

IZ NASTAVNE PRAKSE

Istraživanje i vrednovanje učinkovitosti e-učenja na primjeru linearnoga programiranja

LJILJANA MILETIĆ¹

Ključne riječi: *linearno programiranje, simpleks metoda, metoda unutarnjih točaka, Loomen Moodle – sustav za upravljanje tečajevima, Geogebra – program dinamičke geometrije, akcijsko istraživanje, kritičko prijateljstvo na daljinu.*

Sažetak

U ovom radu istražena je i vrednovana učinkovitost e-učenja na primjeru linearnog programiranja. Cilj je istražiti pomaže li korištenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija (ICT) u poboljšavanju razumijevanja i učenja. Početna je hipoteza da primjena ICT i e-učenje dovode do boljih rezultata.

U prvoj fazi istraživanja kreiran je modul lekcija iz linearnoga programiranja (LP) korištenjem Loomen Moodlea i ostalih interaktivnih programskih alata kao što je Geogebra. Osim simpleks metode, modul također sadrži poglavlje o metodi unutarnjih točaka (IPM).

U drugoj fazi istraživanja provedena je studija o učinkovitosti e-učenja na primjeru kreiranog LP modula. LP modul predavao se kao kratak tečaj dvjema grupama učenika. Te dvije grupe učenici su drugoga razreda Gimnazije u Požegi. U 2. b razredu modul se predavao na klasičan način, dok je drugoj grupi u razredu 2. a predavanje ostvareno upotrebom e-učenja.

U zadnjoj fazi istraživanja, nakon što je provedena nastava, prikupljeni su podatci analizirani i vrednovani. Statistička analiza pokazala je da je grupa učenika koja je koristila metodu e-učenja pokazala bolje rezultate nego grupa koja je koristila klasične metode učenja.

Uvod

Informacijske tehnologije važne su u razvoju raznih znanstvenih disciplina, tako i matematike, što omogućuje njihovu široku primjenu. Matematički sadržaji u veli-

¹Ljiljana Miletić, Gimnazija, Požega

kom su dijelu apstraktni, što otežava njihovo razumijevanje. Računalo može pomoći u njihovoj vizualizaciji. „Dok objekt iz realnog života dolaskom na ekran postaje apstraktan, matematički objekti koji su apstraktni na ekranu postaju konkretni” [3].

Korisnost e-učenja istraživan je na primjeru modula lekcija za linearno programiranje. U modulu lekcija napravljen je pregled razvoja linearnoga programiranja, problem linearnoga programiranja, model linearnoga programiranja, teorija linearnoga programiranja, prebrojavanje vrhova – enumeracija, geometrijska metoda 2_ D, simplex metoda, Charnesova M-metoda [9], dvofazna simpleks metoda [9] i, na kraju, metoda unutarnjih točaka ([4],[5]). Objašnjena je programska podrška za linearno programiranje, i to: *Excel Solver*, *Lindo*, *Winqsb*, *Simpleks aplet* i objašnjene osnove rada u *Geogebra*. Modul je implementiran u sustav za upravljanje tečaja, *Loomen Moodle*.

Za istraživanje učinkovitosti e-učenja korištena je metodologija akcijskog istraživanja koje je donijelo drugačiji pristup poučavanju. Empirijski dio istraživanja proveden je u drugim razredima Prirodoslovno-matematičke gimnazije u Požegi. Definirani su ishodi učenja, ciljevi učenja, kriteriji ocjenjivanja i vrednovanje učeničkih postignuća. Učenici su se drage volje uključili u istraživanje i ono je organizirano kroz tri ciklusa, a svaki je imao ispit znanja i završni ispit. I jedan i drugi razred učili su isti sadržaj linearnoga programiranja uz korištenje akcijskog istraživanja.

Rezultati akcijskoga istraživanja u pravilu su izravno primjenjivi u praksi učitelja koji ih ostvaruje, budući da se odrađuju „na licu mjesta” ([6],[8]). Većina suvremenih zanimanja, a posebno učiteljsko, susreće se s kompleksnim zahtjevima prakse u kojoj probleme nije moguće unaprijed uočiti, a još više ponuditi jasna rješenja i rješenja koja se mogu primijeniti. U današnjoj školi učitelji postaju aktivni sudionici u procesu istraživanja. Akcijsko istraživanje predstavlja sistematičan proces promatranja, opisivanja, planiranja, djelovanja, refleksije, evaluacije, modificiranja, a kao kombinacija akcije i istraživanja može dati zanimljive rezultate za unapređenje kvalitete odgojno-obrazovne prakse ([1],[2],[7]).

Gradivo obrađeno s učenicima nije predviđeno u redovnom nastavnom planu i programu. Važna pretpostavka istraživanja bila je da se utvrdi da nema statistički značajne razlike u predznanju i prijašnjem uspjehu između tih dviju grupa učenika. To je utvrđeno prikupljanjem podataka i testiranjem predznanja učenika iz područja relevantnih za gradivo koje im se predavalo na tečaju. I jedan i drugi razred imali su podjednak broj učenika, 31, odnosno 29 učenika. Rezultati ulaznih ispitivanja pokazali su da se radi o dva podjednaka uzorka. Kao ulazni podatci korišteni su uspjeh učenika u prvom razredu, ocjene iz matematike i informatike u prvom razredu te ocjene iz matematike i informatike u prvom obrazovnom razdoblju drugoga razreda. Budući da je za uvođenje problema linearnoga programiranja bilo potrebno predznanje učenika, napravljen je test iz poznavanja osnova matematike i linearnih funkcija. Napravljena je i ulazna anketa gdje su dobiveni podatci o stanju u jednom i drugom

razredu. Neka od pitanja bila su: koliko često pristupate internetu, koliko uobičajeno sati dnevno provodite na internetu, koliko često koristite internet za učenje, konfiguracija računala, koliko ste različitih online tečajeva za učenje do sada pohađali. Nakon analize ulaznih podataka pokazalo se da su te dvije skupine podjednake i moglo se krenuti u istraživanje.

Bodovi	2. a/Broj učenika	2. b/Broj učenika	Ukupno
0 – 7	0	1	1
8 – 10	7	6	13
11 – 13	7	7	14
14 – 15	17	15	32
	31	29	60

Tablica 1. Usporedba ulaznih rezultata iz Osnova matematike u 2. a i 2. b

Nakon izvršene analize vrijednost χ^2 -testa manja je od kritičke vrijednosti i zaključilo se da ne postoji razlika između rezultata dobivenim iz Osnova matematike u 2. a i 2. b razredu.

Tema *linearano programiranje* odabrana je zato što ni jedan učenik iz tog područja nije imao prethodno predznanje.

Od statističkih metoda korištena je aritmetička sredina, standardna devijacija, mod, medijan, koeficijent varijacije χ^2 -test i t-test.

Za procjenu nastave korištena je Likertova skala s pet stupnjeva intenziteta. Svakog se dana vodio istraživački dnevnik i bilježene su provedene aktivnosti. Korišteni su grupni intervjui i analizirani su ispunjeni upitnici. Na ispite znanja, domaće zadatke i završni ispit učenici su se potpisivali zbog ozbiljnosti provedenog ispitivanja, dok se nisu potpisivali na grupne intervjue i upitnike o procjeni nastave. Osim toga, važno je naglasiti da je nastava fotografirana, snimani su videozapisi, a za to je dobivena suglasnost roditelja.

Za provođenje istraživanja postojala je razlika u samo jednom dijelu. Dok su učenici 2. a razreda sve potrebne materijale dobivali u digitalnom obliku kroz sustav *Loomen Moodle*, uz korištenje računala u informatičkoj učionici, učenici 2. b dobili su radne materijale na papiru i radili su u učionici matematike uz korištenje ploče i bilježnice.

Poslije svakog ciklusa učenici su dobivali zadatke koje su učenici 2. a predavali u digitalnom obliku poslani kroz sustav *Loomen Moodle* od kuće, a učenici 2. b rješavali su na papiru i donosili su zadatke u školu. Dobiveni rezultati obrađeni su statistički. Za usporedbu rezultata korišteni su χ^2 -test i t-test. Kod akcijskog istraživanja bitni su kvalitativni podatci uz jednostavniju statističku obradu.

U akcijsko istraživanje bila su uključena tri kritička prijatelja koja su pratila tijekom istraživanja.

- dr. sc. Goran Lešaja, redoviti profesor na Sveučilištu Georgia USA
- dr. sc. Jadranka Lasić – Lazić, redoviti profesor na Filozofskom fakultetu u Zagrebu,
- Ivo Žanetić, profesor psihologije u Gimnaziji Požega.

Na kraju je napravljena statistička obrada o uspješnosti učenja i uspoređeni dobiveni rezultati u jednom i drugom razredu. Dokazano je da učinkovito korištenje informacijsko-komunikacijskih tehnologija za interaktivno učenje doprinosi poboljšanju razumijevanja i usvajanja sadržaja te uspjeha učenika.

1. Modul lekcija iz linearnoga programiranja

U prvoj fazi projekta napravljen je modul lekcija iz Linearnog programiranja na kojem je utemeljen tečaj predavan u spomenutim razredima 2. a i 2. b. Modul je podijeljen u tri grupe lekcija koje su služile kao osnova za tri ciklusa učenja.

Prvi ciklus učenja odnosi se na Problem i teoriju linearnog programiranja. I u jednom i u drugom razredu učenici su dobili jednake materijale za učenje. U 2. a u digitalnom obliku kroz sustav *Loomen Moodle*, a u 2. b na papiru kao radne listove. U svim ciklusima učenici su dobivali i zadaće, rješavali su križaljke i kvizove u vezi s obrađenom nastavnom cjelinom. Na kraju svakog ciklusa pisali su ispit znanja. Učenici su u svakom ciklusu dobivali određene bodove na temelju njihove aktivnosti u usvajanju sadržaja. Učenici su na početku upoznati s vrednovanjem njihovih postignuća i kriterijima. U prvom ciklusu učenici su upoznati kako prikazati problem LP geometrijskom 2-D metodom. Učenici u 2. b su dopustivo područje crtali u bilježnici, kao i funkciju cilja. Učenici 2. a isto su crtali korištenjem programa dinamičke geometrije *Geogebra*. Radom u *Geogebri* na računalima učenici su na vizualni način mogli vidjeti dopustivo područje i pomicati paralelne pravce kroz vrhove dopustivog područja. Na taj način vidjeli su u kojem se vrhu postiže minimum ili maksimum za zadani problem. Primjer gotovog *Geogebri* appleta može se vidjeti na sljedećoj poveznici:

<http://www.geogebraTube.org/student/m88378>

Drugi ciklus učenja odnosio se na simpleks metodu. Učenici su upoznati s načinom rješavanja problema korištenjem simpleks tablica. Osim toga upoznati su s Charnesovom M-metodom, dvofaznom simpleks metodom.

Treći ciklus učenja odnosi se na metodu unutarnje točke. Navedena je osnovna ideja metode koja se temelji na Newtonovoj metodi. Zatim je naveden algoritam koji je primijenjen pri rješavanju nekoliko zadataka.

Modul lekcija iz linearnoga programiranja implementiran je u sustavu za e-učenje *Loomen Moodle*. Učenici 2. a dodani su kao korisnici u tečaj LP. Učenicima je

tečaj bio dostupan u svako vrijeme i na bilo kojem mjestu. Tečaj linearnoga programiranja dostupan je na sljedećoj poveznici:

<https://loomen.carnet.hr/course/view.php?id=2746>

Za pristup tečaju potrebno je biti upisan u tečaj sa svojim AAI@EduHr identitetom.

U tečaju je objašnjeno i na koji način koristiti informacijsko-komunikacijske tehnologije za rješavanje problema linearnoga programiranja. Detaljno je objašnjeno kako koristiti *Excel Solver*, *Lindo*, *Winqs* i *Simpleks applet*. Sam tečaj i dalje se razvija i proširuje. U tečaju je napravljen i prazni *Geogebra applet* gdje su učenici mogli vježbati grafičko rješavanje problema LP. Nakon sva tri ciklusa učenici su rješavali demo ispit koji im je služio kao priprema za završni ispit. Na kraju su učenici riješili završni ispit.

2. Provedba tečaja i analiza rezultata

Kao što je već navedeno, kreirani tečaj linearnoga programiranja predavao se u dva druga razreda, 2.a i 2.b Gimnazije u Požegi. U 2.a razredu tečaj se predavao uz pomoć alata za udaljeno učenje *Moodle Loomenu* u koji su bili inkorporirani programski alati, npr. *Winqs*, program za dinamičku geometriju *Geogebra*. Dakle, učenici su koristili informacijsko-komunikacijsku tehnologiju. U 2.b razredu tečaj se predavao na klasičan način, korištenjem ploče u učionici matematike. I u jednom i u drugom razredu provodilo se akcijsko istraživanje. Dakle, rad u tim dvama razredima razlikovao se samo u tom jednom elementu, tj. načinu na koji je tečaj vođen.

Planirane su aktivnosti koje će se odvijati za vrijeme istraživanja. Glavni dio samog istraživanja aktivnosti su koje bi kroz nekoliko ciklusa trebale dovesti do željenih promjena sa svrhom unapređivanja prakse u skladu s postavljenim ciljevima. Planski su se prikupljali podatci sa svrhom poboljšanja kvalitete samog nastavnog procesa. To je uvršteno u plan istraživanja. Zadane nastavne teme obrađene su u jednom razredu u matematičkoj učionici uz pomoć ploče, koristeći akcijsko istraživanje. Učenici su na papiru dobili nastavne sadržaje u obliku radnih listova.

Drugi razred bio je u specijaliziranoj učionici s računalima. Svaki učenik imao je svoje računalo i gotove digitalne materijale napravljene u *Moodle Loomenu*. Učenici koji rade na klasičan način zadaće su predavali na satovima matematike na papiru, a učenici koji gradivo usvajaju online učenjem, zadaće su predali kroz sustav *Moodlea*.

Kod akcijskog istraživanja karakteristično je da ono ima svojstvo elastičnosti, što znači da se nacrt (plan) istraživanja može mijenjati tijekom same akcije kad god to zahtijevaju okolnosti istraživanja [8]. To je razlog zbog kojeg se istraživanje planira u ciklusima, što omogućuje sudionicima dovoljno vremena kako bi otklonili problem i poboljšali tijek planiranih aktivnosti. Osnovna je značajka akcijskog istraživanja unapređivanje prakse. Akcijsko istraživanje ostvaruje se u profesionalnom ili životnom

kontekstu istraživača i postoji gotovo opći konsenzus oko toga da se ona ne provode na ljudima, već s ljudima.

Učitelji često nisu u stanju prepoznati probleme u svojoj praksi, što može dovesti u pitanje mogućnosti ostvarivanja značajnijih unapređenja. Zbog toga se u akcijskim istraživanjima preporučuje zamoliti druge osobe neka im budu kritički prijatelji. Kritički prijatelj osoba je koja najčešće dijeli profesionalni kontekst i pomaže praktičaru u ostvarivanju akcijskog istraživanja, dajući mu savjete i povratne informacije. Kritički prijatelj može biti i neka osoba s kojom radite, mogu biti vaši najbolji saveznici, ali morate i to kritički prihvaćati.

Obilježje je akcijskog istraživanja kombinacija akcije i istraživanja. U školi akcija podrazumijeva vođenje nastavnog procesa, a istraživanje je prikupljanje podataka, analiza podataka i izrada izvještaja. Tijekom akcije provodi se prikupljanje podataka, a nakon akcije slijedi analiza podataka i izrada izvještaja. Učenici su upoznati s ciljevima, ishodbima učenja, kao i s aktivnostima koje se od njih očekuju. Definirana su tri ciklusa učenja kao što je detaljno objašnjeno u prethodnoj sekciji.

U sva tri ciklusa nastava se snimala video kamerom i fotografirala. Primjer nastave u 2.a može se vidjeti na:

<https://www.youtube.com/watch?v=9Hta7CqhHPg>

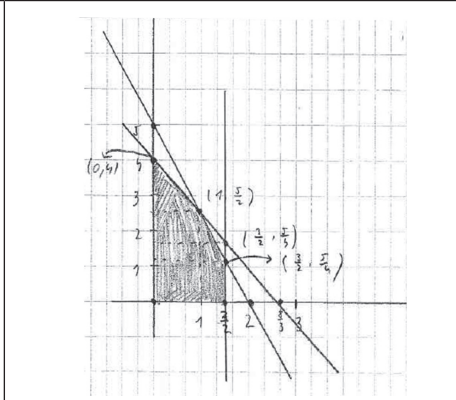
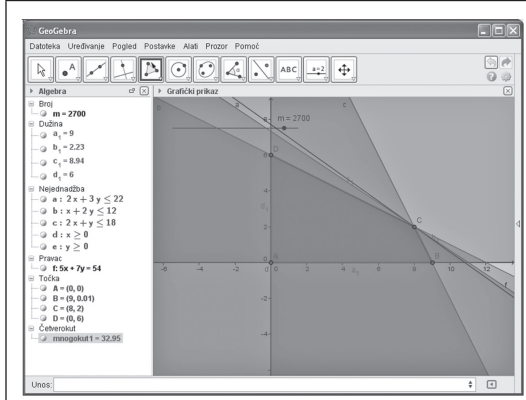
Poslije svakog provedenog ciklusa učenja učenici su ispunili upitnik koji se odnosi na procjenu održane nastave, kao i grupni intervju. Na početku istraživanja učenici su upoznati s kriterijima ocjenjivanja i vrednovanjem njihovih postignuća. Definirani su rasponi bodova za dobivanje pojedine ocjene za svaki ciklus. I u jednom i u drugom razredu rezultati su bodovani na podjednak način. Prema ostvarenim bodovima učenici su za svaki ispit znanja dobili ocjenu, kao i za završni ispit. Konačnu ocjenu dobili su kao aritmetičku sredinu provedenih ispita. Nakon objedinjavanja dobivenih ocjena za sve učenike uz pomoć t-testa napravljena je analiza uspješnosti učenja u tim dvama razredima. Nastojalo se da ocjene budu poticajne, a podjednako se radilo i u jednom i u drugom razredu, što se vidjelo i iz zadovoljstva učenika koji su sudjelovali u ovom istraživanju.

2.1. Ciklusi linearnog programiranja

Razred 2.a usvajao je nastavne sadržaje korištenjem ICT-a, dok je razred 2. b učio u matematičkoj učionici uz korištenje radnih materijala na papiru i ploče. Razred 2. a u prvom ciklusu koristio je program dinamičke geometrije *Geogebra*, pri čemu su učenici crtali dopustivo rješenje i funkciju cilja. Pomicanjem pravca, tj. funkcije cilja mogli su vidjeti u kojem vrhu funkcija postiže maksimalnu ili minimalnu vrijednost. I u 2. a i 2. b učenici su naučili zadani problem LP rješavati Simpleks metodom i naučili su koristiti algoritam IPM za određivanje optimalnog rješenja.

2.a 2.b

Ciklus 1- Problem i teorija linearnog programiranja



Ciklus 2- Simpleks metoda

BV	Jednakost	z	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	desna strana	kvocijent
z	R ₀	1	-7	-5	0	0	0	0	0	
x ₃	R ₁	0	2	3	1	0	0	0	19	9,5
x ₄	R ₂	0	2	1	0	1	0	0	13	6,5
x ₅	R ₃	0	0	3	0	0	1	0	15	
x ₆	R ₄	0	3	0	0	0	0	1	18	6

BV	EA	z	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	desna strana	kvocijent
z	P ₀	1	-7	-5	0	0	0	0	0	
x ₃	P ₁	0	5	2	1	0	0	0	16	2
x ₄	P ₂	0	3	2	0	1	0	0	8	2,6
x ₅	P ₃	0	2	0	0	0	1	0	3	1,5

Ciklus 3- Metoda unutarnjih točaka

$$\begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 5 & 11 \end{bmatrix} d_y = \begin{bmatrix} 8 \\ 9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2 \\ -2 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} - 0,1 \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 5 & 11 \end{bmatrix} d_y = \begin{bmatrix} 8 \\ 9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -2,1 \\ -2,1 \\ -1,1 \\ -1,1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 5 & 11 \end{bmatrix} d_y = \begin{bmatrix} 8 \\ 9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -7,4 \\ -9,5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 5 & 11 \end{bmatrix} d_y = \begin{bmatrix} 0,6 \\ -0,5 \end{bmatrix}$$

$$d_y = \begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 5 & 11 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0,6 \\ -0,5 \end{bmatrix}$$

$K = 0,2 \cdot x^{max} = 0,2 \cdot \frac{1}{0,325} = 0,525$ ✓

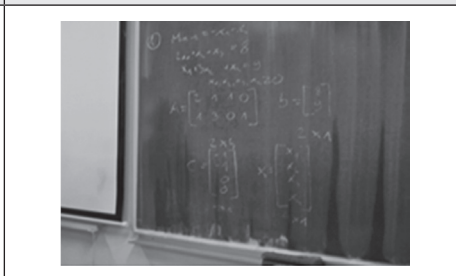
$x^4 = x^0 + K d_1 \Rightarrow x^4 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} + 0,325 \begin{bmatrix} 1,875 \\ 0,525 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,593 \\ 1,167 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1,593 \\ 1,167 \end{matrix} > 0$

$s^4 = s^0 + K d_3 \Rightarrow s^4 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} + 0,325 \begin{bmatrix} 2,57 \\ 1,32 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,835 \\ 1,427 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1,835 \\ 1,427 \end{matrix} > 0$

$y^4 = y^0 + K d_2 \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \end{bmatrix} + 0,325 \begin{bmatrix} -0,4 \\ 0,8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,205 \\ 0,642 \end{bmatrix}$ slobodna

Tablica 2. Dijelovi nastavnih sadržaja pojedinih ciklusa

2.a 2.b



Slika 1. Izgled nastave u 2.a i 2.b

2.2. Rezultati

Nakon provedene statističke analize pokazalo se da e-učenje dovodi do boljih rezultata. Po ulaznom stanju učenici 2. a i 2. b bili su podjednaki, tj. između njih nije postojala neka veća razlika. Poslije provedenih ispita znanja (bilo ih je tri) te završnog ispita, a na temelju jednakih testova i jednakog vrednovanja, pokazalo se da je između tih dvaju razreda došlo do značajne razlike. Prema tome, opravdan je zaključak da uporaba informacijskih tehnologija i e-učenje dovode do veće učinkovitosti u učenju učenika.

Ocjene	2.a	2.b
5	11	8
4	14	4
3	6	8
2	0	9
1	0	0
Broj učenika:	31	29
Aritmetička sredina:	4,16	3,38
Standardna devijacija:	0,723	1,187

Tablica 3. Usporedba rezultata u 2. a i 2. b nakon provedenog istraživanja

Testiranje značajnosti razlika između dviju aritmetičkih sredina obavlja se pomoću t ili Studentova testa na sljedeći način:

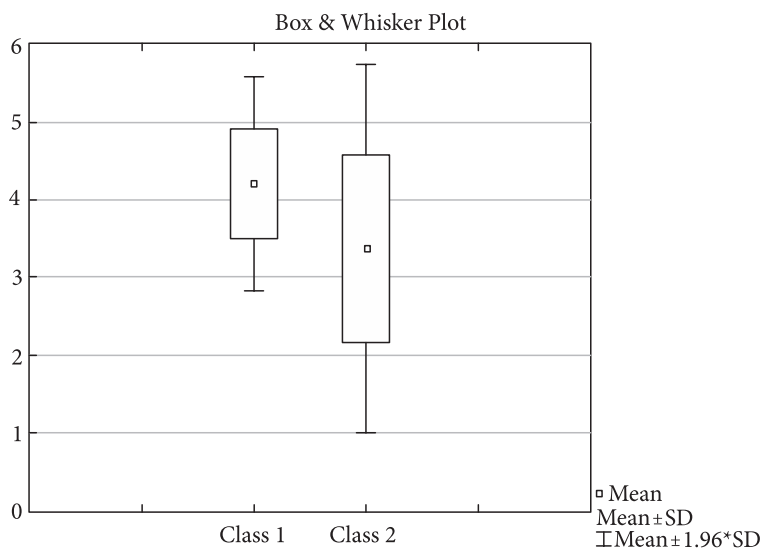
$$\bar{X}_1 = 4,16, \quad \bar{X}_2 = 3,38, \quad s_1 = 0,723, \quad s_2 = 1,187, \quad N_1 = 31, \quad N_2 = 29$$

$$t = \frac{\bar{X}_d}{s_d} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}} = \frac{0,78}{0,256} = 3,058$$

Stupanj slobode određuje se iz $n_1 + n_2 - 2 = 31 + 29 - 2 = 58$.

Dobiveni t veći je od tabličnog $t = 2.00$ za 5 % pogreške i može se reći da se aritmetičke sredine ovih dvaju uzoraka međusobno razlikuju.

Razlika između aritmetičkih sredina u ova dva razreda jest statistički značajna.



Slika 2. Usporedba aritmetičkih sredina nakon provedenog istraživanja

Raspodjela odgovora učenika na završnom upitniku prikazana je u Tablici 4.

	Izjava	Uopće se ne slažem	Uglavnom se ne slažem	Niti se slažem niti se ne slažem	Uglavnom se slažem	U potpunosti se slažem
Ciklus 1						
1.	Samostalno sam rješavao zadaću – prvi ciklus	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		0.00 %	3.26 %	12.90 %	29.03 %	54.89 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		10.34 %	0.00 %	6.90 %	38.71 %	38.71 %
Ciklus 2						
2.	Samostalno sam rješavao zadaću – drugi ciklus	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		3.24 %	0.00 %	16.13 %	29.03 %	51.61 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		10.34 %	3.45 %	20.69 %	27.59 %	37.93 %
Ciklus 3						
3.	Samostalno sam rješavao zadaću – treći ciklus	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		3.23 %	0.00 %	16.13 %	22.58 %	58.06 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		6.90 %	3.45 %	10.34 %	37.93 %	41.38 %

Završni ispit						
4.	Samostalno sam rješavao Završni Ispit	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		0.00 %	0.00 %	6.45 %	29.03 %	64.52 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		6.90 %	0.00 %	17.24 %	34.48 %	41.38 %
5.	Procijenite svoje sudjelovanje u istraživanju	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		0.00 %	0.00 %	32.26 %	58.06 %	9.69 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		6.90 %	6.90 %	17.23 %	41.38 %	27.59 %
6.	Procijenite svoj doprinos u istraživanju	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		0.00 %	12.90 %	29.03 %	48.39 %	9.68 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		17.24 %	3.45 %	41.38 %	24.14 %	13.79 %
7.	Kada bi bio u mogućnosti ocjenjivati, kojom bi se ocjenom ocijenio	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		0.00 %	3.23 %	3.23 %	41.94 %	51.60 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		0.00 %	10.34 %	27.59 %	24.14 %	37.93 %
8.	Što mislite o ovakom načinu učenja?	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:	Razred 1:
		3.23 %	3.23 %	16.13 %	48.39 %	29.02 %
		Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:	Razred 2:
		6.90 %	10.34 %	17.24 %	31.04 %	34.48 %

Tablica 4. Distribucija odgovora nakon provedene ankete

U 2.a ovakvom načinu učenja rado bi se odazvalo 90.32 % učenika, a u 2.b 79.31 %. Veće zadovoljstvo pokazali su učenici koji su koristili informacijsko-komunikacijske tehnologije, ali i jedan i drugi razred drage bi volje ponovili ovakav način učenja, tj. učenje koje je uključivalo i u 2.a i 2.b akcijsko istraživanje. Prema rezultatima Likertovih skala, pokazala sam da sam kao voditelj projekta istraživanja podjednako objašnjavala gradivo i u jednom i drugom razredu.

Mišljenja učenika o održanoj nastavi, 2.a u učionici s računalima i 2.b u matematičkoj učionici, navedena su u nastavku.

U ovom istraživanju vidjelo mi se... (mišljenja učenika) – u 2.a razredu:

Moj je stav da je ovaj način rada puno lakši i efikasniji od starog oblika rada na ploči. Materijali i lekcije dostupniji su svima, a pisanje je svedeno na minimum, što omogućava lakše praćenje nastave. Osim toga, ako nam nešto nije jasno, tu lekciju možemo sami ponovno proučiti kod kuće. Program za rješavanje olakšava rješavanje i ubrzava provjeru rješenja zadataka, što je velika pomoć učenicima.

Svidio mi se način rada preko računala i jer nismo morali ništa pisati. Najviše me se dojmio završni ispit. U istraživanju mi se svidjelo to što u svakom trenutku imam pristup gradivu, iako nisam bio na svim predavanjima. Upotreba tehnologije olakšala mi je rješavanje problema.

Svidjelo mi se što smo sav materijal imali na računalu i što nas je profesorica nagrađivala za svaki trud pa nitko nije bio oštećen.

Mišljenja učenika u 2.b razredu:

Puno smo naučili. Svidio mi se pristup nastavnice učenicima i način učenja te rješavanje zadataka. Prvi ciklus i zadaće pridonijeli su razumijevanju gradiva. Nešto smo naučili izvan redovnog gradiva. Svidio mi se način na koji samo učili, uz križaljke i kvizove. Učenici su naučili puno novih stvari i stekli nova znanja. Vrijedni su i savjeti kritičkog prijatelja.

Tvoje iskrene preporuke i savjeti, 2.a razred:

Savjetujem da se više gradiva radi preko informatičkih tehnologija. Mislim da bi možda trebalo uvesti više samostalnog rada u *Moodleu*. Sva nastava održavana na ovaj način mogla bi biti lakša i zanimljivija. Iskreno preporučujem ovakav način rada jer je produktivniji.

2. b razred, gdje su učenici radili u matematičkoj učionici, koristeći se pločom i bilježnicom.

Manje papira. Moje su preporuke da bismo ovakvim načinom učenja trebali češće raditi, premda bi to možda bilo puno zanimljivije na računalu. Žao mi je što nismo imali barem jedno predavanje na računalu.

3. Zaključak

Kako bismo učenike pripremili za aktivno i kvalitetno sudjelovanje u društvu i pridonijeli razvoju njihovih kompetencija, potrebno se okrenuti suvremenim pristupima u obrazovanju koji uz adekvatnu primjenu informacijsko-komunikacijskih tehnologija pridonose aktivnom učenju zasnovanom na istraživanjima, razmjeni informacija, razumijevanju i primjeni. U središte nastavnoga procesa stavljaju se učenici. Potiče se njihovo kritičko mišljenje i timski rad.

Za istraživanje je odabrano akcijsko istraživanje. Na taj je način sam nastavni proces organiziran drugačije. U spomenutim razredima Prirodoslovno-matematičke gimnazije, koji su po ulaznim rezultatima bili podjednaki, istraživana je i vrednovana učinkovitost e-učenja na primjeru linearnoga programiranja.

Samo akcijsko istraživanje predstavlja izazov i zanimljivo iskustvo. Ono uključuje nekoliko posjeta nastavi kritičkog prijatelja, snimanje video kamerom i fotografiranje nastave. Zanimljiva je novonastala situacija u kojoj tijekom rada prate i druge osobe, tj. kritički prijatelji. Koliko god bili u nastavnom procesu, uvijek se događaju neke

nepredviđene situacije koje morate biti u stanju držati pod kontrolom. Odabirom aktivnosti pokušava se i učenike što više uključiti u proces vrednovanja nastavnog procesa. I sami su učenici kritički prijatelji.

Kritičko prijateljstvo omogućilo je povratnu informaciju, razmjenu iskustva, međusobno učenje i otvaranje za promjene. Kritički prijatelji velika su podrška i pomoć, a svojim savjetima pomažu unaprjeđivanju prakse.

Učenici su izrazito dobro prihvatili akcijsko istraživanje jer je to drugačiji oblik rada od onoga na koji su navikli. Puno su timski radili, osobito kod analize i rada na zadacima. Učenici 2.a razreda sudjelovali su i u elektroničkom učenju posredstvom *Loomen Moodlea*. Učenicima je to bilo jako zanimljivo jer su pripadnici mlađe generacije koja je odrasla uz računalo i internet.

Ovo istraživanje potkrepljuje i jednu općenitiju tezu, a to je da je budućnost uspješnog usvajanja znanja novih generacija učenika vezana uz e-učenje. To će zahtijevati povećane napore ne samo učitelja nego i cijelog obrazovnog sustava obrazovanja u Hrvatskoj, ali je to sigurno investicija koja će se na kraju isplatiti i vodi nas u budućnost.

Literatura:

1. Bognar, B. (2008.), *Mogućnosti ostvarivanja uloge učitelja – akcijskog istraživača posredstvom elektroničkog učenja*, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Bognar, B. (2006.), *Akcijska istraživanja u školi*. *Odgojne znanosti*.8(1), 209 – 227.
3. Lester, J., *Designing interactive mathematics* [online] (2.5. 2014).
4. Lešaja, G. (2009.), *Introducing Interior-Point Methods for Introductory Operations Research Courses and/or Linear Programming Courses*, *The Open Operational Research Journal*, 3,1-12.
5. Lešaja, G., Drummer A., Miletić, Lj. (2012.), *Infeasible Full Newton-Step Interior-Point Method for Linear Complementarity Problems*, *Croatian Operational Research Review (CRORR)*, Vol. 3, 163 – 176.
6. Matijević, M. (1990.), *Akcijsko istraživanje i unutarnja reforma osnovne škole*. U zborniku: *Akcijsko raziskovanje v vzgoji in izobraževanju*, Slovensko društvo pedagogov, Ljubljana, str. 78 – 87.
7. Matijević, M., Radovanović, D. (2011.), *Nastava usmjerena na učenika*, Školske novine, Zagreb.
8. Mužić, V. (1999.), *Uvod u metodologiju istraživanja odgoja i obrazovanja*, Educa, Zagreb.
9. Neralić, L. (2012.), *Uvod u matematičko programiranje 1*, Četvrto izdanje, Element, Zagreb.