére volt szükség. A modern oktatás egyik lehetséges stratégiája pedig az e-learning lehet.

2.4.4. Az e-learning kialakulása

Az e-learning kialakulásáról a távoktatásból csak az után beszélhetünk, hogy tömegesen elterjedtek a számítógépek, amelyeket hálózatban kötve lehetett használni. Míg a levelező oktatás csak vizuális élményben részesítette tanulót, a rádióon történő oktatás pedig a vizuális élményt mellőzve csak a hallásra összpontosított, addig a számítógépes alkalmazások azok, amelyek lehetővé teszik az egyidejűleg több érzékszervre hatást. Ennek megfelelően az e-learning kialakulásában (a távoktatás után) a CBL komponens megjelenése a következő lépcsőfok.

A terminál rendszerek kialakulása, az elvont gépi programozás helyett a BASIC nyelv megalkotása (Tom Krutz és Kemény János) lehetővé tette, hogy a már az 1960-as évek második felében nagyszámítógépeken oktattak egyetemi hallgatókat, az 1970-es években pedig már speciális felsőoktatási hálózatok alakultak ki (például a PLATO és a TICCIT). A számítógépek oktatási jellegű felhasználását azonban csak a személyi számítógépek terjedése tette széles körben elérhetővé. (1980-as évek.) A 1990-es évekre a gépek multimédiás lehetőségekkel is kiegészültek.



3. ábra. Diákok az Illinois egyetem PLATO rendszerével tanulnak 1972-ben [16]

A PC-k megjelenése és elterjedése után a tananyag már digitális adathordozóra kerülhetett (floppy, CD), ezáltal a tananyag hordozhatóvá vált, a hallgató bármikor és akárhányszor lejátszhatta a tanulás során. A hely és idő korlátok a hallgatók igényeihez mérten ugyanakkor kibővültek. Problémát jelentett, hogy a tanár és a tanuló között semmilyen kapcsolat nem épült ki.

Magyarországon az 1980-as évek elején kezdődött meg az „Iskola-számítógépes Program”, melynek hatására a gépek eljutottak a közép- és alsó fokú oktatási intézményekbe is. A felsőoktatásban előbb jelentek meg a személyi számítógépek, de tömegesen, hálózatban csak az 1990-es évek elején terjedtek el (FEFA és TEMPUS támogatással). 1989 után a távoktatás Magyarországon is egyre népszerűvé vált, egyre több felsőoktatási intézmény indított távoktatási tagozatot.

Az e-learning harmadik komponense, a WBL tette lehetővé az on-line tanulást, azt, hogy az oktatás egy új elemmel bővíthetett. Megjelent a hálózati kommunikáció, amely lehetővé tette, hogy a hallgató a tanárral e-mail, chat, fórum, videokonferencia formájában tartsa a kapcsolatot. S mivel a tananyag nem a tanuló gépén, valamilyen

adathordozón található, hanem egy szerver merevlemezen, a tananyag frissítése, naprakészre hozása könnyen és gyorsan megvalósíthatóvá vált. Az online kommunikáció egyszerűsége pedig lehetővé tette, hogy a tanuló bármikor, nyilvánosan, akár moderálatlan formában is reagálhasson a tanár vagy tanuló társak által elmondottakra.

Az elektronikus tanulásnál az önálló tanulás válik a legfontosabbá. Ebben a rendszerben a tanár számára a legfontosabb feladat az, hogy a tananyagot úgy tervezze meg, hogy az alkalmas legyen akár a tanórán kívüli önálló elsajátításra is. A tanárnak ugyanakkor arról is gondoskodnia kell, hogy személyre szabottan segítse a tanuló tevékenységét, irányítsa a tanulás folyamatát, a diákoknak pedig visszajelzést kell kapniuk munkájukról. A tanárnak ellenőrizni kell azt is, hogy a tanulók megfelelő szinten sajátították-e el a tananyagot.

Az internet megjelenése és szolgáltatásainak széleskörű terjedése a tanulás eszköztárának szélesítéséhez is elvezetett. Kezdetben a tanulási tartalmak szöveges, képi illusztrációkkal ellátott, multimédiás anyagok formájában voltak elérhetők. A tanulásszervező programok (*Learning Management System, LMS*) már olyan eszközt is tartalmaztak, melyek azáltal, hogy a tanulási folyamatot keretek közé szervezték, lehetőséget adtak a hallgatói aktivitás növelésére. Az ebben a formában tanuló az LMS-nek köszönhetően egy virtuális osztályteremben, virtuális környezetben (*VLE, Virtual Learning Environment*) ülve sajátíthatta el egy kurzus anyagát. Ezt tekinthetjük az e-learning 1.0-as változatának.

2.4.5. Az új típusú e-learning

A digitalizáció hatására a hálózati kommunikáció új formái jelentek meg. Például az interaktív televízió, a számítógép és az televíziózás együttesen lehetővé teszi a televízióon keresztüli interaktív tanulást. Az új típusú mobiltelefonok, a táblagépek segítségével lehetővé vált, hogy bárhol, bármikor információkhoz juthassunk, tanulhassunk.

Negroponte a Digitális létezés művében az alábbi módon fogalmazta meg:

„Az egyes médiumok közötti határok elmosódnak, az eddig különálló médiumok összeolvadva, multimédia termékek formájában új entitást hoznak létre, s végül is győzedelmeskedik a konvergencia.” [17]

A web 2.0 (webkettő) kifejezés azoknak a második generációs internetes szolgáltatásoknak a gyűjtőneve, amelyek elsősorban a közösségre épülnek, azaz a felhasználók hálózatos kapcsolatrendszerrel kiépítve közösen készítik a tartalmat vagy megosztják egymás információit. Ebben a webkettőt használó közösségi szerveződési formában (Facebook, blogok-RSS, Wikipedia,) mindenki számára lehetővé válik a részvétel, így ez nemcsak olvasóvá, hanem szerkesztővé is tesz mindenkit. Ez a tanulási forma, amennyiben a felhasználókat tudásfejlesztő közösségként értelmezzük, összekapcsolja a hálózati tartalmakat webes felületen.

Rendkívül jól illusztrálja mindezt a blogolás szférája vagy például e-portfolio. Néhány év alatt a blog a külön weboldaltól a széles körben elterjedt tartalom előállító eszköz lett. Az RSS segítségével a blogok egymással állandó kapcsolatban állnak; ez az egyszerű XML formátum lehetővé teszi a bloggerek számára, hogy tartalmaikat széles körben eljuttassák olvasóikhoz. Az e-portfolio meghatározott szempontok alapján adott céllal összeválogatott dokumentumok összessége. Digitáli-

san tárolódik, archiválható, publikálható, és akár multimédia tartalmak is megjeleníthetők benne, valamint beágyazott webtartalmakat és blogbejegyzéseket tartalmazhat.

Napjainkban egyre többen részesítik előnyben az azonnali információszerezést (a tanulást, a multimédiás tartalmakat), valamint olyan széleskörű hálózati kapcsolatrendszerrel rendelkeznek, melyben szívesen osztják meg a megszerzett vagy az általuk generált tartalmakat. A médiakonvergencia lehetővé teszi, hogy hálózati kompetenciák birtokában bárki, bármikor tartalmat szolgáltatson. Az oktatásnak kár lenne nem kihasználni ezeket a lehetőségeket.

A Web 2.0-s szolgáltatások hatására meginduló társas közösségi megoldások az e-learningre is kihatnak. Olyan szolgáltatások is megjelentek a neten, amelyek igen jól integrálhatóak az e-learning rendszerekbe (például a Youtube, Flickr, Slideshare vagy a Facebook), de rendelkezésre állnak olyan eszközök is, amelyek tulajdonképpen bárhol elérhetővé teszik az e-learninget (PDA eszközök, valamint az ezeket kiszorító mobiltelefonok és táblagépek). A fentiek alapján beszélhetünk e-learning 2.0-s változataról, ennek megfelelően módosításra szorulhat a korábbi e-learning definíció:

„Az e-learning2.0 tanuló-központú irregulárisan szerveződő tanulási forma, mely a tanuló autonómiáján és spontán tudáscserén alapulva, már nem hierarchikus, hanem sokirányú, decentralizált és sokcsatornás, a kollaboratív tanulásra ösztönözve kibontakoztatja a tanulói kreativitást.” [17]

Az első generációs e-learning rendszerekről azt mondhatjuk, hogy az oktatási intézmények szemléletét valósítják meg. A tanuló az LMS segítségével virtuális osztályteremben kurzusokat végez el, majd levizsgázik. A második generációs e-learning rendszerek azonban fordított szemléletet valósítanak meg. A tanuló saját maga határozhatja meg fejlődésének útvonalát, nemcsak a tanulás folyamatában, hanem a tanulás tervezésében is aktív résztvevő lehet. Az első generációs e-learning rendszereket először kiegészítik, majd felváltják a tanuló-központú webes környezetek, melyek teret adnak az egyéni kibontakozás új lehetőségeinek. [18]

Jól mutatja mindezeket az egyik legnépszerűbb keretrendszer (LMS), a Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) 2.0-s változata, amely képes *Mahara* rendszerben készült e-portfolói nézet megjelenítésére új feladattípusként, de képes integrálni tananyagházak tartalmát és web 2.0-s szolgáltatásokat is. A felhasználók részéről egyre inkább az intellektualizáció és a személyes igények alapján történő testre szabás igénye gyakorol nyomást a keretrendszerek fejlesztőire, egyre erősebb lesz a befolyása a konnektivista elméleti alapokon nyugvó pedagógiai irányzatoknak.

A tananyagházak lehetővé teszik különböző típusú tartalmak tárolását és közzétételét. Alkalmassak tárolt információk rendszerezésére, és ezek alapján biztosítják a hatékony visszakeresést. A tananyagtárház speciális repository, ahol a tárolt információk többnyire oktatáshoz kapcsolódó állományok, tartalomcsomagok, teljes kurzusok.

„Tananyagtárházak” a Moodle 2.0-ban

Adattár-segédprogram hozzáadása

Hozzáadás "Az Alfresco adattára"
Hozzáadás "Box.net"
Hozzáadás "Állományrendszer"
Hozzáadás "Flickr"
Hozzáadás "Nyilvános Flickr"
Hozzáadás "Google Docs"
Hozzáadás "Mahara"
Hozzáadás "Merlot.org"
Hozzáadás "Picasa webalbum"
Hozzáadás "Távoli Moodle-állományok"
Hozzáadás "Amazon S3"
Hozzáadás "URL_letöltő"
Hozzáadás "WebDAV-adattár"
Hozzáadás "Wikimedia"
Hozzáadás "Youtube-adattár"

4. ábra. Adattárak hozzáadása a Moodle-ban [19]

Az e-learning 2.0-s típusú tanulás elméletét a konnektivizmus – a hálózat-alapú tanulásfelfogás – írja le, mely a digitális korszak tanuláselméletének fogható fel. „A konnektivizmus tanulóközpontú, irregulárisan szerveződő tanulási forma, mely a tanuló autonómiáján és spontán tudáscserén alapulva már nem hierarchikus, hanem sokirányú, decentralizált és sokcsatornás; a kollaboratív tanulásra ösztönözve kibontakoztatja a tanulói kreativitást.” [18] Az információszerezésre a felfedezéssel módszer jellemző, olyan folyamat, ahol a tanár, mint segítő, és nem mint fő szervező van jelen.

Ez az út azonban még nincs teljesen kiköveztve, még a „nyomvonal” véglegesítése sem történt meg.

2.5. Az e-learning jellemzői

Az e-learning alkalmazása csak akkor ad többet, mint a tantermi vagy a könyvek használatán alapuló képzés, ha kihasználjuk az infokommunikációs technológiával támogatott tanulási megoldásokat, és felhasználjuk a számítógépes interaktivitás adta eszközöket. Az alkalmas tartalom és módszer kiválasztása rajtunk múlik, viszont szükséges azt tudnunk, hogy milyen szolgáltatásokat várhatunk el egy e-learninges rendszertől. Például [20]:

- A felhasználók azonosítása, szerepkörük szerinti jogosultságok kezelése.
- A képzéssel kapcsolat információk biztosítása.
- A képzési tartalom megjelenítése.
- A hagyományos és elektronikus oktatás együttes kezelése (kombinált képzés, blended learning).
- Az oktatással kapcsolatos erőforrások kezelése.
- Elektronikus vizsgáztatás.
- Hallgatói visszajelzések kezelése.

- Kimutatások készítése.

A szakirodalom e-learning alkalmazásának előnyei között tartja számon, hogy:

- Az oktatáshoz kapcsolódó járulékos költségek csökkennek.
- A képzés hatékonyabbá és eredményesebbé válik, mivel jobban igazodhat az egyéni tanulási módszerhez, valamint testreszabottá válik a tudásátadás.
- A tananyag elérhető a kívánt időben.
- Az oktatási tartalom folyamatosan bővíthető és könnyen átalakítható.
- A tanulás bármikor saját ütemben folytatható.
- Tanulói közösségek kialakulása segítheti a tanulás hatékonyságát.
- A tananyag bármikor módosítható, így mindig naprakész.

Az e-learning alkalmazásának hátránya lehet:

- Az oktatás személytelen és esetleg kevésbé interaktív.
- Az önálló tanulás kultúráját meg kell tanulnia a tanulóknak.
- Hiányzik a résztvevők közötti szociális kapcsolat és informális kommunikáció.

Az előnyöket azonban csak megfelelő képzési tartalomra és csak a megfelelő módon alkalmazva nyújtja az e-learning. A blended-learning esetén az e-learning azon hátrányai, hogy az oktatás személytelen, illetve nincs meg a résztvevők közötti szociális és informális kommunikáció, kiküszöbölhető, csökkenthető. **Hipotézisem szerint az e-learning segítséget nyújt a tananyag fejlesztéséhez oly módon, hogy a tanulási szokások nyomán követésével, az ismeretelsajátítás hatékonyságának figyelésével lehetővé válik a tananyag továbbfejlesztése a tanulói képességekhez igazítva. Ehhez megfelelő, interaktív tananyag szükséges optimális didaktikai sablonnal, rendszeres visszacsatolással. Így tehető hatékonyabbá egy kurzus ismereteinek az átadása.**

2.6. Az e-learning alkotóelemei

Az e-learning alkotóelemeit infrastruktúrára és tananyagokra bonthatjuk fel. Az infrastrukturális elemek a következők [21]:

- **Hardver:** Az infokommunikációs rendszerek többsége ma a kliens-szerver architektúrára épül. A szerver egy nagy teljesítményű, hálózaton keresztül folyamatosan elérhető számítógép, amely egyrészt a képzésmenedzsment-alkalmazás és egyéb szoftverelemek futtatására szolgál, ugyanakkor tárolja a tananyagot és a tanulással kapcsolat információkat.
- **Szoftver:** A szoftverek legnagyobb része a szerveren fut. Az egyik legfontosabb szoftvere a tanulásmenedzsment-rendszer (LMS). Hívják oktatási keretrendszernek is, azonban ez a kifejezés nem tesz különbséget aszerint, hogy a menedzsmentrendszer elsődlegesen a tanulók és a tanulási folyamat vagy a képzési tartalom menedzselésére szolgál. Ez utóbbi rendszereket hívjuk tartalommenedzsment-rendszernek (LCMS, *Learning content managment system*). Ennek a rendszernek a célja a tananyagok illetve a tananyagelemek létrehozása, tárolása, szűrése, valamint a hozzáférési jogosultságok kezelése. Korábban az oktatási keretrendszer sokáig szerényebb lehetőségeket nyújtott, mint a legfejlettebb LCMS, de számos keretrendszernek

ma már igen fejlett tananyagfejlesztő funkciója van, ráadásul képes kezelni a különböző szabványok szerint készült tananyagelemeket is. Az oktatási keretrendszer és a tananyagfejlesztő szoftver éles elválasztása nemcsak a technikai fejlődés, hanem a formálódó tanuláselméleti-pedagógiai paradigmaváltás miatt is egyre nehezebb.

- **Tananyag:** a tartalom, amely tartalmazza a képzés során elsajátítandó ismereteket.
- **Szerző szoftver:** amellyel újrahasznosítható tananyagegységeket készíthetünk, és ezekből a modulokból tananyagokat állíthatunk össze.
- **Kliens:** A kliens oldalon általános esetben az e-learning rendszer használatához csupán egy böngésző programra van szükség az LMS moduljainak eléréséhez.
- **Kapcsolódási pont:** az LMS-nek rendelkeznie kell kapcsolódási pontokkal is, melyek lehetővé teszik az adatcserét és adatfeldolgozást más rendszerekkel, mint például más szolgáltató Web oldalával, adatbankokkal vagy egy ERP (*Enterprise Resource Planning*) rendszerrel.

2.6.1. Learning Management System (LMS)

Ez a szoftvercsomag fogja össze a kurzusokat. Az egyes kurzusok esetében az LMS biztosítja az anyag megtekinthetőségét és a tanulók teljesítményének követését. Az LMS biztosítja azokat az eszközöket (csevegés, fórum, üzenetváltás), amelyek segítségével a hagyományos osztálytermi oktatásban megszokott tanítás-tanulási tevékenységek elvégezhetőek, helyettesítők, azaz egyfajta virtuális oktatási környezet (VLE) is biztosít. Az LMS integrálja a web alapú tartalomkészítő vagy speciális oktatásianyag-készítő eszközzel készült tananyagokat, valamint képes az LCMS rendszerrel készült tananyagok integrálására is.

Az LMS rendszerek struktúrája változó, abban azonban minden rendszer adatbázisa megegyezik, hogy a hallgatókról és a kurzusokról tárol információkat. Az adatbázis tartalmazza a kurzus elérhetőségeit, az egyes kurzuselemek egymáshoz rendelésének lehetőségeit, szabályait, valamint a jelentkezéseket és a kurzushoz tartozó hallgatók adatait.

Az LMS-ek piacán széles választék áll rendelkezésre. (Több, mint 200 a vállalati igények kielégítése alkalmas, az oktatási célúak száma pedig legalább 50.) [22] A sokszínűséget elsősorban az magyarázza, hogy a keretrendszerek számos tulajdonságukban – elsősorban funkcionalitásukban – jelentősen különbözhetnek. A keretrendszerek által nyújtott különböző szolgáltatások az egyes keretrendszerekben különböző súllyal szerepelhetnek (egyesekek esetleg el is maradhatnak). Az egyes funkciók megvalósítási módja is jelentősen eltérhet. Ennek pedig többek között az oka az, hogy más-más környezetre és más-más célra fejlesztették ki őket, így válaszolva az e-learning oktatást tervezők, szervezők, felhasználók különböző igényeire.

Vannak LMS-ek, amelyek nagyvállalati környezetre készültek azért, hogy a területileg és szervezetenként szétagolt struktúrában dolgozó alkalmazottak képzését támogassák. Ezeknél a rendszereknél nagy hangsúlyt kap a szervezeti struktúra leképezése, a vállalat többi információs rendszerével (ERP, CRM) való szoros együttműködés. Más LMS-ek esetében a tartalomszolgáltatás kapja a hangsúlyosabb szerepet. Ezeket a rendszereket *Content Library Solutions*-nak is szokták nevezni. Léteznek

olyan keretrendszerek is, amelyek az LMS tartalom szolgáltató funkcionalitása mellett erős tartalmat előállító és menedzselő lehetőséggel is rendelkeznek. Ezek egy része már az LCMS kategóriába tartozik.

Ott, ahol az e-learning a hagyományos oktatás mellett, azzal párhuzamosan, vagy annak kiegészítőjeként jelenik meg, – ma hazánkban ez egyre gyakoribb a felsőoktatásban – ott az alkalmazandó keretrendszerrel természetes elvárás az, hogy képes legyen együttműködni az oktatásmenedzsment információs rendszerekkel (Neptun, ETR). Fontos szerepet kap a hallgatói oldalon a kommunikáció, a csoportmunka lehetősége, az oktatói oldalon a hallgatói aktivitás, a haladás nyomon követése, és így tovább.

A keretrendszerek adatbázis alapú rendszerek. Ez egyrészt az adatoknak (törzsadatok, tananyagok) az alkalmazásoktól elkülönített, többcélú felhasználását biztosító hatékony tárolását eredményezi. Ugyanakkor a számtalan különböző interfész, kapcsolódási lehetőség lehetővé teszi, hogy a keretrendszert sokféle környezetben, sokféle célra elosztott rendszerként használjuk. Fontos tulajdonsága e keretrendszereknek, hogy a különböző kívülről érkező tartalmakat hogyan képesek kezelni. Egy hosszú távra tervezett LMS implementáció esetében az együttműködési képességet, a tartalom hordozhatóságát, a nyílt szoftveripari szabványoknak és a fontosabb e-learning szabványoknak való megfelelés jelenti.

Az LMS rendszerek kiválasztása során érdemes figyelembe venni azok tulajdonságait. Az egyes LMS rendszerek az alábbi tulajdonságokkal rendelkezhetnek: [23]

- Kezelik a hallgatók jelentkezését.
- Lehetőséget adnak előre elkészített, szabványos tananyagoknak az egyes kurzusokba történő integrálására. Az intelligens kereshetőség érdekében metaadatokat képesek kezelni. Támogatják az osztálytermi kurzusokat.
- Más rendszerekhez integrálhatók.
- Adminisztrációs funkcióval rendelkeznek. A rendszer működése szempontjából egyik legfontosabb terület a rendszerben képződő adatok nyomon követhetősége. A jó LMS rendszer képes a hallgatók valamennyi tevékenységét dokumentálni, és biztosítani az adatok visszakereshetőségét. Egy kurzus folyamatos fejlesztéséhez elengedhetetlen annak visszakereshetősége, hogy a hallgató melyik leckét dolgozta már fel, mennyi időt töltött a feldolgozással, vannak-e olyan leckék, amelyeket kihagyott.
- Ehhez a funkcióhoz tartozik még a jelentések készítésének lehetősége és a távoli adminisztráció lehetősége is.
- Teszt-, kérdőív- és egyéb értékelő modulok, elektronikus osztálynapló lehetősége.
- Jelszóval védett felhasználói profilok, egyéni profilszerkesztő eszközök állnak rendelkezésre.
- E-mail, fórum, chat, blog, e-portfólió, audio- és videokonferencia-modulok.

2.6.2. A Moodle

Magyarországon az oktatásban két LMS rendszer terjedt el a leginkább: a Coospace és a Moodle. Ez utóbbi egy könnyen telepíthető, nyílt forráskódú, moduláris felépítésű keretrendszer. Az ausztráliai fejlesztők munkájának eredményeként

2000-ben készült el a hallgatók és a tanárok együttműködésére épülő, tudásépítést támogató rendszer első verziója, 2001-ben pedig a Moodle szabad szoftver letölthető, stabil verziója. Ma a www.moodle.org címről szabadon letölthető, a hozzá kapcsolódó különböző modulokkal és pluginok-kal együtt.

Folyamatosan fejlesztik, s ami igen lényeges szempont, hogy a fejlesztést nem elsősorban az oktatás technikai háttérének, hanem az oktatás elveinek és módszertanának megújítása vezérli. „A Moodle a konstruktivista alapokon nyugvó pedagógia első számú követe az oktatási keretrendszerek között.” [24] A Moodle pedagógia hitvallásának egyik első számú forrása Ivan Illich 1971-ben megjelent programja, amely a társadalom „iskolátlánítására” irányult, s az intézményszerű oktatás radikális átalakításában látta a társadalmi problémák megoldásának kulcsát. A konstruktivista tanulásméлет szerint a tanulók úgy építik fel a tudásukat, hogy az új ismereteket korábbi tapasztalataik, ismereteik, élményeik szerint formálják. A konstruktivista felfogás szerint a tanuló nem üres „edény”, amelyet meg kell tölteni a már létező tudással, hanem aktív résztvevője a tudás felépítésének. Ennek megfelelően a Moodle számos olyan modul tartalmaz, amelyek megfelelően paraméterezve arra ösztönzik a tanulót, hogy a kurzussal kapcsolatos tapasztalatait megossza másokkal (fórum, wiki, glosszáríum, üzenetküldés, stb.).

A Moodle néhány fontosabb jellemzője:

- Támogatja a tudásmegosztást a megfelelően kialakított vitafórumokkal, melynek használata során médiatartalmakat, hivatkozásokat is használhatunk. A tanároknak és a hallgatóknak lehetőségük van kiegészíteni egymást álláspontját. A csoportmunkák során használhatunk wikiket, glosszáríumokat és enciklopédiákat.
- Lehetővé teszi az egyéni kontextusok feltérképezését a felhasználói profilok megfelelő kialakításával, a tevékenységjelentések, blogbejegyzések és a kitöltött kérdőívek használatával.
- Támogatja a rugalmas tanulási környezetet a portál, a kurzusok valamint az egyes tananyagok szintjén, és azzal is, hogy a szerepek és a szerepekhez rendelt jogosultságok akár kurzusonként újradefiniálhatók. A Moodle rendkívül sok külső alkalmazással képes együttműködni, melyek nagy része beépíthető a kurzusokba.
- Képes SCORM kompatibilis modulok, IMS csomagokat importálására.

2.6.3. Tartalomkezelő rendszer (LCMS)

Az LCMS a tartalmat kezeli, és közben egy központi tárolóhelyen tárolja a tartalmak elemeit. Ebből az adatbázisból a tervező újratervezheti, összeillesztheti, engedélyezheti az e-learning eseményeket. Az LCMS segít a szerzőnek abban, hogy létrehozasson, tárolhasson és újradefiniálhasson oktatási egységeket. Az LCMS egyszerűsíti a tartalom létrehozását, valamint segít a hallgatóknak kiválasztani a számukra szükséges tananyagokat. Az LCMS segít az adminisztrációban és a tanfolyamok, leckék, oldalak engedélyezésében, valamint a tartalom létrehozásában és megjelenítésében is. Az LCMS az LMS-nek kínálja fel a tanfolyamot illetve a leckéket.

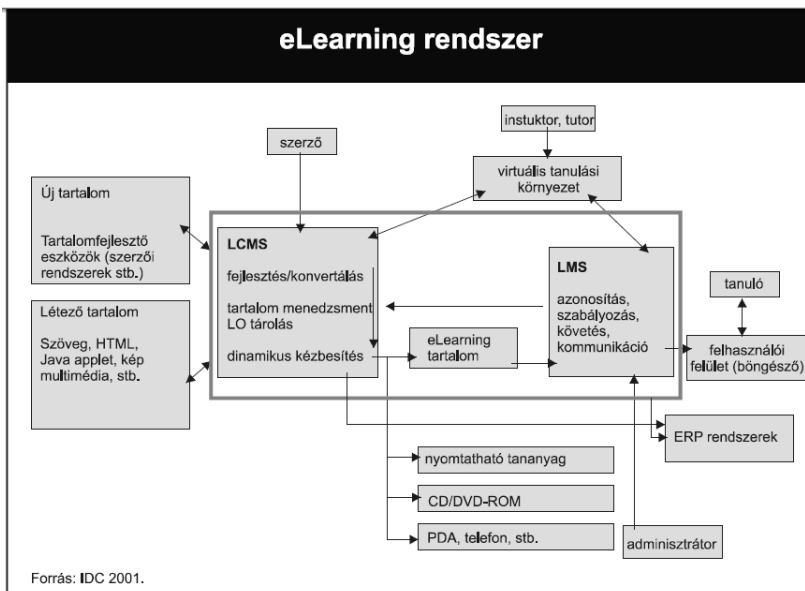
Az LCMS-ek alapfunkciói:

- Tanfolyam-alapanyagok tárolása (HTML oldalak, XML adatok, médiaelemek, stb.).
- Oktatási elemek definiálási lehetősége.
- Tesztkérdések tárolása, amelyek a tananyag illetve az anyag befejezés mérésére szolgálnak.
- Az oktatási elemek összekapcsolási módjának leírása.
- Stíluslapok definiálása.
- Navigáció és felhasználói interfész.

Mindezen elemeket az LCMS-ben metaadatokkal tárolják, amelyek leírják minden egyes elemet. Minden olyan esetben, amikor egy tanfolyamot felhasználás céljából leívnak, akkor a keretrendszerrel illetve a benne lévő elemekről egy másolat készül.

Az LCMS-ek többnyire a következő képességekkel rendelkeznek[25]:

- Folyamatvezérlés és hatékonyság:
 - Lehetőség van együttműködő szerkesztésre.
 - A szerzők követhetik a törlés, hozzáadás, elfogadás folyamatát, illetve a tanfolyamokból több verzió is rendelkezésre állhat.
 - A rendszer támogatja a metaadat-beolvasást is más tanfolyami anyagokból.
 - A tanfolyamok teljes mértékben tesztelhetők a publikálás előtt.
- Adaptív tanulás: a tanuló azonnali és speciális igényeihez képes igazítani az oktatási folyamatot, a leckék sorozata átrendezhető.
- Felhasználói interfész: tanfolyam menü, index, kereső oldal, navigációs eszközök rendelkezésre állása és előállíthatósága.
- Könnyű hozzáférés a fenti elemekhez.
- A tartalom újrafelhasználhatósága:
 - A szerzők használhatják a tárolt szövegeket, képeket, stílusokat, grafikákat, ikonokat, stb.
 - A tanfolyamokban, leckékben a felhasznált elemek követhetők
 - A szerzők különböző szempontok szerint kereshetnek a tartalmakban.
- Képes IMS vagy SCORM szabvány szerint tanfolyamok, leckék importálására.



5. ábra. Az e-learning rendszer felépítése [26]

2.7. E-learning szabványok

A szabványok és ajánlások az e-learning esetében is nagyban segítenek az elektronikus oktatási keretrendszerek és elektronikus tananyagok megalkotásában, felhasználásában. A szabványosítás elsődleges célja az, hogy átjárhatóságot biztosítson a tananyagok számára a különböző e-learning alkalmazások között.

A szabványosítás előnyei [26]:

- A szabványok használata esetén a tananyagok és az oktató felületek képesek lesznek az együttműködésre azáltal, hogy szabályozzák a tananyagok struktúráját és e struktúrák importálását valamint exportálását.
- Szabványosított oktatási egységek használatával olyan, testreszabott tananyagokat lehet összeállítani, amelyek jobban igazodnak a felhasználók igényeihez.
- Szabványok használatával a tananyagok újrahasznosíthatóak lesznek oktatókörnyezettől függetlenül.
- A szabványosított tananyagok gazdaságosabban felhasználhatóak, mivel ezeknek a tananyagoknak széleskörűbb lehet a felhasználása.
- A tananyagok indexelésének szabványosítása esetén a tananyagok gyorsan, egyszerűbben és sikeresebben kereshetők.

Az e-learning szabványok megalkotásában számos szervezet vesz részt. Ezeket minisztériumok, kormányzati szervek, szövetségek és egyesületek, alapítványok, piaci szereplők, egyéb nemzeti és nemzetközi szervezetek alapították vagy szponzorálják. Bevett gyakorlat, hogy az egyes szervezetek tagokat delegálnak egymás mun-

kacsoportjaiba, akik nemcsak az elvek alakításában vesznek részt, hanem az ajánlások gyakorlati alkalmazhatóságának megalapozásában is részt vesznek.

2.7.1. AICC

A legkorábban (1988-ban) alakult ilyen szervezet az AICC. Az AICC (*Aviation Industry CBT Committee*) korábban a repülési ágazat számára készített javaslatokat, ma azonban a CBT és a WBT rendszerek CMI (*Computer Managed Instruction*) kompatibilitását elősegítendő ajánlásokat ad. Az AICC szabványjavaslatokat és ajánlásokat tesz közzé ezzel kapcsolatosan, ugyanakkor hitelesítő eljárásokat folytatnak le független tesztlaborok együttműködésével.

Az 1990-es évek második felében új szervezetek jöttek létre hasonló céllal, mint például az ADL. E szervezetek (és több kisebb jelentőségű szervezet illetve intézmény) egymással szorosan együttműködve az LMS rendszerek új szabványainak kidolgozásán munkálkodnak, figyelembe véve az aktuális követelményeket, trendeket. Céljük olyan szabványegyüttes megalkotása, amely megeremti az oktatási anyagok kompatibilitását, valamint egységes felületet biztosítva a felhasználóknak, teljesen függetlenül attól, hogy az adott tananyag éppen hol található, vagy hogy milyen szoftverekkel állították elő. Az új rendszerekkel kapcsolatos elvárások:

- Újrahasznosítható elemekből lehessen felépíteni.
- Testreszabható tananyagokat lehessen összeállítani bennük.
- Legyenek interoperábilisak, azaz az adott tananyagot minimális módosítással más oktatási környezetben is lehessen alkalmazni.

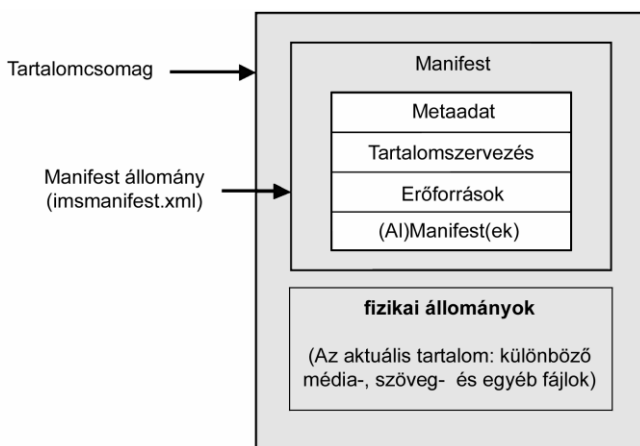
2.7.2. IMS

Az IMS projekt a *National Learning Infrastructure Initiative of EDUCASE* kerekein belül indult útjára 1997-ben. Nemzetközi együttműködésre törekedve az IMS három centrumot hozott létre. Ezek a központok az IMS ajánlásainak terjesztésében működnek közre. Szervezik a társadalmi kapcsolatokat, felmérik a szükségleteket, összegyűjtik az alkalmazott specifikációkkal kapcsolatos tapasztalatokat, konferenciákat, képzéseket szerveznek. Az IMS fő célja az, hogy az elosztott tanulás területén előforduló alkalmazástípusokhoz olyan specifikációkat dolgozzon ki, amelyek lehetővé teszik az alkalmazások együttműködését.

Az IMS specifikációival az e-learning rendszerek minden lényeges vonatkozására igyekszik megoldásokat adni. Több területen is specifikációival kizárólagosságot élvez. Az IMS által fejlesztett specifikációk gyakorlati megvalósítása XML alapokon nyugszik. Ugyanakkor nagy hangsúlyt fektet specifikációi gyakorlatba való átültetésére is, s bár az IMS nem végez hitelesítési tevékenységet, az ajánlások implementálására vállalkozókat igyekszik maximálisan támogatni. Ajánlásonként három részből álló dokumentációt bocsát ki. Az első kötet (*Information model*) az adott ajánlást részletes leírás formájában ismerteti. A második kötet (*XML Binding*) az XML-alapú megvalósításhoz szükséges ismereteket tartalmazza. A vállalkozó fejlesztők ennek alapján végezhetik el a rendszer implementálását. A harmadik kötet (*Best Practice and Implementation Guide*) tanácsokkal és a „legjobb példákra” való hivatkozásokkal segíti a fejlesztőket. Az IMS a dokumentáción és a konkrét példákon kívül még sémákat, validációs állományokat is biztosít a fejlesztők számára. Ezek segítségével lehetőség nyílik az azonnali kipróbálásra.

Az IMS egyik legfontosabb újítása a tartalom (tananyag) struktúrájának és hordozhatóságának leírására a **tartalomcsomag** (*Content Packaging*). Ez jelenti ugyanis a kulcsot az LMS számára a tananyag lejátszásához. Továbbá a tartalomcsomagban kerül leírásra a tananyag szerkezete, s itt kerülnek felhalmozásra a tananyagot alkotó egységek is. A tartalomcsomag biztosítja a szabványos utat a tananyagcsere lehetőségére a különböző rendszerek között.

A tartalomcsomag egy tömörített állomány, amely egyrészt tartalmazza a tananyagelemeket reprezentáló fizikai állományokat, valamint egy metaállományt, amely tananyag szerveződésének leírását adja meg. Ez az úgynevezett *Manifest* állomány. Az LMS a csomag importálásakor ezt az állományt keresi. Az állomány neve kötelezően: *imsmanifest.xml*.



6. ábra. IMS csomag felépítése [26]

icon_reflection	gif	1 116	2011.01.22 21:38	----
icon_review	gif	992	2011.01.22 21:38	----
icon_summary	gif	974	2011.01.22 21:38	----
icon_synthesis	gif	1 041	2011.01.22 21:38	----
icon_technology	gif	1 754	2011.01.22 21:38	----
icon_time	gif	1 046	2011.01.22 21:38	----
icon_web_resource	gif	1 150	2011.01.22 21:38	----
ims_xml	xsd	1 104	2011.01.22 21:38	----
imscp_v1p1	xsd	16 548	2011.01.22 21:38	----
imsmanifest.xml		9 473	2011.01.22 21:38	----
imsmd_v1p2p2	xsd	24 229	2011.01.22 21:38	----
index	html	1 279	2011.01.22 21:38	----
invertls	html	1 422	2011.01.22 21:38	----
jpeg	html	3 535	2011.01.22 21:38	----
jpeg_jellemzk	html	2 584	2011.01.22 21:38	----
jpeg2000	html	2 874	2011.01.22 21:38	----
kdols	html	1 231	2011.01.22 21:38	----
krdsek	html	1 748	2011.01.22 21:38	----
kvantls	html	1 631	2011.01.22 21:38	----
libot_drag	js	2 352	2011.01.22 21:38	----
nav	css	2 518	2011.01.22 21:38	----
page_bg	gif	108	2011.01.22 21:38	----
page_bg_ie	gif	9 831	2011.01.22 21:38	----
panel-amusements	png	657	2011.01.22 21:38	----
plda	html	1 386	2011.01.22 21:38	----
pldk	html	1 527	2011.01.22 21:38	----
popup_bg	gif	174	2011.01.22 21:38	----
question	gif	334	2011.01.22 21:38	----
stock-attach	png	643	2011.01.22 21:38	----
stock-stop	png	651	2011.01.22 21:38	----
szefoglals	html	2 231	2011.01.22 21:38	----
tmrtett_kpformtumok	html	11 517	2011.01.22 21:38	----
top_left_corner	gif	598	2011.01.22 21:38	----
top_nav	ipg	1 809	2011.01.22 21:38	----
top_right_corner	gif	204	2011.01.22 21:38	----
transparent	gif	92	2011.01.22 21:38	----
transzformci	html	28 766	2011.01.22 21:38	----

7. ábra. Egy konkrét tartalomsomag

A tartalomsomag bevezetése jelentősen megkönnyítette az eLearning tananyagok forgalmazhatóságát. Ennek köszönhető, hogy az ADL a SCORM referenciamodellben az IMS CP specifikációját alkalmazza, a mérvadó e-learning alkalmazások (így a Moodle is) pedig általában mind az IMS, mind a SCORM 1.2-es formátumú tartalomsomagok befogadására fel vannak készítve.

2.7.3. ADL

Az ADL-t (*Advanced Distributed Learning*) az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma, a Fehér Ház Tudományos és Műszaki Irodája, valamint az USA Munkaügyi Minisztériuma hozta létre 1997-ben. Céljuk az volt, hogy az e-learning szabványosítás kifejlesztése érdekében kifejlesszenek egy, az egész minisztériumra kiterjedő stratégiát a tanulási és információs technológiák alkalmazására, valamint, hogy korszerűsítsék az oktatást, és elősegítsék a kormány, az akadémia, valamint az üzleti szféra közötti együttműködést. Az ADL kezdeményezés olyan magas szintű követelményeket határozott meg a tanulás tartalmára vonatkozóan, mint például a tartalom újrahasználatossága, elérhetősége, tartóssága és együttműködési képessége. Az első ADL co-laboratóriumot az USA Védelmi Minisztériuma 1999-ben hozta létre, hogy ezzel is támogassa szervezete munkáját a kutatás, fejlesztés és a létező vagy fejlesztés alatt álló közös eszközök és szabványok feltérképezése terén.

Az ADL a különböző szabványajánló szervezetek (IMS, AICC, IEEE) által kidolgozott specifikációk és ajánlások alapján alkotta meg referencia modelljét, a SCORM-ot (*Sharable Content Object Reference Model*). A szervezet a SCORM gyakorlatban való bevalása alapján fogalmazza meg a végleges szabványajánlásokat.

2.7.4. SCORM

Az ADL fejlesztésének az eredménye a SCORM. Az 1.0 verzió bejelentése 2000. január 31-én, a SCORM 1.1 verzió bejelentése 2001. január 16-án történt. A SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) rövidítés szó szerinti fordításban megosztható tartalmú objektumok modellezését jelenti, ez a mindenki számára ajánlatos szabvány azonban ennél jóval többet jelent. **A SCORM a Web-alapú oktatási anyagok referencia modellje, az egyik legáltalánosabban elfogadott e-learning szabvány.** Egy olyan nyelv, amely magában foglalja a tananyagon belüli szerkezetet, elnevezéseket, a képek, animációk, szövegek helyét és neveit, a fejlécektől a lábjegyzetekig bezárólag. Ez a szabvány egyfajta összekötő láncszem a használni kívánt technológiák és a teljes kivitelezés között, amely végül majd kereskedelmi forgalomba kerül. Nemcsak a piacvezető keretrendszereket és egyéb e-learning alkalmazásokat gyártók adaptálják termékeikben, hanem a non-profit szféra, valamint a felsőoktatási intézmények fejlesztői is alkalmazzák. [27]

A SCORM szabvány három fő részegységből áll össze:

- Az XML specifikáció, amely a tananyag szerkezetét mutatja. Elősegíti az anyag szerverről szerverre való átillesztését.
- A run-time környezeti specifikációk, melyek feladata a tartalom és a tananyag közötti kapcsolat leírása, és a tartalom alakulásának nyomon követése.
- Metadata létrehozásának specifikációi.

Napjainkban ez a szabvány a legelterjedtebb, a szakma által legelfogadottabb. Gyakorlatilag minden VLE rendszer képes SCORM-os anyagokat fogadni, valamint azt sajátjaként kezelni. Napjainkban a szabványnak két változata, verziója élvez támogatást: a SCORM 1.2 és a SCORM 2004, melynek verziószáma jelenleg 1.4.

2.7.5. LOM

A LOM (*Learning Object Metadata* – tanulási objektum metaadat) IEEE 1484.12.1 számon bejegyzett nemzetközi e-learning szabvány. Feladata, hogy biztosítsa a tananyagelemeknek a működtető rendszerektől való függetlenségét. Elfogadottsága és elterjedtsége is rendkívül széleskörű. A LOM-ra építi metaadatkezelését az IMS és a SCORM is.

A metaadatok akkor töltik be szerepüket, ha a tananyagok tárolása elemi, atomi szinten valósul meg. Ekkor ugyanis számos előnyt biztosítanak a digitális tananyag előállítók számára, hiszen a metaadatok segítségével számos szempontból jól kereshető katalógusokat tudunk létrehozni. A digitális tananyagtárházak létrehozásának ez az egyik alapja.

2.7.5.1. A LOM szerkezete

A metaadatok az adatok – esetünkben a tananyagelemek – leírására szolgálnak. Metaadatként egy adott tananyagelem jellemzőit tároljuk. Ezeket a jellemzőket a LOM csoportokba sorolja. Egy-egy csoport egy-egy szerepkörnek megfelelő megközelítést reprezentál, mivel egy tananyagelemnek más és más aspektusa érdekli a tanárt, az adminisztrátort, a szerzőt, a forgalmazót, stb. A szabvány kilenc csoportot határoz meg.

Ezek a következők: [26][28]

1. **Általános:** a tananyagelem általános leírására, azonosítására szolgáló szakasz. Az azonosítókon (ID, cím) kívül rövid összefoglalót is tartalmaz, azonosítja a tananyag nyelvét.

2. **Életciklus:** a tananyagelem státuszát, verzióját tartalmazza, valamint a közreműködő személyek, szervezetek adatait és szerepkörüket (szerző, engedélyező, stb.). Itt szabályozható közvetve a tananyagelem láthatósága.

3. **Meta-meatadatok:** ebben a részben a metaadatokról kapunk információkat. Ez a rész azonosítja a használt metaadat-sémát is.

4. **Technikai adatok:** ilyen például a formátum és méret. Itt kerül megadásra a tananyagelem elérési útvonala, valamint a kompatibilitási adatok.

5. **Oktatási adatok:** ebben a részben határozhatjuk meg például a célcsoportot, a tananyag nehézségi fokát, és a feldolgozás várható időtartamát.

6. **Tulajdonjogok:** itt kerülnek meghatározásra a felhasználás feltételei.

7. **Kapcsolatok:** ebben a csoportban jelezhetjük az adott tananyagelem más tananyagelemekkel való kapcsolatát, azok adatainak megadásával.

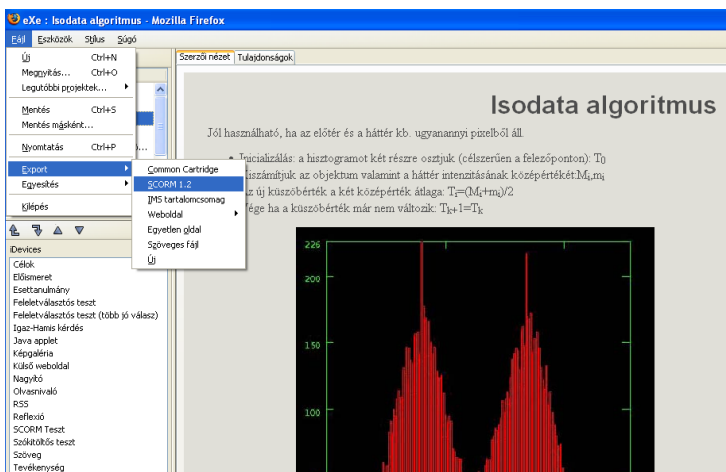
8. **Kommentárok:** a tananyagelem minősítésében van szerepe ennek a csoportnak. Lehetőséget ad a tananyagelemek független szervezetek általi véleményezésre.

9. **Besorolás:** ebben a részben adhatjuk meg, hogy egy szervezet által kiválasztott tananyagelem a besorolási rendszerben hol foglal helyet.

Ezen szabványok alkalmazása és követése nagymértékben átjárhatóvá teszi a ke-rendszereket és az elektronikus tananyagokat.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Bár a Moodle-ban is van lehetőség a tananyag elkészítésére, a hordozhatóság és a későbbi esetleges felhasználás érdekében a tananyagot olyan szerkesztővel kellett elkészíteni, amelyik képes IMS csomagba vagy SCORM kompatibilis csomagba exportálni az elkészített tananyagot. Erre több alkalmazás is megfelelő lehet, például az Adobe Captivate vagy az eXe Elearning. Az utóbbi ingyenessége miatt a tárgyhoz készített tananyag ezzel a tananyagfejlesztő eszközzel készül, és lett elmentve saját formátumában, majd exportálva SCORM csomagként, amelyet a Moodle gyorsan és hibátlanul tudott importálni, valamint a kész tananyagot kezelni. Így a tananyag a Moodle-on kívül bármelyik olyan LMS-be importálható, amely képes a szabványos SCORM kompatibilis anyagot kezelni.



8. ábra. Tananyag exportálása SCORM csomagba

3.1. E-learning tananyag fejlesztése a digitális képfeldolgozás tantárgy tanításához

A tananyag kidolgozása során Josef Kraus által a modern agykutatás alapján az oktatással szemben kifejtett követelményeit tartottuk szem előtt. [29]

- A tanulói aktivitás kiemelkedően fontos, ezért a tanítás legyen nagymértékben aktivizáló, ahogyan a mondás mondja: „Hallom és elfelejtem, látom és emlékszem rá, csinálom és megértem.” [30]
- A tanítás-tanulási folyamat többszatomás legyen. A megfigyelések szerint a felvett információkból az emlékezetünkben a következő arányokban maradnak meg az információk: a csak olvasott információból 10%, a hallott információkból 20%, a látottból 30%, a látott és hallott információkból 50%, a látott, hallott és a saját magunk által elmondott információkból 70%, a saját magunk által végzett tevékenységekből az információk 90%-a marad meg. Ezek az adatok a konkrét és képi reprezentációk használatának fontosságát bizonyítják.
- Gyakorlat teszi a mestert.
- A tanulás folyamatában biztosítani kell lazább, pihentető szakaszokat.
- Szükség van a tanulók figyelmének provokálására.
- A tanítás-tanulási folyamatban kulcsfontosságú legyen a tanulói kíváncsiság.

3.1.1. A tananyag tartalmának fejlesztése

Az elektronikus tanulás célja a digitalizált tananyag elsajátítása. Az e-learning rendszerek – ellentétben például a könyvekkel – lehetővé teszik a tartalom hierarchikus felépítését, amely a következő egységekből épül fel:

Tananyagelem: ez a tartalom legkisebb, tovább már nem osztható alkotórésze. Lényegében véve egy fájl, amely tartalmazhat például szöveget, képet, hangot, videót.

Megosztható tartalomobjektum: a tartalom legkisebb olyan egysége, amelyet a tartalom-és tanulásmenedzsment rendszerek önállóan kezelnek. Egy vagy több tananyagelemből áll.

Lecke: egy vagy több tartalomobjektumból áll, a tartalomnak egy logikailag összetartozó részét alkotja, megfeleltethető egy tankönyv leckéjének vagy fejezetének. A lecke tartalmát tekintve egy témát, rövidebb folyamatot, eseményt dolgoz fel. Egyes rendszerek modulnak nevezik a leckét. A modul általában több leckéből álló, önállóan is használható tananyagrészt.

Kurzus: egy vagy több modul alkotja a kurzust, amely megfelel egy tankönyvnek, egy tantárgynak vagy egy tanfolyamnak.

Képzési program: több, összetartozó kurzus alkotja, célja általában egy adott végzettséghez vagy képesítéséhez tartozó tanfolyamok egymáshoz rendelése.

A tartalom alkotórészeit jelentő kisebb építőelemek azonosítását segítik a metaadatok, amelyek – ahogyan a szabványosítási részben már említésre került – leíró jellegű információt tartalmaznak. Mind a tartalomobjektumok felépítését, mind az ezeket leíró metaadatok szerkezetét nemzetközileg elfogadott ajánlások, szabványok határozzák meg.

Az e-learning tananyag esetében is központi szerepe van az írott szövegnek, ez a szöveg azonban funkcióját tekintve különbözik a hagyományos-és a távoktatási tankönyvek szövegétől. A hagyományos tananyagok esetében az írott szöveget hordozó elsődleges médium a tankönyv és a munkafüzet. A hagyományos, jelenléti oktatás esetében a jelenléti, tanári ismeretátadás a főszerep, a tankönyv a többi taneszközzel együtt kiegészítő, támogató szerepet tölt be. Az e-learninges oktatást szolgáló írott szövegek esetében viszont sok esetben nem feltétlenül lehet számítani a tanári ismeretközvetítésre és a tananyag magyarázatára. Ezért van szükség arra, hogy a szöveg magába foglalja a tananyag megtanulásához szükséges tanári instrukciókat, tanulási módszereket. Ennek megfelelően az írott szövegnek sokszor más a szerkezete, a helye, sőt, akár még a tartalma is, mint a hagyományos oktatás esetén.

Az e-learninges tananyagok esetében is az írott szöveg vezérli a tanulást, amely különböző információelemeket összekapcsoló, hipertext alapú információ-szervező rendszer. Ugyanakkor az e-learning tananyag szövegének a tananyagon kívül az elsajátításához szükséges segítséget is adnia kell. Ennek megfelelően a tananyagok tagolását kétféleképpen kell elvégezni. A **didaktikai tagolás** célja a tananyag logikai összefüggésrendszere alapján a tanulási folyamat optimalizálása. A **technikai tagolás** célja az adattípusok szerinti strukturálás a médiumra-szabott tananyag létrehozása érdekében.

3.1.1.1. Didaktikai tagolás

Egy e-learninges tananyag egy kurzus bevezető oldalból, a végén egy összefoglalásból és kurzus tesztből, valamint modulokból áll. A modulok leckékre oszthatók.

A modulok a kurzus részei. Szerkezetük kurzusokéhoz hasonló: bevezető oldalból, leckéből, a végén összefoglaló oldalból és modulzáró tesztből állnak. A modulok terjedelme eltérő lehet. Elemi egységei a leckék. A modulok szerepe az, hogy a tananyag tartalmi logikája szerint ezeket a leckéket rendszerbe foglalja. Ennek során leggyakoribb a lineáris szerkezet, felépítése a hagyományos tananyagok esetében szokásoshoz hasonló.

3.1.1.2. Technikai tagolás

Vannak olyan elemek, amelyeket a lecke szerkesztésekor érdemes egymástól elkülöníteni a világos strukturálás, az érdekes tananyag létrehozása érdekében. A leckéket felépítő tanayagelemeknek egyik funkciója a tartalmi-fogalmi tagolás, a másik a vizuális megkülönböztetés, a kiemelés lehetősége. Ezeket az elemeket a tananyag szövegén belül kell megkülönböztetni, valamint el kell látni a szükséges kiegészítő információkkal.

- Szöveges elemek
 - főszöveg
 - tartalomjegyzék
 - definíció
 - példa, probléma
 - összefoglaló
 - kommentár
 - idézet
 - megjegyzés
 - esettanulmány
 - feladatok, ellenőrző kérdések
 - megoldások
- Adattábla elemek
 - kronológiai tétel
 - forráshivatkozás
- Képi elemek
- Párbeszédes elemek

3.1.1.3. A tananyag szövege

Az e-learning tananyagok szövegének lehetővé kell tennie az új tudástartalmak elsajátítását, valamint hatékony tanulásra kell, hogy ösztönözzön, és mindenekelőtt motiváljon. Ebben az esetben érdemes ugyanazokból a szabályokból kiindulni, mint a hagyományos tankönyvek, távoktatási tananyagok esetén. Az ezekhez való igazodás azonban csak a szükséges, de nem elégséges a jó e-learning tananyag elkészítéséhez.

A tananyagíró a tananyag megfogalmazásakor saját tudásrendszeréből indul ki, fogalmazza meg a tananyagot lineárisan összefűzött szavak, mondatok formájában. Az így felépített szöveg tölti be az összekötő médium szerepét a szerző és az olvasó között. A szöveg alapján épül ki a tanuló saját tudásrendszere, de az egyáltalán nem biztos, hogy ez azonos azzal, amit a szerző elképzelt, mivel a tanulás konstruktív folyamat, a tanuló személyes szövegértelmezésén alapul, és saját, előzetes tudásrendszerére épít. Ezért a szöveg elkészítésekor figyelembe kell venni a tanulók előzetes ismereteit, motivációjukat. Ha az ismeretek nem azonosak, a továbblépéshez szükség van tovább, nem mindenki számára szükséges ismeretanyagra.

Didaktikai szempontból a tananyagok szövegének két alaptípusát különböztetjük meg: **probléma-középpontú** és **rendszer-középpontú** szöveg. Vannak olyan tanítási célok és tananyag-típusok, amelyeknek a rendszerközpontú, és olyanok, amelyeknek a probléma-középpontú megközelítés felel meg jobban. A legtöbb szöveg esetében azonban nem nyilvánul meg tisztán a két alaptípus, hanem a köztes forma a megoldás.

A rendszerközpontú szöveg kész tudásrendszert közvetít, logikusan rendszerezett, a tanulónak be kell fogadnia, meg kell tanulnia. Az ilyen szöveg elsősorban arra alkalmas, hogy segítségével áttekintést nyújtsunk egy témáról, valamint hogy már meglévő tudást tovább bővítsünk.

Több szempont alapján osztályozhatjuk a képfeldolgozási műveleteket. Egyik szokásos felosztás aszerint csoportosítja a műveleteket, hogy a feldolgozás alatt álló pont **milyen nagyságú környezet** befolyásolja a pont új világosságát. (A példákban rendszerint szürke árnyalatos képekkel fogunk dolgozni és világosság transzformációról beszélünk. Színes képeknél általában háromszor kell elvégezni a műveletet.)

Definíciók:

- **Pont-pont műveletek:** Az adott képpont új világosságát csak ennek a pontnak az eredeti világossága befolyásolja.
- **Lokális műveletek:** Az adott képpont új világosságára a képpont megadott (például: 3*3 pixeles) környezetének van hatása.
- **Globális transzformációk:** Az adott képpont új világossága a teljes képtől függ.

A műveletek bonyolultsága, számítási igénye eltérő a háromféle képfeldolgozási műveletre. Az egyszerűség kedvéért a képet és a lokális műveletek környezetét négyzet alakúnak tekintve a műveletgényre vonatkozó, nem általános érvényű becslés:

- A pont-pont transzformációk műveletgényje N^2 -tel, a képpontok számával arányos. (N^2N a kép mérete.)
- A lokális műveletek egy képpontra számítva P^2 szorzást igényelnek, összességében $N^2 * P^2$. ($P * P$ a figyelembe vett környezet mérete.)
- A globális transzformáció gyors algoritmust feltételezve kb. $4N^2 * \log_2 N$ szorzást igényel.

A képfeldolgozási műveletek nagy része arra irányul, hogy a képet ért különböző zavaró hatásokat csökkentünk. Az erre szolgáló módszereket nevezik **képjávitásnak**.

A képjávitási módszereknek is két csoportja van: **képhelyreállítás** és **képfokozás**.

Definíció: A **képhelyreállítás** során a torzítások, zavarások miatt torzult képből akarjuk létrehozni az ideálisat, amit akkor kaptunk volna, ha nem kerültek volna a képre a torzítások, zavaró hatások. A **képfokozás** célja pedig az, hogy a képet valamilyen további feldolgozás, kiértékelés szempontjából előnyösebb formába hozzuk.

A képjávitási eljárások két kategóriába sorolhatók annak függvényében is, hogy az **eredeti képsíkon (spatial domain)** vagy **frekvenciatartományban (frequency domain)** működnek az algoritmusok.

Egy harmadik lehetséges csoportosítás alapja az eljárás célja. A három legjellemzőbb hibatípus a **kontrasztok elszegényedése**, a

9. ábra. Rendszerközpontú szöveg

A probléma-középpontú szöveg alkotásakor abból a definícióból indulunk ki, hogy a tanulás nem más mint problémák megoldása. Az ilyen szöveg a tudás felhasználására fókuszál és gyakorlatorientált. Az így felépített szövegek már problémamegoldó képesség kialakítására is alkalmas.

A Digitális képfeldolgozás tárgy tananyagának elkészítésekor a két formát együttesen alkalmaztuk. A probléma-középpontú témafeldolgozást, ahol szükséges volt,

rendszerorientált részekkel egészítettük ki, illetve egy alapján rendszerorientált szövegbe problémahelyzeteket illesztettünk. A szövegalkotás során már megoldott problémákból indultunk ki, leírva a problémákat és a megoldáshoz vezető utakat, különböző megoldási módokat.

A hipertext rendszer különösen alkalmasnak bizonyult a tanulók érdeklődésének differenciált kielégítésére. Például a mátrixszorzás ismerete szükséges a diszkrét koszinusz transzformáció megértéshez, a hipertext rendszer segítségével viszont az ismertetése akár ki is hagyható a művelettel tisztában lévő hallgatók számára, mint ahogyan azt sokan tették is a tananyag feldolgozása során. Így biztosítható a szöveg testreszabhatósága. Az ilyen szöveg fokozza a tanuló aktivitását azzal, hogy szerepét nem korlátozza passzív befogadásra, nagyobb esélyt adva a tudástartalom mélyebb megértésére.

A szöveg finomszerkezetének megformálása

Mivel a tanulónak olvasás közben rendelkeznie kell a megértéshez szükséges előismeretekkel, ezért a megelőző szövegrészek mindig tartalmazzák a későbbiek megértéséhez szükséges új ismereteket.

A tanulási szövegek **bázisszövegből** és **didaktikai célú szövegelemekből** tevődnek össze. A bázisszöveg a megcélzott tudást, kompetencia kialakításához szükséges tartott ismereteket tartalmazza, míg a didaktikai célú szövegelemek a tanulási folyamat ösztönzésére és támogatására szolgálnak.

A tananyagban előforduló didaktikai célú szövegelemek:

Tanulási célok megjelölése: A tanulási célokat megfogalmazó mondatok mindig tartalmaznak utalást a mindenkori tanulási tartalom hasznosságára és elsajátításának fontosságára is.

Célok

Képfeldolgozási műveletek I.

Előttünk egy tüllexponált fénykép. Mit csináljunk vele? Egy másik pedig túl sötét. Ez pedig kontrasztszegény. Szegény... Dobjuk ki? Neeeee! Olvassuk el, és értsük meg ezt a fejezetet, melynek célja, hogy a képfeldolgozási eljárások csoportosítása után megmutassa, hogyan tudunk egy digitális képet javítani histogramjának ismeretében, annak módosításával! És persze az is kiderül, hogyan tudunk aritmetikai és logikai műveleteket elvégezni egy képen. A fejezet végén, a gyakorlati feladatok megoldása után már használhatjuk is a tanult histogram-transzformációkat képeink javítására.

Több szempont alapján osztályozhatjuk a képfeldolgozási műveleteket. Egyik szokásos felosztás aszerint csoportosítja a műveleteket, hogy a feldolgozás alatt álló pont **milyen nagyságú környezete** befolyásolja a pont új világosságát. (A példákban rendszerint szürke árnyalatos képekkel fogunk dolgozni és

10. ábra. Tanulási célok

Összefoglalások: Az összefoglalás a tananyag legfontosabb fogalmait és megállapításait tartalmazza, a tanulási szöveg logikai vázát adja. Tömör formában sorba szedi az adott tananyag megtanulásra érdemes elemeit, így segítheti a tanulót a tananyag elsajátításában. Didaktikai funkciója szerint a tárgyhoz készített tananyagban az összefoglalás szintetizáló.

Összefoglalás

Az emberi szem legfontosabb részei a pupilla, a szemlencse, az üveges test és a retina. A fordított állású kép a retinán keletkezik, s ez tartalmazza a fényesség érzékeléséért felelős pálcikákat és a színérzékelésért felelős csapocskákat. A fény látható hullámhossza a 380-780 nm-es tartományba esik. A csapocskákat érzékenyséjük hullámhosszfüggése alapján P, D és típusba sorolhatók.

A látás érzékenysége a geometriai felbontástól, az intenzitás felbontástól és a színfelbontástól függ.

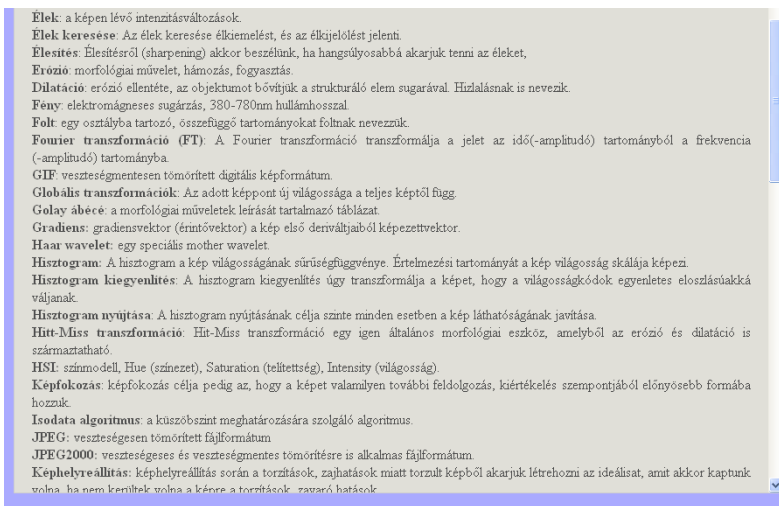
Látásunk időbeli felbontása azt fejezi ki, hogy mennyi ideig kell egy látványnak tartania ahhoz, hogy különállónak – az előtt és után következő látványtól különbözőnek – érzékeljük. Látásunkat befolyásolja annak síkfrekvenciás érzékenysége. Szemünk érzékenysége a hullámhossz függvényében is változó, ráadásul szemünk relatív felbontóképessége is hullámhosszfüggő. A színérzet három jellemző sajátossága a színezet, a telítettség és a világosság. A leggyakoribb színterek az RGB, a CMYK, az YUV és a HSI színmodellek.

11. ábra. Példa összefoglalásra

Kérdések: ezek a didaktikai szövegelemek az önellenőrzést, a saját tanulási teljesítmény tanulás közbeni felmérést szolgálják. Ha a tanuló minden kérdésre tudja a választ, akkor sikerült teljesen elsajátítani a tananyagrészt.

Gyakorlati feladatok: Az ebben a részben található feladatok egyrészt a megtanult megértését segítik, másrészt az egyes problémák megoldásához a tanulóknak az új ismeretet kell használniuk. Nagyon sok példa a hétköznapi, gyakorlati életből vett, egy részük már korábbról ismerős volt a hallgatók számára. (Rendszám pixelesítése, felesleges részek eltüntetése a képről, zajok eltávolítása a képről.)

Glosszárium: a fogalmak értelmezését, azok tartalmának jobb megértését szolgálja. A kurzus végén található a tananyagban.



12. ábra. Glosszárium a kurzus végén

A szöveg nyelvi megformálása

A jó tanulásra alkalmas szöveg az érthetőség és a szakszerűség követelményeinek egyaránt eleget tesz. Szakmai korrektségén túl előnye, ha jó stílusú és személyes hangvételű. A szöveg gondolkodásra készítő hatását érdekes példák, jó metaforák, olykor meglepő és provokáló felvetések, kérdések, ellentmondások, meglepő,

sok esetben humoros fordulatok beillesztése segítette elő a Digitális képfeldolgozás tárgyhoz készített tananyagban.

Szöveg képernyőhöz igazítása

A szöveg olvasása a képernyőről lassúbb, mint papírról. Egyes elemzések szerint a képernyőről az emberek másképpen olvasnak, mint papírfelületről: szóról-szóra történő olvasás helyett inkább pásztáznak, kulcsszavakat, kulcsmondatokat, interaktív ugrópontokat, hiperlinkeket keresnek. [31] A képernyőről olvasók nem szívesen görgetik a weboldalakat, ezért az optimális szöveghossz egy-két oldalnyi. Több kép használata esetében ez lehet hosszabb is.

A szöveg strukturálásnál a következő alapelveket követtük:

- A megfogalmazások legyenek egyértelműek.
- A szöveg logikailag legyen koherens.
- Az alap gondolatok legyenek rendezetten összefűzve.
- A hallgatók képesek legyenek megérteni a szövegben foglalt gondolatokat, ismerjék fel az összefüggéseket.
- A lexikai érthetőség biztosítása érdekében a kevésbé bonyolult mondat szerkezetek részesítsük előnyben.
- A szöveg tartalmi-szerkezeti, tipográfiai tagolása legyen megfelelő, megfelelő méretű betűtípus és betűméret választása.

Kép és hangelemek kiválasztása

Amikor képeket alkalmazunk a tanulási folyamat elősegítésére, akkor a tanulók képértésére, képi befogadóképességére építünk. A digitális képfeldolgozásban digitalizált képeket dolgozunk fel, alakítunk át, javítunk rajta, így a különböző feldolgozási műveletek inputja és outputja is egy kép. Ennek megfelelően minden leckében, minden képfeldolgozási művelet bemutatásakor, feldolgozásakor képeket használtunk a szemléltetéshez. Az információátadásban így a képeknek többnyire bemutató, leképező szerepük van. (Összesen 480 kép van a tananyagban.)

A szöveg és a képek viszonya mindig egymást erősítő. Didaktikai szempontból a kép és a szavak viszonyát akkor tekintjük optimálisnak, ha a kép elemzése a szöveg megértést, a szövegben foglaltak pedig a képi információk értelmezését szolgálják, együttesen elősegítve a hatékony tudáskonstrukciót.

Az egyes feldolgozási lépések, algoritmusok szemléltetésekor a képek konstrukciós szerepét használtuk. Az egyes lépések végrehajtása után bemutatásra kerülő képek interaktívvá tették a szöveget.

A jelenléti tanuláshoz elválaszthatatlanul hozzátartozik a tanár hangja. Az elektronikus tananyagoknál is indokolt lehet hanghatásokat tananyagba illeszteni, ha ez didaktikailag indokolt, megalapozott. A tananyag készítése során csak összetettebb képek, képsorozatok, animációk esetén használtunk hangot. Komplex képek, képsorok esetében hangos szöveg-elmondásos magyarázat segítségével auditív módon is értelmezhetővé tettük a képeket, összehangolva az érzékszervek együttműködését. Ilyenkor a vizuális érzékelés a képekre koncentrálódhat, míg a szöveges kommentár

irányíthatja a szemet, az információk feldolgozásának optimális sorrendet és tempót diktálva.

Animációt egyes algoritmusok (például a konvolúció) megértéséhez használtunk hangzó szöveggel a látottak értelmezésére, a figyelem vezetésére, mivel ez úgy fokozhatja a tanulás eredményességét, hogy ebben az esetben a terhelés két érzékszerven oszlik meg, a párhuzamos feldolgozás eltérő agykérgi mezőkben zajlik.

Video anyagot komplexebb gyakorlati feladatok megoldása során használtunk, amelyek választhatóak a szöveges és képi leírások mellett, helyett.

3.1.2. Tanulástámogatás

Az e-learning tananyagok esetében új elem az interaktivitás. Ez lehetővé teszi az adaptív, az egyes tanulókhöz alkalmazható tanulási programok létrehozását, valamint azt, hogy olyan módszereket alkalmazzuk, amelyekkel használhatjuk a szemléletesség didaktikai alapelvét. A szemléletesség lényege éppen az, hogy összekapcsoljuk az elvont gondolkodást és az érzékekkel történő megismerést azért, hogy az elvont ismereteket könnyebben megérthessük.

A Gagne-i instrukciós, didaktikai design szerint minden tanulástámogató rendszernek biztosítania kell a következőket [32]:

- A figyelem felkeltése, motiválás, és a tanulási tartalom problematizálása.
- Az előzetes ismeretek és tapasztalatok aktiválása.
- A tanulási célkitűzések világos megfogalmazása és támogatása.
- Az újonnan megtanultaknak a megfelelő ismeretekkel összekapcsolása.
- A tanultak elmélyítésének, megszilárdításának biztosítása.
- A megtanulás eredményességének kiértékelése és visszajelzése.
- További tanulási lehetőségek bemutatása, felajánlása.

Az e-learning környezet sikerét és hatékonyságát nagymértékben az határozza meg, hogy mennyire aktív, milyen mértékben képes bevonni a tanulókat a tanulási folyamatba, mennyire tudja motiválni a tanulókat az elektronikus környezet és az elektronikus tananyag. A motiváció fenntartását segíti elő a hallgatók közötti kommunikáció ösztönzése, a különböző gyakoroltató feladatok és a folyamatos visszacsatolás. Az előbbieket teszi lehetővé az egyes fejezetekhez kapcsolt fórumok, amelyekbe bármelyik olyan hallgató írhat, témát vehet fel, aki feliratkozott a kurzusra.

A képfeldolgozási feladatokban jól használható alapvető elméleti eredmények, illetve a feldolgozási algoritmusok működésének magas szintű bemutatása a tárgy oktatásának igazi kihívása. Különösen azt figyelembe véve, hogy a tárgy a másod- és a harmadéves hallgatók számára is felvehető, így a tanulók biztosan eltérő képzettséggel, ismeretekkel tanulják a tárgyat. Figyelembe véve azt, hogy a tananyagban tárgyalt képfeldolgozási eljárások négy elméleti alappillére az **integrál transzformációk**, a **konvolúció** és a **matematikai morfológia**, így ezek minél jobb **relációs** megértésére **külön tananyagot dolgoztunk ki**. (A negyedik a hisztogram transzformációk, de ezek megértése nem okozott nehézséget a hallgatók számára.) A három

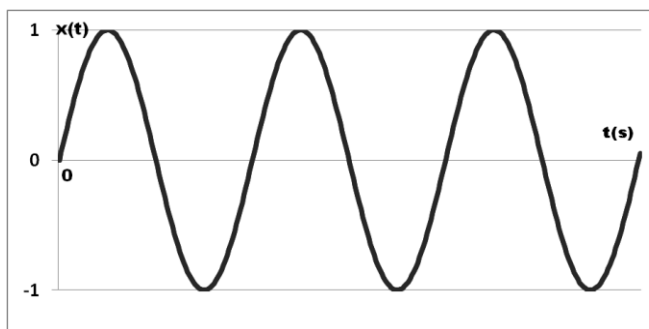
kulcstémához kapcsolódó tananyagban a tanulástámogatás minden ismertett módszerét felhasználtuk.

3.1.3. Integrál transzformációk

A képfeldolgozási eljárások elvégezhetők képtérben és frekvenciatérben is. Ha utóbbiban szeretnénk alkalmazni például egy szűrést, akkor először a képet transzformálni kell a frekvencia tartományba. Ennek megvalósítására alkalmas például a Fourier transzformáció vagy a Wavelet transzformáció. A Fourier transzformáció az egyik legnépszerűbb, s a többiek ennek megértésével könnyen értelmezhetők, így a Fourier transzformációhoz készítettünk olyan tananyagot, amelyet még azok számára is könnyen megérthető, aki nem tanult korábban a komplex számokról, és nem foglalkoztak korábban az integrálással sem. A tananyagot e-learning keretrendszerbe téve a tananyag testreszabhatóvá válik, az ismert részeket a tanulók kihagyhatják.

3.1.3.1. A Fourier transzformáció

A Fourier transzformációnak először az egydimenziós (1D) változatát érdemes megtanítani, mivel a szinusz és koszinusz függvények, amplitúdó, és frekvencia fogalmak egészen biztosan ismertek mindenki számára. Az 1D-s változat megértése után térhetünk rá a kétdimenziós (2D) változatra, amelyet már képekre használunk. A 2D-s változat esetében elegendő a diszkrét FT-t ismertetése, mivel a képfeldolgozásban is ezt használjuk.

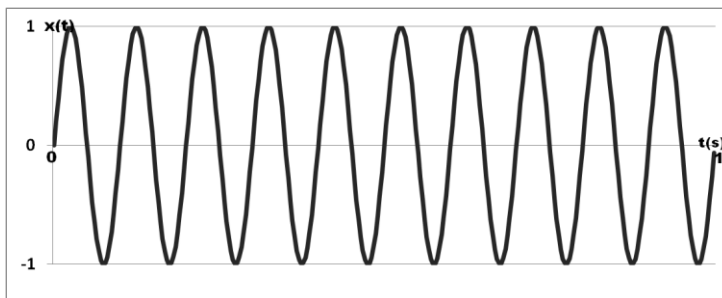


13. ábra. 3 Hz-es szinusz hullám. Az x tengelyen az időintervallumok másodpercben, $t(s)$, az y tengelyen a jel értékei, $x(t)$

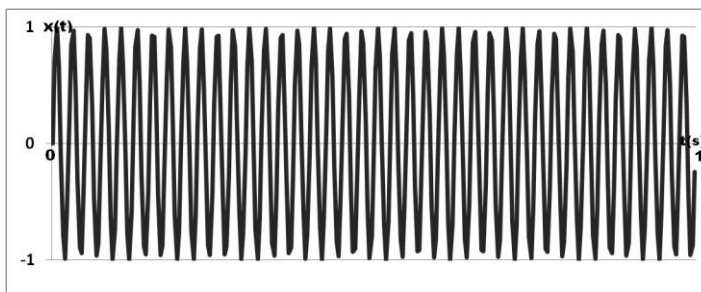
A Fourier transzformáció fogalmát induktívan vezettük be. A tananyagban ehhez először különböző jeleket ábrázoló képeket és a jelek spektrumát mutatjuk be.

A 13. ábrán egy szinuszjel látható, és azt mutatja, hogy a jel az idő függvényében milyen értékeket vesz fel. Az x tengelyen az idő van másodpercben, az y tengelyen pedig a jel értékei. Ez egy periodikus jel, 1 másodperc alatt 3-szor megy át ugyanazon a ponton. Azaz a jel frekvenciája 3 Hz.

A 14-15. ábrán egy 10 Hz-es és egy 50 Hz-es szinusz hullám látható. A képek jól mutatják, hogy a magasabb frekvenciájú jelek esetében a jelek értéke gyorsabban változik, valamint azt is, hogy ezeknek a jeleknek a frekvenciája állandó.



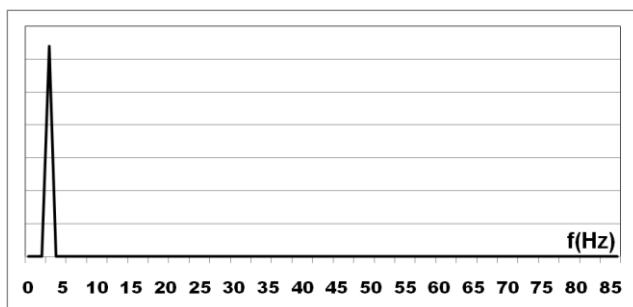
14. ábra. 10 Hz-es szinusz hullám



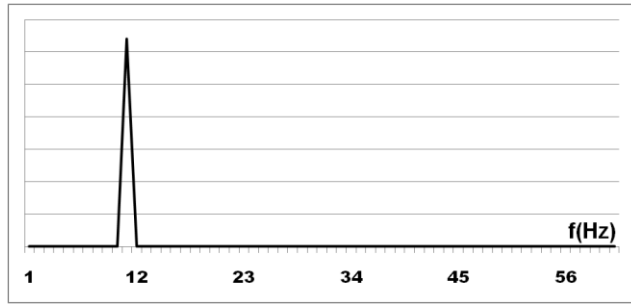
15. ábra. 50 Hz-es szinusz hullám

Ezek a jelek úgynevezett idő-tartomány jelek. Ez azt jelenti, hogy az idő függvényében változnak. Az időt tekintjük a független változónak, a függő változó pedig rendszerint az amplitudó. A fenti ábrák szinuszos jelek idő-amplitudó reprezentációi. A következő lépés a jelek spektrumának megismertetése.

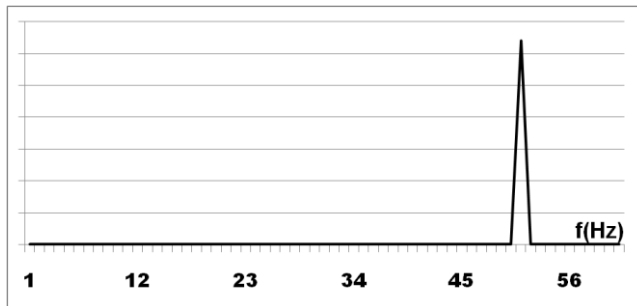
A jelek ilyen fajta reprezentációja nem minden esetben megfelelő. A 15. ábráról például nehéz leolvasni a jel frekvenciáját. A 16. ábra képei az előző három jel spektrumát mutatják.



(a)



(b)



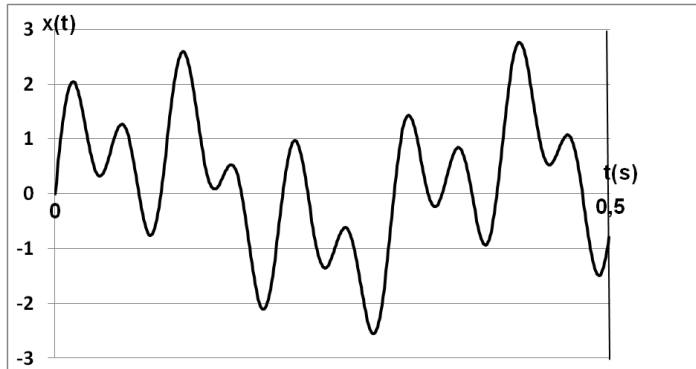
(c)

16. ábra. A 3 Hz-es szinusz hullám spektruma (a), a 10 Hz-es szinusz hullám spektruma (b) és az 50 Hz-es szinusz hullám spektruma (c)

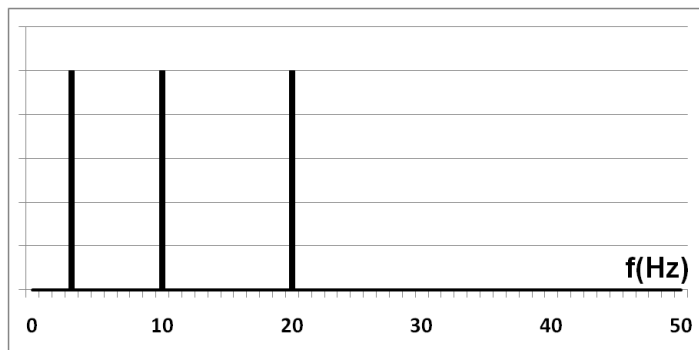
Egy jel spektruma a jelben előforduló valamennyi frekvenciát mutatja meg. Az előző három ábrán azt látjuk, hogy mivel a három jel egyszerű szinuszos jel, így spektrumuk egy-egy frekvenciát tartalmazott. (Folytonos esetben ez a Dirac-delta függvény lenne.)

Az x tengelyen a frekvencia értékek, az y tengelyen az amplitudók találhatóak. Minden egyes frekvenciához tartozik egy amplitudó érték. Az 15(a) ábrán minden frekvenciához a nulla érték tartozik, kivéve a 3 Hz-et, ahhoz az amplitudó nem nulla. Azaz a jelben egyetlen frekvencia értéke található. A 15(b) és a 15(c) ábrán látható spektrumoknál 10 Hz és 50 Hz esetében láthatunk nem nulla amplitudót.

A következőkben olyan jel képét mutatjuk meg, amelyben több frekvenciakomponens is van! Ilyen például a 17. ábrán látható, melyben 3, 10 és 20 Hz-es frekvencia komponensek fordulnak elő, de a képlet vagy a spektrum nélkül ezt igen nehéz volna meghatározni. Egyetlen hallgatónak sem sikerült.



(a)



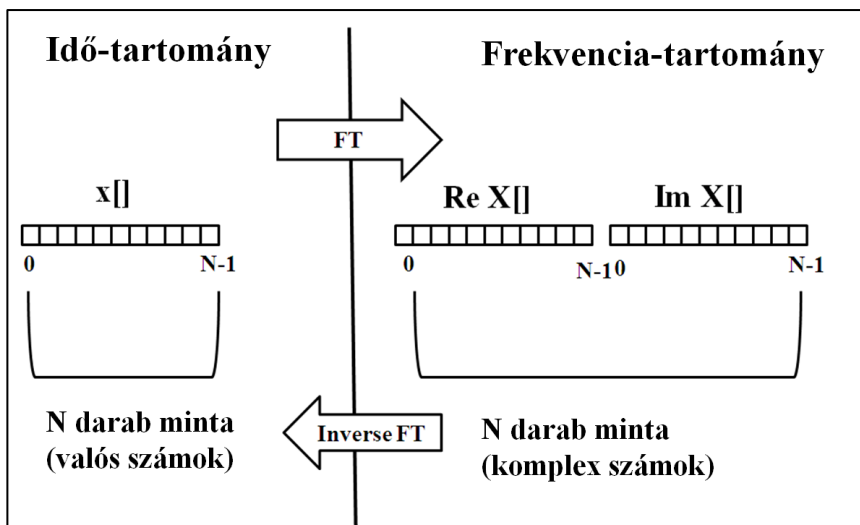
(b)

17. ábra. $\sin(2\pi \cdot t \cdot 3) + \sin(2\pi \cdot t \cdot 10) + \sin(2\pi \cdot t \cdot 20)$ (a) és spektruma (b)

A jelek spektrumára azért lehet szükség, mert például az Nyquist–Shannon mintavételezési törvény azt mondja ki, hogy a mintavételezési frekvenciának legalább kétszer akkorának kell lennie, mint amekkora a jelben előforduló legmagasabb

frekvencia. ($f_c = \frac{1}{2\Delta t}$) Ha alacsonyabb mintavételezési frekvenciát használunk,

akkor az eredeti jelet nem lehet visszaállítani a mintázott jelből. [33] Ehhez azonban ismerni kell a jelben előforduló legmagasabb frekvenciát. A kérdés az, hogy hogyan tudjuk egy jel spektrumát meghatározni, hogyan lehet a korábban látott ábrákat elkészíteni? A válasz a Fourier-transzformáció (FT)! Azt, hogy mit csinál a Fourier transzformáció a 18. ábra adja meg a szemléletes magyarázatot.



18. ábra. A Fourier transzformáció és az inverz Fourier transzformáció illusztrálása

A Fourier transzformáció transzformálja a jelet az idő(-amplitudó) tartományból a frekvencia (-amplitudó) tartományba. Ha N darab amplitudónk van az idő függvényében (valós számok), akkor N darab amplitudónk lesz a frekvencia függvényében (amelyek komplex számok, valós és képzetes résszel). A Fourier-transzformáció tehát egy jelet az idő tartományból a frekvencia tartományba transzformál. Ezért transzformáció. Ráadásul ez a transzformáció megfordítható.

A korábbi ábrákat elkészítettjük a hallgatókkal is, azaz rajzoltattunk jeleket és azok spektrumát az Excel segítségével! (Azért ezzel a programmal, mert ez minden gépen megtalálható, minden tanuló ismeri a használatát.) Ehhez elkészítettük a megfelelő táblázatot, hogy a hallgatóknak csak a frekvenciákat vagy a jelek képletét kelljen megadni! A táblázat használatához installálni kell az Analysis Toolpak bővítményt. (Office gomb, Az Excel beállításai, Bővítmények, Analysis Toolpak, Ugrás, kijelölés, majd OK.) [34]

Az táblázatot a következőképpen készítettük el:

Az első lépésben A-E oszlopokat elláttuk címkével, az első sorba beírtuk a következőket: *Time*, *Data*, *FFT frequency*, *FFT magnitude*, *FFT complex*. Mivel az Excel a gyors FT-t használ az együtthatók kiszámítására, ezért az adatok száma kettő valamilyen hatványa kell, hogy legyen. (Ezt az Excel igényli.) Legyen például 1024 adatunk! Ezt beírtuk a H3 cellába. Az alatta lévő cellába (H4) az idő nagysága került, 1 másodperc. Ezt írtuk a H4 cellába. Ekkor az időintervallum, amit a H5-be írunk H4/H3 lesz, azaz ilyen időközönként veszünk mintát a jelünkből.

Az A2 cellába nullát írtunk, majd az alatta lévő oszlopot kitöltöttük a megfelelő időadatokkal. (A3=A2+H\$5, A4=A3+H\$5, stb.) A B oszlopba kerültek az adatok, a B2-be nulla, majd B3-tól például a SIN(2*PI()*A3*G\$1) értékei. A G1-be írt érték lesz a frekvencia. A korábbi példákban ez 3, 10 és 50 volt. Ha kitöltjük a B oszlopot,

akkor az A2-től A1025-ig az időértékek vannak, a B2:B1025 tartományban az adatok, egy szinuszos jel adatai. A G1-be írt értékek változtatásával a tanulók könnyen meg tudják változtatni a jel frekvenciáját. Az ábrázoláshoz csak ki kell jelölni az A és a B oszlopot, az A oszlopban lévő adatok lesznek az X tengely adatai, a B oszlopban az értéktengely adatai. A leírtak alapján az első ábrához hasonló diagramot kapunk. A G1 értékének változtatásával a diagramon nyomon követhető a jel frekvenciájának változása. Ráadásul a B oszlopba írt függvényt is tetszőlegesen változtathatjuk, a diagram azonnal mutatja a változást.

	A	B	C	D	E
1	Time	Data	FFT frequency	FFT Magnitude	FFT complex
2	0	0	0	0,059441032	0,951056516295146
3	0,00098	0,061320736	1	0,06189692	0,986666039968371-8,53502736963364E-002i
4	0,00195	0,122410675	2	0,070013552	1,10518220267952-0,182915419211132i
5	0,00293	0,183039888	3	0,086767531	1,352646544634-0,312522110499678i
6	0,00391	0,24298018	4	0,121164421	1,86702365152152-0,522026627593649i
7	0,00488	0,302005949	5	0,20908465	3,19516598457557-0,991115708979158i
8	0,00586	0,359895037	6	0,74783921	11,3835920434614-3,68582205764904i
9	0,00684	0,41642956	7	0,515163647	-7,84470300692435+2,53009726146858i

19. ábra. Az Excel táblázat részlete a FFT komplex és az FFT magnitude értékekkel

Célunk azonban nem az időtartomány, hanem a frekvencia tartomány megjelenítése. Ehhez ki kell tölteni az E oszlopot. A kitöltéshez az Adatok/Adatelemzés/ Fourier Analysis menüpontot kell használni. A bemeneti tartomány a \$B\$2:\$B\$1025, a kimeneti tartomány az \$E\$2:\$E\$1025 lesz. Az OK választása után az Excel az E oszlopban kiszámítja a Fourier együtthatókat.

A táblázat D oszlopában az FFT komplex számaiból határozzuk meg a magnitude értéket. Mivel 1024 adatunk van, így a D2-be az $=2/1024*IMABS(E2)$ képlet került. A képlet lefelé másolásával D1025-ig megkapjuk az ábrázolandó értékeket. A C oszlopba a frekvencia értékek kerülnek. C2-be 0, C3-tól kezdve $=C2+H$3$ -ig.

H6=H$3*H5$, azaz H6-ban a mintavételezési frekvencia van ($\Delta f = \frac{1}{N \cdot \Delta t}$).

A diagram történő ábrázolás során az X tengely adatai a C oszlopban lesznek, az Y tengelyen a D oszlopban lévő adatok. Ha a teljes tartományt ábrázoljuk, azaz D2:D1025-öt, akkor láthatjuk, hogy a jelek spektruma szimmetrikus lesz. (Ha csak az 512-ig adjuk meg a tartományt, akkor nem mutatjuk a szimmetriát.) Egy 10 frekvenciás jel spektrumánál 10-nél és 1014-nél is láthatunk egy függőleges vonalat. Ha el akarjuk kerülni a duplikálást, elegendő a minták számának a felét, vagy akár kevesebbet is ábrázolni.

Mire használhatjuk a táblázatot? A G1 értékének megváltoztatásával láthatóvá válik a tanulók számára a frekvencia megváltozása. A B2-be írt képletet is meg lehet változtatni, majd a képlet lefelé másolásával a diagramon láthatóvá válik az új jel ábrája. Az új jel spektrumának megjelenítéséhez viszont az E oszlop adatait mindig újra kell számoltatni az Excellel (Adatok/Adatelemzés Fourier-

analýzis). A táblázat segítségével megmutatható az FT néhány tulajdonsága mint például a linearitás vagy a skálázhatóság (scaling).

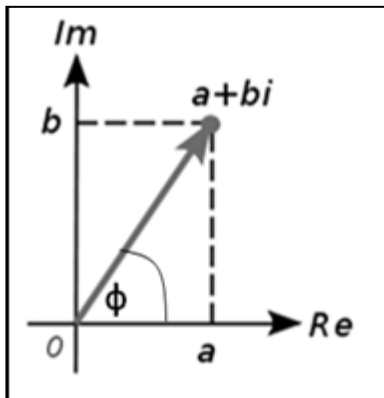
A táblázatból (19. ábra) azt is jól láthatják a tanulók, hogy a Fourier transzformáció N darab valós számot N darab komplex számmá transzformált, melynek két része van, valós és képzetes. A spektrum megjelenítéshez viszont elegendő a magnitude értéke, amely most egyfajta amplitúdót jelent. Az is látható, hogy az idő függvényében megadott 1024 darab amplitúdóból a transzformáció 1024 darab amplitúdót állított elő, de csak azoknál a frekvenciáknál kaptunk nullánál lényegesen nagyobb értéket, melyek előfordultak a jelben. Ezt mutatja a D oszlop.

A tananyag eddigi részéből meg lehet érteni, hogy mit csinál az FT, de azt még nem, hogy hogyan. A részletes magyarázathoz a képletet is felhasználtuk. Az FT felbontja a jelet különböző frekvenciák komplex exponenciális függvényeire. Hogy hogyan, azt az alábbi két egyenlőség definiálja:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot e^{-2\pi \cdot i \cdot f \cdot t} dt \quad (1)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) \cdot e^{2\pi \cdot i \cdot f \cdot t} df \quad (2)$$

A fenti képletben t az idő, f a frekvencia, az $x(t)$ a jel az időtartományban, az $X(f)$ a jel a frekvencia tartományban, $i = \sqrt{-1}$ komplex szám. Egy komplex szám egy valós és egy képzetes részből áll. A következő alakban írható fel: $a+bi$, ahol a és b valós számok, i pedig a standard képzetes egység a következő tulajdonsággal: $i^2 = -1$. [35][36]



20. ábra. Komplex számok szemléltetése vektorral

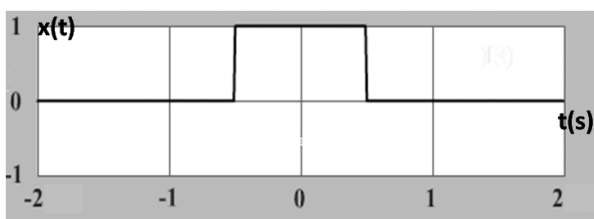
Az első egyenlet az $x(t)$ Fourier transzformáltja, a második egyenlet az $X(f)$ inverz Fourier transzformáltja, azaz $x(t)$. A képlet szerint az $x(t)$ jelet megszorozzuk egy exponenciális kifejezéssel minden egyes frekvenciánál, és integráljuk. A fenti két

képlet helyett a tananyagban inkább a következőt használtuk: (mivel $e^{it} = \cos(t) + i\sin(t)$) [37]

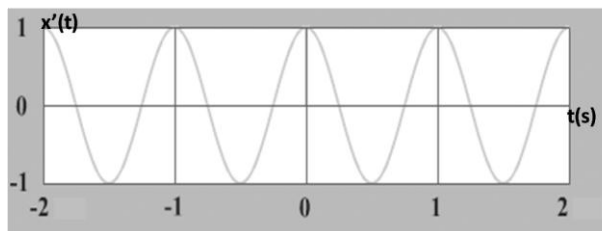
$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot (\cos(2\pi \cdot f \cdot t) - i \sin(2\pi \cdot f \cdot t)) dt \quad (3)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) \cdot (\cos(2\pi \cdot f \cdot t) + i \sin(2\pi \cdot f \cdot t)) df \quad (4)$$

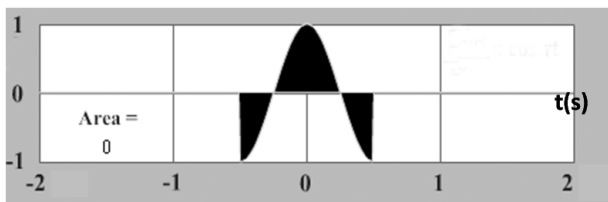
Ez a képlet azért jobb, mert azt mutatja, ahogyan az FT működik. Az FT a jelet felbontja szinusz és koszinusz jelekre. Azaz a jelet szinusz és koszinusz jelek összegeként állítja elő. A Fourier transzformáció bázisfüggvényei tehát a $\cos(2\pi f t)$ (valós rész) és a $i\sin(2\pi f t)$ (képzetes rész). A képlet szerint megszorozzuk az eredeti jelet egy komplex kifejezéssel, melynek van f frekvenciájú szinuszos és koszinuszos része. Aztán a szorzatot integráljuk. Ha az integrálás eredménye (ami nem jelent mást, mint egyfajta összeget) relatíve nagy érték, akkor azt mondjuk: az $x(t)$ jelnek domináns spektrális komponense van f frekvenciánál. Ez azt jelenti, hogy ennek a jelnek a fő része f frekvenciából áll. Ha az integrálás eredménye egy kis érték, akkor ez azt jelenti, hogy a jelnek nincs jelentős f frekvenciájú része. Ha az integrálás eredménye nulla, a jel egyáltalán nem tartalmaz f frekvenciájú jelet. [38] A megértést a további ábrákkal és konkrét példával segítettük elő.



(a)



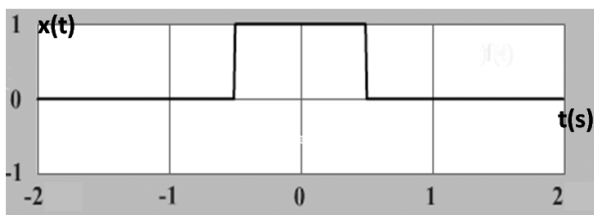
(b)



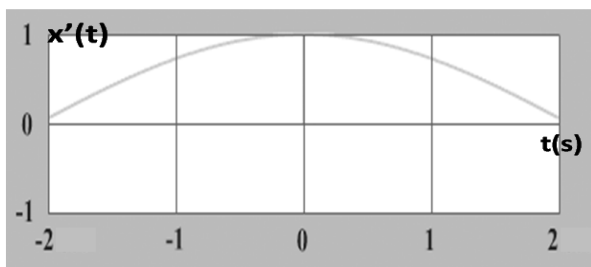
(c)

21. ábra. Egy jel (a), $\cos(2\pi \cdot 1 \cdot t)$ (b) és a szorzatuk és az integrálás eredménye (c)

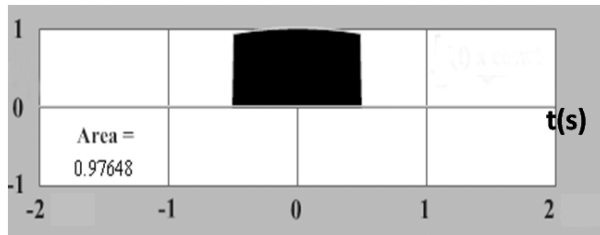
Az 21(a) ábrán egy jel $x(t)$ látható. A 21(b) ábrán a $\cos(2\pi \cdot 1 \cdot t)$ függvény. Az 21(c) ábrán az integrálás eredménye: $(\int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot \cos(2\pi \cdot 1 \cdot t) dt)$, mely szerint a jel nem tartalmaz 1 frekvenciájú jelet, mivel a terület értéke 0. A 22(a) ábrán az eredeti jel a 22(b) ábrán a $\cos(2\pi \cdot 0,12 \cdot t)$, a 22(c) ábrán az integrálás eredménye látható. A terület értéke majdnem egy, tehát ilyen frekvencia komponens létezik a jelben.



(a)



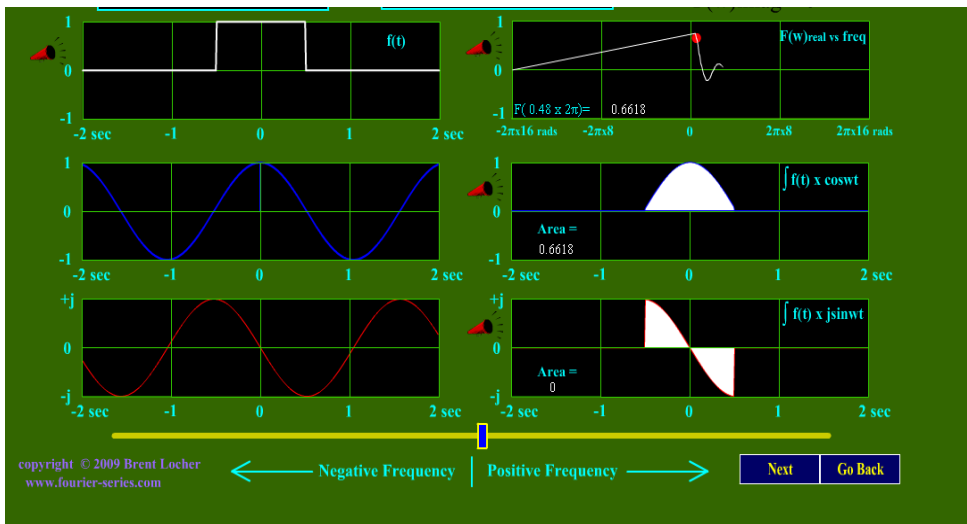
(b)



(c)

22. ábra. Egy jel (a), $\cos(2\pi \cdot 0.12 \cdot t)$ függvény (b), valamint a szorzatuk és az integrálás eredménye (c)

A tökéletes megértést egy olyan (külső link) [39] flash programmal segítettük elő, amelynek használatával egy adott jelhez hasonló koszinusz függvényt lehet keresni a frekvencia változtatásával. A program a koszinusz függvény frekvenciájának változtatásával párhuzamosan mutatja az integrálás eredményét.



23. ábra. A Fourier transzformáció szemléltetése

Mivel a számítógép nem tud folytonos jelekkel dolgozni, ezért szükséges egy olyan képlet, amely véges, diszkrét jeleknek is meg tudja adni a Fourier transzformáltját. Ez lesz a diszkrét Fourier transzformáció (DFT), melynek segítségével még szemléletesebben meg tudjuk mutatni a Fourier transzformáció működését!

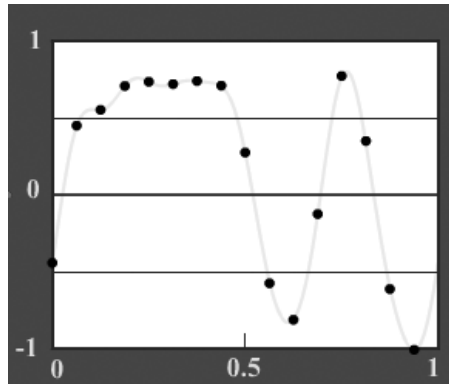
A DFT képlete a következő:

$$X(f_k) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} x(t_j) \left(\cos\left(2\pi \cdot f_k \cdot \frac{t_j}{N}\right) - i \sin\left(2\pi \cdot f_k \cdot \frac{t_j}{N}\right) \right), \quad t_j = j\Delta t,$$

$$\Delta f = \frac{1}{N \cdot \Delta t}, \quad f_k = \Delta f \cdot k, \quad \text{ahol } k = 1, \dots, N.$$

A tananyagban itt részletesen elmagyarázzuk a különbséget. A korábbi folytonos $x(t)$ jelből mintát veszünk, N darabot. Mivel véges értékeket kell összeadni, így az integráljel helyett a szumma jel szerepel a képletben. Adott f_k frekvenciára megszorozzuk a jelet (az N darab értéket) egy kifejezéssel, és a kapott értékeket összeadjuk. Ez lesz a jel Fourier együtthatója ennél az f_k frekvenciánál. Ha ez egy nullánál lényegesen nagyobb szám, akkor f_k frekvenciájú domináns komponense van a jelnek. Ezt a műveletet minden frekvenciára elvégezzük $N-1$ -ig. A fentiekre ismét egy konkrét példát mutatunk:

A 24. ábra mutatja az $x(t)$ jelet, amelyből 16 darab mintát vettünk. A mintaelemek értéke közelítőleg: $x_0=-0,44$; $x_1=0,45$; $x_2=0,55$; $x_3=0,71$; $x_4=0,73$. $x_5=0,72$; $x_6=0,74$; $x_7=0,71$; $x_8=0,27$; $x_9=-0,58$; $x_{10}=-0,81$; $x_{11}=-0,13$; $x_{12}=0,73$; $x_{13}=0,35$; $x_{14}=-0,61$; $x_{15}=-1,00$.



24. ábra Egy mintázott jel

Ennek a jelnek kiszámítottuk a Fourier együtthatóját a fenti képlettel, $f_0=0$, $f_1=1$ és $f_2=2$ frekvenciák esetén:

$$x_0 = \frac{1}{16} \sum_{j=0}^{15} x(t_j) \left(\cos\left(2\pi \cdot 0 \cdot \frac{t_j}{16}\right) - i \sin\left(2\pi \cdot 0 \cdot \frac{t_j}{16}\right) \right)$$

$$x_1 = \frac{1}{16} \sum_{j=0}^{15} x(t_j) \left(\cos\left(2\pi \cdot 1 \cdot \frac{t_j}{16}\right) - i \sin\left(2\pi \cdot 1 \cdot \frac{t_j}{16}\right) \right)$$

$$x_2 = \frac{1}{16} \sum_{j=0}^{15} x(t_j) \left(\cos\left(2\pi \cdot 2 \cdot \frac{t_j}{16}\right) - i \sin\left(2\pi \cdot 2 \cdot \frac{t_j}{16}\right) \right)$$

A példa rendkívül szemléletesen mutatja az együtthatók számításának menetét. Az együtthatók értékei rendre a következő számok: $x_0=2,44+0i$; $x_1=-1,16-4,04i$; $x_2=-3,14+0,62i$; Az időtartományban 16 darab valós számhoz a DFT 16 darab komplex számot rendelt. Ezekkel azonban a hallgatók egy része nem tud mit kezdeni. Így emlékeztetjük őket arra, hogy az Excelben sem a komplex számokat ábrázoltuk a frekvencia függvényében, hanem az azokból képzett amplitúdót, melynek a magnitudo nevet adtuk. Ott a beépített Excel függvényt használtuk, most megadjuk ennek képletét is: $|z| = \sqrt{Re^2 + Im^2}$. A példában a 0 frekvenciához a $2,44+0i$ értéket kaptuk, melynek a magnitudo értéke: $\sqrt{2,44^2 + 0^2} = 2,44$, $X(1)$ esetében $\sqrt{-1,16^2 + 4,04^2} = 4,2$.

A kétdimenziós DFT ismertetése már a kötelező anyag része, hiszen ezt a változatot használjuk a digitális képfeldolgozásban. Amíg korábban a jelet az idő (amplitúdó) tartományból a frekvencia tartományba transzformáltuk a Fourier transzformációval, addig egy I képet a tér (*spatial*) tartományból a frekvencia tartományba transzformáljuk. Ennek a transzformációnak a fontosságát azért hangsúlyozzuk a tananyagban, mert képek elemzése, bizonyos zajok kiszűrése a képből, valamint a képek tömörítése könnyebb a frekvencia tartományban, mint a tér tartományban. A kérdés az, hogy kép esetében mit értünk frekvencia tartományon.

A frekvencia tartomány olyan terület, amelyben a kép minden egyes pixelének az értéke az F pozícióban azt a mennyiséget reprezentálja, ahogyan az I képen a fényesség értékek változnak egy meghatározott távolságban az F-hez képest. Például, ha annál a pontnál, amelyik a 0,1 frekvenciát (azaz 1 periódus 10 pixelenként) reprezentálja, az érték 20, akkor a hozzá tartozó tér (*spatial*) tartományban a fényességértékek a sötétből a világosba és vissza a sötétbe 10 pixelenként változnak, és a legvilágosabb és a legsötétebb pixel között a távolság 40 (2-szer 20). [37][38]

A Fourier transzformációs pár szeparábilis, amelynek legfontosabb előnye, hogy az $F(u,v)$ függvényt az egydimenziós Fourier-transzformáció kétszeri alkalmazására kapjuk meg. (Hasonlóan az inverzre is.) Így az egydimenziós FT kiterjesztése kétdimenziós Fourier-transzformációra (2D FT) nagyon egyszerű: vegyük a kép minden sorát, és hajtsuk végre rajta az 1D FT-t, majd az eredményt felhasználva hajtsuk végre az 1D FT-t minden oszlopon! Ezt mutatja a következő képlet: [40][41]

$$F(u, v) = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} f(x_k, y_l) e^{-2\pi i \left(\frac{ux_k}{M} + \frac{vy_l}{N} \right)}$$

amit úgy is írhatunk a fentiek alapján, hogy:

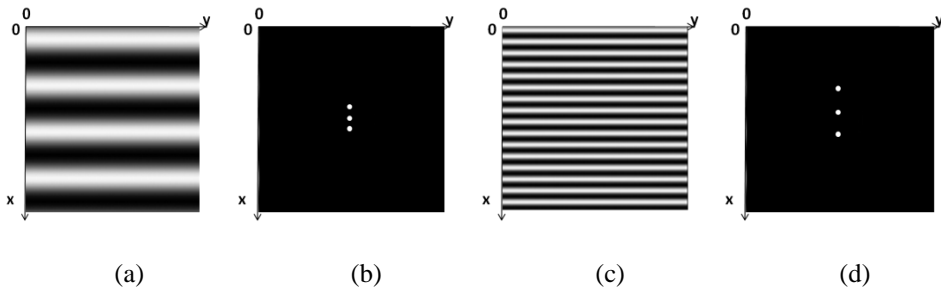
$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{l=0}^{N-1} P(u, y_l) e^{-2\pi i \frac{vy_l}{N}}$$

ahol

$$P(u, y) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} f(x_k, y) e^{-2\pi i \frac{ux_k}{M}}$$

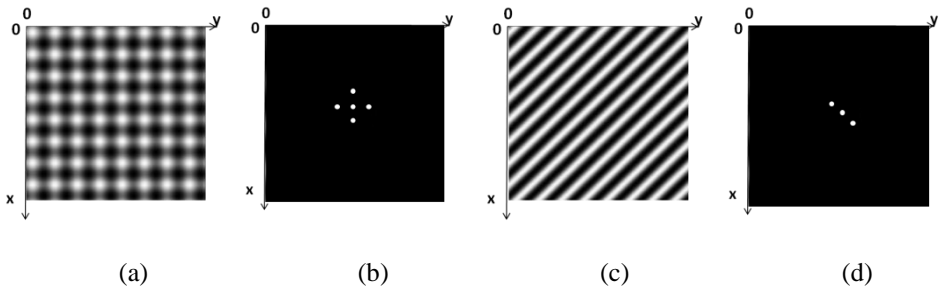
Itt kihasználtuk, hogy az ismertetést az egydimenziós változattal kezdtük. A tananyag végén képsorozatokat helyeztünk el: speciális képeket és ezek Fourier-transzformáltjának spektrumát a magyarázattal. A transzformált képekre az a jellemző, hogy mivel a transzformáció komplex számokat eredményez, a megjelenítéshez csak a magnitude értékeket használjuk fel, mivel ez mondja meg, hogy „mennyi” frekvencia komponens van a jelben. További jellemzője a képeknek, hogy a transzformált kép úgy van eltolva, hogy a kép közepén a DC érték (a kép fényességkódjainak átlaga) található. Az $F(0,0)$ a képernyő közepén van megjelenítve.

A középponttól távolodva annál világosabb egy pont, minél nagyobb a hozzá kapcsolódó frekvencia érték, és annál távolabb van a kép középpontjához, minél nagyobb a képben a frekvencia.[41]



25. ábra. Képek (a) (b) és a Fourier transzformáltjuk (c) (d)

A 25(a) kép FT-je 3 értéket tartalmaz: a DC komponenst közepén, és mivel a Fourier kép is szimmetrikus a középpontra, két másik pontot az eredeti képen függőlegesen változó csíkok frekvenciájának megfelelően. Mivel felülről lefelé változnak periódikusan a világos és sötét csíkok, így a 3 pont egy függőleges vonalon fekszik. A 25(b) képen gyorsabban változnak a csíkok, a nagyobb frekvencia miatt a két világos pont távolabb van a kép közepétől.



26. ábra. Képek (a) (c) Fourier transzformáltjuk (b) (d)

A kép forgatásakor a kép spektruma is elfordul (26.b), a 26.(c) ábrán két szinusz függvény összege látható, melyek ellentétes irányúak. Ezek a képek jól mutatják a 2D DFT működését, de olyan képekre is szükség van, amelyek a DFT gyakorlati hasznosítását mutatják.



27. ábra. Az eredeti kép² és FT-je, és az élesített kép az FT-jével

Az eredeti képet transzformáltuk a frekvencia tartományba, ahol kiszűrtük az alacsony frekvenciákat egy felüláteresztő szűrő használatával, így az eredetnél élesebb képet kapunk, amint elvégeztük az inverz DFT-t. Egy képen ugyanis a zajok és az élek jelentik a magas frekvenciákat. Ez a szűrőtípus megőriz néhány alacsonyfrekvenciájú információt, miközben felerősíti a magas frekvenciájúakat. Ehhez saját szűrőt kellett definiálni, amely kör alakban szimmetrikus és a következő együtthatói vannak:

0	0.5
96	4.0
127	4.0

Azaz az origótól 0 távolságban lévő együtthatókat 0,5-tel szoroztuk. Az origótól távolodva a 96 frekvencia távolságig a szorzás egy 0,5 és 4,0 közötti interpolált értékkel történt, a 96 frekvencia távolságon túl 4.0-val szoroztuk. Tehát a magas frekvenciájú együtthatókat 1,0-nál nagyobb számmal, az alacsonyabbak 1,0-nál kisebb számmal szoroztuk.

² <http://en.wikipedia.org/wiki/Lenna>



(a) (b) (c)

28. ábra. Zajos kép (a), a szűrt kép (b) és a használt szűrő (c)

A Fourier transzformációt és a frekvenciatérben végrehajtható képfeldolgozási műveleteket a laboratóriumi gyakorlatokon az ImageJ program használatával végezték el a hallgatók. **A program korlátozott lehetőségei miatt készítettünk a MATLAB programhoz egy olyan dft.fig nevű alkalmazást, amellyel jpeg kiterjesztésű képeket lehet megnyitni, és amelyben a manipulálni kívánt frekvenciatartomány centrumát, annak sugarát illetve a módosítás mértékét is meg lehet adni (ezekre a továbbiakban x : centrum, y : sugár, z : intenzitás jelöléssel hivatkozunk).**

Az algoritmus gyakorlati alkalmazása abban rejlik, hogy az egyes frekvenciatartományokban történő képmanipulációval a kép élessége, részletessége válik állíthatóvá. A nagyfrekvenciás tartomány triviálisan a kép markáns éleinél jelentős, míg az alacsonyabb frekvenciatartomány a kép szaturációját, színhőmérsékletét befolyásolja. Az alkalmazásban lehetőség nyílik a frekvencia értékek növelésén kívül azok csökkentésére is (alacsony frekvenciatartományban a színhőmérséklet-fényerő csökkenése jelentkezik, magasabb tartomány elmosó algoritmusként is értelmezhető, mellyel a kép részletessége csökken, zajszűrés jelentkezik).

A frekvenciatartománybeli manipulációt pedig az inverz DFT követi, mellyel a képet menthető, image eljárással megjeleníthető formára transzformálja.

A konkrét megvalósítás során frekvencia növelésnél az alábbi matematikai transzformációt használtuk, melyek megállapítása saját, intuitív módon történt:

$D(i,j,k)=D(i,j,k)*\max(1,(y-\text{abs}(X-i)-\text{abs}(Y-j))*(1.5*z/y))$, ahol a $D(i,j,k)$ a fenti jelöléssel a k színsatornához tartozó $D_{i,j}$ Fourier együtthatót jeleztük.

A csökkentő eljárást az alábbi matematika összefüggéssel állítottuk elő:

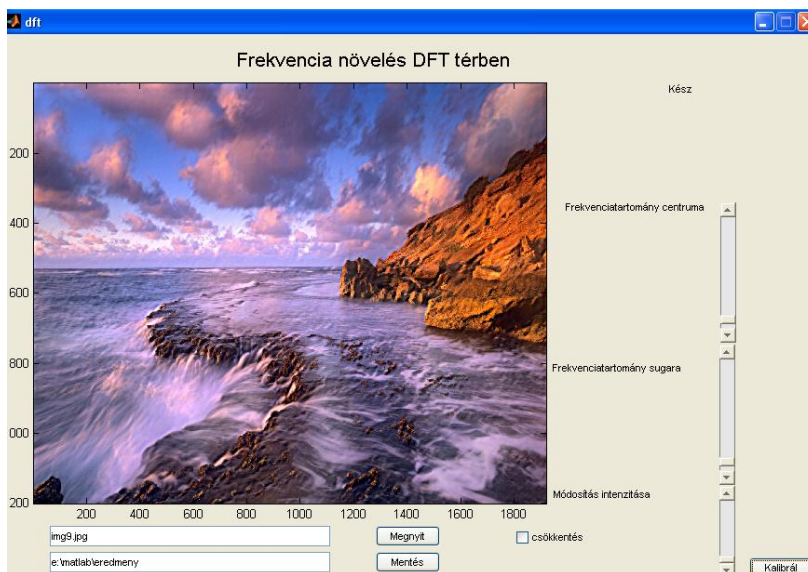
$$S(i,j,k)=1/\max(1,(y-\text{abs}(X-i)-\text{abs}(Y-j))*(1.5*z/y));$$

$$\text{if } S(i,j,k)<0$$

$$S(i,j,k)=1;$$

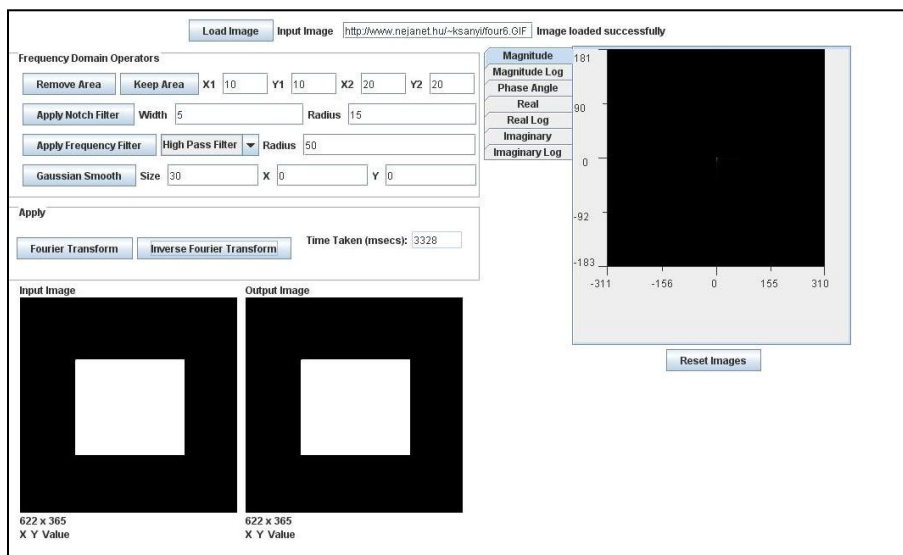
end;

ahol az új Fourier együttható mátrixot az alábbi módon definiáltuk: $D=D*S$.



29. ábra. Fourier transzformáció szemléltetése MATLAB programmal³

A saját fejlesztésű programon kívül a tananyagban elhelyeztünk még egy külső linket is egy olyan java applet alkalmazásra (30. ábra), melynek segítségével a hallgatók frekvencia tartományban végezhetnek szűréseket az általuk feltöltött képeken. [42]



30. ábra. Szűrés frekvencia térben java applet alkalmazással

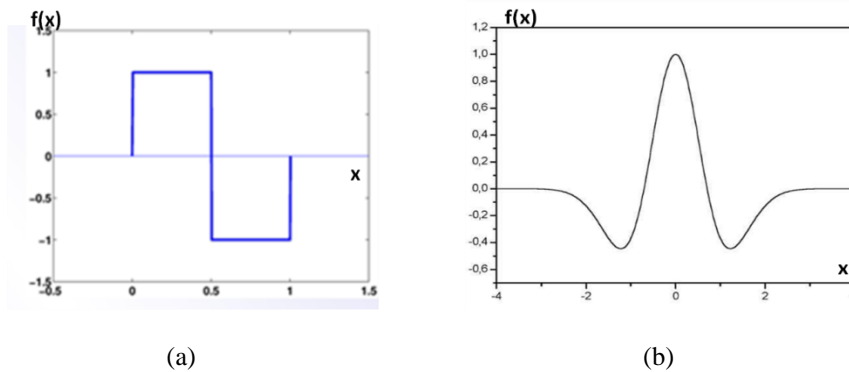
³ Windows 7 háttérkép (im9.jpg)

3.1.3.2. A Wavelet transzformáció

Mielőtt a tananyagban részletesen bemutatjuk ezt a transzformációt, az Excel táblában megmutatjuk a tanulóknak, hogy ha egy másik jelben (B oszlop) például három frekvencia (3Hz, 10Hz és 20 Hz) is megjelenik, de különböző időben, akkor is az 17.(b) ábrán látható spektrumot kapjuk, pedig a két jel nem egyezik meg. Azaz a Fourier transzformáció nem tudja megmutatni, hogy egy jelben egy frekvencia mikor jelenik meg, csak azt, hogy megjelenik. A Wavelet-transzformáció képes arra, hogy egyszerre adjon idő és frekvencia adatokat a jelről, mivel az idő-frekvencia reprezentációját adja a jelnek. A transzformáció bemutatását a FT-val való összehasonlítással kezdjük, melyhez a folytonos wavelet transzformáció (CWT) képletét is használhatjuk.

A két transzformáció közötti alapvető különbség a bázisfüggvényekben rejlik. Az FT-val ellentétben a Wavelet-transzformáció bázisfüggvényei nem különböző frekvenciájú szinuszos hullámok, hanem hullámocskák (waveletek), melyek egy alap-hullám (mother wavelet) eltolt és összenyomott változatai. Itt azonban a bázisfüggvények nem eleve meghatározottak, többféleképpen lehetnek.

A wavelet bázisfüggvények konstruálásának története a múlt század elején kezdődött a Haar-féle ortogonális rendszer megalkotásával. Ekkor alkotta meg Haar Alfréd a Hilbert térnek $L^2(R)$ egy teljes ortonormált rendszerét melyet később Haar waveletnek kereszteltek át. [43] Az 1980-as években megjelent a Morlet majd a Gauss és a Mexican-Hat wavelet. A tananyagban a legismertebb alaphullámok közül a Haar, a Gauss és a Daubechies hullámokat mutatjuk be. Ez utóbbi rendkívül széles körben alkalmazott wavelet, használják egy jel diszkontinuitásának vizsgálatára vagy például fraktál problémák megoldásához. A transzformáció sikerének kulcsa ugyanis a megfelelő wavelet függvény kiválasztása.

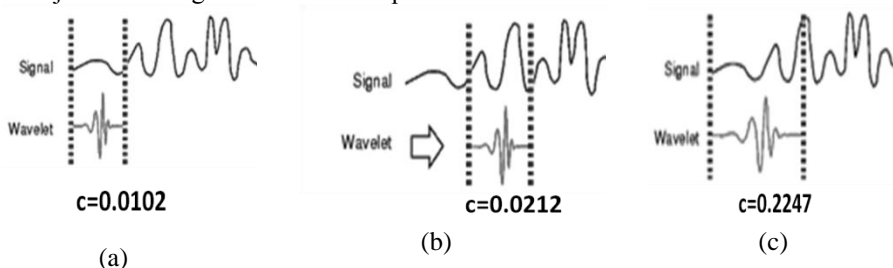


31. ábra. Haar wavelet (a) és Mexican-Hat wavelet (b)

A kulcs a megértéshez az, hogy a bázisfüggvények úgy alakulnak ki, hogy az alapfüggvényt egyrészt nyújtjuk illetve összenyomjuk, másrészt végigtoljuk a jel mentén, és közben az FT-hez hasonlóan szorozzuk a jel értékeivel, azaz keressük közöttük a kapcsolatot, éppen úgy, ahogyan az FT-nél. (Az összenyomás mértékét nevezzük skálaparaméternek, melyet $1/\text{frekvencia}$ módon definiálunk.) Tehát a wavelet analízis is egy hasonlósági mérték a bázisfüggvények (waveletek) és az

alapjel között, mint az FT. A hasonlóság alapja most is a hasonló frekvencia tartalom. A kiszámolt együtthatók utalnak a wavelet és a jel közötti közelségre az aktuális skálaértéknél. Azaz: ha a jelnek van jelentős frekvencia komponense az aktuális skálaértéknél, akkor a wavelet (az alapfüggvény) az aktuális skálán hasonló vagy majdnem ugyanazt az értéket veszi fel, mint a jel. (Az adott helyen, ahol a frekvencia komponens előfordul.) Ezért lesz a Wavelet együttható értéke ennél a pontnál relatíve nagy érték. [44] A folytonos Wavelet-transzformáció lépéseinek bemutatásához a következő ábrákat használja a tananyag.

1. Válasszunk ki egy megfelelő wavelet függvényt, és az eredeti jel elején hasonlítsuk össze a jellel!
2. Szorozzuk össze a jelet a wavelet-tel ezen a részen, azaz számítsuk ki C értékét, amely azt mutatja, hogy a kiválasztott wavelet mennyire hasonlít ezen a részen a jellel. Ha C értéke nagy, akkor a hasonlóság is nagy. Vegyük figyelembe, hogy az eredmény függ a választott wavelet alakjától!
3. Toljuk végig a wavelet-et az idő tengely mentén jobbra, és ismételjük meg az 1. és a 2. lépéseket, amíg le nem fedjük a teljes jelet!
4. Skálázzuk (például nyújtsuk meg) a wavelet-et, és ismételjük az 1-3 lépéseket!
5. A teljes skálán végezzük el az 1-3 lépéseket!



32. ábra. A jel és a wavelet a jel elején (a), tovább toljuk a hullámot (b), összenyomjuk a hullámot és ismételjük a korábbi lépéseket (c)

A Wavelet transzformációval foglalkozó modul további leckéiben kerül ismertetésre egy konkrét példán keresztül a wavelet transzformáció működése digitalizált képeken. A transzformáció során az egyik legegyszerűbb alaphullámot, a Haar wavelet-et használjuk fel. A transzformáció további gyakorlati hasznosítását (zajsűrés, tömörítés) a MATLAB szoftverrel mutatjuk be a hallgatóknak. A DCT-re pedig egy link mutat, amely **fizikailag** a Digitális képformátumok fejezetben található.

3.1.3.3. A diszkrét koszinusz transzformáció (DCT)

A tananyag utolsó fejezete mutatja be a digitális képformátumokat. Napjaink egyik legnépszerűbb formátuma a JPEG, amelyben a DCT-t is használjuk. A DCT-t azért, mert ez teszi lehetővé a kódoláskor a tömörítést. A JPEG2000 formátum nem annyira elterjedt (de például az Adobe Acrobat Profession ismeri), mégis megmutatjuk a hallgatóknak, mivel a DCT analógiájára ennek a formátumnak az előállításakor használt Wavelet transzformációt korábban ismertettük. Vagyis a wavelet gyakorlati alkalmazását, és egy konkrét, Haar-wavelet segítségével történő transzformációt is ismertetünk a hallgatókkal. A két transzformáció előnyös energia megőrző tulajdonságainak bemutatása feltételezi, hogy a hallgatók ismerik a mátrixszorzást. (A tananyagban egy „kihagyható” linkre kattintva ismertetjük azok számára, akiknek ez

szükség a mátrix transzponáltjának ismertetésével együtt.) A tananyag természetesen a JPEG teljes kódolási folyamatát bemutatja, de a DCT megértése jelenti a kihívást a hallgatók számára, ezért ehhez külön tananyagot fejlesztettünk ki.

A DCT egy Fourier-transzformáció (FT), de nem komplex, hanem valós számokkal dolgozik, és nem szinusz és koszinusz hullámok összegére bontja fel a jelet, hanem csak koszinusz függvényekkel dolgozik. És ami igen előnyös számunkra, hogy maga a transzformáció mátrix szorzásként definiálható, felhasználva egy 8•8-as mátrixot. A tananyagunk megmutatja és részletesen elmagyarázza ezt a mátrixot!

A DCT-t az alábbi módon definiálhatjuk:

$$B = UAU^T$$

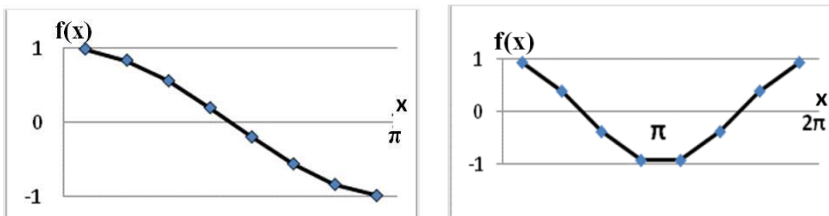
A kifejezésben az U egy speciális mátrix, az U^T ennek transzponáltja. (A sorok és oszlopok felcserélésével kapott mátrix.) Az A mátrix tartalmazza a transzformálandó értékeket, a B mátrix az eredmény mátrix.

Az U mátrix a 33-as ábrán látható [45]:

$$U = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \cos \frac{\pi}{16} & \cos \frac{3\pi}{16} & \cos \frac{5\pi}{16} & \cos \frac{7\pi}{16} & \cos \frac{9\pi}{16} & \cos \frac{11\pi}{16} & \cos \frac{13\pi}{16} & \cos \frac{15\pi}{16} \\ \cos \frac{2\pi}{16} & \cos \frac{6\pi}{16} & \cos \frac{10\pi}{16} & \cos \frac{14\pi}{16} & \cos \frac{18\pi}{16} & \cos \frac{22\pi}{16} & \cos \frac{26\pi}{16} & \cos \frac{30\pi}{16} \\ \cos \frac{3\pi}{16} & \cos \frac{9\pi}{16} & \cos \frac{15\pi}{16} & \cos \frac{21\pi}{16} & \cos \frac{27\pi}{16} & \cos \frac{33\pi}{16} & \cos \frac{39\pi}{16} & \cos \frac{45\pi}{16} \\ \cos \frac{4\pi}{16} & \cos \frac{12\pi}{16} & \cos \frac{20\pi}{16} & \cos \frac{28\pi}{16} & \cos \frac{36\pi}{16} & \cos \frac{44\pi}{16} & \cos \frac{52\pi}{16} & \cos \frac{60\pi}{16} \\ \cos \frac{5\pi}{16} & \cos \frac{15\pi}{16} & \cos \frac{25\pi}{16} & \cos \frac{35\pi}{16} & \cos \frac{45\pi}{16} & \cos \frac{55\pi}{16} & \cos \frac{65\pi}{16} & \cos \frac{75\pi}{16} \\ \cos \frac{6\pi}{16} & \cos \frac{18\pi}{16} & \cos \frac{30\pi}{16} & \cos \frac{42\pi}{16} & \cos \frac{54\pi}{16} & \cos \frac{66\pi}{16} & \cos \frac{78\pi}{16} & \cos \frac{90\pi}{16} \\ \cos \frac{7\pi}{16} & \cos \frac{21\pi}{16} & \cos \frac{35\pi}{16} & \cos \frac{49\pi}{16} & \cos \frac{63\pi}{16} & \cos \frac{77\pi}{16} & \cos \frac{91\pi}{16} & \cos \frac{105\pi}{16} \end{bmatrix}$$

33. ábra. DCT mátrix

A nulladik sor konstansokból áll. A következő hét sorban 8 egymástól azonos távolságra lévő pontokat definiáltak, az első sorban a $k\pi/16$ -val kezdve ($k=1$), a távolság nagysága mindig $2k\pi/16$. A következő sor ($k=2$) is $k\pi/16$ -val kezdődik, a távolság $2k\pi/16$, azaz $4\pi/16$, mivel $k=2$. Stb. Grafikusan minden sora (1-7) koszinusz függvényként ábrázolható. Az első és a második sorban lévő értékek például:



34. ábra. A DCT mátrix első és második sora

Miért éppen ezt a mátrixot használjuk fel? Azért, mert minden sor (1-7-ig) esetében a jelölt pontok magasságának összege nulla. Így, ha ezt a mátrixot (az 1-7

sorokat csak) megszorozzuk egy konstans vektorral, az eredmény 0 lesz. Ráadásul ha a mátrix bármelyik (1-7) sorát egy majdnem konstans vektorral szorozzuk, akkor az eredmény 0 vagy ahhoz közeli érték lesz. Ez jelenti a kulcsot a megértéshez!

A DCT során a 8•8-as blokkot (A) szorozzuk meg először U -val, a fenti mátrixszal. $C=UA$. Ha az A mátrix elemei megközelítőleg konstans értékek, akkor a C elemei is nulla vagy nulla közeli értékek lesznek. Ezután a kapott C-t megszorozzuk U transzponáltjával $B=CU^T$. Így, ha C elemei konstans közeli értékek, akkor B elemei is nulla közeli értékek lesznek. A DCT a 64 input értékből kevés hasznos értéket hagy meg, azokat a bal felső sarokba téve tárolja. A többi érték vagy nulla lesz vagy majdnem nulla. A DCT a 8•8-as blokkban lévő legtöbb magas intenzitású értéket (nagy értékek) a B bal felső sarkába tolja, a maradék, relative kisebb értékek a jobb alsóba kerülnek. Hogyan lehetne a fentiek megmutatni a tanulóknak? Ismét konkrét példákat mutatunk a tananyagban, amellyel világosság válik a transzformáció energia megőrző tulajdonsága.

Tekintsük ehhez a következő mátrixot!

$$A = \begin{bmatrix} 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

35. ábra. Konstans mátrix

Végezzük el ezen a mátrixon a DCT-t, azaz $B=UAU^T$. Azaz szorozzuk meg U -t A-val, majd az eredményt az U^T -vel. Ez eredmény a következő mátrix lesz:

$$\begin{bmatrix} 800 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

36. ábra. A DCT eredménye

A gyakorlat teszi a mestert elv alapján most is kipróbáltjuk a hallgatókkal a DCT-t különböző mátrixok esetén Excel táblázat használatával! A következő mátrixokat

letölthető formában tartalmazza a tananyag, a tanulóknak csak az adatokat kell megváltoztatniuk és megfigyelniük a változást!

E22		fx [=MSZORZAT(B12:119;L12:S19)]																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1																				
2			100	100	100	100	100	100	100	100		0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	
3			100	100	100	100	100	100	100	100		0,490393	0,415735	0,277785	0,097545	-0,09755	-0,27779	-0,41573	-0,49039	
4			100	100	100	100	100	100	100	100		0,46194	0,191342	-0,19134	-0,46194	-0,46194	-0,19134	0,191342	0,46194	
5			100	100	100	100	100	100	100	100		0,415735	-0,09755	-0,49039	-0,27779	0,277785	0,490393	0,097545	-0,41573	
6			100	100	100	100	100	100	100	100		0,353553	-0,35355	-0,35355	0,353553	0,353553	-0,35355	-0,35355	0,353553	
7			100	100	100	100	100	100	100	100		0,277785	-0,49039	0,097545	0,415735	-0,41573	-0,09755	0,490393	-0,27779	
8			100	100	100	100	100	100	100	100		0,191342	-0,46194	0,46194	-0,19134	-0,19134	0,46194	-0,46194	0,191342	
9			100	100	100	100	100	100	100	100		0,097545	-0,27779	0,415735	-0,49039	0,490393	-0,41573	0,277785	-0,09755	
10																				
11																				
12			282,8	282,8	282,8	282,8	282,8	282,8	282,8	282,8		0,353553	0,490393	0,46194	0,415735	0,353553	0,277785	0,191342	0,097545	
13			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,353553	0,415735	0,191342	-0,09755	-0,35355	-0,49039	-0,46194	-0,27779	
14			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,353553	0,277785	-0,19134	-0,49039	-0,35355	0,097545	0,46194	0,415735	
15			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,353553	0,097545	-0,46194	-0,27779	0,353553	0,415735	-0,19134	-0,49039	
16			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,353553	-0,09755	-0,46194	0,277785	0,353553	-0,41573	-0,19134	0,490393	
17			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,353553	-0,27779	-0,19134	0,490393	-0,35355	-0,09755	0,46194	-0,41573	
18			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,353553	-0,41573	0,191342	0,097545	-0,35355	0,490393	-0,46194	0,277785	
19			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,353553	-0,49039	0,46194	-0,41573	0,353553	-0,27779	0,191342	-0,09755	
20																				
21																				
22					800,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
24					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
26					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
27					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
28					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
29					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

37. ábra. A DCT működésének illusztrálása konstans értékek esetén

Először az UA szorzást végezzük el, majd az eredményt megszoroztuk a U^T -vel. A mátrix szorzáshoz az **MSZORZAT** függvényt használjuk. Konstans értékeket tartalmazó mátrixra a DCT olyan mátrixot ad, amelynek csak a bal felső sarkában van nem nulla érték (37. ábra)!

Ha megváltoztatjuk az A mátrixot, csak 50, 51, 52 értékeket használunk, ismét „érdekes” eredményt kapunk (38. ábra).

B12		fx [=MSZORZAT(L2:S9;B2:I9)]																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1																				
2			51	52	51	50	50	52	50	52		0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	0,353553	
3			51	52	51	51	50	52	52	51		0,490393	0,415735	0,277785	0,097545	-0,09755	-0,27779	-0,41573	-0,49039	
4			50	50	51	52	52	51	51	51		0,46194	0,191342	-0,19134	-0,46194	-0,46194	-0,19134	0,191342	0,46194	
5			51	50	50	50	52	50	50	51		0,415735	-0,09755	-0,49039	-0,27779	0,277785	0,490393	0,097545	-0,41573	
6			51	50	50	51	50	50	51	50		0,353553	-0,35355	-0,35355	0,353553	0,353553	-0,35355	-0,35355	0,353553	
7			50	51	52	52	51	50	50	50		0,277785	-0,49039	0,097545	0,415735	-0,41573	-0,09755	0,490393	-0,27779	
8			51	52	51	50	52	50	52	50		0,191342	-0,46194	0,46194	-0,19134	-0,19134	0,46194	-0,46194	0,191342	
9			50	51	52	52	50	51	52	51		0,097545	-0,27779	0,415735	-0,49039	0,490393	-0,41573	0,277785	-0,09755	
10																				
11																				
12			142,2	144,2	144,2	144,2	143,9	143,5	144,2	143,5		0,353553	0,490393	0,46194	0,415735	0,353553	0,277785	0,191342	0,097545	
13			0,5	0,2	-0,8	-0,7	-0,4	1,6	-0,8	1,3		0,353553	0,415735	0,191342	-0,09755	-0,35355	-0,49039	-0,46194	-0,27779	
14			-0,1	2,0	1,2	-0,1	-1,1	1,6	1,0	0,9		0,353553	0,277785	-0,19134	-0,49039	-0,35355	0,097545	0,46194	0,415735	
15			0,4	0,9	0,1	-0,7	-0,9	-0,3	-1,0	-0,4		0,353553	0,097545	-0,46194	-0,27779	0,353553	0,415735	-0,19134	-0,49039	
16			0,4	-0,7	-0,7	-0,7	-1,1	0,0	-0,7	0,7		0,353553	-0,09755	-0,46194	0,277785	0,353553	-0,41573	-0,19134	0,490393	
17			0,3	0,2	-0,4	-1,5	1,9	-0,6	-0,9	0,3		0,353553	-0,27779	-0,19134	0,490393	-0,35355	-0,09755	0,46194	-0,41573	
18			-1,1	-0,8	1,0	1,6	0,1	0,1	-1,2	0,4		0,353553	-0,41573	0,191342	0,097545	-0,35355	0,490393	-0,46194	0,277785	
19			0,1	-0,3	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,7	-0,3		0,353553	-0,49039	0,46194	-0,41573	0,353553	-0,27779	0,191342	-0,09755	
20																				
21																				
22					407,0	0,1	-0,5	-0,6	-0,5	0,1	-0,6	0,1								
23					0,4	-0,7	1,0	0,8	0,2	-1,1	1,2	-1,2								
24					1,9	-0,1	1,0	-0,6	-2,2	-0,4	0,3	-1,0								
25					-0,7	1,4	0,7	-0,1	-0,4	-0,6	0,3	-0,4								
26					-1,0	-0,3	1,2	0,1	0,5	0,0	0,9	-0,5								
27					-0,2	0,2	0,1	0,7	1,0	-1,9	-0,1	1,5								
28					0,0	-0,2	-1,7	-1,5	0,6	0,1	1,0	-0,6								
29					-0,1	-0,4	0,1	0,5	0,0	0,6	-0,5	0,1								

38. ábra. A DCT működésének illusztrálása közel konstans értékek esetén

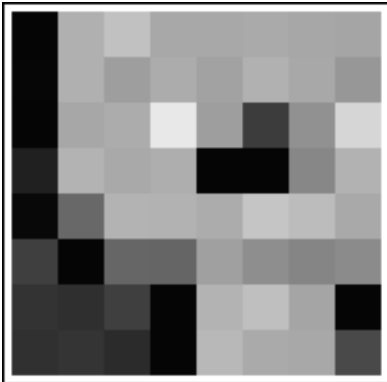
A bal felső sarokban van a nagy érték, a többi vagy nulla vagy nullához közeli érték, elhagyható. Ha a nulla körüli értékeket elhagyjuk, jelentős mennyiségű adattól szabadulunk meg.

Hogyan használható ez a képfeldolgozásban? Miért hagyhatjuk el a nulla közeli értékeket? Tekintsük az A mátrixot egy képnek, illetve egy kép egy részletének, azaz világosság értékeknek! A DCT-vel nem kapunk kevesebb adatot, de amit kapunk, az a kép spektrális tulajdonságaira lesz jellemző. Az emberi szem a nagyfrekvenciás összetevőkre jóval kevésbé érzékeny, mint a kisebbekre. Elhagyva a nagyfrekvenciás összetevők kb. 50%-át, az inverz transzformáció után az eredeti, kódolt információnak legfeljebb 5%-a veszik el.

Hogyan használják a DCT-t a JPG kép előállításában? Az eredeti RGB kódokat tartalmazó bitmap-es állomány kódjait transzformálják az YCbCr térbe, majd a képet $8 \cdot 8$ -as blokkokra osztják fel. Az átalakítás következő lépésében minden blokk világosságkódjából kivonnak 128-at, azaz 0 köré helyezik el. Ezután minden egyes $8 \cdot 8$ -as blokkra végrehajtják a DCT-t, majd a kvantálás következik a Huffman-tömörítés előtt. A kvantálás során a majdnem nulla elemek nullává lesznek konvertálva, míg a többi eleme majdnem nullává válik. Minden kvantált érték egészen lesz kerekítve. A kvantálás miatt a JPEG algoritmus remek példája a veszteséges tömörítésnek. A DCT maga inverz folyamat. A DCT-t úgy használtuk, hogy az A kép minden egyes blokkjára kiszámítottuk a $B = UAU^T$ szorzatokat. Az A helyreállítható az $A = U^TBU$ szorzások végrehajtásával. Amikor „zsugorítjuk“ az értékeket, akkor még lehetséges az értékek visszaállítása. Amikor azonban a kis értékeket 0-vál konvertáljuk, és kerekítjük a kvantált értékeket, akkor a folyamat visszafordíthatatlanná válik. Többé nem tudjuk helyreállítani az eredeti képet. A kvantálást azért hajtuk végre, hogy egész értékeket kapjunk, és hogy a nagy számokat nullává konvertáljuk. A Huffman algoritmus rendkívül hatékony a kvantált adatokra, de közben azt látjuk, hogy amikor a tömörített képet nézzük, nem kapunk lényegesen rosszabb felbontást. Sok alkalmazás esetén, mint például a webböngészők, azért rontjuk a felbontást, mert az így nyert szabad tárterületet, illetve gyorsabb letöltési sebességet többre értékeljük.

A fenti leírás megértését elősegítve kiszámítjuk egy kisebb kép vagy egy kép részletének a DCT-jét a hallgatókkal, majd kvantáljuk azokat.

Tekintsük a 39. ábrán látható képrészletet és a képrészlet világosságkódjait! [46]



5	176	193	168	168	170	167	165
6	176	158	172	162	177	168	151
5	167	172	232	158	61	145	214
33	179	169	174	5	5	135	178
8	104	180	178	172	197	188	169
63	5	102	101	160	142	133	139
51	47	63	5	180	191	165	5
49	53	43	5	184	170	168	74

39. ábra. Egy kép részlete és a részlet világosságértékei

Vonjunk ki minden értékből 128-at!

-123	48	65	40	40	42	39	37
-122	48	30	44	34	49	40	23
-123	39	44	104	30	-67	17	86
-95	51	41	46	-123	-122	7	50
-120	-24	52	50	44	69	60	41
-65	-123	-26	-27	32	14	5	11
-77	-81	-65	-123	52	63	37	-123
-79	-75	-85	-123	56	42	40	-54

40. ábra. Világosságértékek a 128-cal történő kivonás után

Beírjuk ezeket az értékeket a korábbi Excel táblázatba az A helyére. A DCT a következő eredményt adja:

A transzformáció outputjának eleje az input átlaga, a második fele az input különbsége.

A kérdés persze, hogy miért küldenék át a hálózaton a (150,47,20,2 50,3,0,-1) számokat az eredeti (100, 200, 44, 50, 20, 20, 3, 1) helyett. Egyrészt azért, mert a számok különbsége az adatokban létező trendről ad információt: nagy különbségek nagy ugrást jelentenek az értékek között, a kis számok pedig az jelentik, hogy nincs nagy változás az inputban lévő számok között. Ráadásul veszteséges tömörítés esetén a kis különbségeket 0-vá lehet konvertálni, s ezért is érdemes volt végrehajtani a transzformációt. Ebben az esetben a 8 szám helyett elég lenne a (150,47,20,2,50,3,0,0) értékeket átküldeni a hálózaton. A másik oldalon ebben az esetben a

$$(150-50, 150+50, 47-3, 47+3, 20-0, 20+0, 3-0, 3+0) = (100,200,44,50,20, 20, 3, 3)$$

számokat kapnánk az eredeti helyett! És ez nagyon hasonló az eredetihez. Ha az előbbi 8 számra 8 elemű vektorként tekintünk, akkor a fenti transzformációt egy mátrixszorzással végre tudjuk hajtani. (Nyilván más páros számok esetén is igaz ez.) Ha az átlagot az output első felébe tesszük, a különbséget pedig az output második felében, akkor a következő mátrixot kapjuk:

$$\bar{W}_8 v = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ -1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1/2 & 1/2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (v_1 + v_2)/2 \\ (v_3 + v_4)/2 \\ (v_5 + v_6)/2 \\ (v_7 + v_8)/2 \\ (v_2 - v_1)/2 \\ (v_4 - v_3)/2 \\ (v_6 - v_5)/2 \\ (v_8 - v_7)/2 \end{bmatrix} = y$$

42. ábra. $(b+a)/2$ és $(b-a)/2$

Ennek analógiájára a Haar wavelet transzformációt (HWT) a következő mátrixként fogjuk definiálni: [52]

$$W_N = \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & & 0 & 0 \\ \vdots & & & & \ddots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ -\sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & & 0 & 0 \\ \vdots & & & & \ddots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -\sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \end{bmatrix}$$

43. ábra. A HWT mátrix

A HWT első $N/2$ sora az input lista elemeinek súlyozott átlag, egészen pontosan a listában egymás mellett lévő számpárok súlyozott átlaga. A súly értéke $\sqrt{2}$. Az

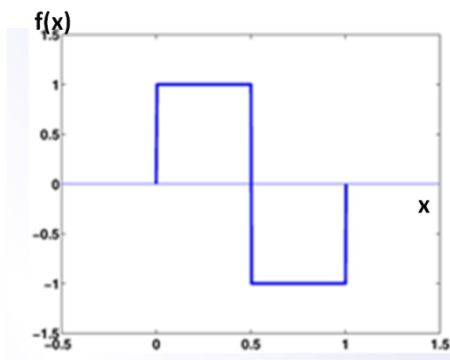
HWT mátrix utolsó $N/2$ sora a számpárok súlyozott különbsége, ahol a súly értéke szintén $\sqrt{2}$.

A Haar szűrőt a mátrix első sorának két nem nulla értékű számpárjaként definiáljuk. A Haar filter tehát $h=(h_0, h_1)=(\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\sqrt{2}}{2})$. Mivel ez a szűrő átlagolja a számpárokat, így valójában egy aluláteresztő szűrő. (Átengedi a kis frekvenciákat.) Itt hívjuk fel a hallgatók figyelmét, hogy a szűrőben lévő számok összege $\sqrt{2}$!

A HWT alsó felét adó számokat felüláteresztő szűrőnek tekinthetjük. (A nagyfrekvenciás összetevőket engedi át.) Ebben az esetben a szűrő a következőképpen néz ki:

$$g=(g_0, g_1)=(-\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\sqrt{2}}{2})$$

Ez éppen a másik szűrő ellenkezőjét végzi. Ha a két érték közel van egymáshoz, akkor a felüláteresztő szűrő nullához közeli értéket fog visszaadni. Ha a két szám nagyon eltér egymástól, akkor a felüláteresztő szűrő a két szám súlyozott átlagával fog visszatérni. A 44. ábra mutatja a Haar wavelet grafikus képét.



44. ábra. A Haar mother wavelet

A tananyagban a következő mátrixokat letölthető formában tesszük közzé.

E22		[=MSZORZAT(B12:H19;L12:S19)]																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
2		100	100	100	100	100	100	100	100	100		0,70711	0,70711	0	0	0	0	0	0	
3	A	100	100	100	100	100	100	100	100	100		0	0	0,70711	0,70711	0	0	0	0	
4		100	100	100	100	100	100	100	100	100		0	0	0	0	0,70711	0,70711	0	0	
5		100	100	100	100	100	100	100	100	100		0	0	0	0	0	0	0,70711	0,70711	
6		100	100	100	100	100	100	100	100	100		-0,70711	0,70711	0	0	0	0	0	0	
7		100	100	100	100	100	100	100	100	100		0	0	-0,70711	0,70711	0	0	0	0	
8		100	100	100	100	100	100	100	100	100		0	0	0	0	-0,70711	0,70711	0	0	
9		100	100	100	100	100	100	100	100	100		0	0	0	0	0	0	-0,70711	0,70711	
10																				
11																				
12	UA	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4		0,70711	0	0	0	-0,70711	0	0	0	
13		141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4		0,70711	0	0	0	0,70711	0	0	0	
14		141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4		0	0,70711	0	0	0	0	-0,70711	0	
15		141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4		0	0,70711	0	0	0	0	0,70711	0	
16		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0	0	0,70711	0	0	0	0	-0,70711	0
17		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0	0	0,70711	0	0	0	0	0,70711	0
18		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0	0	0	0,70711	0	0	0	0	-0,70711
19		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0	0	0	0,70711	0	0	0	0	0,70711
20																				
21																				
22	UAUT		200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
23			200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
24			200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
25			200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
27			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
28			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
29			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								

45. ábra. Wavelet transzformáció Haare mother wavelet használatával

Az U helyére beírtuk a Haar wavelet mátrixát, és felhívjuk a tanulók figyelmét, hogy a transzponálás eredményeképpen kapott mátrix a bal felső sarokba „gyűjti” az energiát. Az első szorzás eredménye pedig egy olyan mátrix, ahol az első 4 sorba kerülnek az értékes adatok!

A korábbi, 50, 51, 52 értékeket tartalmazó táblázatunk (46. ábra) is ezt mutatja.

E22		[=MSZORZAT(B12:H19;L12:S19)]																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
2		51	52	51	50	50	52	50	52			0,70711	0,70711	0	0	0	0	0	0	
3	A	51	52	51	51	50	52	52	51			0	0	0,70711	0,70711	0	0	0	0	
4		50	50	51	52	52	51	51	51			0	0	0	0	0,70711	0,70711	0	0	
5		51	50	50	50	52	50	50	51			0	0	0	0	0	0	0,70711	0,70711	
6		51	50	50	51	50	50	51	50			-0,70711	0,70711	0	0	0	0	0	0	
7		50	51	52	52	51	50	50	50			0	0	-0,70711	0,70711	0	0	0	0	
8		51	52	51	50	52	50	52	50			0	0	0	0	-0,70711	0,70711	0	0	
9		50	51	52	52	50	51	52	51			0	0	0	0	0	0	-0,70711	0,70711	
10																				
11																				
12	UA	72,1	73,5	72,1	71,4	70,7	73,5	72,1	72,8			0,70711	0	0	0	-0,70711	0	0	0	
13		71,4	70,7	71,4	72,1	73,5	71,4	71,4	72,1			0,70711	0	0	0	0,70711	0	0	0	
14		71,4	71,4	72,1	72,8	71,4	70,7	71,4	70,7			0	0,70711	0	0	0	0	-0,70711	0	
15		71,4	72,8	72,8	72,1	72,1	71,4	73,5	71,4			0	0,70711	0	0	0	0	0,70711	0	
16		0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,4	-0,7			0	0	0,70711	0	0	0	0	-0,70711
17		0,7	0,0	-0,7	-1,4	0,0	-0,7	-0,7	0,0				0	0	0,70711	0	0	0	0	0,70711
18		-0,7	0,7	1,4	0,7	0,7	0,0	-0,7	0,0				0	0	0	0,70711	0	0	0	-0,70711
19		-0,7	-0,7	0,7	1,4	-1,4	0,7	0,0	0,7				0	0	0	0,70711	0	0	0	0,70711
20																				
21																				
22	UAUT		103,0	101,5	102,0	102,5	1,0	-0,5	2,0	0,5										
23			100,5	101,5	102,5	101,5	-0,5	0,5	-1,5	0,5										
24			101,0	102,5	100,5	100,5	0,0	0,5	-0,5	-0,5										
25			102,0	102,5	101,5	102,5	1,0	-0,5	-0,5	-1,5										
26			0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	-1,5										
27			0,5	-1,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	0,5									
28			0,0	1,5	0,5	-0,5	1,0	-0,5	-0,5	0,5										
29			-1,0	1,5	-0,5	0,5	0,0	0,5	1,5	0,5										

46. ábra. Wavelet transzformáció eredmények közel konstans értékek esetén

Konkrét kép esetén is bemutatjuk a transzformáció eredményét a MATLAB programot felhasználva (47. ábra). A következő képen a transzformáció eredménye UAU^T és az eredeti kép látható.

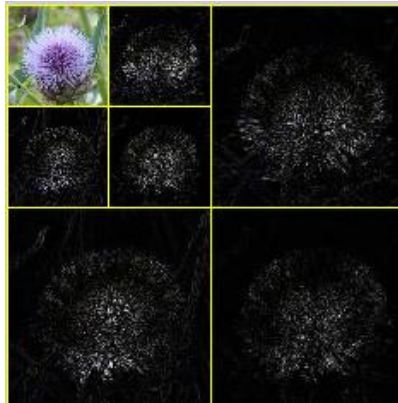


(a)

(b)

47. ábra. Az eredeti kép⁴ (a) és a Wavelet transzformáció eredménye (b)

A bal alsó sarok a kép vízszintes információit tárolja, a jobb alsó blokkban a különbségek vannak, mind az oszlopok, mind a sorok mentén, mivel ez a blokk a változást méri ± 45 fokos vonalban. Ugyanakkor a jobb felső sarok függőleges információkat tárol a képről. A nagy értékek jelzik a nagy függőleges változást, a képen keresztbe haladva, a kis értékek jelzik a kis függőleges változást. Ráadásul a transzformációt többször is elvégezhetjük a bal felső képet tekintve eredetinek. Ezt mutatja a következő (48.) ábra:

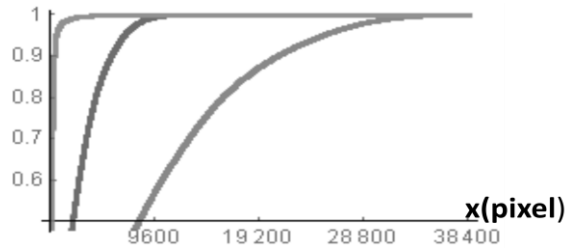


48. ábra. HWT két iteráció esetén

Az iterációs HWT nagyon hatékonyan őrzi meg egy kép energiáját. A következő diagram az eredeti kép energiaelosztását mutatja (jobbról az első görbe), jobbról a második görbe az első iterációs HWT-jét, balról az első pedig a harmadik iteráció után mutatja a HWT energiaelosztását. A vízszintes tengelyen a pixelek száma található. A diagram megmutatja, hogy adott p pixel esetén mekkora energiát tárol a kép

⁴ MATLAB mintakép.

a p pixelen. A kép jól mutatja a tanulók számára, hogy a HWT előbb eljut az 1-hez (a 100% energiához), mint az eredeti kép, az iterált HWT pedig még gyorsabban, mint az előző kettő közül bármelyik. [53][54][55]



49. ábra. A Wavelet transzformáció energiamegőrző tulajdonságának illusztrálása

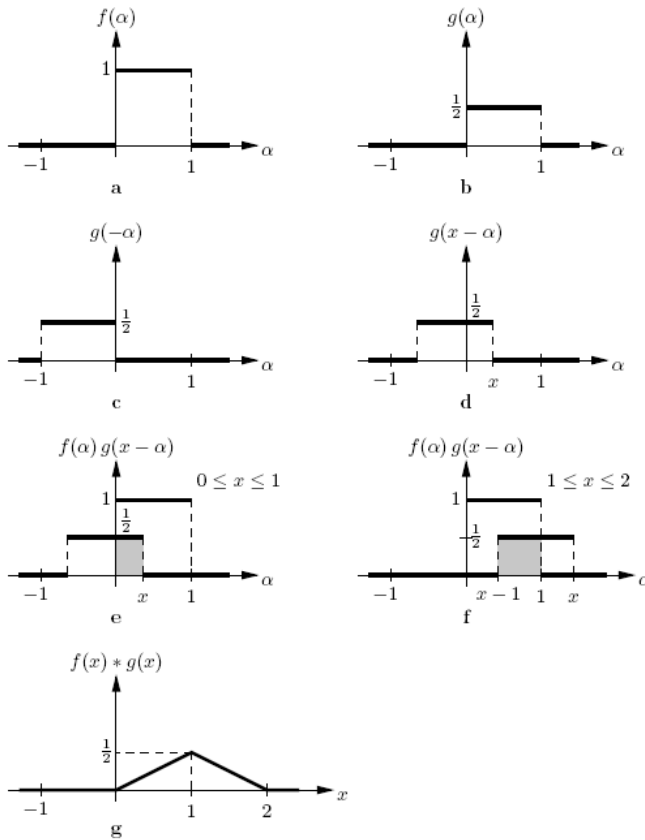
A transzformáció megértését a gyakorlatban a MATLAB Wavelet ToolBox alkalmazásával segítjük, amelynek felhasználásával további opciók állíthatók be a transzformálás során.

3.1.4. Konvolúció

Két függvény, $f(x)$ és $g(x)$ konvolúciója, melyet $f(x)*g(x)$ -el jelölünk, a következő integrálfüggvénnyel definiált:

$$f(x)*g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha)g(x-\alpha)d\alpha$$

ahol az α az integrálás mesterséges változója. A konvolúciós integrál hatását vizuálisan egyrészt egy animációval segíti a tananyag, másrészt egy példával, grafikusán mutatva be az egyenlet használatát.



50. ábra. Két függvény konvolúciójának szemléltetése [56]

Mivel a képfeldolgozásban diszkrét adatokkal dolgozunk, így ezután az $f_e(x)$ és a $g_e(x)$ függvények diszkrét konvolúcióját mutatjuk be:

$$f_e(x) * g_e(x) = \sum_{m=0}^{M-1} f_e(m) g_e(x-m)$$

minden $x=0, 1, 2, \dots, M-1$ -re. A konvolúciós függvény egy diszkrét, periodikus, M hosszúságú tömb $x=0, 1, 2, \dots, M-1$ értékekkel, melyek egy teljes periódusát leírják $f_e(x) * g_e(x)$ -nek.

A diszkrét eset megértését is példákkal illusztráljuk!

Mivel a konvolúció két függvény között értelmezett lineáris művelet, így legegyszerűbben úgy szemléltethető, mint egy adatsorozat (az egyik függvényből vett minta) súlyozott mozgó átlagának számítása egy adott súlyfüggvény (a másik függvényből vett minta) alapján.

Legyen az $f(t)$ függvényből vett minta f_1, f_2, \dots, f_{10} , a súlyfüggvény értékei pedig rendre $h_{+2}, h_{+1}, h_0, h_{-1}, h_{-2}$:

$$f(t): \quad f_1 \quad f_2 \quad f_3 \quad f_4 \quad f_5 \quad f_6 \quad f_7 \quad f_8 \quad f_9 \quad f_{10}$$

$$w(t): \quad \quad \quad h_{+2} \quad h_{+1} \quad h_0 \quad h_{-1} \quad h_{-2}$$

A mozgó átlag hatodik adata: g_6 . A g_6 értékének kiszámítása:

$$g_6 = h_2 * f_4 + h_1 * f_5 + h_0 * f_6 + h_{-1} * f_7 + h_{-2} * f_8$$

A fentiek alapján általánosan felírhatjuk a súlyozott mozgó átlag n -edik adatát, ha a súlyfüggvényt úgy toljuk el, hogy annak középső h_0 értéke mindig az f_n alá kerüljön (h_0 -t éppen az f_n -el szorozzuk a súlyozott átlag képzéséhez). Képletben:

$$g_n = \sum_{i=n-2}^{n+2} h_{n-i} \cdot f_i$$

A fenti példában a h súlyfüggvény mindenütt zérusértékű volt a $(-2, 2)$ intervallumon kívül. Ha ezt figyelembe vesszük, akkor az összegzést kiterjeszthetjük a $(-y, y)$ intervallumba:

$$g_n = \sum_{i=-\infty}^{\infty} h_{n-i} \cdot f_i$$

A bemutatott példát konkrét számokkal is ismerteti a tananyag a leírtak analógiájára, mielőtt rátérünk a két dimenziós diszkrét konvolúcióra, amelyre képfeldolgozási műveletek épülnek.

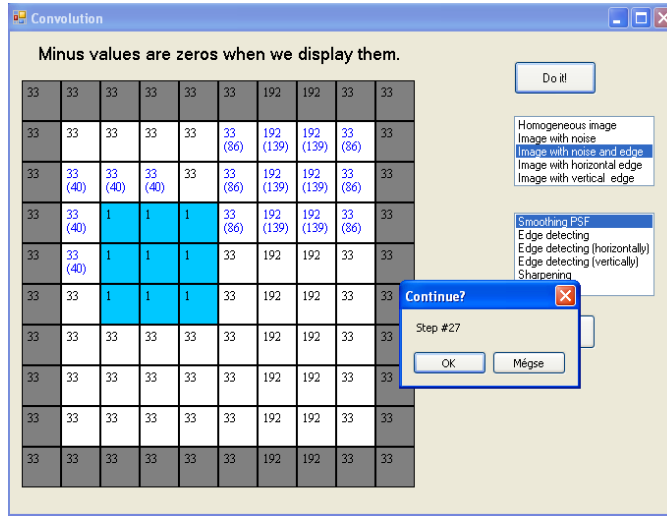
Az egydimenziós diszkrét eset megértése után a két dimenziós diszkrét konvolúció képletét már könnyű értelmezni és megérteni. A kétdimenziós függvények a mi esetünkben képeket jelentenek, így az $y[n,m]$ a kép n -edik sorában és m -edik oszlopában álló pixel fényességértéke: egy kétváltozós függvény. (Az egyszerűség kedvéért szürkeárnyalatos 256 színű képeket használunk, ahol minden képpont fényességét egy-egy bájt tartalmazza). Az egydimenziós változattal analóg értelmezés alapján, a kétdimenziós diszkrét konvolúciót ($x(i,j)$ és $p(i,j)$ függvények között) definiáló összefüggés tehát:

$$y[n,m] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} x[i,j] \cdot p[n-i,m-j]$$

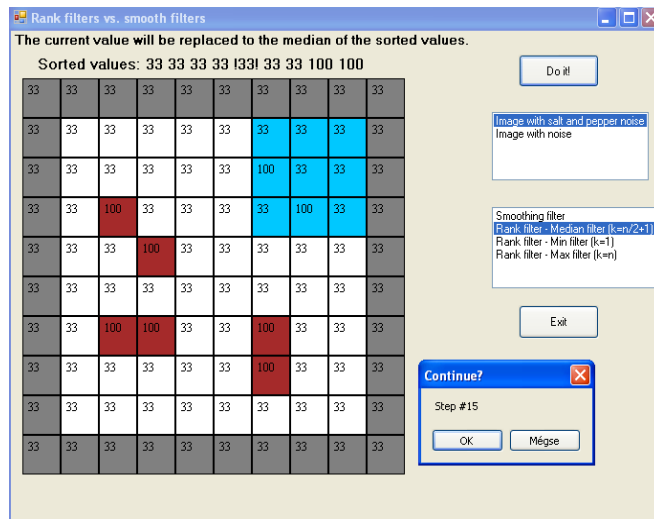
A kettős összegzést minden olyan $[n,m]$ pontpárra el kell végezni, ami az eredményként keletkező képen szerepel. Az összegzések indexhatárai pedig a gyakorlatban, az x (és p) függvények közül a kisebb „területű” függvény határai. A képfeldolgozásban a PSF a legtöbb esetben sokkal kisebb, mint a feldolgozandó kép, és majdnem mindig szimmetrikus, így az indexek legtöbbször a PSF-et futják be. Ez egy $M * N$ méretű PSF esetében:

$$y[n,m] = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} x[i,j] \cdot p[n-i,m-j]$$

A konvolúció szemléltetésére, az egyes lépések nyomonkövetésére két számítógépes programot fejlesztettünk. Az egyik program segítségével előre definiált képen lehet konvolúciót végrehajtani a kiválasztott PSF-fel. A program (51(a) ábra) segítségével nyomon lehet követni, hogyan változnak meg a kép fényesség kódjai a konvolúció során. A program lehetőséget ad homogén kép, zajt tartalmazó kép, függőleges és vízszintes élt tartalmazó képek kiválasztására egyaránt. Az eredmény a kiválasztott PSF függvényében változik.



(a)



(b)

51. ábra. A konvolúció szemléltetése programmal (a), sorrendi szűrők és a simító szűrő összehasonlítása (b)

A másik program (51 (b) ábra) segítségével a sorrendi szűrők és a simító szűrő működése közötti különbséget, valamint ezek gyakorlati hasznát különböző zajjal terhelt képeken szemléltetjük a hallgatóknak.

3.1.5. Matematikai morfológia

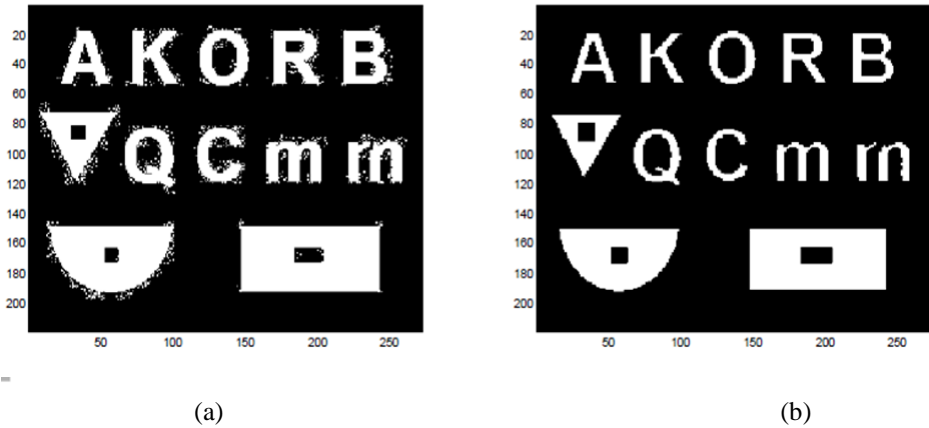
A képfeldolgozásban a képi alakzatok reprezenációjára és leírására a matematikai morfológia eszköztárát használjuk. Ide sorolható az alakzatok határvonalának, vázának és konvex burkának vizsgálata, valamint utófeldolgozásként a morfológiai szűrés, vékonyítás és a kinövések eltávolítása. A morfológiai műveleteket a szegmentálás előzi meg. Ennek során bináris képet alakítunk ki, amelyen már jól elkülönül az objektum és a háttér. A morfológiai műveletek alkalmazhatók egyrészt szegmentálási hibák korrigálására, másrészt lényegkiemelésre. A szegmentálási hibák korrigálására szolgáló műveletek minden esetben használnak egy struktúráló elemet, amely meghatározza azt a környezetet, amelyre a morfológiai művelet vonatkozik.

A matematikai morfológia a halmazelméleten alapul, azaz a képi objektumokat halmazokkal reprezentáljuk. A bináris képeket 2D-s (képpontok helykoordinátái), míg az intenzitásképeket 3D-s (a képpontok helykoordinátái és intenzitásai) halmazokkal reprezentáljuk. A tananyagban az egyszerűbb érthetőség kedvéért a fogalmak és az eredmények elsősorban a 2D-s digitális térre való megfogalmazását közöljük. A halmazelméleti alapfogalmak áttekintése után a morfológiai műveleteket először a képletükkel adjuk meg, majd képekkel szemléltetjük a műveletek eredményét, s végül egy adott képen, egy konkrét struktúralemmel mutatjuk be az adott művelet működését részletes magyarázattal. Például az erózió esetében:

Az A halmaz B-vel való erodáltja azon x vektorokat tartalmazza, amelyekkel B-t eltolva az még A belsejében marad.

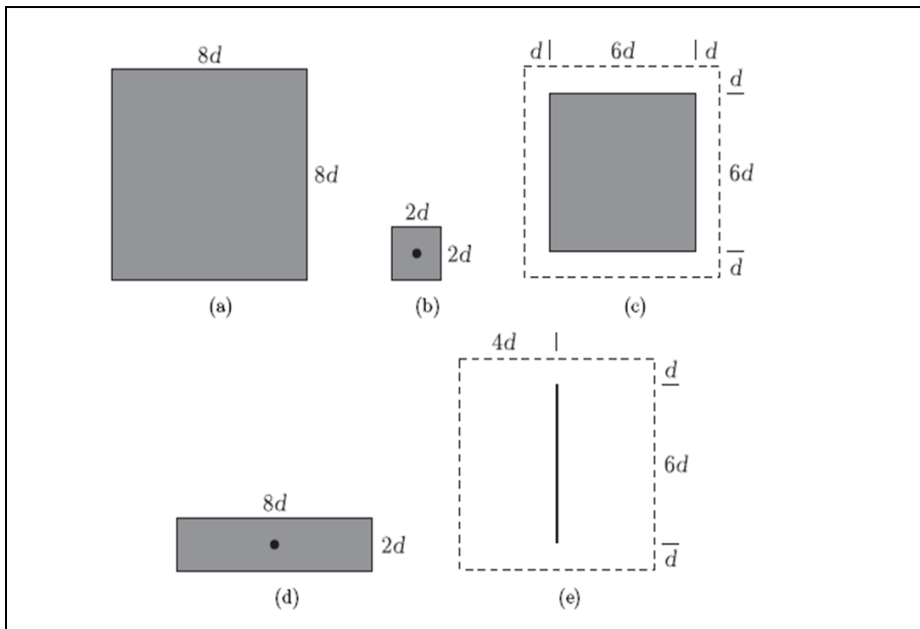
$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}.$$

Az 52. ábrán azt láthatjuk, hogy az eredeti (a) képen eróziót végrehajtva a képen már nem látszanak (b) az apróbb objektumok, az apró „kinövések”. [57]



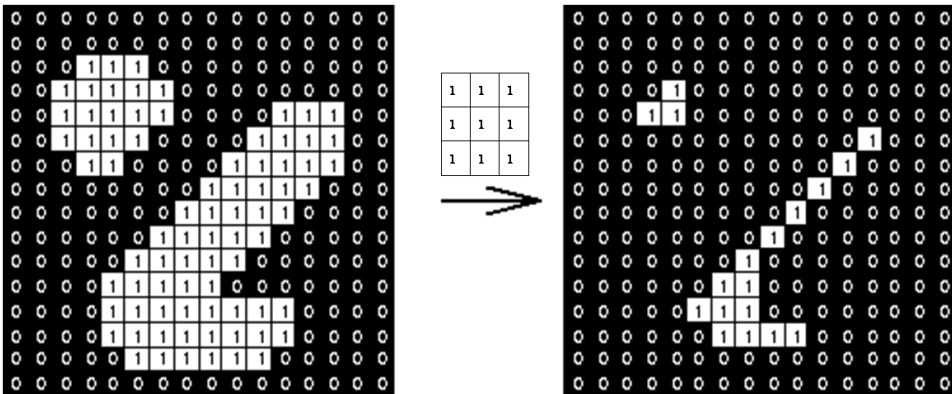
52. ábra. Az eredeti kép (a) és az erózió eredménye (b)

Az erózió végrehajtása során az objektumoknak azok a képpontjai maradnak meg továbbra is az objektum részeként, amelyekre ráhelyezve a strukturáló elemet, annak minden pontja az objektumhoz tartozó képpontot fed. Más szavakkal: az objektum azon pontjait, amelyekre ráhelyezve a strukturáló elemet, annak valamennyi pontja a háttérhez tartozó képpont takar a háttérhez kell sorolni. Az 53. ábra (a) az alakzat (b) strukturáló elemmel, majd a (d) strukturáló elemmel történő eróziójának eredményét mutatja ((c) és (e) ábrák). [58]



53. ábra. Példa erózióra. A képeken (a) és (d) a (b) strukturáló elemmel eróziót hajtottunk végre, melynek eredmény (c) és (e)

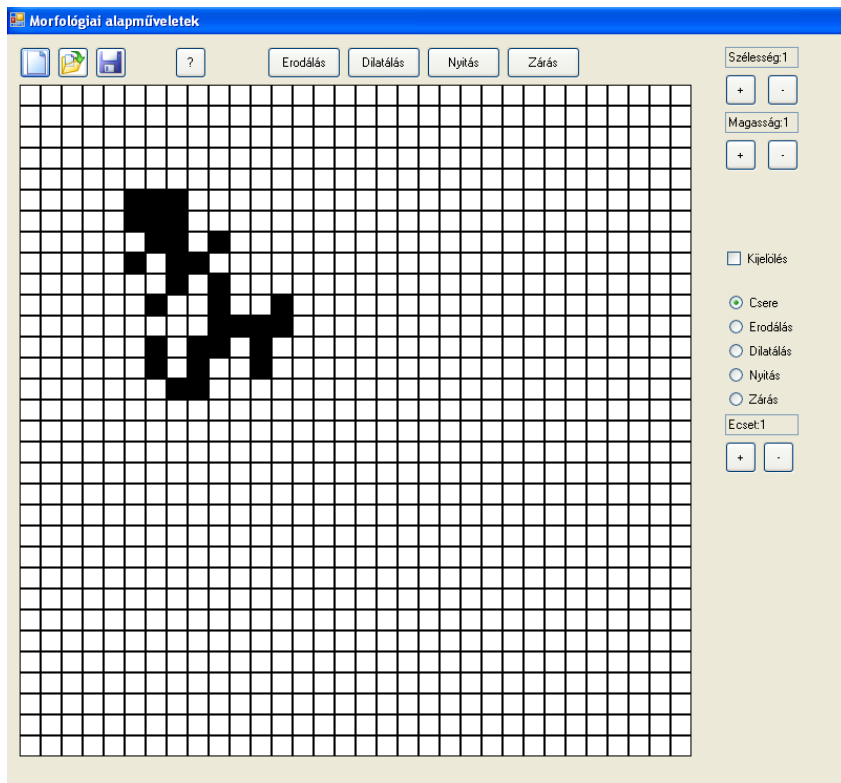
Az 54. ábrán pedig azt mutatjuk be, hogy egy bináris képen egy 3•3-as csupa 1-eseket tartalmazó struktúra elemmel végrehajtva az eróziót milyen képet kapunk.



54. ábra. Az erózió illusztrálása

A 3. sor 4. oszlopában lévő egyes eltűnik, mert erre a pontra téve a strukturáló elemet annak több pontja is háttérpontot takar, így itt az egyes helyet nulla lesz. Az 5. sor 4. oszlopában lévő egyes azért marad meg, mert erre a pontra téve a strukturáló elemet annak minden pontja az objektumhoz tartozó képpontot takar.

A morfológiai műveletek szemléltetésére, a tananyagban szereplő ábrák mellé készítettünk egy programot C# nyelven. A program segítségével a hallgatók tetszőleges képeket generálhatnak, majd a strukturáló elem nagyságának megadása után a programmal végrehajthatják a kiválasztott morfológiai műveletet. A képek tárolhatók, újrafelhasználhatók. A kijelölés jelölőnégyzetet kiválasztva a program lépésenként mutatja meg, hogy mikor melyik objektumpont változik háttéré vagy fordítva: melyik háttérpontból lesz objektumpont. A program használatával a morfológiai műveletek működése és használhatósága is könnyen megismerhető (55. ábra).



55. ábra. Morfológiai műveletek szemléltetése

A tananyagban bemutatott további morfológiai műveletek egy részéhez a programtervező hallgatóknak egyrészt a gyakorlati foglalkozáson, másrészt házi feladatként programot kell készíteniük. A következő műveletek szemléltetésére írnak osztályokat a tanult programnyelven (C#):

- vastagítás
- Hitt-Miss transzformáció
- kontúr kinyerése
- lyukak kitöltése
- összefüggő komponensek keresése
- kinövések eltávolítása

3.1.6. Az értékelési rendszer

Az oktatóanyag csak akkor éri el az egyik legfontosabb célt, önálló tanulás hatékony támogatását, ha az értékelési rész megfelelően van kidolgozva. [59] Ezért az érhető szöveg, a megfelelő szemléltetés és interaktivitás mellett nagy gondot fordítunk az értékelési rendszer kidolgozásra.

A rendszer egyik eleme a leckék végén található ellenőrző kérdéssorok. Az egyik kérdéssor esszé jellegű, a kérdésekre a válasz az aktuális leckében található. A másik kérdéssor teszt jellegű, a megoldás elküldése után a hallgató azonnal megtekintheti a helyes válaszokat. Az, hogy az egyes leckék végén a tanulók saját felkészültségüket mérhetik, hiányosságait fel tudják tárni rendkívül sokat segít nekik. Ezt hívjuk **formatív értékelésnek**. A **szummatív értékelés** a kurzus végén minősíti a tanulók munkáját.

A **diagnosztikus értékelést** a kurzus elkezdése előtt használatos a hallgatók előismereteinek felmérésére azért, hogy később igazodni lehessen esetleges felkészültségbeli hiányosságaikhoz. A **minősítő értékelés** a hallgató teljesítményének érdemjegy kategóriákba való besorolását jelenti. Alkalmazható a kurzus közben és a kurzus végén is, a digitális képfeldolgozás kurzusban a végén alkalmazzuk.

Az e-learning értékelőrendszer tapasztalataink alapján azért előnyös, mert:

- A jól megírt tesztek objektívek, mivel értékelésük nem függ sem az értékelést sem a tesztelést végző személy szubjektív megítélésétől, az elért eredményt kizárólag a vizsgált személy tulajdonságai, tudásának összetevői határozzák meg.
- A számítógép végzi a javítást és az értékelést is, a teszt készítője nem vesz részt a folyamatban.
- Az on-line teljesítménymérés miatt a visszacsatolás azonnali lesz.
- A tesztekbe lehetőségünk van animáció és hang beépítésére.
- A teszteredmények további tanulási tevékenységre ösztönözhetnek, sőt: a helyes válaszok ismeretében a teszttel tanulási folyamat is történik.
- A feladatbank használatával véletlenszerű feladat kiválasztás valósítható meg. Az egyes kérdéstípusoknál az alternatív válaszok sorrendje véletlenszerű lehet.
- Mivel a teszteredményeket a keretrendszer naplózza, így azok felhasználhatók egyrészt a tesztrendszer vizsgálatára, másrészt a tananyag továbbfejlesztésére is. **Hipotézisünk szerint a tanulási szokások megismerése által történő tananyagfejlesztés tovább javíthatja a tanulás hatékonyságát, eredményességét.**

Hátrányaként azt biztosan meg lehet fogalmazni, hogy a rendszer biztonságos működése fokozottabb figyelmet követel.

A digitális képfeldolgozáshoz készített tananyagban minden lecke végén formatív értékelés található elsősorban az elméleti tudás ellenőrzésére. Az itt található kérdések a tananyag szövege alapján készültek, a tananyag egyes részeire kérdeznek rá. Azt mérik, hogy a hallgató mennyire jegyezte meg szöveget, a definíciókat az egyes tételeket. Ha ezekre a kérdésekre a tanuló tudja a választ, akkor a tananyagot megjegyezte, vissza tudja idézni. Alapjában véve ezek a kérdések még mindig a megtanulást, a memorizálást segítik.

Minden lecke végén gyakorlati feladatok találhatók, amelyeket a megadott szoftverekkel kell megoldani. A gyakorlati feladatok egy része teljesen kidolgozott, tartalmazza a megoldás lépéseit. Az ezekre a feladatokra épülőket azonban már teljesen önállóan kell megoldani a tanulóknak. A feladatok már a megértést szolgálják, azt mutatják meg, hogy a tananyagban szereplő eljárásokat alkalmazva az egyes képfeldolgozási műveletek milyen eredményt adnak a gyakorlatban, mikor és mire használhatók, illetve mikor nem használhatók.

Minden lecke végén a tanulóknak önellenőrzésre is van lehetőségük. Az itt található tesztrendszer egy része az elméleti tudást méri, nagyobb részt azonban a megértést, a tudás gyakorlati alkalmazhatóságát teszteli, értékeli. Ezek elvégzése egyrészt segíti a tanulót saját tudása mérésében, minősítésében, ugyanakkor segít feltárni esetleges hiányosságait. A kérdések kisebb része a fontosabb tételek megjegyzését teszteli. Például a szövegben szerepel egy állítás:

„A simító (átlagoló) szűrést végrehajtó PSF-ek elemei mindig pozitívak, és összegük mindig 1.”

A kérdések között pedig egy igaz-hamis kérdésben:

„A simító (átlagoló) szűrést végrehajtó PSF-ek elemei mindig pozitívak, és összegük mindig 0.”

A kérdések nagyobb része azonban már a megértést méri. Például a fentire egy igaz-hamis kérdés:

„Ha egy képpont világosságához zaj adódik, akkor ezt a zajt olyan PSF-fel lehet megszüntetni, melynek elemei mindig pozitívak és összegük egy, mivel a zajt a környezetének világosságértékeinek az átlagával helyettesítjük.”

A kurzus végén 3 szummatív értékelést adó próbavizsga sor található. A kurzus-hoz készített értékelési rendszer adatbázisában összesen 210 kérdés és 80 (nem megoldott) gyakorlati feladat található, amelyekkel egyrészt a tanuló, másrészt a tanár mérheti a hallgatók teljesítményét. Mert javítani csak azt lehet, amit mérünk.

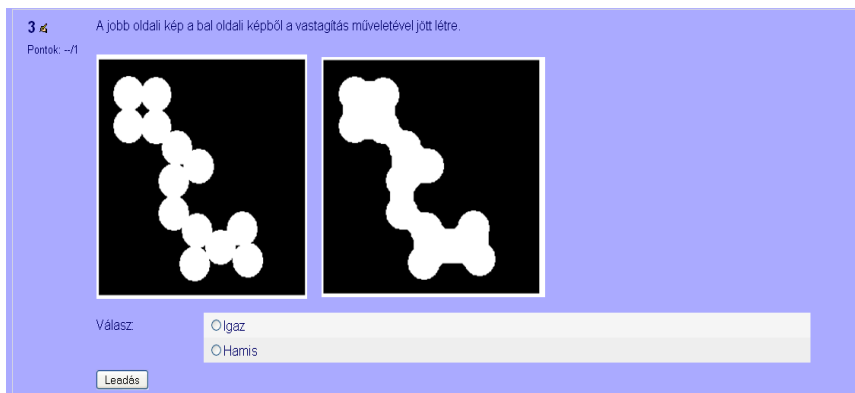
Az értékelési rendszer az alábbi kérdéstípusokat használja:

- **Feleletválasztós kérdések:** Kettőnél több válaszlehetőség közül kell kiválasztani a helyeset, viszont az összes válasz reálisnak tűnik (56. ábra).



56. ábra. Példa feleletválasztós kérdésre

- **Igaz-hamis kérdések:** El kell dönteni egy állításról, hogy az igaz vagy hamis (57. ábra).



57. ábra. Példa igaz-hamis kérdésre

- **Kitöltés, kiegészítés:** A tanulónak ki kell egészítenie egy mondatot a hiányzó elemek (szó, szám) beírásával vagy kiválasztásával. Pontos definíciókat, a tananyag árnyalt értelmezését, valamint egyszerűbb számítási feladatok eredményét kérjük számon a segítségével. A feladat megadásakor az egyes szavakhoz több különböző megoldást kapcsolhatunk, melyekből csak egy lehet a helyes. Nehezebb a feladat, ha nincsenek megadva a válaszlehetőségeket jelentő szavak (58-59. ábra).

8 Tegyük fel, hogy a jel 512 mintából áll, a frekvencia sáv 0 és π radián/s. Az első szinten tehát a jelet szűrőn engedjük át, az alulmintázás 2-vel történik. A felüláteresztő szűrő outputján 256 minta jelenik meg (mivel feleződik az idő felbontás), de a frekvencia sáv szélessége $\pi/2$ és π radián/s köz esik (mivel a frekvencia felbontás duplázódott). Ez a 256 minta adja az első szintű DWT együtthatókat!

Pontok: -/1

Válasz:

9 Subband kódolásnál azok a frekvencia sávok, amelyek nem nagy jelentőségűek a jelben, amplitúdoval rendelkeznek, és a DWT jel ezen része el lesznek hagyva, mindenféle információvesztés nélkül.

Pontok: -/1

Válasz:

58. ábra. Példák kiegészítő feladatra

Egy kép fényességértékei a következők:

14	16	19	11	12
23	25	22	25	23
21	23	34	19	
31	19	45	45	89
18	34	59	34	23

Medián szűrő esetén a bekeretezett rész közepén lévő 34 helyére mi kerül?

Válasz:

59. ábra. Példa kitöltős feladatra

- **Rakjuk sorrendbe:** A hallgatónak sorrendbe kell rakniuk a felsorolt válaszlehetőségeket. Csak egy helyes sorrend létezik. Ilyen típust a Moodle nem ismer, de megoldható a beépített lehetőségekkel. Az is megoldható, hogy ha a tanuló nem a pontos sorrendet adja meg, akkor nem nulla pontot kap, hanem részpontoszámot, a hiba nagyságától függően (60. ábra).

1 Tegye sorrendben a JPEG kódolás lépéseit!

Pontok: --/1

1. 8x8-as blokkokra osztás
2. RGB csatornák YCbCr térbe konvertálása
3. DCT
4. -127
5. Huffman kódolás
6. Kvantálás

A válasz során a számokat írja le egymás után! Pl.: 123465

Válasz:

60. ábra. Példa rakjuk sorrendbe feladatra

- **Relációanalízis.** A tanulónak egy összetett mondat esetében el kell döntenie, hogy melyik tagmondat igaz, és milyen reláció van a két tagmondat között. A felsorolt szabványos lehetőségek közül kell kiválasztania az egyetlen helyes megoldást. Ez a kérdéstípus ok-okozati összefüggéseken alapszik, és ennek megfelelően a hallgatók logikai készségének, valamint elmélyült tudásának mérésére használható. A Moodle ezt a típust nem támogatja, de a feleletválasztásos típus felhasználásával használatával kialakítható ilyen típusú kérdés is (61. ábra).

1 Mivel az erózió során a strukturáló elem sugarával csökken minden irányban az objektum mérete, ezért használhatjuk a nyitást az objektum határán lévő kisebb elemek törlésére.

Pontok: --/1

Válasszon egy választ.

a. Mindkét állítás igaz, de közöttük nincs ok-okozati kapcsolat.

b. Az első állítás igaz, a második hamis.

c. Az első állítás hamis, a második igaz.

d. Mindkét állítás hamis.

e. Mindkét állítás igaz, és közöttük ok-okozati kapcsolat van.

61. ábra. Példa relációanalízis típusú kérdésre

- **Esszé kérdések:** A tanulónak szövegesen kell megadnia a választ a megfelelő szövegdoboz kitöltésével. A feladat javítása nem gépesíthető, csak gyakorlati feladatoknál használjuk a tananyagban.
- **Párosítás:** A tanulónak meg kell keresnie, és meg kell jelölnie a két külön oszlopban felsorolt szavak közül az összetartozó elemeket. Ennek változataira láthatunk két példát a 62.a és a 62.b képeken:

4 Adja meg, hogy az állítások melyik formátumra igazak! A válasz

Pontok: -/1

1 - JPEG
2 - JPEG2000
3 - Mindkettő
4 - Egyik sem.

A fényességkódokból 127-et von ki az előfeldolgozás során.

Az előfeldolgozás során az RGB-ből YUV-be kell konvertálni a színekódokat.

8x8-as blokkokra osztja fel a képet.

DCT-t használ.

1
4
3
2

(a)

1

Pontok: -/1

Legyen az $f(t)$ függvényből vett minta f_1, f_2, \dots, f_{10} , a súlyfüggvény értékei pedig rendre $h_2, h_1, h_0, h_{-1}, h_{-2}$. Konvolúció esetén hogyan lehet kiszámítani a mozgó átlag 5. tagját, g_5 -öt?

$f_5^*h_2 + f_6^*h_1 + f_7^*h_0 + f_8^*h_{-1} + f_9^*h_{-2}$
 $f_3^*h_2 + f_4^*h_1 + f_5^*h_0 + f_6^*h_{-1} + f_7^*h_{-2}$
 $f_4^*h_2 + f_5^*h_1 + f_6^*h_0 + f_7^*h_{-1} + f_8^*h_{-2}$

Legyen az $f(t)$ függvényből vett minta f_1, f_2, \dots, f_{10} , a súlyfüggvény értékei pedig rendre $h_2, h_1, h_0, h_{-1}, h_{-2}$. Konvolúció esetén hogyan lehet kiszámítani a mozgó átlag 6. tagját, g_6 -ot?

(b)

62. ábra. Példa párosítás típusú feladatokra (a) (b)

A szakirodalom, a módszertani ajánlások és az oktatásban szerzett tapasztalatok alapján a következő ajánlásokat használtuk fel a kérdések összeállítása során. [59][60][61][62][63]

- A kérdéseknek reprezentálnia kell a követelményrendszerben meghatározott elvárásokat (learning autcoms).
- A tananyag leglényegesebb részét öleljék fel. Számszerű adatok közül csak a leggyakrabban használtak szerepeljenek. (Ilyenek például a konvolúciós mátrixok.)
- Ne legyenek túl könnyűek, de ne túl nehezek se, alkalmazkodjanak a hallgatók reálisan várható tudásához.
- Az adott anyagrésznek megfelelő kérdéstípust válasszuk ki.
- A fogalmazás legyen tömör, szabatos és félreérthetetlen.
- A kérdés vagy állítás világos, egyértelmű megfogalmazású legyen. A feladattal nem az olvasás megértést kívánjuk mérni, hanem a hallgató tárgyi tudását.
- Ne nyújtsunk segítséget a helyes válasz kitalálásához.

- A feleletválasztásos feladatoknál a figyelem elterelésére szolgáló helytelen válaszokat (**disztraktor**) használtunk. A disztraktorok valószerűek, hosszban és megfogalmazásban nem különböznek a helyes választóktól. Többnyire önmagukban helyes állítások ugyan, de nem a kérdésre válaszolnak.

A kurzusok végén található kérdéssorok a kialakított adatbázisból kerültek kiválasztásra, és véletlenszerű sorrendben kapják a tanulók. A megoldásra itt nincs időkorlát. A teszt kiértékelése után a rendszer megadja, hogy összesen hány kérdés volt, melyekre érkezett helyes és melyekre helytelen válasz, valamint megjelennek a helyes válaszok és a százalékos eredmény is. Tetszőleges számú próbálkozás engedélyezett. A kurzus végén található próbavizsgák esetében viszont 60 perc a rendelkezésre álló idő.

A hallgatók a rendszer segítségével vizsgáznak, írnak zh-t. A feladatok megoldását a tanár ellenőrzi, a tesztekét a rendszer értékeli, ennek eredményét a vizsga után a hallgatók azonnal megtudják. A vizsgák megoldhatóak lennének a távolból is, Skype modul installálásával, ehhez azonban minden hallgató gépen futnia kell a Skype-nak, és szükség van a hallgatók ID-jének megadására a Moodle-os profiljukban. Az azonosításhoz pedig minden kliens gépen webkamerára van szükség.

A leírtaknak megfelelően a tananyag a következő didaktikai sablon szerint készült:

Bevezetés

Célkitűzések, követelmények meghatározása

Leckék

Célkitűzések

A tananyag kifejtése

Gyakorlati feladatok

Összefoglalás

Önellenőrző kérdések

Tesztkérdések

Kiegészítések

Irodalomjegyzék

Glosszárium, kulcsfogalmak

Próbavizsga A-C

Zárthelyi dolgozatok A-B

4. EREDMÉNYEK

4.1. A tananyag eredményességének mérése

A tárgy tanításához magyar és angol nyelvű szakirodalom egyaránt a rendelkezésre áll, amelyeket feldolgozva állítottuk elő tematikát és a tanuláshoz szükséges

tananyagot. A tananyag prezentációként IsPring⁵ segítségével flash objektummá konvertálva felkerült az internetre, a szoftverek ismertetése és a tananyaghoz kapcsolódó használatuk a tanítási órák feladata volt. Az anyag megértését segítette a felhasznált képek nagy száma, az animációk, valamint az, hogy az internetre feltett anyagban a prezentációktól eltérően lényegesen több volt a szöveg, nem vázlatokból, felsorolásokból állt a tananyag ismertetése. A tananyag főbb fejezetei a kontroll csoportok és a kísérleti csoportok esetében is megegyeztek:

Az emberi látás modellje

Digitalizálás

Képfeldolgozási műveletek

Lineáris koordináta-transzformációk

Hisztogram alapú eljárások

Aritmetikai és logikai műveletek

Invertálás

A konvolúción alapuló műveletek

Éldetektálás, élesítés és simítás

Műveletek a síkfrekvencia tartományban

Szűrők frekvencia tartományban

A Wavelet transzformáció és alkalmazásai

Matematikai morfológia

Digitális képformátumok

A kontroll csoport tagjai a fejezet elején leírtak szerinti hagyományos oktatásban vettek részt. A kísérleti csoport tagjai a tárgyhoz készített, ebben a dolgozatban leírt módszerek szerint készített e-learning tananyagot használták a Moodle keretrendszerbe importálva. Ennek megfelelően például az integrál transzformációkat olyan didaktikai módszerekkel tanulhatták a kísérleti csoport tagjai, amelyekkel a kontroll csoport tagjai nem találkozhattak. [3][4]

A bemutatott, SCORM 1.2 kompatibilis tananyag eredményességét kívántuk lemérni egy kísérlet során. Egy nappali és egy levelező tagozatos csoport az e-learning tananyagot használta (a kísérleti csoportok), egy nappali és egy levelező tagozatos csoport (a kontroll csoportok) pedig hagyományos oktatásban vett részt. **A nappali tagozatos kísérleti csoport (Nk) és a nappali tagozatos kontroll csoport (Nc)** zárthelyi dolgozatának (egészre kerekített) százalékos eredményeit mutatja az első táblázat, külön az elmélet és külön a gyakorlat eredményeit:

⁵ Freeware program prezentációk flash objektummá alakításához.

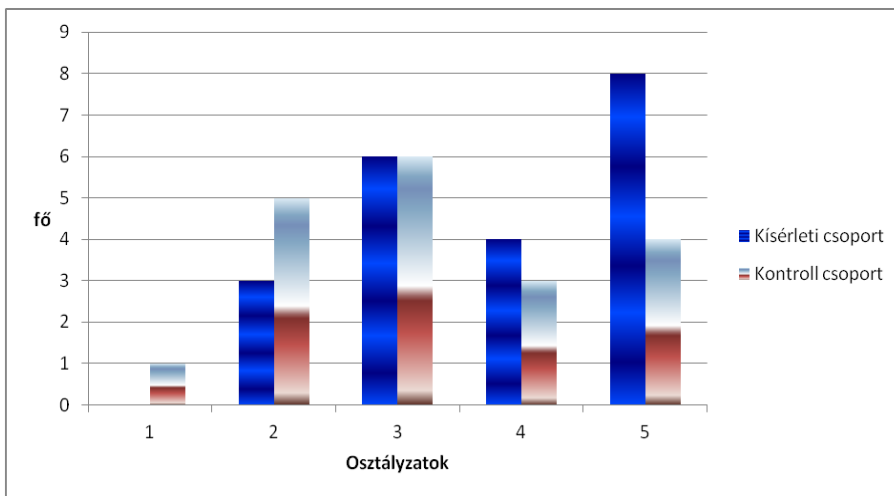
Nk elmélet	85	85	88	68	83	95	92	78	85	90	78	88	37	82	78	78	86	82	88	78	76
Nc elmélet	90	45	88	85	56	76	63	53	85	63	55	60	63	82	66	70	75	56	80		
Nk gyakorlat	100	38	88	70	85	75	60	50	90	90	50	100	63	75	30	30	70	75	100	56	38
Nc gyakorlat	40	10	90	78	47	61	55	50	70	59	45	35	57	56	51	48	88	40	30		

1. táblázat. Zárhelyi dolgozatok eredményei a nappali tagozatos kontroll és a kísérleti csoportban (%)

A 21 fős kísérleti csoport elméleti eredményeinek az átlaga 80,95%, míg a 19 fős kontrolcsoport átlaga 69,00%. A gyakorlati eredmények átlaga 68,24% százalék a kísérleti csoportnál és 53,16 % a kontroll csoportnál. Mindkét esetben az eltérés jelentősnek mondható.

Mivel a minták nyilvánvalóan normális eloszlásúnak tekinthető populációból származnak, és az F-próba elvégzése után megállapítottuk, hogy a vizsgált minták variációjuk nem különbözik egymástól lényegesen, így elvégezve a kétmintás t-próbát az elmélet esetében 99,485%-os, a gyakorlat esetében 97%-os valószínűséggel mondhatjuk, hogy a tanulók teljesítményének átlagértéke közötti különbség a kifejlesztett e-learning tananyag eredménye. A tananyag testreszabható szövege, a rendkívül szemléletes ábrák, animációk, az interaktív lehetőségek tárháza azt eredményezte, hogy a kísérleti csoportban tanulók teljesítménye több, mint 11 százalékponttal jobb volt.

Az osztályzatok az elméleti és a gyakorlati eredményekből adódtak, az elméleti eredmények 60%-os, a gyakorlati eredmények 40%-os súllyal lettek figyelembe véve. A 63. ábra a két csoport osztályzatának megoszlását mutatja:



63. ábra. Az osztályzatok megoszlása a nappali tagozatos kontroll és kísérleti csoportban

A diagram jól mutatja, hogy jeles és jó osztályzatok is nagyobb számban születtek a kísérleti csoport esetében, ahol az osztályzatok átlaga 3,81, a másik csoport esetében 3,21.

A kísérletet elvégeztük a levelező tagozatos hallgatóknál is. A kísérleti csoport (Lk) és a kontroll csoport (Lc) elméleti és gyakorlati eredményeit mutatja a második táblázat:

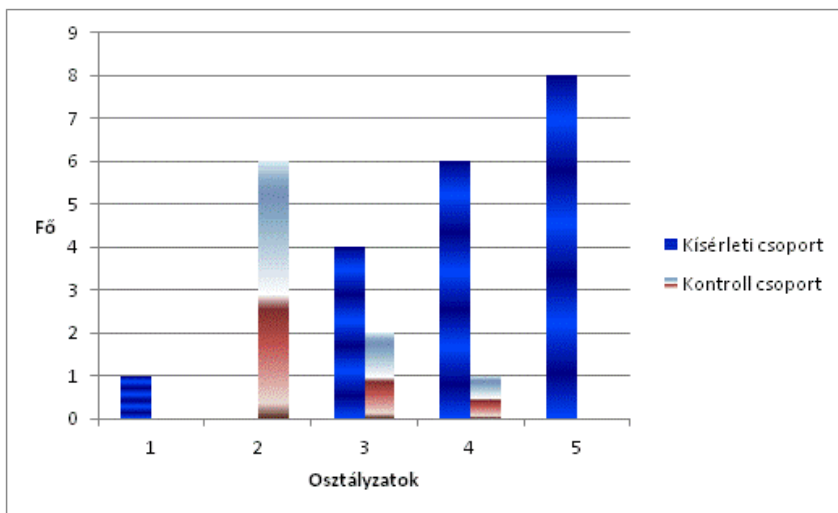
Lk elmélet	85	76	95	93	83	90	93	66	95	90	76	95	98	95	77	85	83	85	76
Lc elmélet	60	65	90	70	70	76	52	76	60										
Lk gyakorlat	50	0	50	50	37	37	75	50	63	38	45	88	63	88	43	50	88	75	100
Lc gyakorlat	37	30	20	20	45	72	50	25	37										

2. táblázat. Zárhelyi dolgozatok eredményei a levelező tagozatos kontroll és a kísérleti csoportban

A 19 fős kísérleti csoport elméleti eredményeinek az átlaga 86,10%, míg a 9 fős kontrolcsoport átlaga 68,78% százalék. A gyakorlati eredmények átlaga: 57,37% a kísérleti csoportnál és 37,33% százalék a kontroll csoportnál. **Az eredmények közötti különbség sokkal nagyobb, mint a nappali tagozatos csoportok esetében.**

Mivel a minták itt is nyilvánvalóan normális eloszlásúnak tekinthető populációból származnak, és az F-próba elvégzése után megállapítottuk, hogy a vizsgált minták variációját nem különbözteti meg egymástól lényegesen, így elvégezve a kétmintás t-próbát az elmélet esetében 99,87%-os, a gyakorlat esetében 98,70%-os valószínűséggel mondhatjuk, hogy a tanulók teljesítményének átlagértéke közötti különbség a kifejlesztett e-learning tananyag eredménye.

Az osztályzatok kiszámítása a nappali tagozatos hallgatókéhoz hasonlóan alakult, a 64. ábra mutatja az osztályzatok megoszlását mindkét csoport esetében:



64. ábra. Az osztályzatok megoszlása a levelező tagozatos kontroll és kísérleti csoportban

A diagram jól mutatja, hogy a kontroll csoportban nem volt jeles osztályzat (és elégtelen sem), a kísérleti csoportban viszont nyolc fő kapott jeles osztályzatot. Ebben a csoportban az osztályzatok átlag 4,05, a kontroll csoportban 2,44 volt.

Ha összehasonlítjuk a nappali és a levelező tagozatos kísérleti csoportok eredményeit, akkor némi meglepetésre azt tapasztaljuk, hogy a levelező tagozatos hallgatók az elméleti kérdésekre adott válaszokban jobb eredményt értek el, mint a nappali tagozatos hallgatók. A gyakorlati vizsgán viszont a nappali tagozatos hallgatók szerepeltek jobban, akik rendszeresen, hetente kétszer vehettek részt az órákon.

A levelező tagozatos kontroll csoport létszáma azért volt csak 9 fős, mert 6 fő „lemorzsolódott”. Vagy már a második konzultációra sem jött el, vagy „csak” a zárthelyi dolgozatot nem írta meg. A kísérleti csoportban viszont a tárgyat felvett hallgatók közül csak egyetlen hallgató nem írt zárthelyi dolgozatot. Megállapítható tehát, hogy **az e-learning tananyag növelte a hallgatók körében a tárgy népszerűségét, csökkentette a lemorzsolódást, növelte a hallgatók motiváltságát.**

4.2.A tanulási szokások vizsgálata

A Moodle naplózását kihasználva összehasonlítottuk a tanulók évközi eredményeit a zárthelyi dolgozat eredményeivel. Az egyes leckék végén lévő ellenőrző kérdések eredményét minden tanuló esetében átlagoltuk, és az így kapott értéket vetettük össze a zárthelyin elért eredményekkel. A 3. táblázat a nappali tagozatos csoport eredményét és zárthelyi eredményét tartalmazza:

Tanulók	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21
Évközi eredmények	81	70	88	82	81	100	60	75	81	94	67	77	52	88	85	84	69	74	80	73	68
Zárhelyi eredmények	85	85	88	68	83	95	92	78	85	90	78	88	37	82	78	78	86	82	88	78	76

3. táblázat. Évközi eredmények és a zárhelyi eredményei százalékban

A táblázat adatai azt mutatják, hogy az elkészített e-learning tananyagban használt értékelő rendszerében elért eredmények és a zárhelyi dolgozat során elért eredmények között szoros kapcsolat mutatható ki. Alig volt olyan tanuló, aki a tanulási szakaszban 80 százaléknál többet teljesített, de a zárhelyin 80 százalék alá került a teljesítménye. **A korrelációs együttható értéke 0,5530, ami a tanulási szakaszban nyújtott teljesítmény és a zárhelyin elért teljesítmény között pozitív irányú, érzékelhető korrelációs összefüggésre utal. A tananyag használói ezek alapján biztosak lehetnek abban, hogy a tananyag értékelési rendszere pontosan mutatja azt, hogy milyen mélységben sajátították el a tananyagot. Az értékelési rendszerben nyújtott jó teljesítmény pedig a zárhelyin is jó eredményre predesztinálja a tanulót, ami egyben motiváció is számára. Azaz az elektronikus tananyag a megfelelő értékelő rendszerrel motivációs tényezővel bír a hallgatók számára.** Mindezt jól mutatja a 6. sorszámú tanuló, aki úgy érte el a 100%-os eredményt év közben, hogy minden tesztet annyiszor töltött ki, amíg 100%-os eredményt nem ért el. Hasonló adatokat mértünk a levelező tagozatos hallgatók esetében is.

Erős korrelációt lehetett kimutatni a nézetek száma és zárhelyi eredmények között is. Azaz, aki többször is elolvasta (vagy legalább megnyitotta) a leckék egyes fejezetét, az többnyire jobb eredményt ért el. Igaz azonban, hogy a Moodle csak a kattintást tudja érzékelni, azt, hogy a felhasználó megjelenítette a lecke egyik fejezetét, azt nem, hogy utána valóban olvassa-e azt.

Mivel voltak hallgatók, akik a tesztek kitöltése és értékelése után azonnal újból próbálkoztak, így két próbálkozás közé 30 perc várakozási időt határoztunk meg a rendszer számára.

Megvizsgáltuk az egyes tesztek **nehézségi mutatóit** (helyes válaszok száma/válaszok száma). [64] A nullához legközelebbi tesztelemek esetében a tananyagban azt a részt, amelyre a tesztet vonatkozott kiegészítettük, átfogalmaztuk vagy példát mutattunk rá. Például:

Egy kép fényességértékei a következők:

14	16	19	11	12
23	25	22	25	23
21	23	34	19	
31	19	45	45	89
18	34	59	34	23

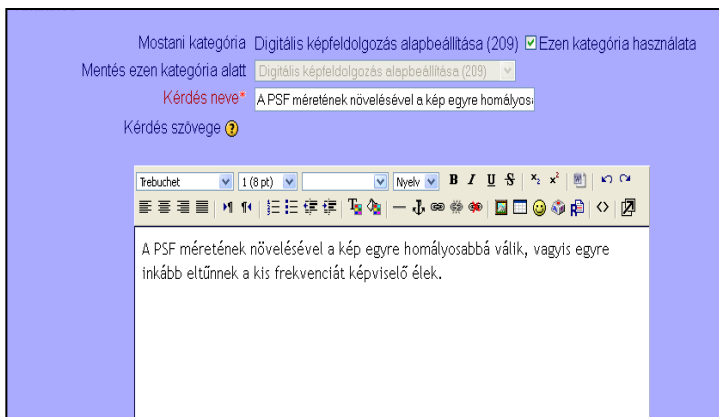
Medián szűrő esetén a bekeretezett rész közepén lévő 34 helyére mi kerül?

65. ábra. Problémát okozó kérdés

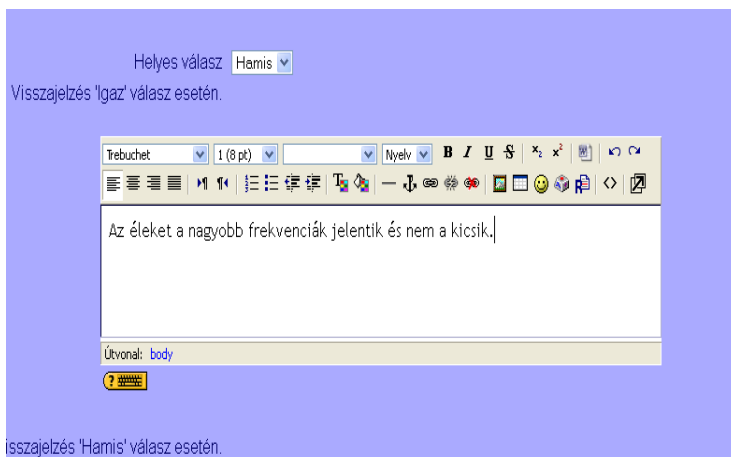
Ennek a tesztelemnek a nehézségi mutatója 0,16 volt, sok esetben a tippelés is elmaradt. Így a tananyagban a mediánszűrőre mutatott példa mellé még egyet helyeztünk el a tananyagba, animációval és részletesebb magyarázattal kiegészítve.

A modern tesztelmélet szerint azokat a tesztkérdéseket, amelyeket csaknem ugyanolyan valószínűséggel oldják meg a gyenge tanulók, mint a magas tudásszinttel rendelkezők, azokat ki kell venni a tesztből, hiszen nem differenciál közöttük. Az önellenőrzésre szolgáló kérdések között is találtunk ilyeneket, mivel azonban ebben a szakaszban még nem a differenciálás a teszt célja, hanem az, hogy a tanuló visszajelzést kapjon arról, hogy milyen szinten birtokolja az elsajátításra kijelölt tananyagot, így ezek a tesztadatbázisban maradtak, hasonlóan az 1 vagy közel 1 nehézségértékű tesz elemekhez. A kurzus végi zárhelyi dolgozatokban előforduló ilyen kérdéselemek azonban kikerültek a tesztek közül.

Voltak triviálisnak tűnő kérdések is, amelyekre többen rosszul válaszoltak, vélhetőleg „félreolvasva” a kérdést. Az ilyen kérdéseknél a hibás válasz esetén egyszerűen beírtuk, hogy miért volt hibás a tanuló válasza (66. ábra).



(a)



(b)

66. ábra. Feladat (a) és a rendszer válasza hibás válasz esetén (b)

Megvizsgáltuk, hogy hányan és hányszor nyitották meg a kiegészítésnek szánt, a testreszabhatóságot biztosító oldalakat. A leggyakrabban látogatottak közül több oldal is bekerült a „törzsanyagba”. Ilyen volt például a Fourier-transzformációt magyarázó rész, egy flash program, amely a Fourier-transzformáció megértéséhez nyújtott segítséget, egy java applet, mely tetszőleges, URL-ként megadott képeken képes Fourier transzformációt és inverzét végrehajtani különböző paraméterek (például alul vagy felül áteresztő szűrő) megadása mellett, valamint a dilatáció megértéséhez készített animáció és program.

Megvizsgáltuk azt is, hogy milyen eredményeket értek el azok a hallgatók, akik nem nyitották meg a kiegészítésnek szánt oldalakat (mátrix szorzás, konvolúció). A kettő között nem volt szoros korreláció, azaz nem tudtuk bizonyítani, hogy akik ezeket a tartalmakat is megnyitották, jobb eredményeket értek el, mint akik kihagyták.

A gyakorlati részben nyújtott hallgatói eredményeket megvizsgálva kiderült, hogy nagyon sok az 50%-os teljesítmény. Van 0 pontos, de a 38% is igen kevésnek mondható. Ugyanakkor a levelező és a nappali tagozatos kísérleti csoport gyakorlati eredményei is jelentősen gyengébbek, mint az elméleti rész eredményei, ezért a gyakorlati feladatok számát megnöveltük, elhelyezésüket megváltoztattuk. Kidolgozott gyakorlati feladatok olyan fejezetek végére is kerültek, amelyekhez az adott feladat kapcsolható volt. Például egy medián szűrést igénylő feladatot beraktunk a medián szűrőt tárgyaló fejezet után közvetlenül is. A gyakorlati részben egy másik jelentős újítást is bevezettünk a kísérlet után: a leckék végén található gyakorlati feladatok közé olyanok is kerültek, amelyek megoldását a tanulóknak el kell küldeniük a megadott e-mail címre. Ezzel a tanulók egyrészt „rákényszerültek” a gyakorlati feladatok megoldására, másrészt így megtörténik az „önellenőrzés”, csak most az oktató válaszevele, és nem a rendszer jelzi, hogy a gyakorlati feladat megoldása helyes vagy helytelen.

4.2.1. A tananyag módosításának eredménye

A tananyag változtatása után egy nappali tagozatos és egy levelező tagozatos csoport eredményeit is megvizsgáltuk. Az eredményeket mutatja a 4. táblázat:

Tanulók	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.
Nappali - elmélet	82	88	86	78	68	78	95	92	90	90	88	90	86	82	88	90	95	98	78	85	95	95
Nappali - gyakorlat	75	70	100	100	75	100	90	90	100	75	50	56	100	90	85	70	75	100	90	76	75	88
Levelező - elmélet	85	76	90	95	93	98	95	95	88	95	98	85	76	95	90	85	76	93	93	90		
Levelező - gyakorlat	37	100	88	100	88	90	70	70	75	75	88	75	88	75	88	37	75	90	75	56		

4. táblázat. A tananyag módosításának eredményei

A nappali tagozatos hallgatók elméleti eredményének átlaga 87,14%, a korábbi 80,95%-hoz képest, a gyakorlati eredmények átlaga 83,18% a korábbi 68,24%-hoz képest. Hasonlóan javuló eredményeket értünk el a levelező tagozatos hallgatók esetében is, ahol az elméleti eredmények átlag 89,55% a korábbi 86,10%-hoz képest, a gyakorlati eredmények átlaga 77,00% a korábbi 57,37%-hoz képest.

A tantárgyat felvett levelező tagozatos hallgatók közül egyetlen egy nem jött el a zárthelyi dolgozatra, a lemorzsolódás mértéke tehát továbbra is minimális volt.

Az eredmények azt mutatják, hogy a naplófájlok felhasználásával, a tanulási szokások feltérképezésével, és az értékelőrendszer eredményeinek elemzésével továbbfejlesztett e-learning tananyag hatékonyabbá vált a korábbihoz képest.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanári pálya egyik érdekes és izgalmas területe annak kutatása, hogy milyen didaktikai módszerek alkalmazásával lehet hatékonyan elsajátíttatni az éppen aktuális tananyagot a korosztályban, érdeklődési körben, a választott tagozatban, előképzettségben, s motiváltságban egyaránt sokszínű képet mutató tanulókkal illetve hallgatókkal. A hatékonyság növelhető a megfelelő szövegen, illusztrációkon kívül azzal, ha minél több érzékszervet vonhatunk be a tanulás során, és ha a tanulás gyakorlatias és szórakoztató. A megvalósításhoz szükség van számítógép használatára. A tanulás hatékonysága, sebessége még tovább növelhető, ehhez azonban új oktatási formákat, módszereket kell keresni, amelyek növelik az oktatás hatékonyságát, felgyorsítják a tanulási folyamatot.

A digitális képfeldolgozás során arra törekszünk, hogy a képek elemzése révén fokozatosan megértsük, azaz helyesen értelmezzük a képben foglalt vizuális információkat, felismerjük, hogy mit ábrázol a kép. Ehhez a képen olyan átalakításokat végzünk, melyek révén az eredetinél kedvezőbb tulajdonságú képet kapunk. Az átalakítások túlnyomó része valamilyen algoritmus, többnyire erős matematikai alapon. A tárgy különösen alkalmasnak látszott arra, hogy az oktatását számítógép használata segítse.

A tárgyat az Eszterházy Károly Főiskolán nappali és levelező tagozatos hallgatók számára választható tárgyként oktatjuk. A tárgy oktatása során a gyakran eltérő képzettségű hallgatóknak egyrészt ismerniük és alkalmazniuk kell az egyes képfeldolgozási eljárásokat a rendelkezésre álló szoftverek (GIMP, ImageJ, MATLAB) segítségével, másrészt meg kell érteniük a képfeldolgozási algoritmusok elméleti hátterét. A képfeldolgozási feladatokban jól használható alapvető elméleti eredmények, illetve a feldolgozási algoritmusok működésének magas szintű bemutatása úgy, hogy a megértés ne csak instrumentális, hanem relációs is legyen: ez a tárgy oktatásának igazi kihívása. Ráadásul a levelező tagozatos hallgatók esetében a tanulási folyamat szinte teljesen az intézményen kívül valósul meg, így nekik a saját maguk által meghatározott ütemben kell elsajátítaniuk az ismereteket.

A megoldást olyan tananyag készítése jelentette, amelyet egyrészt bármikor és bármely, internetes kapcsolatra képes eszközön el lehet érni, továbbá testreszabható, valamint interaktív és különböző médiumokat képes felhasználni a tanulás folyamán. Ezen kritériumoknak eleget tesz, ha a tananyagot az e-learning minőségi ajánlásainak megfelelően készítjük el, SCORM 1.2 kompatibilis tartalomcsomagokként. Az ilyen csomagok befogadására alkalmas a Moodle rendszer, amely lehetővé teszi az egyéni kontextusok feltérképezését a felhasználói profilok megfelelő kialakításával, a tevékenységjelentések, blogbejegyzések, és a kitöltött kérdőívek használatával. Támogatja a rugalmas tanulási környezetet a portál, a kurzusok valamint az egyes tananyagok szintjén, és azzal, hogy a szerepek és a szerepekhez rendelt jogosultságok akár kurzusonként újradefiniálhatók. Ráadásul sok külső alkalmazással képes együttműködni, melyek nagy része beépíthető a kurzusokba. Naplózási tevékenysége alkalmasnak bizonyult a tanulási szokások feltérképezésére is.

A kidolgozott tananyaghoz a következő didaktikai sablont fejlesztettük ki:

Bevezetés

Célkitűzések, követelmények meghatározása

Leckék

Célkitűzések

A tananyag kifejtése

Gyakorlati feladatok

Összefoglalás

Önellenőrző kérdések

Tesztkérdések

Kiegészítések

Irodalomjegyzék

Glossárium, kulcsfogalmak

Próbavizsga A-C

Zárthelyi dolgozatok A-B

Figyelembe véve azt, hogy a tananyagban tárgyalt képfeldolgozási eljárások három elméleti alappillére az integrál transzformációk, a konvolúció és a matematikai morfológia, így ezek minél jobb relációs megértésére külön tananyagot dolgoztunk ki.

Az integrált transzformációk fejezetben a jel spektrumának meghatározásához, szemléltetéséhez Excel táblázatot készítettünk. A Fourier transzformáció megértését olyan programmal segítjük, amelynek használatával egy adott jelhez hasonló koszinusz függvényt lehet keresni a frekvencia megváltoztatásával. A program a koszinusz függvény frekvenciájának változtatásával párhuzamosan mutatja az integrálás eredményét. A DFT együtthatók kiszámítását példával illusztráljuk. A 2D DFT használatát képekre speciális ábrák felhasználásával szemléltetjük.[2] A frekvencia térben történő szűréseket, szűrők megvalósítását az ImageJ programon kívül a MATLAB programhoz írt olyan saját fejlesztésű alkalmazással szemléltetjük, amellyel jpeg képeket lehet megnyitni, és amelyben a manipulálni kívánt frekvenciatartomány centrumát, annak sugarát, illetve a módosítás mértékét is meg lehet adni. A saját fejlesztésű programon kívül a tananyagban olyan java applet alkalmazást is használhatnak a tanulók, melynek segítségével frekvencia tartományban végezhetnek szűréseket az általuk feltöltött képeken. A DCT és a HWT energia megőrző tulajdonságának oktatásához két Excel táblázatot készítettünk, amelyek egy kép világosságkódjainak megadása után elvégzik a transzformációt, és megjelenítik az új kép világosságkódjait. [3]

A konvolúció megértését saját fejlesztésű számítógépes programokkal tettük szemléletessé. A konvolúcióra épülő képfeldolgozási műveletekhez a GIMP programot használjuk.

A matematikai morfológia oktatásához a szemléletes képeken kívül saját fejlesztésű programot használunk. A program segítségével a hallgatók tetszőleges képeket generálhatnak, majd a struktúráló elem nagyságának megadása után a programmal végrehajtják a kiválasztott morfológiai műveletet. A képek tárolhatók, újrafelhasználhatóak. A program képes arra, hogy lépésenként mutassa meg, hogy mikor melyik objektumpont változik háttéré vagy fordítva: melyik háttérpontból lesz objektumpont.

A kifejlesztett tananyag szövegének finomszerkezete pedig biztosítja a figyelemfelkeltést és a tanulási tartalom problematizálását, a hierarchikus felépítés biztosítja az előzetes ismeretek és tapasztalatok aktiválását, az újonnan megtanultaknak a megfelelő ismeretekkel való összekapcsolását. A tananyaghoz felhasznált interaktív programok, saját fejlesztésű alkalmazások és animációk biztosítják az interaktivitást, bevonják a tanulókat a tanulási folyamatban, biztosítják a megfelelő motivációt. A motivációt tovább növelik a különböző gyakoroltató feladatok, amelyeket gondosan kiválogatott képeken kell végrehajtani. A kidolgozott értékelési rendszer pedig a folyamatos visszacsatolásról gondoskodik. Az értékelési rendszert úgy fejlesztettük ki, hogy annak használata biztosítja a tananyag instrumentális és relációs megértését, valamint a sikeres zárhelyi dolgozatokat is.

A tárgy tanításához magyar és angol nyelvű szakirodalom egyaránt a rendelkezésre áll, amelyeket feldolgozva állítottuk elő tematikát és a tanuláshoz szükséges tananyagot (nappali és levelező tagozatos) kontroll csoportok számára. A tananyag prezentációként –flash objektummá konvertálva – felkerült az internetre, a szoftverek ismertetése és a tananyaghoz kapcsolódó használatuk a tanítási órák feladata volt. Az anyag megértését segítette a felhasznált képek nagy száma, az animációk, valamint az, hogy az internetre feltett anyagban a prezentációktól eltérően lényegesen több volt a szöveg, nem vázlatból, felsorolásokból állt a tananyag ismertetése. A tananyag főbb fejezetei a kontroll csoportok és a kísérleti csoportok esetében is megegyeztek.

A kísérleti csoportok tagjai a Moodle-be importált elektronikus tananyag szerint tanultak. Az elvégzett kísérlet azt bizonyította, hogy a kifejlesztett tananyag nagymértékben javította a digitális képfeldolgozás tárgy tanulásának hatékonyságát, jelentősen javultak a hallgatók eredményei. Az LMS használata és az erős értékelési rendszer hozzájárult a tanulási szokások megismeréséhez, és lehetővé tette a tananyag továbbfejlesztését, a különböző tanulói képességekhez illesztését. A kísérlet bizonyította azt is, hogy e-learning használata megfelelően kidolgozott, a tananyaghoz fejlesztett szoftverekkel, Excel munkalapokkal, motiváló tananyaggal népszerűbbé tehet egy választható tárgyat a hallgatók körében, növelve a belső motiváltságot. Az interoperábilis elektronikus tananyag testreszabhatósága pedig felgyorsította a tanulási folyamatot.

6. SUMMARY

In the field of teaching, one of the interesting subjects is the research of the fact which didactic methods are good for learning the current curriculum for the students who show a wide range of age, interest, chosen courses, previous studies and motivation. The effectiveness can be improved not only by appropriate texts and illustrations, but with involving as many senses in learning as possible and making it practical and entertaining. To implement these aims it is necessary to use computers. The efficiency and speed of learning can be increased further but for this intention new forms and methods of teaching are needed which improve the efficiency of education and speed up the process of learning.

During digital image analysis our goal is to analyse the picture, understand and correctly interpret the visual information in it and finally recognise what it depicts. To achieve this we do transformations that result in an image with better properties than the original. These transformations are usually algorithms, most on strong mathematical basis. This subject seemed particularly suitable to be aided by computers in teaching.

We teach this as an optional subject to the students of the daytime and correspondence courses of Eszterházy Károly College. During the lessons students of different skills firstly have to know and use each of the methods of image processing with the help of available softwares (GIMP, ImageJ, Matlab) and secondly they have to understand the theoretical background of image processing algorithms. In image processing exercises basic theoretical results are perfect for making the understanding not only instrumental but relational too; this is the real challenge of this subject. Furthermore, in case of correspondence courses the process of learning happens entirely inside the school so they have to acquire the knowledge at their own pace.

The solution was to prepare such material that can be reached from everywhere with any internet capable device that is customisable as well as interactive and also makes use of different mediums during learning. To fulfill these criteria the material had to be made according to the recommendations of quality e-learning as a SCORM 1.2 compatible content package. For these kinds of packages the Moodle LMS system is suitable. Moodle makes possible the discovery of unique contexts with the help of properly designed user profiles, blog entries and filled questionnaires. It supports flexible learning environment on level of the portal, courses and the individual lessons and even with the roles and associated rights being re-definable on a per course basis. Moreover, it can cooperate with a lot of third-party applications, of which most can be incorporated into the courses. Its logging capability proved suitable to map the learning habits of students.

For the material we developed the following didactic template:

Introduction

Defining the goals, requirements

Lessons

Objectives

Explanation of the topic

Practice tasks

Summary

Self-assessment questions

Test questions

Supplements

Bibliography

Glossary, key notions

Trial tests A-C

Exam tests A-B

Considering that the four theoretical pillars of the discussed image processing methods are integral transformations, convolution and mathematical morphology; we developed separated materials to help the understanding of relation of them. (The fourth one is the histogram transformations but students understand it very easy.)

In the chapter of integral transforms to demonstrate the way of creating the spectrum of a sign we have created an Excel spreadsheet. We support the understanding of FT with a program. By using that we can find cosine functions similar to a given sign by changing the frequency of the cosine functions. While we are changing the frequency the program shows the result of the integration. We demonstrate the calculating of DT coefficients by a specific example. The usage of 2D DFT for images we demonstrate by special pictures.[2] The filtering in the frequency domain and the creation of filters are demonstrated by the ImageJ program and an our own developed software for MATLAB. This program can open any jpeg files and it can manipulate them after we have set the center and the radius of the frequency-domain that we want to change and we can also set the rate of changing.

Besides students can define and perform low-pass and high-pass filters on own uploaded images by using a java applet. To demonstrate the feature of energy saving of DCT and HWT we have created two Excel spreadsheets that can perform the transforms after giving the intensity values of an image and can calculate the new intensity values as well. [3]

The understanding of convolution we developed computer programs. For the image processing operations based on convolution we use the GIMP software.

For teaching the mathematical morphology we use not only picturesque images but an own developed software. By means of this program students can generate optional images and after setting the size of the structuring element they can perform the selected morphology operation. Images can be saved and reused. The program can show the steps of the selected operations: which background pixels become object pixels and reverse, which object pixels become background pixels.

The text's fine structure of the developed material ensures the raising of awareness and the problemizing of the learning content while the hierarchical setup supports the activation of previous knowledge and experiences, the connection of the newly learned to the older. The interactive programs used for the material, self-

developed applications and animations ensure interactivity and involve the students into learning while granting them the required motivation that is further increased by practising tasks which must be performed in carefully chosen images. The evaluation system is elaborated so that its use ensures the instrumental and relational understanding of the material and also a successful exam test.

For teaching of the subject both Hungarian and English literature are available, which were used for the production of the thematic and materials required for learning by the (daytime and correspondence) control groups. The material was put on the internet as a flash object and the introduction of the softwares and their usage related to the material was a task at the lessons. The apprehension of the material was helped by the huge amount of images, animations and the fact that the text uploaded to the internet was not just an outline and listing but the material itself was explained. The main chapters of the material were the same in case of both the control and experimental groups.

The members of the experimental group learned with the material imported into Moodle. The experiment proved that the developed material greatly improved the efficiency of learning the subject and students made better grades. The usage of LMS and the evaluation system contributed to the understanding of learning behaviour and allowed the material to be developed further, matching to individual students' skills. Furthermore, the experiment proved that the use of e-learning with properly developed, motivating material, with the developed computer softwares and Excel sheets can popularise an optional subject with the students, increasing their inner motivation. The customisability of the electronic material in turn sped up the learning process.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bruner, J. S., *Az oktatás folyamata*. Budapest, 1968, Tankönyvkiadó, 33-34.
- [2] Király Sándor, *How to teach computer programming if our goal is the International Olympiad in Informatics*, Teaching Mathematics and Computer Science, 9/1 (2011), 13-25.
- [3] Király Sándor, *Teaching integral transforms in secondary schools*, Teaching Mathematics and Computer Science, 9/2 (2011), 241-260.
- [4] Király Sándor, *Demonstrating the feature of energy saving of transforms in secondary schools*, Teaching Mathematics and Computer Science, Teaching Mathematics and Computer Science, 10/1 (2012), 43-55.
- [5] Johannes Amos Comenius, *A látható világ*, Magyar Helikon Kk, 1959 / Az 1669-ben megjelent kiadás alapján.
- [6] Skemp, R., *Relational understanding and instrumental understanding*. Arithmetic Teacher 26 (3) , 9-15.
- [7] Hutter Ottó, Magyar Gábor, Mlinarics József, *E-learning*, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2005. 14.
- [8] Dr. Forgó Sándor, Agria Media 2002. *Oktatástechnológiai és információtechnológiai konferencián elhangzott előadás*. vagy In: Hutter Ottó – Magyar Gábor - Mlinarics József: E-LEARNING 2005 (eLearning kézikönyv), Műszaki Könyvkiadó, 2005. 14.
- [9] Dr. Komenczi Bertalan, *Az e-learning lehetséges szerepe a magyarországi felnőttképzésben*, Felnőttképzési kutatási füzetek, Nemzeti Felnőttképzési Intézet, 2006. 10. o.
- [10] Forgó Sándor – Hauser Zoltán – Kis-Tóth Lajos, *Tanulás tér- és időkorlátok nélkül*, Iskolakultúra 2004/12, <http://epa.oszk.hu/00000/00011/00088/pdf/tan2004-12.pdf>, 125, Letöltve: 2011. március 16.
- [11] Paul Nicholson, *A History of E-Learning*, Computers and Education, 2007, 1-11, DOI: 10.1007/978-1-4020-4914-9_1
- [12] Kovács Ilma, *Új út az oktatásban?* Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem Felsőoktatási Koordinációs Iroda Budapest 1997. 21-30.
- [13] Jáki László, *A távoktatás kialakulása és fejlődésének nemzetközi tendenciái*, A felsőoktatás fejlesztését szolgáló kutatások: Távoktatás Magyarországon 1970-1980 Felsőoktatási Koordinációs Iroda, Budapest, 1992, 222 p.
- [14] Dr. Forgó Sándor, *A távoktatás története*, www.ektf.hu/~forgos/hivatkoz/Tavoktatás-tort.doc, 4. Letöltve: 2010. december 30.
- [15] Habók Anita – Szuchy Róbert, *A szakképzés helyzete az Európai Unióban*, <http://www.ofi.hu/tudastar/szakkepzes-helyzete>. Letöltés: 2011. január 10.

- [16] <http://www.hf.faa.gov/webtraining/Training/Training016.htm>. Letöltve: 2011. június 10.
- [17] Dr. Forgó Sándor, *Új média, hálózatalapú tanulás*, <http://www.slideshare.net/forgos/j-mdia-e-tanuls-slideshare>, Letöltve: 2011. január 20.
- [18] Dr. Forgó Sándor, *Az új média és az elektronikus tanulás*, http://okt.ektf.hu/data/forgos/file/Az_uj_media_UPSZ_.pdf.
- [19] Vágvölgyi Csaba, *Tananyagtárházak az e-learningben*, <http://www.slideshare.net/vagvolgyi.csaba/tanyanyagtrhaz-az-elearningben>, Letöltve: 2011. április 20.
- [20] Hutter Ottó, Magyar Gábor, Mlinarics József: *E-learning*, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2005. 33-34. o.
- [21] Hutter Ottó, Magyar Gábor, Mlinarics József: *E-learning*, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2005. 20-26. o.
- [22] Don McIntosh, *Learning Management Systems*, <http://www.trimeritus.com/bookchapter.pdf>. Letöltve: 2011.06.11.
- [23] Don McIntosh (2008) *Learning Management Systems*. In Hirtz, S (eds.) *Education for a Digital World*. BCcampus, 6. o.
- [24] Tóth Zsolt – Bessenyei István: *A Konstruktivista oktatás*, http://epa.oszk.hu/01900/01963/00026/pdf/infotars_2008_08_03_041-050.pdf. Letöltve: 2011. 06.12.
- [25] Hutter Ottó, Magyar Gábor, Mlinarics József, *E-learning*, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2005. 24. o.
- [26] Papp Gyula, *e-learning szabványok*, 2005. május, <http://elearning.sztaki.hu/repository/15.pdf>. Letöltve: 2011. június 10.
- [27] Nagy Zoltán, *e-learning szabványok*, 2005. május, <http://elearning.sztaki.hu/repository/14.pdf>. Letöltve: 2011. június 10.
- [28] Zeynel Cebeci, Yoldas Erdogan, *Tree View Editing Learning Object Metadata*, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects Volume 1*, 2005.
- [29] Stankov Gordana: *Konkrét és képi reprezentációk használata a hetedik osztályos algebratanításban*, PhD értekezés, Debreceni Egyetem, 2008. 6.o.
- [30] Ambrus András, *Bevezetés a matematikadidaktikába*, ELTE Eötvös kiadó, 1995. 142.o.
- [31] Hutter Ottó, Magyar Gábor, Mlinarics József, *E-learning*, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2005. 48. oldal.
- [32] Gagne, R. (1985). *The Conditions of Learning (4th ed.)*. New York: Holt, Rinehart & Winston . 77-80. o.
- [33] Gray, Robert M. and Davisson, Lee D., *An Introduction to Statistical Signal Processing*, Cambridge University Press, 2004.

- [34] Larry Klingenberg, *Frequency Domain Using Excel*, <http://userwww.sfsu.edu/~larryk/Common%20Files/Excel.FFT.pdf>, Letöltve: 2010. november 10.
- [35] Obádovics J., Gyula, *Matematika I., II.*, Scolar kiadó, Budapest, 1994. 232.o.
- [36] Andreescu, Titu and Andrica, Dorin, *Complex Numbers from A to ... Z*. Birkhäuser, 2006. 165.o.
- [37] *Innovative teaching of Fourier series using Labview*, http://dynamics.uml.edu/papers/ASEE_2006/ASEE2006_728_Fourier_Series_0227_06.pdf, Letöltve: 2010. október 30.
- [38] Smith, Stephen W., *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, 2nd Edition. California Technical Publishing, 2003.
- [39] Fourier transform, <http://www.fourier-series.com/f-transform/flash-programs/FourierTrans.html>, Letöltve: 2010. szeptember 20.
- [40] Loan, C. V., *Computational Frameworks for the Fast Fourier Transform*, Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992.
- [41] Gonzales, Rafael C., and Woods, Richard E., *Digital Image Processing*, Third Edition. Pearson Education Inc., 2008. 80-92. o
- [42] *Fourier transform* <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/fourier.htm>, Letöltve 2010. november 10.
- [43] STEPHANE MALLAT: *A Wavelet tour of signal processing*, Academic Press, 1998.
- [44] Robi Polikar, *The Wavelet Tutorial*, <http://users.rowan.edu/~polikar/WAVELETS/WTpart3.html>, Letöltve: 2010. december 20.
- [45] K. R. Rao and P. Yip, *Discrete Cosine T transform: Algorithms, Advantages and Applications*, Academic Press, San Diego, 1990.
- [46] Smith, Stephen W., *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, 2nd Edition. California Technical Publishing, 2003.
- [47] *Data compression*, <http://www-cs-faculty.stanford.edu/~eroberts/courses/soco/projects/2000-01/data-compression/lossy/jpeg/dct.htm>, 2011.
- [48] *JPEG*, <http://computervision.wikia.com/wiki/JPEG>, Letöltve: 2011. január 10.
- [49] *JPEG Tutorial*, <http://www.johnloomis.org/ece563/notes/compression/jpeg/tutorial/jpegtut1.html>, Letöltve: 2011. január 10.
- [50] Andrew B. Watson, *Image Compression Using the Discrete Cosine Transform*, http://www.mathematica-journal.com/issue/v4i1/article/81-88_Watson.mj.pdf, le-töltve: 2011. január 10.

- [51] Mislav Grgic', Sonja Grgic' and Branka Zovko-Cihlar, *DCTlab: educational software for still image compression and its application in a digital television course*, <http://www.manchesteruniversitypress.co.uk/uploads/docs/380187.pdf>. Letöltve: 2011. január 5.
- [52] Lennart Lade, Bertil Westergen, *Mathematics Handbook for Science and Engineering*, 5th Edition. Springer, 2004.
- [53] *Wavelets and Filter Banks* by Gilbert Strang and Truong Nguyen, Wellesley-Cambridge Press, 1997.
- [54] Robi Polikar, *The Wavelet Tutorial*,
<http://users.rowan.edu/~polikar/WAVELETS/WTpart3.html>, Letöltve: 2010. december 10.
- [55] *Wavelet toolbox*, <http://www.mathworks.com/products/wavelet/>, Letöltve: 2011.január 11.
- [56] Fazekas Attila, Kormos János, *Digitális képfeldolgozás matematikai alapjai*, mobiDiák könyvtár, egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetem Matematikai Intézet, Debrecen, 2004.
- [57] Czap László, *Képfeldolgozás*, Egyetemi jegyzet, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2007.
- [58] Fazekas Gábor, Hajdú András, *Képfeldolgozási módszerek*, Debreceni Egyetem Informatikai Intézet, Debrecen, 2004.
- [59] Forgó Sándor - Hauser Zoltán - Kis Tóth Lajos, *E-learning kurzusok és a minőségbiztosítás kérdései*, In: Agria Media 2002 konferencia kiadvány, EKF Líceum Kiadó, 2003.
- [60] Buda András, *Pedagógiai eredményvizsgálatok*, Debreceni Egyetem Neveléstudományi Tanszék, e-book,
<http://dragon.unideb.hu/~nevtud/Tanarkepzes/meres.htm> Letöltve: 2010. január 15.
- [61] Crocker, Linda; Algina, James, *Introduction to Classical and Modern Test Theory*, 1986, Holt, Rinehart and Winston. 70-92
- [62] Dr. Nyéki Lajos, *Számítógéppel segített értékelés*,
http://rs1.szif.hu/~nyeki/progs/Számítógéppel_segített_értékelés.pdf. Letöltve: 2011. december 30.
- [63] Molnár Gyöngyvér, *Az ismeretek alkalmazásának vizsgálata modern tesztelméleti (irt) eszközökkel*, Magyar Pedagógia 103. évf. 4. szám 423–446. (2003). 426-434.
- [64] Csapó Benő (2000): *Tudásszintmérő tesztek*. In: Falus Iván (szerk.): *Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe*. Műszaki Tankönyvkiadó, Budapest. 277–316.

8. FÜGGELÉK

Publikációs jegyzék

Referált nemzetközi folyóiratban megjelent cikkek

- [1] Király Sándor, *How to teach computer programming if our goal is the International Olympiad in Informatics*, Teaching Mathematics and Computer Science, 9/1 (2011), 13-25.
- [2] Király Sándor, *Teaching integral transforms in secondary schools*, Teaching Mathematics and Computer Science, 9/2 (2011), 241-260.
- [3] Király Sándor, *Demonstrating the feature of energy saving of transforms in secondary schools*, Teaching Mathematics and Computer Science, 10/1 (2012), 43-55.
- [4] Király Sándor, *Some questions of teaching Digital Image Processing via E-learning*, International Journal on E-Learning (IJEL), [ISSN 1537-2456]. Közlésre leadva.

Egyéb publikációk

- [1] Király Sándor, *Integrál transzformációk tanítása*, preprint number 382, Technical report number: 2010/9.
- [2] Király Sándor, *Hogyan tanítsunk programozást, ha célunk a Nemzetközi Informatikai Diákolimpia*, preprint number 383, Technical report number: 2010/10.

Lektorált tankönyvek

- [1] Király Sándor, *A programozás logikája*, Graduation kiadó, 2008. Lektorált, elfogadott tankönyv.
- [2] Király Sándor, *Informatikai alapismeretek*, Graduation kiadó, 2009. Lektorált, elfogadott tankönyv.
- [3] Király Sándor, *Excel 2007, PowerPoint 2007*, Graduation kiadó, 2009. Lektorált, elfogadott tankönyv.

Tudományos konferencián elhangzott előadások

- [1] Király Sándor, *Hogyan tanítsunk programozást? Tehetséggondozás a természettudományokban*, Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége-Debreceni Egyetem Génius Konferencia, Debrecen, 2011. február 26.
- [2] Király Sándor, *Tehetséggondozás az informatikában*, Info Éra 2002., Békéscsaba, 2002. november 21-22.