

Teoretske predpostavke uporabe računalnika pri pouku

JOŽE REŽONJA

Izhajali bomo od učnega procesa, kar se najpogosteje veže na cilje in strukturo vzgojno-izobraževalnih programov. Linnova (1987) meni, da vključujejo cilji znanstveno utemeljenih vzgojno-izobraževalnih programov redefinicijo in širitev novih spoznanj, tehnološki napredek in družbene potrebe. Razvijanje vzgojno-izobraževalnih programov in načrtovanje učnega procesa mora v vsakem pogledu vključevati motivacijske elemente učenja; neobhodno pa jih je vztrajno dopolnjevati z novimi metodami in učnimi sredstvi, kamor sodi uporaba računalnika. Upoštevajoč utemeljevanje avtorice Linнове (1987), lahko podamo pregled znanstveno-raziskovalnih predpostavk za uporabo računalnika v vzgojno-izobraževalnem procesu po naslednjih šestih področjih: 1. prodor spoznanj s področja novih učnih tehnologij, 2. poudarek na obči strategiji, ki se nanaša na reševanje problemov in na preučevanje neznanega, 3. uporaba različnih izraznih možnosti, ki jih nudijo računalniški jeziki z uporabo prenekaterih organizacijskih in tehničnih možnosti, 4. vse večje izpopolnjevanje učnih metod, 5. sodobna in fleksibilna struktura vzgojno-izobraževalnih programov, 6. izpopolnjevanje in veljavnost uporabljenih inštrumentov.

Tako nima npr. prodor nove računalniške tehnologije le to posledico, da učenci pridejo do prenekaterih spoznanj po novih poteh, temveč gre istočasno za preprečevanje posameznih heretičnih razlag in spoznanj, ki jih je tradicionalna znanost vsebovala kar lepo število.

V svojem teoretičnem prispevku predstavlja Good (1987) koncept "umetne inteligence" (artificial intelligence AI) v odnosu do "inteligentne uporabe računalnika pri pouku" in v raziskovalnem procesu. Avtor meni, da so bistveni vidiki ustrezne uporabe računalnika v procesu pouka združeni v enotnem modelu, ki vključuje učenca, učitelja in obstoječe naravno okolje. Pri uresničevanju ustrezne uporabe računalnika v procesu pouka mora raziskovalec predhodno razrešiti tri vprašanja: 1. dokopati se mora do subtilnega znanja o zakonitostih učenja in poučevanja, 2. osvojiti naravni potek vrstnega reda obćih znanj s pomoćjo računalniškega jezika in 3. pridobiti ustrezna znanja o strukturi in delovanju računalnika.

Podobno kot številni drugi avtorji, zaključuje tudi Good, da pravilen učni krogotok sloni na sodobnih kognitivnih spoznanjih in principih umetne inteligence. V ta krogotok so v bistvu vključeni koncepti predikcije znanja, razlage le-tega, osvajanje novih spoznanj, praktične uporabe znanja, kakor tudi transformacije znanj od linearnega učnega cikla k bolj sestavljenemu in fleksibilnemu modelu. Glede uporabe obće

strategije, ki se nanaša na reševanje problemov, lahko rečemo, da kažejo številne študije zadnjih 10 do 15 let njene nemajhne prednosti v odnosu na tradicionalne metode. Študije kažejo (glej npr. Wirt, 1987, Denson, 1987, Young, 1987, Brown and Clement, 1987, Ost, 1987 idr.), da so učenci, ki so bili nekajkrat v situaciji, ko so delali po metodi reševanja problemov, zelo uspešni pri reševanju različnih nalog; opazen je močan transfer znanja na različnih področjih, kjer je potrebno uveljaviti ustvarjalno mišljenje.

Kognitivni razvoj pomeni za sodobno vključevanje računalnika v učne procese osrednjo znanstveno predpostavko. Številne študije sedemdesetih let vsebujejo poskuse simuliranja (posnemanja) otrokovega intelektualnega razvoja ob upoštevanju klasičnih Piagetovih spoznanj, kot so: serialno obremenjevanje procesa mišljenja: (Baylor and Gascone, 1974; Baylor & Gascone & Lemoyne & Pothier, 1973), nadalje trajanje serialnega obremenjevanja (Young, 1976), razvrščanje in grupiranja pojmov (Klahr & Wallace, 1970), pojmovni razredi (Klahr & Wallace, 1972), zadrževanje pojmovnega razreda (Klahr and Wallace, 1973), tranzitivno sklepanje (Klahr & Wallace, 1976), predmetna pozornost (Prazdny, 1980) idr. Preučevanje je v teh študijah zajemalo podrobna opazovanja otrokovega intelektualnega razvoja na različnih razvojnih stopnjah, nakar je bila izdelana pripadajoča simulacija za vsako stopnjo posebej. Simulirati posamezno miselno operacijo pa je pomenilo zgraditi nek drug sistem, ki bi se naj s Piagetovim ujema v lastnostih, bistvenih za opazovalca. Eno izmed osrednjih spoznanj teh študij je bil zaključek, da so razlike v podrobnostih med kognitivnimi strategijami in resničnim razvojem preveč subtilne, vsekakor pa niso enoznačne za različne stopnje intelektualnega razvoja.

Simulacije na področju kognitivnega razvoja najpogosteje ne pomenijo izgrajevanje nekega drugega (simuliranega) razvoja, temveč neposredno simuliranje človekove dejavnosti. Gre za oblikovanje sistemov, ki se nanašajo na simulacijo človekovega ravnanja na eni, ali nemara na posameznih stopnjah intelektualnega razvoja, nikakor pa ne za simulacijo, ki bi prehajala sukcesivno v otrokovem razvoju iz prejšnje stopnje v naslednjo. V nekaterih zgoraj omenjenih opazovanjih so avtorji prišli še do nekaterih omembe vrednih spoznanj. Ugotovili so, da je pri nekaterih vrstah operacij računalnik učinkovitejši od človeka, pri nekaterih pa ima človek prednost pred računalnikom. Poudariti pa velja, da računalnik ne zmore nobene operacije, ki je ne bi zmozel tudi človek sam, le da je v nekaterih vrstah operacij hitrejši in natančnejši. To velja zlasti za izvajanje aritmetično-logičnih operacij in za manipuliranje z numerično informacijo. Vendar človek bistveno prekaša računalnik vsaj v dveh pomembnih lastnostih: v sposobnosti znanji se v novi situaciji in v učenju na podlagi poskusov in napak. Za človekovo reševanje problemov je značilno "hevristično sklepanje": med zelo velikim številom možnosti je človek zmožen vnaprej presoditi, katere poti verjetno vodijo k rešitvi in katere zagotovo ne. Bratko in Rajkovič (1989) ugotavljata, da je človek sposobnejši v mišljenju, sklepanju in odkrivanju novega, računalnik pa v računanju in manipuliranju s podatki.

Potem, ko so posamezni avtorji odkrili, da ne kaže slepo posnemati otrokovega intelektualnega razvoja pri uporabi računalnika v procesu pouka, se je njihova pozornost preusmerila na analizo učnih načrtov in vzgojno-izobraževalnih programov. Tu so prišli do spoznanja, da je v matematiki moč izjedriti kar nekaj ravni, kjer je simulacija s pomočjo računalnika zelo uspešna. Takšne študije so prispevali za aritmetiko Ashcraft, 1983; Brian & Larkin, 1984; Fletcher, 1985; Greeno, Riley & Gelman, 1984; Hiebert &

Wearne v tisku; Klahr, 1973; Neches, 1981, 1982; Resnick & Neches, 1984; Riley and Greeno, 1980; Riley, Greeno & Heller, 1983; Siegler, 1986; Siegler & Shrager, 1984; Van Lehn, 1983. Za algebro so prispevali študije Greeno, Magone, Rabinowitz, Ranney, Strauch & Vittolo, 1985; Neves, 1978; Piaget & Simon, 1965; Sleemen, 1982, 1984; za geometrijo pa Anderson 1982; Anderson, Greeno, Kline & Neves, 1981; Greeno, 1976.

Naslednje področje v vzgojno-izobraževalnem programu, ki se je doslej obneslo pri uporabi računalnika, so prirodoslovne vede, še zlasti reševanje problemov v fiziki (Bhaskar & Simon, 1977; Larkin, 1981; Larkin, Mc Dermoth, Simon & Simon, 1980 a; Larkin, Reif, Carbonell & Gugliotta, 1989). Za našeta področja so bili eksperimentalno dobljeni nadpovprečno dobri dosežki pri t.i. računalniški simulaciji programov. Poudariti velja, da se v procesu pouka uporabljata dva različna računalniška simulacijska modela, ki izhajata iz kognitivne psihologije. Nekoliko starejši model pomeni konceptualizacijo kognitivnih procesov kot operacij, zasnovanih na znakovnih strukturah o tem, kaj nam je znano iz zakladnice spoznanj iz zunanjega sveta. Bolj cenjen je model, ki gradi na tistih znanjih, ki zadevajo mentalne procese, kot so: mišljenje, posploševanje, reševanje problemov, spomin, učenje, pozornost, zaznavanje ipd., saj le-ti vodijo do novih spoznanj. Posamezni raziskovalci uporabljajo izraz "simulacija" zgolj za namene izdelave računalniškega programa, ki pa ne izhaja iz kakšnega posebnega teoretičnega modela.

Reči je treba, da so vsaj štiri vprašanja neizogibna pri določanju znanstvenih predpostavk za uporabo računalnika v procesu pouka, in sicer:

1. Zakaj je posamezni problem težji ali lažji od drugega glede na posameznika, ki ga rešuje?
2. Zakaj je eden in isti problem za nekoga težko, za drugega lahko rešljiv?
3. Kaj je bistvo sprememb v kognitivnih procesih?
4. Kateri vidiki kognitivnih procesov so nezdržljivi s posameznim načinom reševanja problemov; s posameznikom, ki problem rešuje, oziroma s časovnim intervalom, ko se problem pojavlja?

Strokovnjaki so se dokopali do ustreznih spoznanj, ki omogočajo izdelavo ustreznega pristopa za uporabo računalnika v procesu pouka. Pri tem je neobhodno upoštevati tri ravni: teoretično, metodološko in tehnično-tehnološko (Chisson, 1988).

TEORIJE UČENJA KOT KLASIČNE INTERPRETACIJE ZNANSTVENIH PREDPOSTAVK UPORABE RAČUNALNIKA PRI POUKU

V preteklosti sta prednjačila dva izvora za interpretacijo teh teorij: behaviorizem in racionalizem. Znanstvena izhodišča teh izvorov koreninijo na dokaj različnih področjih in v različnih zgodovinskih obdobjih. Včasih se zdi, da sta prava predhodnika behaviorističnemu izhodišču pri utemeljevanju teorij učenja prav Pavlov in Watson, ki sta prispevala alternativne razlage v odnosu do introspekcije in neo-Kantovskega racionalizma. Posamezni avtorji iščejo razlage za svoje poglede na razvoj behaviorističnih teorij pri nekoliko zgodnejših mislecih, kot sta Lock in Hume, ki sta s svojo mislijo prispevala h gradnji mostu med omenjenima izhodiščema. Če sledimo razmišljanju Williama Woodwarda (1982), okrog "glavnih predhodnikov", socialne teorije behaviorizma, se ustavimo pri evolucionistih Wallaceu in Darwinu. Seveda se

številna pojmovanja o izvorih bahaviorističnega pristopa k teorijam učenja niso izdiferencirala med različnimi oblikami radikalnega behaviorizma in socialnimi teorijami učenja. Pa vendar si ne moremo kaj, da ne bi posvetili krajše pozornosti zgodnji razlagi socialne teorije učenja, ki jo je v svojih "Govorih ..." prispeval sofist Protagora. V tej zvezi gre omeniti tudi Sokratovo kritiko njegovih prizadevanj, ki v bistvu ne pomeni razdvajanje bahaviorističnega in racionalističnega izhodišča pri pojmovanju teorij učenja, temveč prispevek k sintezi teh dveh polov. Protagoras je s sintagmo "človeka kot merila" pripeljal do razmišljanj, ki so bila v čistem nasprotju z racionalističnim pristopom. Tako izraza "vedenje", "obnašanje" nujno ne vključujeta "vzročnosti" ali "reševanja problemov" ali "mišljenja" kot predhodne stopnje za nadaljnje ravnanje. Na drugi strani sta "vzročnost" in "mišljenje" notranji komponenti za izdelavo koncepta takega "ravnjanja". V vsakem primeru se obema pojmovanjima postavlja v ospredje eno vprašanje: kaj je v logičnem smislu prvotnejše, "ravljanje" ali "vzročnost"? To je zanimalo tudi Sokrata, ki ga mnogi avtorji postavljajo, zaradi njegove klasične teorije učenja, za vzgled, ko gre za uporabo ene izmed najbolj obetavnih učnih strategij, tj. strategije reševanja problemov (1969).

Sokrat je za svojega sogovornika (učenca) razdelil namenjeno učno snov na čim manjše dele. Učenec ne sme biti postavljen pred veliko, "neprebavljivo" kopo znanja, temveč mu je treba le-to dati v dobro pripravljenih in zanj sprejemljivih "odmerkih" (1969). Do novega znanja se je treba prebijati korak za korakom. Pri napredovanju je nadvse pomembno najti pravo pot, srednjo pot med otroškim capljanjem in koraki odraslega človeka (1934). Sokrat je poskušal najti pravo mero. Svojemu sogovorniku je "prišepetaval" in mu postavljaj opogumljajoča preprosta vprašanja. Tako je pripravil učenca, da je tudi sam, čeprav skromno, sodeloval v pogovoru. S tem je razgibal učenčevo umsko dejavnost. Oblikovati se je začela igra dialogov med učiteljem in učencem.

Odločilno v sokratskih pogovorih je bilo to, da je učitelj vodil besedno igro po učenčevih reakcijah. Sokratski slog poučevanja bi lahko imenovali tudi umetnost sproščenega dvogovora in ga ponazorili s stavkom: sediva in se pogovoriva!

Morda je prav zaradi hotenja, spraviti sogovornikov razum v nenehno aktivnost, Sokrat pri atenskih someščanih veljal za nergača in posebneža.

Poleg tega, da je starogrški mislec drobil učno snov v majhne odmerke in postavljaj sogovorniku spodbujajoča vprašanja, je poskušal tudi ustrezno preiskusiti znanje, do katerega se je ta dokopal.

Znana je njegova majevtika, s katero je poskušal iz izpraševanca "izvleči" pravilne odgovore in mnenje, da so tudi v onem, ki nima pravilne predstave o tem, česar ne ve (Nestle 1934, str. 19-54). Veliko skrb je posvečal Sokrat tudi znanju, ki si ga je sogovornik pridobil že kdaj prej, saj pravi v "Menonu", da naj bi učitelj predramil dremajoča spoznanja v učencu, ki se mora samo zavedati tega, kar je že v njem (Nestle, 1934, str. 57-66).

V svojem končnem namenu je hotel Sokrat pri sogovorniku doseči obnavljajočo se vrednost znanja, pri čemer je bil za tedanje razmere začuda jasen in domišljen. Pozneje se mu je v tem hotenju skušal približati ta ali oni mislec, na kar nas napeljujejo teoretične razvprave Kvintilijana, Komenskega, Anselma, Locka, Descartesa in francoskih materialistov in ne nazadnje tudi delo moža modernega kova Skinnerja, ki je nameraval avtomatizirati marsikatero učenčevo dejavnost, za katero je menil, da je nujna pri

razvijanju njegovega znanja (Fuchs, 1969). Za Sokrata ni človekovo vedenje osnova za razlago njegovega procesa učenja. Mislec veže svojo razlago na tri oporne točke:

1. Slaherni človek ima v zakupu nekaj spretnosti, dostojanstva in pravičnosti.

2. Moralne vrednosti se v človeku ne prebudijo same od sebe; še zlasti ne, če jih učitelj pri učencu zapostavlja.

3. Prihaja do zmotnih sklepov, če internalizacijo vrednot (in ne učenja) obravnavamo predvsem na osnovi človekovega obnašanja, saj posameznik ne počne vselej tistega, v kar verjame, ali kar je pravilno.

S tem je bila že zelo zgodaj podana solidna osnova za nadaljnje dograjevanje teorij učenja, ki pa v posameznih obdobjih ni bila dovolj izrabljena. Znano je, da je bil prav Skinner do teorije dokaj nezaupljiv in je dajal prednost spoznanjem, ki so imela izkustveno veljavo in do katerih je običajno prišel laboratorijsko na podlagi posameznih primerov in s preučevanjem posameznih psihičnih funkcij.

V svojem izhodišču se je Skinner tesno opiral na adaptacijsko teorijo, katere temeljni značilnosti sta, da se enostransko opira na zunanje spoznavno ravnanje in nato sklepa na človekovo notranjo duševno ravnanje. Tako je poskušal npr. Skinner razložiti marsikateri psihični pojav na podlagi opazovanja reakcij na golobih (1970).

V nasprotju s kognitivnimi, se je ta teorija omejila na metode prilagajanja posameznika določenim okoliščinam in se s tem naslonile na empirično-zaznavno metodologijo.

Skinnerjevo delo je bilo v začetku močno povezano s Thorndikovo asociativno teorijo učenja, od katere je povzel zlasti dva zakona učenja: zakon učinka in zakon vaje (Thorndike, 1932).

Prvi opozarja na tesno zvezo med dražljajem in ugodjem ter opozarja na posledice iz te zveze. Za akcije, ki jih spremlja prijetno počutje, je verjetnost mnogo večja, da se bodo ponovile. Ker želimo, da bi učenec čimveč znal, je treba pripraviti učno snov tako, da ji bo kos. Thorndike se je tako močno približal problemu motiviranosti učenca za učenje in je njegovo prizadevanje hvalevredno in koristno.

Drugi Thorndikov zakon se imenuje zakon vaje in temelji na starem asociativnem spoznanju, da se določene dejavnosti utrjujejo s ponavljanjem. Do tega zakona je bil avtor vedno bolj skeptičen kot do zakona učinka, saj je bilo z njim težko priti dlje od navadnega drila. Skinner se ni bistveno oddaljil od Thorndikovih pogledov, temveč jih je v marsičem dopolnil. V prvi vrsti jih je preskusil v zasnovi programiranega pouka. Ni pa ostal le pri preprostem reagiranju in je priznaval tudi spontano ali operativno ravnanje, ki je sad človekovih notranjih nagibov.

Za Skinnerja spada v pojem aktivnosti slaherno ravnanje, ki je določeno po lastnih posledicah (1954). Za Skinnerja je problem tudi to, kako podrediti operativno ravnanje procesu učenja. Tu se je veliko ukvarjal z vprašanjem podkrepitve, ki pomeni lastno potrebo nekega ravnanja.

Poleg dveh, že omenjenih zakonov, pozna Thorndike še tretjega, ki ga imenuje zakon pripravljenosti (Skinner, 1954), iz katerega pa Skinner ni izpeljal kaj posebno izvirnega, če pomislimo, da je reševal problem motivacije v skladu z zakonom učinka.

Na temelju omenjenih zakonov učenja so pripadniki adaptacijske teorije oblikovali pet glavnih načel učenja (Thorndike, 1932). Ta načela vsebujejo mnogo značilnosti, ki spadajo v t.i. didaktični software, načelo otrokove aktivnosti, načelo individualizacije pouka, načelo motivacije, načelo apercpcije in načelo socializacije. Za načela je

značilno, da dajejo prednost izhodiščem individualne pedagogike, s čimer postavljajo učenca na prvo mesto. Načelo aktivnosti in individualizacije sta si precej blizu, vendarle pomeni po Thorndiku načelo aktivnosti učinek učenja, ki izvira iz učenčevega odgovora na dražljaj. Zagovorniki adaptacijske teorije predlagajo, da naj v učno metodo oblikujemo otrokove psiho-kortikalne procese tako, da bo lahko oblikoval ustrezne reakcije. To je značilnost predstavnikov adaptacijske teorije, da višjo zakonitost spravijo na nižjo. Res je, da zakonitost višje vrste temelji na zakonitosti nižje, toda zaradi tega še ne smemo višje zakonitosti zreducirati na nižjo. Niti ne moremo vzgojne dejavnosti osredotočiti zgolj na psihološke zakonitosti.

Nasploh lahko rečemo za načelo aktivnosti, da je to splošno načelo, ki velja za kakršnokoli vrsto pouka, od osnovne šole do univerze. Otrok naj bo pri pouku miselno aktiven, pri čemer mislimo na razne miselne operacije. Ta zahteva je bila vselej tesno povezana s pomenom formalnega izobraževanja. Vsaka šola je zahtevala aktivnost (tudi v fevdalni družbi je šlo za otrokovo aktivnost v smislu mehaničnega učenja, ki nima posebne formalne vrednosti). Poznejša diferenciacija v pojmovanju tega načela je šla v smeri razlikovanja istega znanja, ki je rezultat njegovega učenja. Tu pa pripadniki adaptacijske teorije niso veliko prispevali. Načelo motivacije, ki so ga oblikovali Thorndike, Skinner in sodelavci je manj splošno, zato pomeni izvirnejši prispevek k teoriji didaktike. Če pogledamo danes sovjetsko in nasploh socialistično pedagogiko, vidimo, da je tu to načelo zapostavljeno, čeprav poskuša po osebnem interesu privzgojiti učencu višji motiv. Tu gre za tesno povezanost med učenjem in vzgojnim delom v razredu. Po pojmovanjih socialistične pedagogike je bistvo vzgojnega procesa prehod od individualne motivacije k družbeni.

Če poskušamo nekoliko opisati prispevek, ki ga je dal k reševanju problema individualizacije Thorndike in iz katerega je izvedel Skinner nekatere izpeljave, potem lahko ugotovimo, da je dal nekaj vzpodbudnih sugestij za nadaljnje razmišljanje.

Vprašanja, ki so se postavljala na podlagi njegovega dela, se sučejo okoli večje ali manjše homogenosti v razredu, spreminjanja interindividualnih razlik v času enega in tudi več let šolanja, vpliva pouka na znanje in na razvoj sposobnosti, kar naj bi po njegovem mnenju bilo odvisno tudi od tega, kako poučujemo. "Gre mu tudi velik delež zaslug za danes že močno razširjeno prepričanje, da je ta usmerjanje ravnanja in za učenje učencev sploh mnogo bolj učinkovito spodbujanje kot kaznovanje" (Strmčnik, 1978).

Dandanes je namreč že precej prodrlo spoznanje, da s poukom, ki je pozitivističen in grajen na dejstvih, zmanjšujemo interindividualne razlike med znanjem učencev v razredu. Korelacija med rezultati v testih sposobnosti in učnim uspehom je v takem primeru lahko celo negativna. Takšen pouk je slab in izenačuje učence, kar je napačna zahteva šole. Na to je opozoril Thorndike (1932) na podlagi eksperimentalnega dela, ki mu je sledil tudi Skinner (1957). Res pa je, da nista dala za omenjeno anomalijo ustreznega zdravlila. Zlasti Skinner je ponujal sredstva, s katerimi ni posebej aktiviral mišljenja učencev, ki zahteva miselne operacije, sklepanje in posploševanje, na podlagi dejstev, temveč je ponujal predvsem dejstva.

Do svojih teoretičnih izhodišč sta se v teoriji učenja Thorndike in Skinner dokopala pod vplivom Aristotelovih zakonov mišljenja (Trstenjak, 1976). Na podlagi tega sta poudarjala intenzivnost, svežino in pogostost ponavljanja učnega gradiva. "Pedagoško naravo" pa je svoji teoriji dal Thorndike z danes splošno znano zvezo S-R. Po tej tezi se

določeni dražljaj (S) družī z odgovorom (R), tako da vsaka ponovitev (S) vedno povzroči (R).

Zveze S-R so lahko: motorične, senzorične, pojmovne in emotivne. Učna aktivnost je potemtakem proces oblikovanja zgoraj opisanih zvez S-R. Prav iz teze o zvezah S-R je avtor izpeljal že omenjene tri zakone učenja in pa nekatera načela učenja, ki smo jih tudi že omenili.

Vsi vidiki ravnanja pri živem bitju so zajeti v formuli S-R. Po tej teoriji razumevanje skoraj ni potrebno. Po Thorndikovem zakonu učinka je Hull prišel do teorije podkrepitve. Avor naglašā primarno in sekundarno podkrepitev dražljaja obenem z vmesnimi procesi v organizmu, zato se ta teorija imenuje S-O-R teorija (Trstenjak, 1976). Zanj sta primarna in sekundarna podkrepitev poglavitni zahtevi. Pravi, da ljudje nenehno živijo v okoliščinah, ko morajo utrjevati zveze S-R in oblikovati nove. Prvo dosegajo s selektivnimi poskusi in napakami, drugo s pogojevanjem. Tu se je tesno približal refleksologiji sovjetskih psihologov Sečenova, Behtereva, Pavlova (Teplow, 1966), predvsem njihovi teoriji pogojevanja.

Vse doslej omenjene teoretične propozicije so vodile le v izpopolnjevanje učenčeve delovne tehnike (Skinner je to delo opravil do podrobnosti in dosledno) in s tem v izpolnjevanje učnih sredstev, zanemarjale pa so kognitivne procese učenca in s tem cilje, samobitnost in smotrnost vzgojno-izobraževalnega procesa. Velik korak naprej v sproščanju pojmovanj učnega procesa pomenijo najprej kognitivne teorije (Tolman) (Trstenjak, 1976), ki jih zanimajo tudi poti in smotrnost učnega procesa. Saj obravnavajo pomen in kognicijo učečega se organizma, ne le reakcije na različne dražljaje. Potem prispevek gestaltistične teorije (Wertheimer, Kaffka, Köhler) (Trstenjak, 1976), ki učenca nima za pasivno bitje in za sužnja potreb. Njegovo učenje je smotno, pri čemer je konstruktiven in kritičen. Predvsem pa je učenec zmožen reševati naloge z vpogledom, kar bi pomenilo nenadno spoznanje neke situacije. V tem prizadevanju se lahko otrok za nekaj časa od cilje oddalji, da bi ga pozneje dosegel z novimi sredstvi in na nov način.

Osnovni mehanizem za gestalt-psihologa je "vpogled" v situacijo. Gre za mentalni pojav *razumevanja*. Na osnovi perceptivnih zakonov selektivnega mišljenja (formiranje pojmov po bližini, podobnosti in idealni formi) učenec obvladuje problemsko situacijo, ki je del širše, večje in globlje celote. Tu je, za razliko od teorij podkrepitve, poudarjena vloga človekove zavesti, kar je za človekovo učenje značilno. Če bi poskušali iskati podobnost med teorijami podkrepitve in gestalt-teorijo učenja, bi se nemara odločili za tolmačenje, po katerem "vpogled" pomeni spoznanje, in šele to je za človeka prava podkrepitev.

Poznejša teoretična izhodišča individualizacije in programiranega pouka so postajala poleg psiholoških vidikov vse bolj zasičena tudi s segmenti drugih sorodnih ved, ki so se ukvarjale z učnim procesom, predvsem z matematiko, biologijo, kibernetiko, informacijskimi procesi in računalniškim programiranjem.

Med avtorje, ki so gradili svoje delo na kritičnih ocenah učenja in je le-to izviralo iz psihologije ravnanja, sodi npr. angleški strokovnjak Gordon Pask, ki je izvajal poskuse o stabilnosti razmerja med človekom in strojem iz kibernetičnega vidika (Pask, G., 1970; Pask, 1965). Nekoliko kasneje se je v ZDA, ko je behaviorizem dosegel poln zamah, uveljavila tudi kibernetična smer, ki jo je uspešno razvijal L. Stolurow (Stolurow, 1963).

Pask in Stolurow izhajata iz podobne predpostavke, da je adaptacija programa osnovna značilnost upravljanja v učenju. Njuno izhodiščno naziranje je podobno behaviorističnemu: *povratna zveza* je kanal pretoka informacije od upravljajočega sistema k sistemu, s katerim upravljamo (k učencu). Na tej stopnji se pomen izraza *povratna zveza* še ne razlikuje bistveno od behaviorističnega izraza "podkrepitev".

Šele obravnava povratne zveze, inspirirana z delom ameriškega matematika Norberta Wienerja (1952), je doprinesla k temu, da se je povratna informacija (feedback) začela pojmovati kot "pretok informacij od učenca k učitelju" (Knežević, 1973).

"Med osrednje pojme kibernetike spada pojem informacije," pravi Teplow (1966) in številni avtorji razvijejo ta pojem resnično do samostojne informacijske teorije.

Omenimo naj, da je ta teorija zanimiva predvsem zaradi poudarka na zmogljivosti izvorov, prenosnih poti in na sprejemanju znanja s strani vsakogar, ki sodeluje v procesu učenja. Glede na to, da so zmogljivosti izvorov in prenosnih poti praviloma večje od zmogljivosti udeleženca v učnem procesu, je potrebno do potankosti poznati učenca.

V zadnjem času gre razvoj na področju kibernetične smeri programiranega pouka in s tem tudi v informacijski teoriji vštric z vprašanjem: ali poenotiti sistem učenja z vnaprej določenim modelom osvajanja znanja, spretnosti in navad, ali upoštevati individualnost učenca s pripravo širokega spektra možnosti, kjer si bo lahko izbral najustreznejše poti. Postavlja se torej vprašanje individualiziranih modelov učenja.

Na te dileme poskušajo odgovoriti predstavniki algoritemske, heuristične in polheuristične smeri programiranega pouka. V enem izmed naslednjih poglavij se bomo podrobno seznanili z Landinim algoritemskim programiranjem (Landa, 1966).

S svojim delom so avtorji zgoraj omenjenih teorij dokazovali, da je mogoče različne učne programe uporabljati kot natančne in nedvoumne poti, ki vodijo učence do zanesljivih rešitev. Njihovi postopki so rodili veliko eksperimentalnih in teoretičnih študij, najpomembnejša vrednost pa je v tem, da so nekateri poznejši avtorji dobili z njihovimi prispevki nove teoretične teze, ki jih je bilo mogoče ovreči ali potrditi, v vsakem primeru pa so jim rabile za solidno podlago pri delu. Iz njihove polemike izhajajoči dokazi in nasprotni dokazi so bili živi in plodni.

SINTEZA ČLOVEKOVE NOTRANJE ZNAKOVNE STRUKTURE IN DVOVREDNOSTNE (BINARNE) LOGIČNE SHEME

Omenili smo že, da tvorijo jedro koncepta za uporabo računalnika v procesu pouka tri osnovne ideje. Prva izhaja iz tistih spoznanj, ki vodijo v človekovo notranjo znakovno strukturo, druga zadeva delovanje računalnika v njegovi notranji (intrinzični) odsliskavi po modelu dvo vrednostne logične sheme in zadnja se nanaša na razvijanje ustreznih tehnik. Ker smo o prvi ideji obširno spregovorili v prvem poglavju in imamo namen o tretji razpravljati v enem izmed naslednjih, se bomo tokrat pomudili pri drugi.

Strokovnjaki so odkrili pozitivne korelacije med sposobnostmi učencev za reševanje logičnih problemov in njihovimi dosežki v stroki in kasneje v znanosti, če so se ji kasneje posvetili. Gre za to, da je formalna logika ustrezno področje, s katerim lahko modeliramo naravni proces človekovega mišljenja, seveda če tega spoznanja ne precenjujemo (Braine, 1978). Logika s spoznavno teorijo je bila večkrat v središču zanimanja posameznih avtorjev (Kuhn, 1977, Lawson 1984). Najpogostejša opredelitev

"logike" je vezana na epistemološki diskurz, ki jo označuje kot "umetnost in veščino pravilnega sklepanja". Logične izpeljave so tako neobhodne pri razvijanju znanstvenih konceptov.

Neposredni predmet logike je mišljenje, vendar ne kot realna psihična funkcija (kar je predmet psihologije), temveč mišljenje v svoji logični strukturiranosti in funkcionalnosti. Predmet logike so tako oblike, procesi, zakoni in metode predmetno-vsebinske, logične zasnovanosti. Logiko v bistvu ne zanimajo gola dejstva, temveč teoretična zasnovanost mišljenja in v zvezi s tem njegova logična vrednost.

V spektru različnih znanstvenih disciplin se je sčasoma razvila samostojna disciplina semantika, katere glavni predmet je preučevanje pomena jezika in jezikovnih izrazov. Po mnenju Morisa je semantika tista veja semiotike kot splošne znanosti o znakih (simbolih), ki se ukvarja z odnosom med samimi znaki in njihovimi predmeti. Predstavniki pravkar omenjene discipline se v osnovi sprašujejo: Kaj so znaki, simboli, besede? To pa so obenem vprašanja, neobhodna za obvladovanje znanstvenih osnov računalniškega programiranja.

Spomniti velja, da ima logika seveda dolgo zgodovino in še daljšo preteklost. Njen tvorec, Aristoteles, jo predstavlja v svojih logičnih spisih v "Organonu", v delu, ki je nastalo v IV. stoletju pr.n.š. Sicer velja za tvorca matematične logike veliki nemški filozof iz XVII. stoletja G.W. Leibnitz, vendar se je pričel neprekinjen razvoj matematične logike šele v sredini XIX. stoletja - v času, ko je bil objavljen logični sistem angleškega matematika G. Boolea, ki je podan v njegovem delu z naslovom *An Investigation of the Laws of Thought* (London, 1854). Kasneje je nova logika našla svoj najpopolnejši izraz v delu angleških mislecev A.N. Whiteheada in B. Russella: *Principia Mathematica* (prva izdaja Cambridge, 1910-1913).

Izvirna oblika Booleove algebre je algebra razredov. Osnovna izraza algebre razredov sta "*objekt*" in "*razred*". Razred si predstavljamo kot opredeljeno skupino objektov, ki nastopa kot zaključena celota. Objekte, ki zbrani sestavljajo razred, imenujemo "*elemente*" razreda. Da je objekt x element razreda a , zabeležimo " $x \in a$ ". Razreda a in b imenujemo enaka in zapišemo " $a = b$ ", če imata natanko iste elemente. Pravimo, da je razred a vsebovan v razredu b in pišemo " $a \subset b$ ", če so vsi elementi razreda a tudi elementi razreda b . Dva razreda zaslužita posebno oznako: *prazni razred* 0 , ki nima nobenega elementa, in razred vseh objektov, *univerzalni razred* 1 . Algebra razredov pozna naslednje operacije nad razredi:

Razred vseh objektov, ki so elementi tako razreda a kot razreda b , imenujemo "*preseka* razredov a in b " in označimo " $a \cap b$ "; razred vseh objektov, ki so elementi vsaj enega od razredov a , b , imenujemo "*unija* razredov a in b " in zapišemo " $a \cup b$ "; razredu vseh objektov, ki so elementi razreda a , niso pa elementi razreda b , pravimo "*razlika* razredov a in b " in ga zapišemo " $a - b$ "; razred vseh objektov, ki niso elementi razreda a , imenujemo "*komplement* razreda a ", pišemo pa ga " \bar{a} ".

V Booleovi algebri predpostavljamo razred objektov B , v razredu B pa izbrana objekta 0 in 1 , dvomestni operaciji \wedge in \vee ter enomestno operacijo \neg . Operacije \wedge , \vee , \neg bomo po vrsti imenovali "*konjunkcija*", "*disjunkcija*", "*negacija*"; pravijo jim tudi "logično množenje", "logično seštevanje", "logična nasprotna vrednost", ali pa "preseka", "unija", "komplement". Ta poimenovanje osnovnih Booleovih operacij kot tudi njih označevanje nista povsem enotni, vsako področje, ki uporablja Booleovo algebro, jih imenuje iz označuje po svoje. Celo mi ne bomo od začetka do konca vztrajali pri istih

oznakah. Začeli smo z bolj "logističnim" sistemom oznak, kasneje pa se bomo oprijeli bolj "didaktičnega", "psihološkega" in "tehniškega" označevanja. Pravzaprav je današnja komunikativnost v moči simboličnosti in njene algoritmične logike razvila navadno poštevanke preko Boolejeve algebre v sodobnih računalnikih v "mišljenje", ki je značilno za vse človekove dejavnosti. Informacijska teorija, ki je prepoznavna preko Boolejevih "bitov", vključuje vse diskurzivne pojme, kakor jih izražamo v artikulirani govorici, kolikor se nanašajo na gole spoznavne podatke vsakršnega izvora in vsebine. Ti simboli zadobivajo algoritmične lastnosti in z njimi avtonomno logiko, ki daleč presega logične zmožnosti posameznika. Tako je vsaka razlaga v jedru bolj ali manj posrečena ponazoritev procesov, katerih notranje zakonitosti ne moremo nikoli do konca razumeti. Vedno si poskušamo za boljše razumevanje zunanjih (mehaničnih) procesov izdelati nekakšno "vzporednico", oziroma *model*. Za področje, o katerem teče beseda, uporabljamo tako binarno logično shemo. V svojem bistvu bo to algoritem, s katerim prav zares več povemo, kot smo mogli do sedaj s katerimkoli starim izrazom; gre za dejavnost, ki ni goli odgovor na dražljaj, marveč nam odkrije nekaj novega, kar ni bilo dano z dražljajem samim. To je proces, "ki je izraz preprostih zakonitosti, ki pa vodijo do zelo kompleksnih operacij... Že Boole je ugotovil, da bi se moglo z mislimi podobno operirati kakor operiramo v matematiki z algebrskimi simboli... Kljub globokim razlikam med različnimi vrstami ustvarjalnosti sta si vendarle jezikovna in matematična simbolika zelo blizu" (Trstenjak, 1976).

Za izdelavo binarne logične sheme navadno uporabimo aksiome Booleove algebre, kjer so identično izpolnjene naslednje enakosti:

1. $a \wedge b = b \wedge a$, $a \vee b = b \vee a$
2. $(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c)$, $(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c)$
3. $a \wedge (a \vee b) = a$, $a \vee (a \wedge b) = a$
4. $a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$, $a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$
5. $a \wedge \neg a = 0$, $a \vee \neg a = 1$

Aksiomi 1. in 2. pomenijo menjalnost in *asociativnost* konjunkcije in disjunkcije. Aksioma 3. povesta, da sta konjunkcija in disjunkcija vzajemni, aksioma 4. pa, da sta druga na drugo distributivni, 5. sta aksioma *antipodnosti*. Prve posledice aksiomov so:

6. $a \wedge a = a$, $a \vee a = a$
7. $a \wedge 0 = 0$, $a \vee 1 = 1$
8. $a \wedge 1 = a$, $a \vee 0 = a$
9. če je $a \wedge b = 0$ in $a \vee b = 1$, potem je $b = \neg a$
10. $\neg \neg a = a$
11. $\neg (a \wedge b) = \neg a \vee \neg b$, $\neg (a \vee b) = \neg a \wedge \neg b$

Posledici 6. pomenita razlago pojmov konjunkcije in disjunkcije z njima samima. Iz posledic 7. se vidi, da sta 0 in 1 ničelna elementa, 0 za \wedge , 1 za \vee posledici 8. pa kažeta, da sta obenem nevtralna elementa, 1 za \wedge , 0 za \vee . Posledica 9. pomeni, da sta enakosti 5. značilni za negacijo, pravijo "negacija je enolično določena". Posledica 10. je involutivnost negacije. Posledici 11. sta "De Morganova zakona". Lastnosti Booleovih operacij od 1 do 11 poznamo že iz algebre razredov. V algebri razredov smo navedli vse rezultate operacij nad posebnima razredoma 0 in 1; sedaj jih izpeljemo, če najprej postavimo v posledici 7. in 8. konstanti 0 in 1 namesto a, nato pa uporabimo še posledico 9.:

a	b	$a \wedge b$	$a \vee b$
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

a	$\neg a$
0	1
1	0

Aksiomi Booleove algebre nastopajo v parihi: aksioma 1. sta par, aksioma 2. tudi, in tako naprej. Iz enega aksioma v paru dobimo drugega, če povsod zamenjamo " \wedge " z " \vee ", " \vee " z " \wedge ", "0" z "1" in "1" z "0". To lastnost sistema aksiomov lahko podaljšamo na vse posledice. To je pravzaprav princip *dualnosti*, ki je pri določanju binarne logične sheme nepogrešljiv.

REFERENCE

1. Anderson, J.R., (1982). Acquisition of cognitive skill, *Psychological Review*, št. 89, 1982, str. 369-406.
2. Anderson, J.R., Acquisition of proof skills in geometry, *Machine learning, An artificial intelligence approach*, 1983, str. 56-88.
3. Ashcraft, M.H., *Simulating network retrieval of arithmetic fact*, (Tech.Rep.No.10). Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1983.
4. Baylor, G.W., & Gascone, J., An information processing theory of aspects of the development of weight seriation in children, *Cognitive Psychology*, št. 6, 1974, str. 1-40.
5. Baylor, G.W., Gascone, J., Lemogne, G., & Pothier, N., An information processing model of some seriation tasks, *Canadian Psychologie*, št. 11, 1973, str. 167-196.
6. Bhaskar, R., Simon, H.A., Problem solving in semantically rich domains: An example from engineering thermodynamics, *Cognitive Sciences*, št. 1, 1977, str. 93-215.
7. Boole, G., *An Investigation of the Laws of Thought*, London, 1854.
8. Braine, M.D.S., On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic, *Psychological Review*, zv.85, št.1, 1978, str.1-21.
9. Briars, D.J., & Larkin, J.H., An integrated model of skill in solving elementary word problems, *Cognition and instruction*, št. 1, 1984, str. 246-296.
10. Brown, A.L. & Clement, E.L., Reciprocal teaching of comprehension strategies, *Comparative studies of giftedness, mental retardation and learning disabilities*, 1987, str. 274-326.
11. Bratko, I., Rajkovič, V., *Računalništvo s programskim jezikom PASCAL*, Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1989, str. 119-121.
12. Denson, S.M., Assessing children's LOGO debugging skills with a formal model, *Journal of Educational Computing Research*, 1987.
13. Fletcher, C.F., Understanding and solving arithmetic word problems: A computer simulation, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, št. 175, 1985, str. 565-571.
14. Fuchs, W.R., *Knaurs Buch vom neuen Lernen*, Drocemische Verlagsanstalt Th.Knaur Nachf. München/Zürich 1969, str. 48-72.
15. Fuchs, W.R., prav tam, str. 28-40.
16. Fuchs, W.R., prav tam, str. 27-54.
17. Good, R., Scientific problem solving by expert systems, *Journal of Research in Science Teaching*, zv. 21, št. 3, 1987, str. 331-340.
18. Greeno, J.G., Magone, M.E. Rabinowitz, M., Ranney, M., Strauch, C., Vitolo, T.M., *Investigations of a cognitive skill*, (Tech.Rep.o.27), Pittsburgh: University of Pittsburgh, Learning Research and Development Center, 1985.
19. Greeno, J.G., Indefinite goals in well-structured problems, *Psychological Review*, št. 83, 1976, str. 479-491.

20. Greeno, J.G., Riley, M.S., & Gelman, R., Conceptual competence and children's counting, *Cognitive Psychology*, št. 16, 1984, str. 94-143.
21. Hiebert, J., & Wearne, D., A model of students' decimal computations procedures, *Cognition and Instruction*, v tisku.
22. Klahr, D., & Wallace, J.G., An information processing analysis of some Piagetian experimental tasks, *Cognitive Psychology*, št. 1, 1970, str. 350-387.
23. Klahr, D., & Wallace, J.G., Class inclusion processes, in S. Farnham-Diggory (Ed.), *Information processing in children*, New York: Academic Press, 1972.
24. Klahr, D., & Wallace, J.G., The role of quantification operators in the development of conservation of quantity, *Cognitive Psychology*, št. 4, 1973, str. 301-327.
25. Klahr, D., & Wallace, J.G., *Cognitive development, An information processing view*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1976.
26. Klahr, D., A production system for counting, subtracting and adding, in W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing*, (str. 527-546), New York: Academic Press, 1973.
27. Knežević, V., *Kiberetičke osnove strukture in funkcije povratne informacije u nastavi*, Naučna knjiga, Beograd, 1973, str. 13.
28. Kuhn, D., Development of the isolation of variable scheme in experimental and "natural experiment" context, *Developmental Psychology*, 13 (1), 1977, str. 9-14.
29. Larkin, J.H., Cognition of learning physics, *American Journal of Physics*, 49 (6), 1981, str. 534-541.
30. Larkin, J.H., McDermott, J., Simon, D.P., & Simon, H.A., Expert and novice performances in solving physics problems, *Science*, št. 208, 1980, str. 1335-1342.
31. Larkin, J.H., Reif, F., Carbonell, J., & Gugliotta, A., A flexible expert reasoner with multidomain inferencing, *Cognitive Science*, 1989.
32. Landa, L.N., *Algoritmizacija v obučeno, Prosvetljenje*, Moskva, 1966.
33. Linn, M.C., Establishing a research base for science education: Challenges, trends and recommendations, *Journal of Research in Science Teaching*, št. 24 (5), 1987, str. 191-216.
34. Linn, M.C., prav tam.
35. Neches, R.T., A computational formalism for heuristic procedure modification, *Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1981.
36. Neves, D.M., A computer program that learns algebraic procedures by examining examples and working problems in a textbook, *Proceedings of the Second National Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence*, 1987.
37. Nestle, W., *Platon Hauptwerke*, Alfred Kröner Verlag, Leipzig, 1934, str. 19-54, 201-204, 57-66.
38. Lawson, A.E., Lawson, D.I. and Lawson, C.A., Proportional reasoning and the linguistic abilities required for hypothetico-deductive reasoning, *Journal of Research in Science Teaching*, zv. 21, št. 2, 1984, str. 119-131.
39. Ost, R., *Children's ideas in science*, Philadelphia: Open University Press, 1987.
40. Ohlsson, S., & A. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring*, New York: Springer Verlag, (1988), str. 134-165.
41. Paige, J.M., & Simon, H.A., Cognitive processes in solving algebra word problems, in B. Kleinmuntz (Ed.), *Problem solving: Research, Method, and Theory*, New York: Wiley, 1965.
42. Prazdny, S., A computational study of a period of infant object-concept development, *Perception*, št. 9, (2), 1980, str. 125-150.
43. Pask, G., *Fundamental Aspects of Educational Technology; illustrated by the principles of Conversational Systems*, Sheepmaker, R. (red.), *Proceeding IFIP World Conference on Computer Educational*, IFIP, Amsterdam, 1970, str. 1-29, 1-52.
44. Pask, G., Teaching as a control-engineering process, "Control", št. 1, 2, 3, 4, 1966.
45. Resnick, L.B., & Neches, R., Details of programming a model of children's counting in ACTP. (Tech.Rep.št.6), 1984.
46. Riley, M.S., & Greeno, J.G., Factors affecting individual differences in learning ability, *Advances in the psychology of human intelligence*, zv. 2, 1980, str. 275-323).
47. Riley, M.S., & Greeno, & Heller, J.L., Development of children's problem-solving ability in arithmetic, in H.P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking*, New York: Academic Press, 1983.
48. Sleeman, D., An attempt to understand student's understanding of basic algebra. *Cognitive Science*, št. 8 (4), 1984, str. 387-412.
49. Siegler, R.S., & Shrager, J., Strategy choices in addition and subtraction: How do Children know what to do? In C.Sophion (Ed.), *Origins of cognitive skills*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1984.

50. Skinner, B.F., The science of learning and the art of teaching, Harvard Educational Review, št. 24, 1954, str. 86-97.
51. Siegler, R.S., Unites across domains in children's strategy choices, In M.Perimutter (Ed.), Minnesota Symposium of Child Psychology, (zv. 19), Hillsdale, 1986.
52. Skinner, B.F., The science of learning and the art of teaching, prav tam, 1954.
53. Skinner, B.F., Beyond Freedom and Dignity, New York: Konph. 1970.
54. Skinner, B.F., The Experimental Analysis of Behavior, American Scientist 45, 1957, str. 343-371.
55. Stolorow, L.M., A model and Cybernetic System for Research of the Teaching-Learning Process. Programmed Learning, Yorkshire, 1963, October, str. 138-157.
56. Strmčnik, F., Sodobna šola v luči programiranega pouka, DDU Univerzum, Ljubljana, 1978, str. 20.
57. Teplow, L., Grundriz der Kybemetik, Volkseigener Verlag, Berlin, 1966, str. 16.
58. Trstenjak, A., Problemi psihologije, Slovenska matica, Ljubljana, 1976, str. 66.
59. Trstenjak, A., Problemi psihologije, Slovenska matica, Ljubljana, 1976, str. 64.
60. Trstenjak, A., Problemi psihologije, prav tam, 1976.
61. Teplow, L., Grundriz der Kybemetik, Volkseigener Verlag, Berlin, 1966.
62. Trstenjak, A., Problemi psihologije, Slovenska matica, Ljubljana, 1976.
63. Thorndike, E.L., Fundamentals of Learning, New York: Bureau of Publications, Teachers College, Columbia University, 1932, str. 82-112.
64. Thorndike, E.L., prav tam.
65. Thorndike, E.L., prav tam.
66. Trstenjak, A., Problemi psihologije, Slovenska matica, Ljubljana, 1976.
67. Van Lehn, K., Felicity conditions for human skill acquisition: Validating an AI-based theory, Xerox PARC, 1983.
68. Wiener, N., Mensch und Mennschmaschine, Metzner-Verlag, Frankfurt A.M./Berlin, 1952.
69. Wirt, J.A., Chemistry (Longman, Harlow, Essex), 1987.
70. Woodward, W.E., The Discovery of Social Behaviorism and Social Learning, American Psychologist 37, 1982, str. 398-399.
71. Young, R.M., Seriation in children. An analysis. Basel, West Germany; Birkhauser Verlag, 1987.
- Young, R.M., prav tam.