

gáluiok, alá kell rendelniök a nevelés és pedagógiai kutatás céljainak.

IV. A szűkebb értelemben vett didaktikai kutatások, törvényszerűségek vonatkozásában legfontosabbnak tartja ZANKOV a *didaktikai rendszer* vizsgálatát, az oktatási folyamat különböző oldalai és elemei közti belső összefüggések mélyebb feltárását.

Az összes kutatási feladatok eredményes megoldása *alapfeltételének* azt jelöli meg a szerző, hogy a pedagógiai kutatók és az újító pedagógusok útkereséseinek, átgondolt kísér-

leteinek széles lehetősége, biztosított feltételei és világos perspektívái legyenek.

L. V. ZANKOV gondolatébresztő, sok tanulással szolgáló művét magyar nyelven is hozzáférhetővé kellene tenni a pedagógusok és pedagógiai kutatók számára. De figyelmet érdemel mindazon fórumok és szervek részéről is, amelyekről a hazai pedagógiai kutatások intenzívebb fejlesztése, korunkhoz és szocialista társadalmunkhoz méltó feltételeinek, kutatási bázisának megteremtése függ.

SZÉKELY ENDRÉNÉ

L. N. LANDA: ALGORITMIZÁLÁS AZ OKTATÁSBAN

Budapest, 1969. Tankönyvkiadó, 339 lap.

Az utóbbi időkben kibontakozó didaktikai kutatások egyre jobban felszínre hozzák azokat az interdiszciplináris elemeket, melyek nélkül ma már nehezen képzelhető el eredményes kutatás. Az egyik ilyen interdiszciplináris terület az algoritmusok elmélete, melyet L. N. LANDA, a már nemzetközileg is elismert úttörő szovjet kutató kapcsolt be elsőnek oktatás-technológiai kutatásaiba. LANDA már 1963-ban¹ foglalkozott azzal a gondolattal, hogy a tanulók egyre fokozódó túlterheléséhez talán az is „hozzáségit”, hogy szellemi tevékenységük egy részét nem tudjuk egy olyan jól leírható egyértelmű szabályrendszerbe foglalni, melynek birtokában egy bizonyos *tipizálható* feladatkör valamennyi feladatát különösebb erőfeszítés nélkül meg tudná oldani. További munkáiban² már az algoritmusok formalizálásának lehetőségeihez vezet el olvasóit, bemutatva, hogy az addig többnyire csak verbális formában megfogalmazott „tipizált” megoldási utasításokat (algoritmusokat) hogyan lehet különböző matematikai formális apparátusok (mátrixok, gráfok, operátorsémák, blokk-sémák stb.) segítségével leírni. Ugyanezekben a munkáiban határozolja el egymástól az oktatásban használható két fő algoritmus típust: a *megtanulandó* (tipizálható feladatok megoldására szolgáló) *algoritmust* és az oktatás tipizálható tevékenységeinek leírására szolgáló *oktatási algoritmusokat*. Még tovább megy, és a megtanulandó algoritmusokon belül is differenciál, s felvázolja a megoldási (más szóval átalakítási) és a felismerési algoritmusokkal szemben támasztandó követelményeket, kimutatva, hogy amíg az első típus feladatok megoldására ad receptet, addig a másik a tipikus

összefüggések felkutatására ad útmutatást. Amíg az első eset a tantárgyak és tananyagok halmazának egy még csak elég szűken feltárt területét foglalja magában, addig a második a tanulós egyik mozzanatára igyekszik egy optimális eljárást prezentálni. Eme kiegészítés után már kijelenthetjük, hogy LANDA három területen: a tananyag struktúrák, a tanulós vezéreltségének és a tanítási stratégia optimális felkutatásában indított meg perspektívikus kutatási munkát. Ugyanakkor szigorúan elhárította magát az új kutatási területek feltáróira sokszor jellemző túlzásoktól, mely módszerek reális határainak irreális kitalolásában mutatkoznak meg leggyakrabban. LANDA kutatásainak ebben a szakaszában már világosan lerögzítette: az algoritmizálás a felsorolt területek mindegyikén egyaránt korlátozott kiterjeszkedő, azaz a megismerés eredményeinek függvényeként fejlődik, de sohasem lesz képes bármelyik terület teljes formalizálására, röviden: az *univerzális algoritmus* elképzelhetetlen.

Egy évvel később, 1966-ban már megjelent eddigi főműve, az „Algoritmizálás az oktatásban”³, melynek — mind a szerző,⁴ mind a magyar olvasók sajnálatára — csak az első kötetét fordították le magyar nyelvre. Talán ennek tudható be, hogy mindazok, akik kritikusán, vagy az új iránti lelkesedéssel olvasták eme 339 oldalas művet, egyaránt megállapították, hogy eddigi kereteit ebben a művében nemigen lépte túl a szerző. Eme megállapítás azon alapul, hogy mind a felhozott példaanyagban, mind a legfontosabb megállapításokban, de még az alkalmazott formalizmusban is, kis kivételtől eltekintve, önmagát ismétli. Természetesen eme kritikák nem fellebbezhe-

¹ L. N. LANDA: Kibernetika és a képzés elmélete. Külföldi törekvések a szakmai képzés színvonalának emelésére. (Cikkgyűjtemény) MŰM. Módszertani Intézete, Budapest, 1963. 85—108.

² L. N. LANDA: Pedagógia és kibernetika II. Köznevelés, 1964. 18. sz. 704.

³ L. N. LANDA: Algoritmusok és a programozott oktatás. A pedagógia időszerű kérdései külföldön sorozat, 1966.

⁴ L. N. LANDA: Algoritmizálás az oktatásban, 1969. Tankönyvkiadó.

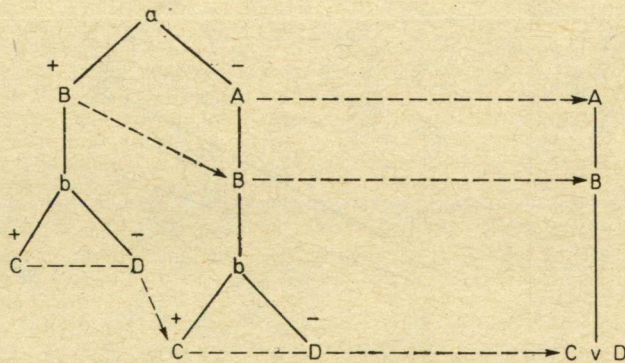
⁵ A programozott oktatás távlatai (Horváth György beszélgetése L. N. LANDÁVAL) Köznevelés, 1969/16. sz. 21—23. o.

tetlen döntések, s így az analízáló-szintétizáló olvasó feltétlenül rátalál azokra a mélyebben fekvő értékekre, melyek felszínre hozva megmutatják eme mű új és igen figyelemreméltó gondolatait is. A következőkben — a keretek engedte mértékben — megpróbálom ezek közül a leglényegesebbeket, a pedagógusok és a kutatók részére egyaránt legjobban használhatókat érinteni.

1. A mű 144. oldalán olvashatjuk: „Feltételezhető, hogy a különböző típusú feladatok megoldási algoritmusainak a felfedezése az egyes tantárgyakban nemcsak a feladatmegoldások gyorsabb és eredményesebb oktatását teszi lehetővé, hanem a tantárgy egészének a tanítását is. Nem szükséges külön hangsúlyoznunk, mennyire fontos ez a tanulók mai megterhelése mellett. Múltán elvárhatjuk, hogy az algoritmusok oktatása kapjon méltó helyet minden tantárgy oktatásában, minden olyan esetben, amikor ez célszerű.” Elgondolkoztató megállapítás! Saját kutatómunkám egy részét arra fordítottam, hogy eme hipotézist igyekezzem megközelíteni. Több éve folytatott kísérleteim során abból indultam ki, hogy a tanár egy adott „automatizmus” (pl. lineáris egyismeretlenes egyenletek megoldása) átadása során feltétlenül ismerteti az automatizmus algoritmusának lépéseit és a tanulók feltételezhetően értik is azt, ennek ellenére mégsem képesek ezt ilyen típusú (bármilyen) feladatvariáns megoldása során azonnal teljes biztonsággal alkalmazni. Vagyis a tanári magyarázat az algoritmus elsajátításához szükséges információkat képes biztosítani, de ugyanakkor nem képes az alkalmazni tudáshoz nélkülözhetetlen *elégéses információk* nyújtására. Ezért úgy véltem, ha addig, ameddig ezt a szintet elérik, *algoritmikus utasításrendszere* bízom a *tanulók munkájának vezérlését* (az elégéses információk nyújtását),

akkor jelentősebben megemelhető egy az időszakon belüli tanulói teljesítmény. Ezzel egyidejűleg arra is választ akartam kapni, hogy: a) a LANDA által bemutatott „teljes algoritmikus” utasítás rendszer, ill. b) a G. MEYER⁵ által bemutatott „hiányos algoritmikus” utasításrendszer „használhatósága” között van-e eltérés és milyen mérvű ez? Mivel G. MEYER idevágó munkái nálunk nem ismertek, így a „teljes” és „hiányos” algoritmikus utasításrendszer közötti eltérést egy LANDA által ismertett algoritmus gráfja alapján próbálom szemléltetni (1. ábra, ahol C vagy D egy diszjunkció, azaz logikai „vagy”; s azt jelenti, hogy C vagy D operátort kell végrehajtani.) Röviden úgy foglalhatnánk össze, hogy G. MEYER csak operátorokat épít be azokba az utasításrendszerekbe, melyeket ugyanakkor algoritmusoknak nevez. Szakemberek véleménye szerint az ilyen típusú utasításrendszerek, mivel nem adnak egyértelmű megoldási útmutatót, nem is tekinthetők algoritmusoknak. Ennek ellenére tekintettel arra, hogy a tanári magyarázat lényegében a teljes algoritmus ismertetésére kiterjed, előre nem dönthető el, hogy az önálló gyakorló szakaszban nem elegendő-e esetleg egy ilyen hiányos utasításrendszer a tanulók további munkájának vezérléséhez és ezen keresztül az elégéses információk biztosításához.

Ugyanakkor szerveztünk egy olyan — több osztályból álló — kísérleti csoportot is, ahol a hagyományos módszereket oly módon optimalizáltuk (0), hogy a tanulókat csoportokba osztottuk úgy, hogy azokban a legjobbakból a leggyengébbekig arányosan előforduljon valamennyi kategória. Majd az a tanuló, aki elsőnek készült el, csoportja leggyengébb tanulóit kiegészítő utasításokkal segítette a kijelölt feladatok megoldásában. Aki másodiknak készült el, az is segítőjévé vált egy másik



1. ábra

⁵ G. MEYER; Kybernetik und Unterrichtsprozess: Volk und Wissen, 1966. Berlin.

gyengébb tanulónak, s ezt tovább folytatva biztosítottuk, hogy valamennyi tanuló megkapja az algoritmus egészének elsajátításához nélkülözhetetlen elégséges információkat. Végül ugyancsak több osztályban az „A”, „B” és „Ö” esetekkel azonosított egyéb feltételek melletti teljesen hagyományos (H) változatban dolgozták fel a tanulók ugyanezt az anyagot.

A kísérlet elő- (E) és utótesztjeinek (U) egybevetése után a kísérletbe bevont munkatársakkal (BOGDÁN Z., ÉGNER K., KÓMÁR B., KUN P., POMÓZI I., TÓTH M., VIGH I. és ZSIGMOND J.) értékeltük az eredményeket, melyek az alábbi táblázat alapján tekinthetők át:

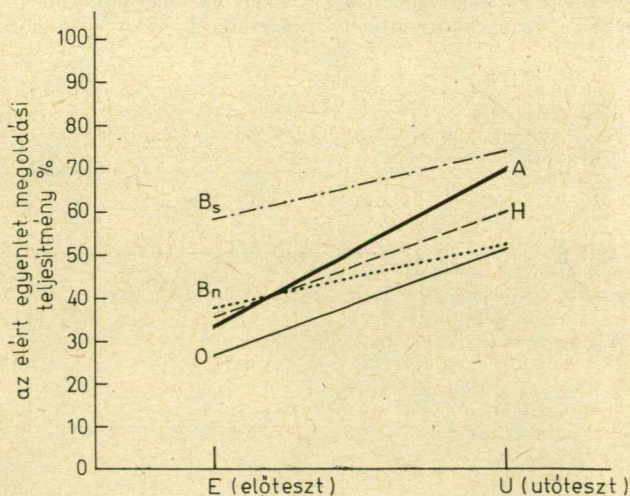
A kísérletbe bevont osztályok típusai:	E eredménye %-ban	U eredménye %-ban	Növekedési mutató
H	32,8	55,2	1,68
O	24,6	47,2	1,92
B _n normál osztályban	34,4	47,9	1,39
B _s matematika-fizika tagozatos osztályban	56,1	68,4	1,22
A	31,6	61	1,93

Az alábbi grafikon még plasztikusabban

kimutatja, hogyan alakultak a különböző algoritmusok speciális csoportmunka, ill. hagyományos eljárások segítségével az egyismeretes lineáris egyenletek témakörben lefolyt tanítási — tanulási munka eredményei. (2. ábra).

Az eredmények interpretációja alapján kiderül, hogy a G. MEYER által algoritmusnak nevezett utasításrendszerek a fenti célra alkalmatlanok, míg ugyanakkor a tulajdonképpeni algoritmussal igen megnyugtató eredményt lehet elérni. Egyben az is kiolvasható az eredményekből, hogy a LANDA által leírt algoritmusokkal a jelenlegi körülmények között elérhető egy optimalizált speciális csoportmunka hatásfoka.

2. Eme kísérlettel kapcsolatban is, de a szerzőnél is felmerül az aggály: Nem jelent-e az „A” módszer is hosszú szabályrendszerek „betanulását”? Amennyiben ez így van, akkor jogosan kétségbe vonhatók az ismertett eredmények értékei is! A fenti kísérlet során a kiosztott algoritmizált útmutatókat csak mint információhordozókat használták a tanulók, azaz mindössze az volt a célunk, hogy az algoritmus által prezentált logikai döntésekben és operációkban tegyünk jártassá a tanulókat. LANDA is, művének 151. oldalán, erről a következőket írja: „Mindig elkerülendő az olyan oktatási rendszer, amikor a tanulóknak hosszú előírásokat kell emlékeztükbe vésniök. Ha csak lehet, általában arra kell törekedni, hogy az előírásokat ne kelljen megjegyezni. A szükséges algoritmus-eljárások kialakítása az önálló feladatmegoldás folyamatában menjen végbe. Az előírások lényegében az algoritmikus folyamat tudatosá válásának eszközei, a



2. ábra

folyamatok tudatos és akaratlagos irányításának módjai legyenek.”

3. Az olvasóban is felmerül a gondolat; Kész algoritmusokat prezentáljunk, vagy a tanulókkal „fedeztessük fel” a szükséges algoritmusokat? A most ismertetett kísérlet során az első úton haladtunk, de ugyanezekben az osztályokban a lineáris egyenlet-rendszerek „tanítását—tanulását” már a második úton haladva kívánjuk segíteni. Ezért ezzel kapcsolatban egzakt kísérleti eredményekre hazai viszonylatban még nem támaszkodhatunk. LANDA idevágó megjegyzései is e kettős megoldás lehetőségét és várható eredményeit boncolgatva lerögzítik: „Algoritmusok oktatására és algoritmikus folyamatok kialakítására, mivel ezek nem tekinthetők az ember vele született sajátjainak, többféle út kínálkozik. Egyik ilyen lehetőség: az algoritmusokat kész formában megadjuk, a tanítást algoritmikus előírás oktatásával kezdjük. (Kísérletünkben ezt próbáltuk ki!). Ez a módszer nem a legszerencsésebb, bár sok esetben bizonyos feltételek mellett időmegtakarítást jelent, ha a tanulókkal kész algoritmikus előírásokat is közlünk. De még ilyen körülmények között is ahhoz, hogy a tanulók tudatosan elsajátítsák és alkalmazzák az algoritmusokat, tartalmilag is kellően ismerni kell azt az anyagot, amelyben az algoritmusok segítségével műveleteket végeznek, ismerni kell a jelenségek törvényszerűségeit, lényeges jegyeit stb. Pedagógiai szempontból általában sokkal értékesebb, ha a tanuló saját maga fedezi fel a megfelelő algoritmust (feltéve, hogy ez a feladat nem haladja meg az erejét), vagy kellő tanári segítséggel jön rá a tennivalókra, mintha készen kapja a megoldás kulcsát.” A szerző minden kétséget kizárva rátapint eme kettős út lényegére, és helyesen felveti a pedagógiai értékük kérdését is. Ugyanakkor túl merev határvonalat von a két lehetőség között, ami a gyakorlat szempontjából kissé irreális. Szerintem a kész algoritmus átadásának az a módja, amikor „a tanítást algoritmikus előírás oktatásával kezdjük”, didaktikailag egyáltalán nem értékelhető. Nem hiszem, hogy akár az Euklidesz-algoritmust, akár egy gép kezelését előíró algoritmust, akár a lineáris egyenlet megoldási algoritmusát, de még a német nyelvtan melléknévragozási algoritmusát úgy sajátíthatnánk el, hogy egyszerűen „megtanítanánk” az általunk preparált algoritmust. Ugyanakkor az is nehezen képzelhető el, hogy a második módszert választván, rögtön a tanulókra bízunk az algoritmus „felfedezését”. Itt nem két útról van szó, hanem egy folyamat két szakaszáról. Szó szerint arról, hogy az első szakaszban a tanár egy problémaszituációból kiindulva a tanulók

bevonásával felépíti az algoritmust. (Ezt az utat követtük mi is fenti kísérletünkben!) Amennyiben a tanulók már képesek eme algoritmus-szerkesztési munka nehézségeinek áthidalására, úgy fokozatosan megkezdhetjük a második szakaszra való áttérést, melynek során egyre többet vállalnak eme munkából a tanulók saját magukra, s melynek végén képesek lesznek már a probléma-situáció önálló kibontására is. Amennyiben ezt a fokozatos átmenetet követjük, eljutunk a szerző egy másik gondolatához (147. old.), melyben — előző megállapításával kissé ellentétbe kerülve — megállapítja, hogy „Az algoritmusok oktatása semmiképpen sem korlátozható kész algoritmusok elsajátítására, ezek betanítására. Az algoritmusok helyesen megszervezett oktatása feltételezi az algoritmusok önálló felfedezését, önálló szerkesztését és megfogalmazását az oktatást, ez pedig pszichológiai szempontból már rendszerint alkotó folyamat. Az algoritmusok oktatása nagyszerű eszköz lehet az alkotó gondolkodás fejlesztésére.”

4. Tulajdonképpen eme idézet már a következő probléma felvetését előkészíti. Az olvasó önkéntelenül is arra gondol: Nem vezet-e ez a gondolkodás elsablonosításához? Ez ma kiemelt probléma. Számos kísérlet és törekvés tűzte ki céljává a gondolkodás rugalmasságát biztosító pszichológiai és didaktikai módszerek felkutatását. Sokat idézett ilyen módszer a „variációk” módszere. Ha a módszert⁶ közelebbről megvizsgáljuk, kimutatható, hogy az a 24 variáció, mely a megadott összefüggések bármelyikéből kiindulva felírható, lényegében egy egyértelműen végrehajtható cselekvés-sor eredménye, mely minden esetben egy kialakított algoritmust realizál. Pl. az idézett mű 6. sz. feladata (64 old.): Legyen adva három szám: 7, 5, 12. E három szám felhasználásával készítsenek összeadási és kivonási feladatokat! Ugyanitt egy 1. osztályos tanuló által felírt 24 variációt találunk. Ez is egy algoritmikus menetet követ, melyben a következő cselekvési sort ismerhetjük fel:

1. Írd fel az alábbi elképzeltető négy műveletet! (a minta alapján!):
 $7 + 5 = 12$
 $5 + 7 = 12$
 $12 - 5 = 7$
 $12 - 7 = 5$
2. Írj az egyenlőségi jeltől jobbra levő számok helyére „x”-et!
3. Írj az 1. egyenlőségek baloldali első számai helyére „x”-et!
4. Írj az 1. egyenlőségek baloldali második számai helyére „x”-et!
5. A 2., 3., 4. egyenletek jobb és baloldalait cseréld fel!

* LÉNÁRD F.: A gondolkodás rugalmassága és a variációk. MTA doktori disszertáció. Bp. 1969. (Kézirat.)

A 24 variáció csak operátorokat tartalmaz,⁷ de ennek ellenére nem G. MEYER-típusú algoritmus. Az ellentmondásmentesség igazolásaként megemlítem, hogy a kétfajta algoritmus-szerkezet között csak azoknál az algoritmusoknál mutatkozik az eltérés, amelyeknél logikai feltétel (valaminek az eldöntése) is előfordul. Természetesen ez a „variálás” leg-egyszerűbb esetének az „algoritmus”. Amennyiben a variálás „in medias res” kezdendő, már elkerülhetetlenül logikai feltételeket is be kell építeni az ott alkalmazandó algoritmusba. Példánk alapján — mellyel a probléma jobb megközelítését céloztuk — levonhatunk egy gyakorlati következtetést: Amennyiben a „variációk” módszere a gondolkodás rugalmasságát fejleszti, úgy az algoritmusok használata — mivel ez realizálja — nem tekinthető a gondolkodás elsablonosításának. LANDA művének 145. oldalán is arra utal: „Minél tökéletesebb, könnyebb és egyszerűbb ez az algoritmus, minél könnyebben és gyorsabban kialakíthatók a szükséges készségek és jártasságok, annál több lehetőség nyílik arra, hogy tudatuk felszabaduljon a *hogyan* gondja alól, és figyelmüket annál inkább arra összpontosíthassák, *amit* irnak, mondanak, számolnak.”

Eme gondolat befejezéséként ismét a szerzőt idézem: „Az algoritmusok oktatásának alapvető célja az algoritmusok elsajátítása (birtoklása), azaz algoritmikus folyamatok kialakítása. Az algoritmus csupán eszköz e cél eléréséhez, bár nagyon fontos eszköz.” (152. old.) Így pl. a „variációk” felírására szolgáló algoritmus is csak eszköz, melynek segítségével végső fokon a tanuló képessé válik egy olyan automatizmus kialakítására, melynek segítségével egy ehbe a típusba tartozó bármilyen egyetlen megoldására vállalkozhat.

5. Igen figyelemreméltó a szerzőnel azon megállapítása, (169. l.) mely szerint: „ha az algoritmikus folyamatok kialakítására nem fordítanak speciális gondot, akkor a feladatmegoldást próbálkozások útján megkísérlő tanulóknál a műveletek az objektumokhoz való ún. „hozzáidomulás” folyamatában alakulnak ki”. A fenti példákat alapul véve az egyetlen-variációk felírására az idézett disszertációban nem találjuk meg az előbb bemutatott algoritmust. Elképzelhető, hogy azt egy tanítói instrukció alapján a tanuló saját magát alakították ki? Egy újonnan vett rádiókészülék különböző kapcsolási rendszerére vagy a telefon kezelésére a helytelen próbálkozások alapján végül magunk alakítunk ki egy kezelési algoritmust. Elképzelhető, hogy példamegoldásokon keresztül az első gimnazisták saját maguk kialakítanak egy algoritmust a lineáris egyenletek megoldására. Talán jók is ezek az algoritmusok, bár feltehető, hogy ennél

ésszerűbb algoritmusok is léteznek. A tanulók az esetek túlyomó többségében azonban nem találják meg ezeket.

Egy cikkünkben⁸ ugyancsak egyetlen megoldásán keresztül mutattuk ki, hogy pl. a tanulók — annak ellenére, hogy a rövidebb megoldási menethez szükséges operációkat ismerik — mégsem képesek ezt egy algoritmus rendszerbe beépíteni. Ezek a gondolatok — a megoldást keresve — végső soron ismét elvezetnek LANDA megállapításaihoz.

Az eddig ismertetett kérdések az algoritmusoknak a „Hogyan tanítsunk?” szempontjából való alkalmazási lehetőségeit elemezték. A következőkben a „Mit tanítsunk?” felől felvethető kérdések egyikét-másikat ragadjuk ki.

6. Felmerülhet a kérdés, miért használjuk állandóan az „algoritmus” kifejezést, amikor használhatnánk a „jártasság” és a „készség” jól ismert fogalmát is, beszélhetnénk algoritmusok oktatása helyett a jártasságok és készségek kialakításáról, veti fel a kérdést a szerző. Válaszában mindenekelőtt kifejti: egyrészt a „jártasság” és „készség” fogalma a pedagógiában és pszichológiában nincs kellően meghatározva, így ezeket a fogalmakat különböző szerzők ma is különböző, gyakran egészen pontatlan értelmezésben használják. Másrészt a „jártasság” és „készség” fogalmától eltérően az algoritmus, az algoritmikus előírás vagy az algoritmikus folyamat fogalmi sokkal precízebbek. Továbbmenve, az algoritmus fogalma meghatározott műveletek előírásaira vonatkozik, ugyanakkor a „jártasság” és „készség” fogalmi eme műveletek tudásának módját jelenti. E fogalmak közötti kapcsolat tehát nem egyértelmű, ugyanis lehet algoritmikus előírásokat még nem a „készség” és „jártasság” szintjén ismerni, ugyanakkor lehet ezeket „jártasság”, ill. „készség” szinten alkalmazni, de lehet, hogy nem algoritmikus folyamatokat bírunk a „jártasság” szintjén, pl. valakiről azt állítjuk, hogy jártas a „rébusok” megfejtésében. Összegezve helyesen állapítja meg a szerző, ugyanitt a 159. oldalon, hogy „Az algoritmikus folyamat fogalma és a jártasság fogalma sem nem azonos, sem nem ellentétes.” A készségek ezzel szemben mindig algoritmikus folyamatokban realizálódnak, és ez az algoritmikus folyamat fejlődésének legmagasabb stádiuma, amikor is az algoritmikus folyamat eléri automatizáltságának legmagasabb fokát”. Eme igen találó megállapításokból a szerző kihagyott egy, az összefüggésrendszer teljessé tevő megállapítást: Valamennyi algoritmikus folyamat automatizmus szintű elsajátítása során egyszer áthalad a jártasság szintjén is.

7. Az algoritmusok problémájának tisztánlátása érdekében tisztáznunk kell még (mivel

⁷ VARGA T.: A gondolkodás rugalmassága és a variációk, Magyar Tudomány, 1969/10. sz.

⁸ GYARAKI F. F.: Computer segítségével vezérelt matematika gyakorló óra. A Matematika Tanítása, 1968/3. sz. 74. o.

ugyancsak gyakori félreértések forrása) kapcsolatot a „szabály” fogalmával. A szerző a 156. lapon kifejti: „A szabály általánosabb, tágabb fogalom. Minden algoritmust felfoghatunk szabálynak, de nem minden szabály algoritmus.” Természetesen ebből téves lenne azt a következtetést levonni, hogy azokat a szabályokat, melyek algoritmizálhatók, feltétlenül így célszerű megadnunk. Didaktikai célok azonban indokolták teszik, hogy minden esetben tudjuk, milyen jellegű az a szabály, melyet megfogalmazunk, mivel az oktatás számára egyáltalán nem közömbös annak eldöntése, hogy egy szabályt algoritmikus formájában vagy pedig nem algoritmus jellegű formájában érdemes megfogalmaznunk. A szerző itt adós marad annak az elemzésével, mikor érdemes az algoritmizálható szabályt algoritmizálni és mikor nem. Úgy gondolom, hogy nem is teljes precizitással — hisz eme terület kidolgozatlanága még ezt nem is teszi lehetővé — már adhatunk némi útmutatót erre is: Azokat az algoritmizálható szabályokat, melyek operátorokon kívül logikai feltételeket is tartalmaznak (pl. Eukleidész-algoritmus, bonyolultabb közlekedési szabályok, telefonálás, alpműveleti szabályok stb.) didaktikai szempontból feltétlenül érdemes algoritmizálni; ugyanakkor azokat, melyek egy jól leírható operátor-sor végrehajtását igénylik csak (egyszerűbb közlekedési szabályok, több tag szorzása egy taggal, stb.) felesleges algoritmizálni.

8. Az előzővel együtt tisztázandó a „képlet” és algoritmus fogalma is. Szerző a most idézett oldalon kitér erre is. „Az, hogy matematikai állításokat sokszor képletek formájában fogalmazunk meg, egyáltalán nem csökkenti az algoritmusok oktatásának a jelentőségét. Tévedés volna azt hinni, hogy ugyanazon feladatok megoldásának különböző algoritmusai mindig csak a műveletek sorrendjében különböznek egymástól, és éppen ezért mindig megfeleltethetők egyetlen képletnek. Ha a különböző lehetséges algoritmusok valóban csak a műveletek sorrendjében különböznek, és mindegyik megfeleltethető ugyanannak az egyetlen képletnek, akkor az algoritmusok oktatása gyakran csakugyan céltalan.” Pl. a háromszög valamelyik területképletének algoritmikus kifejtése során előállítható algoritmusok csak a műveletek sorrendjében különböznek, ezért nem célszerű ennek az algoritmikus kifejtése. Ugyanakkor itt is érvényes a „szabályoknál” tett megállapításunk, mely szerint például a

$$t = \frac{a \cdot m}{2}$$

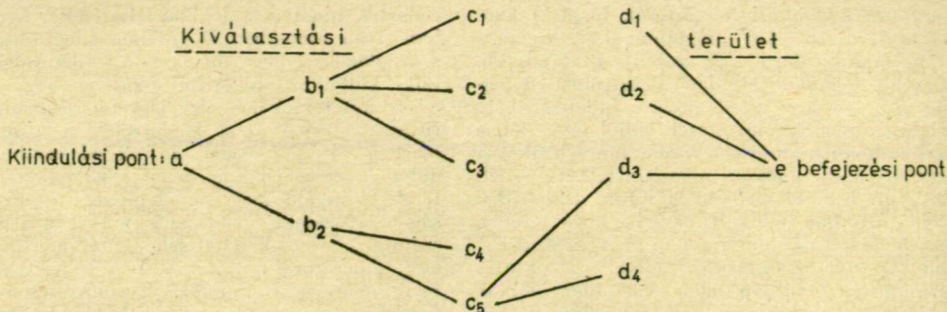
képlet kifejtésénél, amennyiben az „a” és „m”

ismertek, nincsenek „logikai feltételek”. Azonban ilyen esetekben is érdemes megtanítani a tanulót arra, hogy meglássa a képlet mögött rejlő különböző algoritmusokat, és hogy az adott feltételnek megfelelő legcélszerűbb algoritmusra térjen át a képletről. Ha a fenti esetben pl. „a” vagy „m” 2-vel osztható, abban az esetben már belép egy logikai feltétel: „Vizsgáld meg: az alap vagy a magasság mérőszámai közül az egyik nem páros szám-e?” s ennek feltételeként az algoritmus első „operátora”: „.....-nek a felét szorozd meg a-al!” Természetesen a fenti követelmény meg is fordítható, s kimondható: fontos az is, hogy a tanuló a lehetséges algoritmusoktól el tudjon jutni a képlethez is. Sommázza mondhatjuk, hogy az algoritmus tulajdonképpen a képlet realizálásának egyik útja.

9. Az eddig kiragadott kérdések után érdekes lesz egy átfogóbb probléma felvetése: Milyen módszerek segítségével dönthető el, hogy egy anyagrészt érdemes-e algoritmizálni? Erre a kérdésre próbál a szerző a 133. oldalon válaszolni: „Abból kiindulva, hogy bármely algoritmus mindig egy konkrét feladatosztály megoldásának módszere, és ezen osztályon kívül nem alkalmazható, ezért mindennek előtt értékelni kell azoknak a feladatoknak a jelentékenységét, amelyeket az algoritmus segítségével megoldunk. Ha e feladatoknak nincs komolyabb tudományos, vagy gyakorlati, vagy általánosan képző jelentősége, akkor nyilvánvalóan nincs értelme, hogy megoldási algoritmusok oktatására időt pazaroljunk.

Ha ezek a feladatok bizonyos vonatkozásban jelentékenyek, akkor az algoritmusok oktatás célszerűségének eldöntésére befolyással van az algoritmus bonyolultsága, azaz követelmény, hogy az algoritmus ne legyen túl bonyolult. Ez a feltétel sem elegendő azonban ahhoz, hogy az algoritmusokat érdemes legyen oktatni, az is szükséges, hogy az algoritmus révén megoldható feladatok eléggé gyakoriak legyenek. „Eme gondolatokkal kapcsolatban csak egy kérdés vár tisztázásra: Van-e valami kritérium arra vonatkozólag, hogy eme konkrét feladatosztály jelentékenységének, bonyolultságának és gyakoriságának megállapítása előtt mi módon döntjük el, hogy egyáltalában algoritmizálható-e? Erre a kérdésre a szerző e művében nem találunk kielégítő választ. Nyilvánvalóan LANDA további munkásságát is eme kritériumok s rajtuk keresztül az algoritmizálhatóság határainak szabatos megfogalmazása feszítette. Így jutott el a szerző az 1967-es, Güstrowban megtartott konferencián ismertetett legújabb (magyar fordításban még ez ideig még nem jelent) munkájához.⁹ Ebben megkísérli a

⁹ L. N. LANDA: Das Verhältnis zwischen heuristischen und algorithmischen Prozessen und einige Probleme ihrer Herausbildung durch den programmierten Unterricht. Wissenschaftliche Zeitschrift des Pädagogischen Instituts Güstrow. 1966/67.



3. ábra

heurisztikus és algoritmikus folyamatok közötti viszonyokat tisztázni. A heurisztikus feladatok köréből kiemeli azt, amelyre egyszer már egy megoldást találtak és a megoldáshoz vezető lehetséges utakat felkutatták, meghatározva ezzel egy kiválasztási területet (Auswahlfeld), melyen keresztül próbálkozással mindenki, aki a kiválasztási terület valamennyi útját kipróbálja, feltétlenül eljut a megoldáshoz. Az 3. ábra egy ilyen próbálgatási menetet ábrázol.

A kiválasztható megoldást tehát az $a - b_1 - c_1 - d_1 - e$ út adja meg. LANDA ezt az eljárást ugyanígy próbálgatási algoritmusnak (Probieralgorithmus) nevezi. Véleményem szerint a szerző itt nem tett mást, mint hogy a „British Museum”-algoritmust, mely lényegében véve az összes lehetőségek szisztematikus végigpróbálásából áll,¹⁰ alkalmazta feladatok megoldásának felkutatására. LANDA a güstrowi anyag végén kísérletet tesz a feladattípusok algoritmizálhatóság szempontjából történő osztályozására. Ezek szerint megkülönböztethetők *először* azok a feladatok, melyekre van egy megoldási (átalakítási) algoritmus, *másodszor* azok, amelyekre már készítettünk egy próbálgatási algoritmust, *harmadszor* azok, melyekre még sem megoldási, sem próbálgatási algoritmust nem készítettünk, végül *negyedszer* azokat, melyek megoldási útjai még ismeretlenek. Azt hiszem, ma még — a szó eddigi értelmében — főleg csak az első feladattípussal kapcsolatban dolgozhatunk ki reális terveket.

Végül még egy, a szerző által is megfogalmazott perspektívikus gondolatra szeretnék utalni. Észert az algoritmus fogalmának alkalmazása a gondolkodás különböző fajtáira elengedhetetlen előfeltétele a gondolkodás általánosabb törvényszerűségei kutatásának és a különböző gondolkodási formák közötti mélyebb kapcsolatok feltárásának, állapítja meg a szerző. Még annyival feltétlenül meg kell toldani ezt a megállapítást, hogy az egyes megoldási és átalakítási folyamatok algoritmizálása révén, főleg ezek gráfjai révén, feltárulhatnak azok a tartalmuktól való megfosztása utáni közös struktúrák, melyek nemcsak egy tantárgy különböző területei közötti, hanem különböző tantárgyak eltérő területei közötti közös algoritmus struktúrákat tártathatnak fel, s ezzel elősegíthetik az azonos nehézségű struktúrák életkori sajátosságoknak megfelelő elrendezését is.¹¹

Nem lenne az értékelés teljes, ha az oktatási algoritmusokkal kapcsolatban nem rögzítenénk le, hogy a szerző itt nyújtott a legkevesebbet eddigi munkáiban. Az egyetlen idevágó, a „kör tanításával” kapcsolatos algoritmus (73. l.) sem tekinthető korszerűnek. Az eddigieket összegezve eme kiváló szovjet kutató eddigi munkáit B. V. GNYEGYENKO akadémikus és B. V. BIRJUKOV szavaival értékeljük: L. N. LANDA az egzakt tudományok különböző módszereinek együttes alkalmazásával reális utat mutat az oktatás számos aktuális elméleti és gyakorlati kérdésének megoldásához.

GYARAKI FRIGYES

¹⁰ TARJÁN R.: Kibernetika. Bp. 1964.

¹¹ GYARAKI F. F.: Mi az algoritmus? Élet, és Tudomány, 1969/21. sz.