FEJŐS CSABA

A TANTÁRGYAK STRUKTURÁLIS VIZSGÁLATA A MŰSZAKI FELSŐOKTATÁSBAN

A műszaki felsőoktatás alapvető feladata a szocialista népgazdaság számára szükséges magas fokú szakképzettséggel rendelkező műszaki szakemberek képzése. Az egyetemi szintű képzés célkitűzései az okleveles mérnökök feladatainak sokrétűségén alapulnak. A mérnökképzés tantervei a képzési célok figyelembevételével készülnek, de egyre nagyobb problémát jelent a műszaki tudományok felgyorsult fejlődését a legújabb eredmények összehangolt tananyaggá formálásával követni. Egyetlen tantárgy anyagának módosulása is feszültséget teremthet az oktatásban, mert az egymás ismereteire épülő tantárgyak rendszerében az új ismeretek rendszerint más előismereteket is kívánnak. A valóságban egyidejűleg több tárgy tananyagát korszerűsítik a tudomány dinamikus fejlődését követve, és ha nem történik meg a tananyagok és oktatásuk folyamatos koordinációja, bizonyos idő elteltével csak átfogó tantervi reformmal oldható fel a feszültség. A műszaki felsőoktatásban az utóbbi évtizedekben egyre gyakoribb tantervi reformok többek között ezekre az okokra vezethetők vissza. Az átfogó tantervi reformok azonban rendszerint törést okoznak az oktatás folyamatosságában, tehát célszerű a probléma megoldásának más irányú megközelítése.

A műszaki felsőoktatás valamennyi területének dinamikus tananyagváltozásai az alap- és alkalmazott tudományok fejlődésének következményei. A folyamatos képzés igényeihez igazodó, egyre rövidülő időközönkénti tananyagváltozások ösztönözték a tanterv készítés, tanterv analízis egzakt módszereinek kidolgozását. A makro-koordinációs vizsgálatokban az egyes témakörök, tantárgyi fejezetek között levő kapcsolatok feltárása a cél. Ezzel szemben mikro-koordinációról akkor beszélünk, ha a tantárgyak elemi ismereti egységei között végzünk elrendezést.[1] Bár a tantárgyak egymásraépülésének makro-koordinációja könnyebben áttekinthető, nem adhat olyan pontos képet a tartalmi kapcsolatok mértékéről, mint a nagyságrendekkel nagyobb számú egységek közötti relációkat vizsgáló mikro-koordinációs analízis. A makrostruktúrák vizsgálatának elsősorban új oktatási formák tervezési stádiumában, a kapcsolatok általános szintjén történő feltárásánál van jelentősége. A Moszkvai Energetikai Főiskolán egy teljes fakultáció tantervét első fázisban makro-koordinációval állították össze.[2] A tantervben szereplő tantárgyak időbeli elhelyezését a közöttük levő tartalmi kapcsolatok alapján

[1] *Fischer, H.:* Koordination von Unterichtsthemen. In: Rollett und Weltner (eds): Fortschrift und Ergebnisse der Bildungstechnologie 1973. 2. München.

[2] *Morgunov, I. B.:* Primenenije grafov v razrabotke ucsebnih planov i planirovanii ucsebnogo processza. Szovetszkaja Pedagogika 1966 No.3.

határozták meg. Problémát jelentett azonban az egymás ismereteire kölcsönösen építő tantárgyak időbeli elhelyezése. Ezek az úgynevezett párhuzamosan tanítható tantárgyak. A valóságban mégsem nevezhetők e tantárgyak párhuzamosan taníthatóknak, mert a kölcsönösen egymásra építés kritériuma az egyes részismeretek sorrendjét meghatározza. A Morgunov által kidolgozott rendező eljárás e hiányosságát néhányan megpróbálták kiküszöbölni, de módszerük változatlanul a makro-struktúrák vizsgálatára korlátozódott, így nem adhatott választ valamennyi részproblémára.[3].[4]

Számos eljárás született a tananyag mikro-struktúrájának optimális kialakítására. Netusih és Nyikitin[5] gráfelméleti alapon végeztek tananyagelrendezést. A tananyag egységeit gráfcsúcsokkal jelölték és a gráf élhosszainak minimalizálásával valósították meg optimalizációt. Hazai kísérletek is történtek a gráf-mátrix módszerek finomítására. Gyaraki[6] a mátrixtranszformációk helyett „tömörségi" és zártsági" mutatókat alkalmazott, és bebizonyította, hogy mindig létezik olyan algoritmus, amellyel ezek a mutatók kiszámíthatók és így a tananyag optimálisan elrendezhető. A gráf-mátrix módszerek többsége a tananyagrészek közötti „igen"–„nem" relációk alapján működik, s így (0,1) elemű mátrixokon végzik a rendszerezést. Weltner[7] olyan eljárást dolgozott ki, amely a meglevő tananyagrészek közötti kapcsolatokat osztályozza az egyik fogalom alapján a másik fogalom elsajátíthatósága szerint. LIZ-algoritmusával a szerző egy műszaki felsőoktatási tananyag témaköreit meghatározott szempontok alapján kívánta rendezni. A szerző a mátrix elemeit a tananyag egységei között fennálló kapcsolatokat numerikusan jellemző természetes számokkal azonosította, így lehetőség nyílt a kapcsolatok jellege szerinti rendszerezésre.

A tananyag makro- vagy mikrostrukturális elrendezésével foglalkozó módszerek elsősorban a gráf- és mátrixelmélet összefüggéseit használják fel céljaik megvalósítására. Találhatók azonban ezektől eltérő törekvések is.[8] A strukturális diagram módszere például a tananyag fogalmi struktúráinak ábrázolásával készít diagramot, amelyből nemcsak a fogalmak közötti kapcsolat, de a felépítés folyamata is nyomon követhető.[9] A hálós tervezéssel szerkesztett tantervek részleteiben mutatják valamennyi tantárgy kölcsönös kapcsolatát és így az oktatási folyamat grafikus modelljét adják.[10]

[3] *Ovcsinyikov, A. A., Puginszkij, V. Sz., Petrov, G. F.:* Szetevuje metodu planirovanija i organizacii ucsebnogo processza. Vüszsaja Skola. Moszkva. 1972

[4] *Lohse, H.–Scharping:* Zu einigen Erfahrungen bei der Festlegung der Abfolge von Lehrgebieten und Themen. Das Hochschulwesen. 1978 No.7.

[5] *Ńeutish, A. V., Nyikityin, A. V.:* Ob optimalnoj strukture izlozsenyija ucsebnogo matyeriala. Izvesztyija viszsih ucsnüh zevegyenyii. Elektromechanyika 1969 No.2.

[6] *Gyaraki, F. F.:* Algoritmusok és algoritmikus előírások didaktikai felhasználásának és optimalizálásának lehetőségei. Kandidátusi értekezés. 1976.

[7] *Weltner, K.:* Lernen im Zusammenhang: Ein Verfahren zur Bestimmung der optimalen Reihenfolge für Lehrstoffanordnungen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften. 1976. No.1.

[8] A témakörben átfogó elemzés található az alábbi kiadványban: *Gyaraki, F. F.* Tananyagelemzés, -kiválasztás, -elrendezés, -építés, a tantárgyi program és a tantervkészítés elvi kérdései (különös tekintettel az egzakt módszerekre) MÉM Budapest, 1983.

[9] *Horváth, Gy.:* A tananyag és a tankönyv struktúrája. Tankönyvkiadó, 1972.

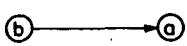
[10] *Cserkaszov, B. P.:* Szoversensztvovanie ucsebnüh planov i programm na baze szetevogo planirovanija. Moszkva, 1975.

Jelen munka a gráf-mátrix módszer továbbfejlesztett változata, amely nemcsak új tantervek készítésére, de a már meglevők korrekciójára is alkalmas. Amennyiben e módszert egy tanterv korrekciójára használjuk, előzetesen meg kell határoznunk a tanterv hiányosságait. Erre a célra a matematikai statisztika eszközei alkalmassá tehetők. Annak eldöntése, hogy egy tantárgy tananyaga megfelel-e más tantárgyak ráépülési követelményeinek is, a rendkívül nagy mennyiségű információ statisztikai kiértékelését teszi szükségessé. (Hangsúlyozni kell, hogy ellentétben a közoktatás évekre determinált tanterveivel a felsőoktatás területén jelentős tananyagmódosulások történnek évről évre, s így a koordináció szükségessége évenként jelenik meg.)

A mérnökképzés hazai és külföldi példákon látható tanterveit olyan felépítés jellemzi, amelyben a szaktárgyak oktatására az alaptárgyakat követően a tanulmányi idő későbbi fázisában kerül sor. Ez a felépítés megkívánja azt, hogy az alap- és alapozó tárgyak olyan ismereteket közöljenek, amelyek a műszaki fejlődéssel szinkronban változó műszaki szaktárgyak számára kellő természettudományos alapokat nyújtsanak. Kérdéses és sokat vitatott téma a műszaki felsőoktatásban, hogy az alaptárgyak miként alkalmazkodjanak, illetve alkalmazkodjanak-e egyáltalán a műszaki szaktárgyak folyamatos tananyagváltozásaihoz. Egységes legyen-e a természettudományos alapképzés a mérnökhallgatók számára, vagy az egyes műszaki területhez alkalmazkodó. Anélkül, hogy e kérdésre válaszolnánk, megállapítható, hogy a tananyagok egymásraépülése feltétlenül szükséges a felsőoktatás valamennyi területén, így a műszaki felsőoktatásban is. Ennek megfelelően célom az volt, hogy a tananyagok egymásraépülését ellenőrző eljárást (vizsgálati modellt) dolgozzak ki, valamint az egymásraépítést elősegítő eljárást (korrekciós modellt) mutassak be. A modellek áttekinthetőbb bemutatása érdekében a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán végzett vizsgálataim egy részét ismertetem. Elsőként azonban bemutatom a gráf-mátrix módszer sajátosságait.

I. A tananyag felépítésének gárf-mátrix modellje

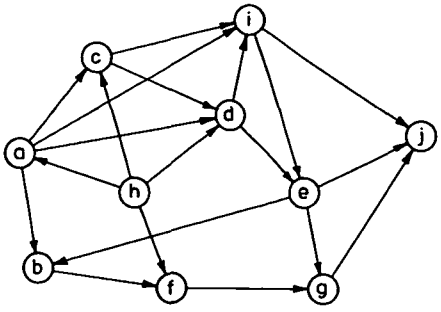
Egy tantárgy az általa képviselt tudományág tartalmát az oktatás célját figyelembe vevő logikai sorrendben tárgyalja. A tananyagot információs és operációs egységek (ismeretek és jártasságok, készségek) alkotják. Információs egységeken elsősorban fogalmakat, definíciókat, törvényeket; operációs egységeken mérési és számolási módszereket, ezek alkalmazását (tehát gyakorlati jártasságot) értünk. Az információs és operációs egységekből a logikai kontúrmentesség[11] feltételezésével bázisok[12] alakíthatók ki. A tananyagok ismereti bázisok formájában kerülnek feldolgozásra az oktatásban. A bázisok között tartalmi kapcsolatok állnak fenn. Ha *a* bázis elsajátításához *b* bázis ismerete szükséges, a közöttük levő reláció egy kételemű irányított gráffal szemléltethető:



[11] Logikai kontúrt azok az ismeretek mutatnak, amelyek közvetlenül, vagy más ismereteken keresztül kölcsönösen építenek egymásra, ezért megtanulásuk sorrendje meghatározhatatlan.

[12] A tananyag bázisai azok a legkisebb operációs és információs egységek, amelyek önmagukban taníthatók és felépítik a teljes tananyagot.

A tananyag bázisai és a közöttük levő kapcsolatok a bázisok számával megegyező számú csúccsal rendelkező irányított gráffal adhatók meg. Az áttekinthetőség kedvéért tekintsünk egy kis elemszámú bázisrendszert:



A gráfról leolvasható, hogy a *j* bázis ismeretére egyetlen bázis sem épít. A tananyagban szerepeltetése azért történik, mert valószínűleg más tantárgyak, illetve egyéb szempontok megkövetelik. Az is leolvasható a gárfról, hogy *h* bázis egyetlen bázis előismeretére sem épít. Ha a bázisokat a kapcsolatok logikájának megfelelően, a megtaníthatóság szempontjait figyelembe véve sorrendbe állítjuk az első helyen a *h* bázis, az utolsó helyen a *j* bázis áll. A többi tananyagrész logikai sorrendje a gráfból közvetlenül nem olvasható le. Ehhez a gráf-modell átalakítására van szükség.

A bázisok és kapcsolataik a gráf-modell alapján egy kvadratikus mátrixszal szemléltethetők. A fenti gráfhoz egy 10 X 10-es mátrixot a következő képzési szabály szerint rendelhetünk hozzá:

legyen a mátrix i-dik sorának j-dik eleme

a_{ij} = 0, ha az i-dik gráfpontból nem mutat irányított él a j-dik pont felé;
a_{ij} = X, ha az i-dik pontból él mutat a j-dik pontba.

Így a következő reláció-mátrixhoz jutunk:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a	0	X	X	X	0	0	0	0	X	0
b	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0
c	0	0	0	X	0	0	0	0	X	0
d	0	0	0	0	X	X	0	0	X	0
e	0	X	0	0	0	0	X	0	0	X
f	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0
g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
h	X	0	X	X	0	X	0	0	0	0
i	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X
j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A mátrix sorainak vizsgálatával megállapítható, hogy a sort jelölő bázis mely bázisokat generál.

Az oszlopok vizsgálatával felkutatható, hogy az oszlopokat jelző bázisok, mely bázisok ismeretére építenek, ezek tudniillik az X értékeknek megfelelő sorokat jelölő bázisok.

A bázisok mátrix-modellje lehetőséget nyújt bármely tananyag bázisismereteinek sorrendbe állítására.[13] A sorrend megállapítása az alábbiak szerint hajtható végre: töröljük a mátrix csupa zérus elemeit tartalmazó oszlopot a megfelelő sorral együtt. (A *h* bázis oszlopa ilyen.) Ez a bázis lesz az első a sorrendben. A megmaradt ugyancsak kvadratikus mátrixból töröljük ismét a csak zérus elemeket tartalmazó oszlopot a megfelelő sorral együtt. (Az *a* bázis oszlopa ilyen.) Ez a bázis a második a sorrendben. Folytassuk ezt az eljárást addig, amíg a mátrix sorai és oszlopai eltűnnek.

A reláció-mátrixon elvégezve a sorrendet megállapító műveleteket, a bázisok következő rangsorolásához jutunk:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
h	a	c	d	i	e	b	f	g	j

Ha a mátrix sorait és oszlopait a meghatározott sorrendbe rendezzük, a következő mátrixhoz jutunk:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	X	X	0	X	0	0
2	0	0	X	X	X	0	X	0	0	0
3	0	0	0	X	X	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	X	X	0	X	0	0
5	0	0	0	0	0	X	0	0	0	X
6	0	0	0	0	0	0	X	0	X	X
7	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

II. A tantárgyi kapcsolatok vizsgálati modellje

A fentiekben ismertetett algoritmus egy tantárgy ismereteinek sorrendiségét hivatott meghatározni. Több tantárgyat átfogó rendezésre az elemek nagy száma miatt nem is alkalmazzák. Olyan esetben azonban kis módosításokkal egyszerű a használata, amelyben az egyes tantárgyak időbeli sorrendje valamely okból meghatározott. Ez az eset fordul elő a BME Építőmérnöki Kar fizika tantárgya és a szaktárgyak között. A fizika mint alaptárgy megelőz minden szaktárgyat a tantervben. Így a fizika bázis-

[13] *Morgunov:* i. m.

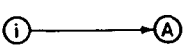
ismereteinek sorrendje nem függ a szaktárgyi bázisoktól, csupán a megtaníthatóság logikai sorrendjétől. Annak eldöntése, hogy valamennyi a fizikában jelenleg tanított ismeret szükséges-e és elégséges-e egy építőmérnök számára, további vizsgálatokat tett szükségessé.

A vizsgálat során az oktatott fizika tananyagot kontúrmentes bázisrendszerré alakítottam. A két féléves tárgyat 155 bázis képviselte. Ennek megfelelően 155 csúcsból álló gráfhoz jutottam. A Morgunov-féle algoritmussal meghatároztam a sorrendet és minden egyes bázist e sorrendnek megfelelő sorszámmal jelöltem. A gárf csúcsaiba befutó és az onnan távozó élek alapján csoportosítottam a fizikai ismereteket.

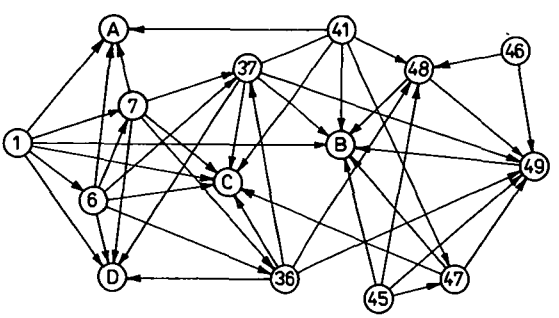
Az első csoportba azokat a bázisokat soroltam, amelyeknek megfelelő csúcsból csak kifelé futnak élek, tehát más bázisokat generálnak, de nem építenek egyetlen bázis előismereteire sem. Ezek a tantárgy *fundamentális bázisainak* tekinthetők. A megfelelő csúcs fokszáma a generált bázisok darabszámával egyenlő. A második csoportba a csúcsba befutó és onnan távozó élekkel rendelkező bázisokat soroltam. Ezek tekinthetők *transzferáló bázisoknak*. A harmadik csoportot a csak befutó élekkel rendelkező bázisok alkották. A csúcsok fokszáma a generáló bázisok darabszámával azonos. Ezeket a bázisokat tekintettem a fizika *célbázisai*nak, mert a fizika tananyagban a továbbiakban már fel nem használt ismereteket tartalmaznak, és elsősorban a szaktárgyi alapozás céljából kerültek a tananyagba.

A fizikai ismeretek belső kapcsolatainak feltárása után végeztem el a bázisok szaktárgyi kapcsolatainak felkutatását. A szaktárgyak tananyagainak vizsgálatával megkerestem azokat az ismereteket, amelyek építenek a fizika bázisokra. A tankönyvek, jegyzetek, mérési útmutatók alapján kigyűjtöttem a fizikai ismeretekkel kapcsolatos részismereteket, s ezen kívül az előadások és gyakorlatok anyagának elemzését végeztem el. E munka során a tárgyakat tanító kollégák és a diákok kis csoportjának segítségére támaszkodtam. Összesen tizennyolc félévnyi tananyag vizsgálatával meghatároztuk a 155 elemből álló fizika bázisrendszer által generált szaktárgyi ismereteket.

A fizika bázisok reláció-gráfját kibővítettem a négy szaktárgyat – mint gráfcsúcsokat – reprezentáló elemekkel. A bővítést az alábbiak szerint végeztem: ha *i* a fizika bázisainak egyike és *A* olyan szaktárgy, amelynek oktatásában építenek *i* fizika bázis ismereteire, kapcsolatukat a következő irányított gráffal jelöltem:



Az alábbi ábrán a kibővített reláció-gráf egy részlete látható:



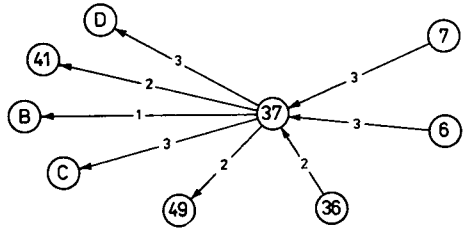
„A", „B", „C", „D" betűkkel rendre az acélszerkezetek, épületszerkezetek, vasbetonszerkezetek, szerkezetvizsgáló laboratóriumi gyakorlatok tantárgyakat jelöltem. A fizika bázisok sorszámaival jelölt csúcsok az alábbi ismereteket tartalmazzák:

1. Az erő, erőtér fogalma, Newton törvényei
6. Munka és teljesítmény
7. Konzervatív erők, potenciál, potenciális energia
36. Belső energia, nullponti energia
37. A termodinamika I. főtétele
41. A termodinamika II. főtétele, entrópia fogalma
45. Transzport folyamatok
46. Extenzív és intenzív mennyiségek
47. A hővezetés, hővezetési ellenállás
48. Fourier-féle hővezetési törvény
49. stacioner hőmérsékleteloszlás vezetéses hőáramnál

A bázisok belső (fizikai) és külső (szaktárgyi) kapcsolatai a valóságban nem egyforma erősségűek. Egyes tananyag bázisok ismeretére nagyobb, másokéra kisebb mértékben építenek az oktatás során. A bázisok oktatására vonatkozóan tehát a felhasználó tárgyak oldaláról követelményszintek érvényesek. Ezeket a következő kategóriákba sorolhatjuk:

4. szint – *kreatív alkalmazás szintje:* széles körű, az oktatás körülményeitől eltérő helyzetekben való önálló, alkotó jellegű alkalmazás;
3. szint – *operatív alkalmazási szint:* tudatos gyakorlati alkalmazás az oktatott tananyag problémáinak megfelelő feladatok megoldásában az oktatás körülményeivel azonos helyzetekben;
2. szint – *reproduktív szint:* elsősorban definíciók, törvények, jelenségek reprodukálása, mérési módszerek alkalmazhatóságának ismerete konkrét alkalmazni tudás nélkül;
1. szint – *receptív szint:* az ismeretek egyszerű befogadása, felismerése reprodukálás igénye nélkül;
0. szint – ezzel a szinttel jellemzett tananyagrészre nincs igény.

A követelményszintek numerikus indexeit a reláció-gráf élei mérőszámának tekintve a báziskapcsolatok kvantitatív jellemzését végeztem el. A gárf csúcsaiból kifutó élek követelményindexe azt mutatja, hogy a csúcsnak megfelelő bázisra az oktatás során milyen szinten építenek. A kifutó élek közül a maximális mérőszámmal (indexmaximummal) rendelkező él mutatja a bázis oktatására vonatkozó legmagasabb követelményszintet. Ennek értékét a bázis K_i követelményindexeként értelmeztem. (Az ábrán a 37. bázis követelményindexe $K_{37} = 3$.)



A külső követelményeket figyelembe vevő fizika oktatásában a bázisok fent értelmezett követelményindexei kell, hogy mérvadóak legyenek.

A valóságban az oktatás bizonyos vélt követelményszintek elérése szerint folyik, az oktatás súlyponti tárgyalást követ. Ezért be kell vezetni a bázisok oktatásának szintjét numerikusan jellemző S_i súlyponti indexeket. Az i fizika bázis S_i súlyponti index aszerint veszi fel a 4, 3, 2, 1, 0 értékek valamelyikét, hogy a bázis megtanításában a kreatív, operatív, reproduktív stb. szintek melyikének elérését tűzték ki célul a tárgy *oktatói.*

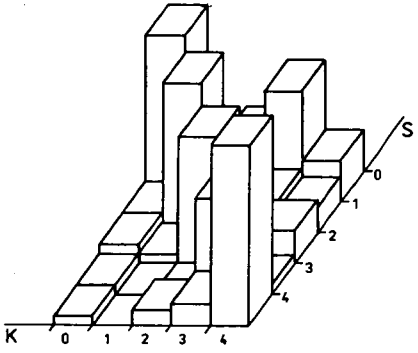
A külső és belső követelményeknek maximális mértékben megfelelő fizika oktatásában valamennyi bázisra teljesülnie kell az alábbi egyenlőségnek:

$$S_i = K_i \text{ minden } i\text{-re } (i = 1, 2, \ldots, n)$$

A bázisok súlyponti- és követelmény-indexeinek meghatározását az egyes tantárgyakat oktató kollégákkal közösen végeztük el. A vizsgálat kiderítette, hogy a fenti egyenlőség nem teljesül valamennyi bázisra, tehát a jelenleg folyó fizika oktatás a szaktárgyi követelményektől eltéréseket mutat. Az eltérések jellegét és mértékét az S és K indexsokaság eloszlásvizsgálatával, korrelációszámítással és kontingenciavizsgálattal határoztam meg.

Az S és K diszkrét gyakorisági eloszlású minták sűrűségfüggvényei (lépcsősfüggvények) eltértek egymástól. A fizika fejezetenkénti vizsgálata rámutatott, hogy a szaktárgyak az elektrotechnika és a hőtan fejezeteit az oktatottnál magasabb szinten kívánják. A két minta közötti kapcsolat szorosságát korrelációs együttható (r) és kontingencia együttható (C) meghatározásával végeztem el. Mindkét érték ($r = 0{,}54$; $C = 0{,}53$) arra utalt, hogy laza kapcsolat áll fenn az építőmérnöki szaktárgyak fizika oktatással szemben támasztott követelményei és a fizika tárgyban realizált szintek, a tananyag felépítése között.

A kontingenciatáblázat vizsgálatával felkutattam azokat a bázisokat, amelyek a legnagyobb szinteltéréseket mutatták. A táblázat az összetartozó S és K értékek gyakoriságát tartalmazza:



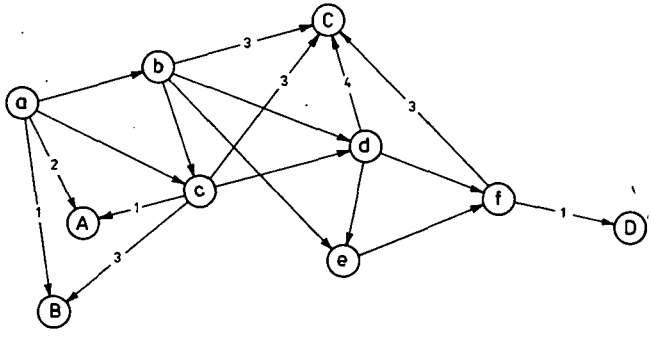
					S
21	7	8	14	5	0
2	19	5	4	3	1
2	1	16	1	4	2
1	0	0	12	1	3
1	0	2	3	23	4
0	1	2	3	4	

K

A főátlón kívül elhelyezkedő cellák a szintkoordinálási hibákat mutató fizika bázisokat reprezentálják. Látható, hogy a főátlóban található a bázisok többsége (és ezek a helyesen megválasztott oktatási szinteket képviselik), de a tananyag helytelenül megválasztott részleteit, az oktatás nem megfelelő szintjeit jelenti az a tény, hogy ezeken kívül találunk ürestől különböző cellákat.

III. A tantárgyak követelményorientált felépítése

A továbbiakban a fizika bázisok rendszerbe foglalását és a felhasználó tárgyak által meghatározott követelmények szerinti koordinálását végeztem el. A gráfok mátrix reprezentációja alapján kidolgoztam egy koordináló algoritmust, amelyet röviden az alábbiakban ismertetek. Legyen *a, b, c, d, e, f* a fizika bázisrendszer hat eleme és *A, B, C, D* a vizsgált négy szaktárgy. A közöttük levő kapcsolatokat az alábbi reláció gráf szemlélteti:



Ismeretesek az egyes bázisokra vonatkozó (külső felhasználói) követelmények, de mert a bázisok oktatásánál a fizika tárgy belső követelményeit is figyelembe kell venni, el kell végezni az oktatásukat meghatározó követelményszintek felkutatását. A fenti gráf az alábbi 6×10-es mátrixszal reprezentálható:

	a	b	c	d	e	f	A	B	C	D	
a	0	X	X	0	0	0	2	1	0	0	
b	0	0	X	X	X	0	0	0	3	0	
c	0	0	0	X	0	0	1	3	3	0	
d	0	0	0	0	X	X	0	0	4	0	
e	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	$K_e = ?$
f	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	$K_f = 3$

Mivel *f* célbázis a fizikában, oktatására vonatkozó követelményszint meghatározását a szaktárgyak határozzák meg. A fundamentális és transzferáló bázisok követelményindexét azonban már a szaktárgyak és a fizika tananyag együttese jelöli ki. Például *e*

bázis ismeretére egyetlen szaktárgy sem épít közvetlenül, mégis része kell, hogy legyen a fizika tananyagnak, mert az *f* bázist generálja, amelyre viszont a *C* szaktárgy 3-as és a *D* szaktárgy 1-es szinten épít. Meghatároztam az alábbi algoritmus segítségével a mátrix *X* elemeinek követelmény-indexértékét, és az egyes sorok legnagyobb értékű eleme jelölte ki a sornak megfelelő bázis oktatására vonatkozó követelményszint indexét. A koordináló algoritmus egyes műveletei a következők:

1. Tekintsük a mátrix utolsó n-edik sorát (ez szükségszerűen célbázist reprezentál) és keressük meg a sor legnagyobb elemét. Ez a szám adja az n bázis K_n követelmény-indexét. (A bemutatott példán $K_f = 3$).

2. Keressük meg az n oszlop *X* elemeit. Az *X* elemek sorait reprezentáló bázisok generálják az n bázist (a bemutatott példán az *f* bázist a *d* és *e* jelű bázisok generálják).

3. Helyettesítsük az n oszlop *X* elemeit a K_n szint realizálásához szükséges követelményszintek rangszámával. (Ahhoz, hogy az *f* bázis 3-as követelményszintjét kielégíthessük a kapcsolódó *d* bázisra 2-es és az *e* bázisra 1-es követelményszint elérése szükséges. A szintek mérőszámai a példában önkényesen felvett értékek és csak a szemléltetést szolgálják.)

	a	b	c	d	e	f	A	B	C	D	
a	0	X	X	0	0	0	2	1	0	0	
b	0	0	X	X	X	0	0	0	3	0	
c	0	0	0	X	0	0	1	3	3	0	
d	0	0	0	0	X	2	0	0	4	0	$K_s = ?$
e	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	$K_e = 1$
f	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	$K_f = 3$

4. Ismételjük meg az 1., 2., 3. utasításait az n-1 sorra és oszlopra. Folytassuk az algoritmust mindig 1-gyel kisebb sor és oszlopszámra való áttéréssel n=1-ig. Így valamennyi fizika bázishoz megkerestük az oktatására vonatkozó követelményszintet.

	a	b	c	d	e	f	A	B	C	D	
a	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	$K_a = 3$
b	0	0	2	2	3	0	0	0	3	0	$K_b = 3$
c	0	0	0	2	0	0	1	3	3	0	$K_c = 3$
d	0	0	0	0	3	2	0	0	4	0	$K_d = 4$
e	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	$K_e = 1$
f	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	$K_f = 3$

A követelményszinteket meghatározó algoritmus alapján eldönthető, hogy a fizika bázisok közül melyek oktatása szükségtelen (ezekre K = 0 adódik), illetve mely fizika ismeretek tananyagba vétele szükségszerű (ebben az esetben a sorok és oszlopok száma növekszik).

Az eljárás lehetővé teszi tetszőleges számú szaktárgy, illetve szempontrendszer követelményeinek figyelembevételét (ilyenkor az oszlopok száma változtatható).

A tananyag és szintkoordináló algoritmus segítségével végezetül az Építőmérnöki Kar fizika tantárgyának egy fejezetét rendszereztem. Az elektrotechnika fejezetet alkotó harminchét bázis közül összesen huszonkét bázis esetén vált szükségessé a szintkorrekció. Ezek közül öt bázis olyan volt, amelyet bár tanítottak a fizikában, de a vizsgált szaktárgyak és a fizika oktatásában nem építettek rá további ismereteket, és nyolc olyan, amelyet nem tanítottak, bár szükség volna rá.

Vizsgálatom azt a célt szolgálta, hogy elősegítse a mérnökképzés korszerűsítését és az oktatás tervezésének folyamatát. Bár a bemutatott módszer elsősorban az alaptárgyak szaktárgyi kapcsolatainak feltárására, elemzésére és rendszerbe foglalására alkalmas, megfelelő adaptációval a szaktárgyak egymásraépülése is vizsgálható. E módszerek továbbfejlesztésére, szélesebb körű, több tantárgyat érintő vizsgálatok végzésére a számítástechnikai eszközök bevonásával tág lehetőségek kínálkoznak. A numerikus adatokat összehasonlító statisztikai vizsgálat és a mátrix sor-oszlop rendezésén alapuló koordináló eljárás számítógép segítségével lerövidíthető és az adatok tárolása is megoldható. A tananyagok és az oktatás követelményeinek változásai a tárolt adatok folyamatos korrekcióival követhetők. A műszaki- és természettudományok fejlődési ütemének megfelelően változó tananyagok ezáltal optimálisan egymásra-építhetőkké válnak. Természetesen a bemutatott módszer a felsőoktatás más területein is használható. A tantárgyak optimális egymásraépítése nemcsak a műszaki felsőoktatás problémája, így valamennyi dinamikusan változó tudományág oktatáskorszerűsítésének hasznos eszköze lehet.