

Može li neuspjeh biti produktivan?

Ljerka Jukić Matić, Osijek

Uspjeh je loš učitelj. Pametne ljude dovodi u zabludu da ne mogu izgubiti. Čovjek se može zaustaviti kad se penje, ali ne i kad pada.

Napoleon



Zamislite sljedeću situaciju: učitelj je osmislio istraživački problem. No, njegovi učenici nisu uspjeli riješiti problem koji im je zadao. Kako biste to komentirali? Je li problem bio dobro osmišljen? Je li učitelj zakazao u potpori svojim učenicima tijekom rješavanja problema? Jesu li učenici bili uopće dovoljno angažirani tijekom rješavanja danog problema? Možda problem nije bio jasno formuliran?

Danas često ističemo istraživački usmjerenu nastavu matematike i rješavanje problema kao izvrsne nastavne strategije za poučavanje učenika. Ovdje učenici koriste prethodno stečeno znanje, intuicije, i pretpostavke kako bi istražili i razumjeli problem. Novo stečeno znanje nadograđuje se na prethodno znanje, a s obzirom na to da su učenici sami došli do novih spoznaja, takvo je znanje trajnije.

No, vratimo se na gornji primjer. Možemo li iskoristiti onu situaciju i preokrenuti je u korist učenika? Kada je u pitanju neki novi matematički koncept, tradicionalno učenici najprije uče o novom koncep-

tu i različitim postupcima, zatim rješavaju zadatke koji zahtijevaju taj koncept i postupke. Ovaj redosljed podučavanja praćen rješavanjem problema uobičajeno je poznat kao **direktno poučavanje**. Suprotna je metoda ona koja obrne redosljed, odnosno prvo uključi učenike u rješavanje problema, a zatim ih podučava konceptu i postupcima. Učenici mogu očekivano doživjeti neuspjeh kada rješavaju problem za koji nemaju dovoljno znanja stoga ovu metodu nazivamo **produktivni neuspjeh**.

Zašto produktivni neuspjeh?

Možemo se zapitati koliko je uopće koristan produktivni neuspjeh i ima li uopće smisla rabiti ovu strategiju u nastavi ako će učenici doživjeti neuspjeh i neće riješiti dani problem. No, istraživanja pokazuju da je produktivni neuspjeh izrazito korisna strategija u nastavi matematike (npr. Kapur,

2010.; Kapur 2011.; Loibl i Lauders, 2019.). Iako je neuspjeh ključni činitelj ove strategije, on nije presudan, tj. ne znači da će učenici bolje naučiti nove koncepte i postupke samo ako su doživjeli neuspjeh tijekom rješavanja problema. Ono što je važno jest mjera u kojoj učenici mogu upotrijebiti svoje ranije stečeno znanje za stvaranje podrješenja ili čak netočnih rješenja. I upravo taj dio čini proces učenja novog koncepta produktivnim.

Pogledajmo nekoliko razloga koji idu u prilog direktnom poučavanju. Pod direktno poučavanje ovdje ne mislimo samo na tradicionalnu predavačku nastavu u kojoj nastavnik priča, a učenici pasivno slušaju, nego oblik nastave koji je u potpunosti strukturiran. Primjerice, nastavnik heurističkim razgovorom uvodi novi koncept ili postupak, i on je taj koji usmjerava diskusiju, bira primjere, a zatim daje zadatke čiji je cilj provježbati naučeno. Jedan od razloga koji podupiru direktno poučavanje povezan je s činjenicom da učenici uče ispravne postupke i stječu jasna znanja, istodobno smanjujući vjerojatnost pogrešaka i zabluda. Također, kada učenici nemaju znanje za rješenje problema, često pretražuju svoje postojeće znanje (problemski prostor) u potrazi za rješenjem i aktiviraju kognitivne procese koji od njih traže veliki kognitivni angažman, poput metode pokušaja i pogrešaka. Takvi procesi opterećuju ograničenu sposobnost radne memorije. Ako je radna memorija uglavnom zaposlena takvim pretraživanjem problemskog prostora, ona je manje dostupna za učenje novih koncepata i postupaka. Pokazujući učeniku točno što treba učiniti i kako to učiniti, direktno poučavanje smanjuje opterećenje kognitivnih resursa i na taj način olakšava razvoj ispravnog znanja i postupaka o određenom konceptu. Najzad, direktno poučavanje može umanjiti frustracije koje učenik doživljava prilikom rješavanja problema.

Postoje dva glavna problema s direktnim poučavanjem. Učenici često ne mogu razlikovati koja su prethodna znanja potrebna za novi koncept da bi mogli razumjeti prednosti prikaza nekog koncepta na točno određeni način. Kada su koncepti, njihovi prikazi i postupci prezentirani na dobro strukturiran način, učenici često ne razumiju zašto su ti koncepti, prikazi i postupci sastavljeni na način

na koji jesu. Zato neki istraživači predlažu odgodu strukturiranog poučavanja radi veće učinkovitosti samog učenja (DeCaro i Rittle-Johnson, 2012.; Kapur, 2011.). Učenici bi trebali stvoriti vlastita poimanja, prikaze i razumijevanja, iako takvo znanje možda nije u početku ispravno. Štoviše, različite studije naglašavaju da su poteškoće tijekom učenja izrazito potrebne. One pokazuju učenicima da je u redu griješiti i da se na vlastitim pogreškama treba učiti.

Pogledajmo sad prednosti produktivnog neuspjeha. Kada započnemo učenje novog koncepta rješavanjem problema, to doprinosi boljem aktiviranju i razlikovanju relevantnih prethodnih znanja. Iako stvaranje, tj. generiranje rješenja povećava kognitivno opterećenje i teško je početnicima, takve poteškoće zapravo pripremaju učenike da bolje uče iz uputa koje slijede nakon početnog rješavanja problema, a koje će dobiti od nastavnika. Iako ne nalaze način da riješe problem, daljnjim nastojanjima da nađu neko rješenje učenici razvijaju ustrajnost. Zatim, generiranje rješenja prije poučavanja može pomoći učenicima da uoče nedosljednosti i shvate granice svog prethodnog znanja. Aktiviranje prethodnog znanja i razlikovanje važnih dijelova znanja od manje važnih pomaže učenicima uočiti ključne značajke novog koncepta.

Dakle, možemo zaključiti da produktivni neuspjeh kombinira prednosti istraživačkog rješavanja problema i direktnog poučavanja te na taj način ublažava mogućnost da učenici ne uspiju otkriti ispravne koncepte i postupke.

Kako osmisliti nastavu temeljenu na produktivnom neuspjehu?

S obzirom na gornja dva problema vezana za direktno poučavanje, poučavanje putem produktivnog neuspjeha treba biti osmišljeno tako da obuhvaća četiri osnovna međusobno ovisna mehanizma:

- (a) aktiviranje i razlikovanje prethodnog znanja u odnosu na ciljane koncepte
- (b) usmjeravanje pažnje na kritična konceptualna obilježja ciljanih koncepata
- (c) objašnjenje i razradu gornjih značajki
- (d) organizaciju i sastavljanje kritičnih značajki u ciljane koncepte.

M. Kapur (2011.) je proveo nekoliko kvazieksperimentalnih studija i nekoliko strogo kontroliranih eksperimentalnih studija u kojima je utvrdio i potvrdio efikasnost produktivnog neuspjeha. Neke studije provedene su u Singapuru, državi koja je snažno orijentirana na uspjeh u matematici i testiranju matematičkog znanja standardiziranim testovima. Svojim rezultatima uspio je uvjeriti Ministarstvo obrazovanja u Singapuru da se statistika u školama poučava upravo na ovaj način. U njegovim istraživanjima sudjelovali su učenici viših razreda osnovne škole i prvih razreda srednje škole. No, to ne znači da je ova metoda ograničena samo na tu skupinu učenika.

Pogledajmo kako je proveden jedan od eksperimenata. On nam opisuje kako se može organizirati nastava temeljena na produktivnom neuspjehu. U eksperimentalnoj skupini, učenici su prvo iskusili fazu rješavanja problema, a zatim fazu poučavanja. U kontrolnoj skupini, učenici su iskusili direktno poučavanje, nakon čega je slijedila faza rješavanja problema. Isti je učitelj podučavao obje skupine. Vrijeme provedeno na problemu, broj riješenih zadataka i materijali za svaku od faza bili su identični u oba uvjeta. Ni učitelj ni učenici nisu upoznati s eksperimentalnim hipotezama koje se testiraju.

U fazi rješavanja problema od učenika se tražilo da generiraju što više rješenja danog problema. Problem je bio vezan uz standardnu devijaciju s kojom se učenici još nisu susreli. Učenici su radili individualno, bez ikakve pomoći, kao što je slučaj u ispitnom okruženju. Dobili su prazne listove A4 papira i od njih se tražilo da jasno numeriraju i razgraniče svoja rješenja. Budući da su se učenici mogli osloniti samo na svoje prethodno znanje za stvaranje rješenja, broj rješenja koje je učenik generirao uzimao se kao mjera njegove prethodne aktivacije i diferencijacije znanja.

U fazi poučavanja učenici su sjedili u učionici, a njihov učitelj poučavao je koncept standardne devijacije (SD) i pripadne postupke. Nastava je bila organizirana oko četiri problema koji su uključivali: primjere kojima se uvodi novi koncept, prikaz odgovarajućih postupaka, zatim učeničko vježbanje i povratnu informaciju. U ovoj fazi učitelj je usmjerio pozornost na kritične značajke SD-a te istaknuo uobičajene pogreške i zablude. Rješenja učenika iz četvrtog problema uzeti su kao pokazatelj njihovog učenja postupka izračunavanja i konceptualnog razumijevanja SD-a.

Što su pokazali rezultati ovog eksperimenta? Obje strategije, i direktno poučavanje i produktivni neuspjeh, dovele su do visoke razine proceduralnog znanja. Međutim, učenici koji su se bavili rješavanjem problema prije poučavanja koncepta standardne devijacije pokazali su značajno veće konceptualno znanje i sposobnost transfera znanja na nove probleme. Iste rezultate pokazali su i drugi eksperimenti koji su provedeni na problemima iz sasvim drugih matematičkih domena (DeCarro i Rittle-Johnson, 2012.; Loibl i Lauders, 2019.). Također, rezultati studija pokazali su i da se produktivni neuspjeh može organizirati u suradničkom obliku, a ne samo u individualnom (Kapur, 2010.).

Kako kreirati problem za produktivni neuspjeh?

Problemi koji su korisni za produktivni neuspjeh najčešće su namjerno loše strukturirani, imaju više rješenja ili im nedostaju neke ključne informacije. Pogledajmo neke smjernice kako napraviti problem/zadatak koji će odvesti do produktivnog neuspjeha (Kapur i Bielaczyc, 2012.):

- 1) Pitanja moraju biti dovoljno izazovna da uključe učenike, ali ne toliko zahtjevna da frustriraju učenike i da zbog toga učenici odustanu.
- 2) Moraju imati više rješenja ili načina rješavanja tako da učenici generiraju mnoštvo ideja. To

ne može biti zatvoren zadatak sa samo jednim putem pronalaska točnog odgovora.

- 3) Zadatak mora aktivirati prethodno znanje, a ne samo formalno učenje iz prethodne lekcije. Mora dopuštati različite vrste prikaza (algebarski, grafički, metodu pokušaja i pogrešaka...).
- 4) Iako bi zadatak trebao aktivirati znanje, trebao bi biti osmišljen tako da znanje koje učenici posjeduju nije dovoljno za njegovo rješavanje. Trebali bi naići na prepreku koju ne mogu zaobići.
- 5) Pomaže ako je taj zadatak "afektivan crtež" jer je povezan s nečim što učenike zanima ili se tiče nečega s čime se poistovjećuju.

Značajna komponenta produktivnog neuspjeha jest omogućiti učenicima da obrazlože svoja rješenja, tj. načine rješavanja. Tijekom direktnog poučavanja (konsolidacije znanja), učenicima treba dati priliku da usporede prednosti, nedostatke i ograničenja loših rješenja ili podrješenja koja su generirali.

Pogledajmo jedan takav problem, tj. zadatak koji se može dati učenicima prije nego što uče uspoređivati razlomke (Loibl i Lauders, 2019.).

Dvije ekipe sudjeluju u natjecanju u kojem svaki igrač treba zabiti gol. Svaki igrač ima samo jedan pokušaj. Semafor pokazuje sljedeće rezultate:

	GOLOVI
Sanjina ekipa (5 djevojčica)	
Karlova ekipa (10 dječaka)	

Usporedi obje ekipe. Tko je pobjednik, djevojčice ili dječaci? Nacrtaj sliku (grafički prikaz) kojom ćeš potkrijepiti svoju odluku. Za označavanje upotrijebi razlomke.

Uputa: Slika prikazuje semafor s postignutim rezultatima. Semafor prikazuje rezultat za svaku ekipu, a svaki pravokutnik prikazuje jedan gol.

Produktivni uspjeh, produktivni neuspjeh, neproduktivni uspjeh i neproduktivni neuspjeh

Kada proučavamo nastavne strategije, metode ili oblike nastave, najčešće nas zanima što doprinosi učinkovitoj izvedbi učenika neposredno nakon učenja, ali i što osigurava trajnost znanja koje usvoje.

Kada neki oblik nastave ili strategija ostvaruje veliku učinkovitost učenika neposredno nakon učenja i pridonosi trajnosti znanja, tada taj učinak nastave možemo promatrati kao produktivni uspjeh. Produktivni uspjeh tako uključuje problemsku nastavu i (vođenu) istraživačku nastavu u kojima nastavnik u početku pruža potporu učenicima, a kad učenici postanu stručni u tom procesu, postupno je ukida. S druge strane, učenici u produktivnom neuspjehu uključeni su u rješavanje problema koji zahtijeva koncepte koje oni tek moraju naučiti. Stoga, možemo reći da kratkoročno, nakon bavljenja problemom, učenici ne pokazuju učinkovitu izvedbu, no dugoročno ostvaruju trajno znanje.

Metode poučavanja koje se u velikoj mjeri oslanjaju na vježbanje ili pamćenje omogućuju učenicima da pokažu visoku izvedbu u rutinskim zadacima ili primjeni algoritama bez razumijevanja onoga što oni čine. Njihov učinak možemo promatrati kao neproduktivni uspjeh. U neproduktivni neuspjeh možemo svrstati nastavu koja se temelji na čistom otkrivanju ili istraživanju bez ikakve potpore učitelja jer učitelj nema nikakvih saznanja jesu li učenici otkrili prave koncepte, a sami učenici nisu sigurni valja li to što su otkrili (Kapur, 2016.).

Iako produktivni neuspjeh i produktivni uspjeh mogu dovesti do kvalitetnih ishoda učenja, nije jasno je li jedan bolji od drugog. Odgovor na to pitanje nije jednostavan. Ne postoje strogo kontrolirane eksperimentalne studije, no jedna Kapurova (2011.) kvaziekperimentalna studija može dati djelomičan odgovor. Kapur nije koristio slučajni

odabir učenika da bi imao strogo kontrolirani eksperiment, nego je iskoristio postojeća tri paralelna razredna odjeljenja kojima je predavao isti učitelj matematike. U studiji je sudjelovalo ukupno 109 učenika. Jedna je skupina sudjelovala u produktivnom neuspjehu, druga u direktnom poučavanju, a treća u vođenoj istraživačkoj nastavi, tj. rješavanju problema. Učenici koji su bili uključeni u produktivni neuspjeh, nisu dobili nikakav oblik vodstva ili podrške tijekom rješavanja problema, dok su učenici u vođenoj istraživačkoj nastavi dobivali kognitivnu podršku i vođenje tijekom cijelog tog procesa. Smjernice su obično bile u obliku pojašnjenja čime je učitelj usmjeravao pozornost na važne značajke ili parametre danog problema, kratka pitanja koja su pokretala učeničku aktivnost te nagovještaje produktivnog rješenja. Nalazi istraživanja pokazuju da su dane smjernice učenicima omogućile uspješno rješavanje danog problema, dok niti jedan učenik iz produktivnog neuspjeha nije uspio doći do rješenja. Na sljedećem testu kojim se testiralo matematičko znanje učenika iz sva tri uvjeta, učenici iz uvjeta produktivnog neuspjeha nadmašili su one iz direktnog poučavanja i vođenog istraživanja u proceduralnom znanju, konceptualnom razumijevanju i transferu znanja na nove probleme.

Produktivni neuspjeh može ohrabriti učitelje u provođenju istraživačke nastave jer pokazuje i da neuspjeh učenika u rješavanju danog problema zapravo možemo pretvoriti u uspjeh – trajno znanje.

LITERATURA

- 1/ M. DeCaro & B. Rittle-Johnson (2012.): Exploring mathematics problems prepares children to learn from instruction. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113, 552–568.
- 2/ M. Kapur (2010.): Productive failure in mathematical problem solving. *Instructional Science*, 38(6), 523–550.
- 3/ M. Kapur (2011.): A further study of productive failure in mathematical problem solving: unpacking the design components. *Instructional Science*, 39(4), 561–579.
- 4/ M. Kapur (2014.): Productive failure in learning math. *Cognitive Science*, 38(5), 1008–1022.
- 5/ M. Kapur (2016.): Examining productive failure, productive success, unproductive failure, and unproductive success in learning. *Educational Psychologist*, 51(2), 289–299.
- 6/ M. Kapur & K. Bielaczyc (2012.): Designing for productive failure. *Journal of the Learning Sciences*, 21(1), 45–83.
- 7/ K. Loibl & T. Lauders (2019.): How to make failure productive: Fostering learning from errors through elaboration prompts. *Learning and Instruction*, 62, 1–10.

