

# Razvoj računalnog razmišljanja i prostorne svijesti kod djece vrtićke dobi

---

Ivković, Barbara

Master's thesis / Diplomski rad

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:018388>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Science](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**RAZVOJ RAČUNALNOG RAZMIŠLJANJA I  
PROSTORNE SVIJESTI KOD DJECE  
VRTIĆKE DOBI**

Barbara Ivković

Split, rujan 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**RAZVOJ RAČUNALNOG RAZMIŠLJANJA I  
PROSTORNE SVIJESTI KOD DJECE  
VRTIĆKE DOBI**

Barbara Ivković

Mentorica:

doc. dr. sc. Divna Krpan

Split, rujan 2024.

# Temeljna dokumentacijska kartica

Diplomski rad

Sveučilište u Splitu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Odjel za informatiku

Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

## RAZVOJ RAČUNALNOG RAZMIŠLJANJA I PROSTORNE SVIJESTI KOD DJECE VRTIĆKE DOBI

Barbara Ivković

### SAŽETAK

Cilj ovog rada je istražiti kako aktivnosti opipljivog programiranja mogu potaknuti razvoj računalnog razmišljanja i prostorne svijesti kod djece vrtićke dobi (3-6 godina). Istraživanje se fokusira na manipulaciju fizičkim objektima, poput blokova i kockica, kako bi djeca razvila vještine sekvenciranja, algoritamskog razmišljanja i rješavanja problema. Poseban naglasak stavljen je na povezanost prostornih vještina i računalnog razmišljanja, ključnih za uspjeh u STEM-u. Rad analizira teorije učenja kroz igru i istražuje kako ove metode podržavaju kognitivni razvoj djece, pripremajući ih za izazove digitalnog društva.

**Ključne riječi:** računalno razmišljanje, prostorna svijest, opipljivo programiranje, vrtićka dob. Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Rad sadrži:** 52 stranica, 10 grafičkih prikaza, 12 tablica i 46 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

**Mentor:** **dr.sc. Divna Krpan**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Ocjenjivači:** **dr.sc. Divna Krpan**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**dr.sc. Monika Mladenović**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**dr.sc. Goran Zaharija**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Rad prihvaćen: Rujan, 2024.

## Basic documentation card

Thesis

University of Split  
Faculty of Science  
Department of Computer Science  
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

### DEVELOPMENT OF COMPUTATIONAL THINKING AND SPATIAL AWARENESS IN KINDERGARTEN CHILDREN

Barbara Ivković

#### ABSTRACT

The aim of this paper is to investigate how tangible programming activities can stimulate the development of computational thinking and spatial awareness in children of kindergarten age (3-6 years). The research focuses on the manipulation of physical objects, such as blocks and cubes, to help children develop sequencing, algorithmic thinking and problem-solving skills. Special emphasis is placed on the connection between spatial skills and computational thinking, which are key to success in STEM. The paper analyzes the theories of learning through play and investigates how these methods support the cognitive development of children, preparing them for the challenges of the digital society.

**Key Words:** computational thinking, spatial awareness, tangible programming, kindergarten.

Thesis deposited in library of Faculty of science, University of Split.

**Thesis consist of:** 52 pages, 10 figures, 12 tables and 46 references

Original language: Croatian

**Supervisor:** **Divna Krpan, Ph.D.** Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split

**Reviewers:** **Divna Krpan, Ph.D.** Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split,  
**Monika Mladenović, Ph.D.** Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split,

**Goran Zaharija, Ph.D.** Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split

Thesis accepted: September, 2024.



# Sadržaj

Uvod.....	1
1. Pregled područja .....	3
1.1 Uvod u računalno razmišljanje .....	3
1.1.1 Računalno razmišljanje i obrazovanje u ranom djetinjstvu .....	4
1.2 Prostorno razmišljanje .....	7
1.2.1 Prostorna svijest kod djece.....	7
1.2.2 Prostorne sposobnosti i budućnost u STEM-u.....	9
1.3 Utjecaj prostornog razmišljanja na računalno razmišljanje .....	9
1.4 Opipljivo Programiranje .....	11
1.4.1 Teorijske osnove opipljivog programiranja .....	11
1.4.2 Alati opipljivog programiranja .....	14
1.4.3 Značaj korištenja alata opipljivog programiranja .....	15
1.4.4 CS Unplugged.....	19
1.5 Budući pravci u istraživanju računalnog razmišljanja .....	21
1.5.1 Izazovi u obrazovanju računalnog razmišljanja.....	22
1.5.2 Preporuke za provedbu integracije u školske sustave.....	23
2 Metodologija istraživanja.....	24
2.1 Vrsta istraživanja .....	24
2.2 Predmet i cilj istraživanja.....	24
2.3 Istraživačka pitanja i instrumenti .....	25
2.4 Sudionici .....	27
2.5 Postupak istraživanja .....	29
2.5.1 Prva faza istraživanja .....	29

2.5.2	Druga faza istraživanja .....	30
3	Rezultati .....	34
3.1	Rezultati probnog istraživanja .....	34
3.2	Rezultati glavnog istraživanja.....	35
3.2.1	Rezultati istraživanja u dječjem vrtiću.....	35
3.2.2	Rezultati istraživanja grupe darovite djece .....	39
3.3	Rasprava.....	45
3.3.1	Rezultati prema istraživačkim pitanjima .....	45
	Zaključak.....	50
	Literatura.....	52
	Popis tablica .....	59
	Popis ilustracija.....	60



# Uvod

U suvremenom digitalnom dobu, razvoj novih tehnologija i njihova sve veća prisutnost u svakodnevnom životu zahtijevaju prilagodbu obrazovnih sustava. Jedna od ključnih vještina 21. stoljeća, neophodna za snalaženje u tehnološki naprednom društvu, je računalno razmišljanje. Računalno razmišljanje omogućuje pojedincima da složene probleme razbiju na manje, razumljive dijelove, prepoznaju obrasce, oblikuju algoritamska rješenja i optimiziraju procese. Iako se na prvi pogled može činiti da je ova vještina rezervirana isključivo za računalne stručnjake, računalno razmišljanje postalo je univerzalna vještina koja je korisna i u mnogim drugim područjima, od znanosti i tehnologije do svakodnevnog života.

Djeca, čak i u najranijoj dobi, posjeduju izuzetnu sposobnost učenja i prilagodbe. Vrtićka dob, između treće i šeste godine života, razdoblje je intenzivnog kognitivnog razvoja, kada se formiraju temeljne vještine za budući uspjeh. Djeca u toj dobi spontano uče kroz igru, istraživanje i interakciju s okolinom. Njihova prirodna znatiželja i sposobnost manipuliranja fizičkim objektima stvara idealne uvjete za razvoj analitičkih sposobnosti i apstraktnog mišljenja, koje su ključne komponente računalnog razmišljanja.

Učenje kroz igru, kao osnovna metoda u vrtićkoj dobi, omogućuje djeci da na intuitivan i zabavan način usvajaju složene koncepte, poput računalnog razmišljanja. Igra je prirodan medij kroz koji djeca istražuju svijet, razvijaju socijalne i kognitivne vještine te uče rješavati probleme. Ovaj proces može se dodatno obogatiti uvođenjem aktivnosti koje djeci omogućuju manipulaciju fizičkim objektima na način sličan programiranju. Ovdje dolazi do izražaja koncept opipljivog programiranja, koje omogućuje djeci da kroz izravnu manipulaciju fizičkim objektima, poput blokova i kockica, simuliraju proces programiranja i rješavanja problema.

Opipljivo programiranje temelji se na principima računalnog razmišljanja, no ne zahtijeva korištenje digitalnih alata poput računala. Umjesto toga, djeca koriste konkretne predmete za oblikovanje nizova naredbi, čime razvijaju algoritamski način razmišljanja. Ovakav pristup iznimno je važan za djecu vrtićke dobi, jer im omogućuje da složene koncepte poput sekvenciranja, ponavljanja radnji i logičkog zaključivanja savladaju kroz praktične i njima razumljive aktivnosti.

Jedan od ključnih elemenata za razvoj računalnog razmišljanja kod djece je i prostorno razmišljanje, koje se odnosi na sposobnost razumijevanja i manipulacije objektima u prostoru. Prostorne vještine ključne su za svakodnevne aktivnosti, kao što su navigacija ili prepoznavanje obrazaca, ali su također temeljne za uspjeh u STEM područjima (znanost, tehnologija, inženjerstvo i matematika). Prostorno razmišljanje omogućuje djeci da zamisle i analiziraju odnose između objekata, što je izravno povezano s računalnim razmišljanjem, koje također uključuje analizu procesa i sekvenci radnji.

Razvoj računalnog razmišljanja u ranom djetinjstvu može imati dugoročne učinke na dječji akademski i profesionalni uspjeh. Istraživanja su pokazala da rano izlaganje djece aktivnostima koje potiču računalno i prostorno razmišljanje može značajno unaprijediti njihove kognitivne sposobnosti, pripremajući ih za složenije zadatke u budućnosti. Integracija ovih vještina u ranu dob postavlja temelj za kasniji uspjeh u STEM područjima, ali i općenito u svakodnevnim izazovima s kojima će se djeca suočiti u digitalnom društvu.

Upravo iz ovih razloga, cilj ovog rada je istražiti kako se kroz aktivnosti opipljivog programiranja može poticati razvoj računalnog razmišljanja i prostorne svijesti kod djece vrtićke dobi. Fokus istraživanja je na analizi povezanosti između prostornih vještina i računalnog razmišljanja, s naglaskom na to kako manipulacija fizičkim objektima može pomoći djeci da razviju sposobnost logičkog zaključivanja i rješavanja problema. Poseban naglasak stavljen je na važnost korištenja interaktivnih i praktičnih metoda u obrazovanju djece te na implikacije ovakvog pristupa za budući razvoj obrazovnih programa u vrtićima.

Kroz analizu postojećih teorijskih okvira i provedenih istraživanja, rad će također ponuditi uvid u moguće smjerove budućeg razvoja programa koji uključuju računalno razmišljanje kao ključni element u ranom obrazovanju. Ovakav pristup ima za cilj ne samo razvijati kognitivne vještine djece, već i osnažiti njihovu sposobnost suradnje, kreativnosti i kritičkog razmišljanja, čime ih priprema za izazove budućnosti.

# 1. Pregled područja

## 1.1 Uvod u računalno razmišljanje

Računalno razmišljanje (CT – eng. *Computational Thinking*) obuhvaća niz mentalnih alata i procesa koji omogućuju pojedincima rješavanje složenih problema, dizajniranje sustava i razumijevanje obrazaca kroz strukturu informacija i optimizaciju rješenja [1]. Jeannette Wing je 2006. popularizirala pojam CT-a, definirajući ga kao vještinu potrebnu za formuliranje problema i pronalazak rješenja koje može biti izvršeno od strane informatičkog sustava. Međutim, Wing je jasno naglasila da računalno razmišljanje nije isto što i programiranje ili razmišljanje poput računala, već kognitivni pristup koji koristi principe informatike za rješavanje problema u raznim disciplinama [2].

Definicija koju su kasnije razvili Cuny, Snyder i Wing [3] dodatno pojašnjava da računalno razmišljanje uključuje formuliranje rješenja koja se mogu izvršiti od strane informacijskog sustava, pri čemu CT nije ograničen na dobro strukturirane probleme već uključuje i rješavanje složenih, neodređenih problema iz stvarnog života [3]. Ova definicija prepoznaje CT kao univerzalnu vještinu koja je ključna ne samo za programere već i za širu populaciju u kontekstu svakodnevnog rješavanja problema.

Osim toga, Barr i suradnici [4] proširuju pojam CT-a u kontekstu K-12 obrazovanja, opisujući ga kao skup vještina za rješavanje problema, pri čemu se ističu upornost i samopouzdanje kod učenika prilikom suočavanja s izazovima. Berland i Wilensky [5] predlažu da se CT može opisati kao "sposobnost razmišljanja uz pomoć računala kao alata", naglašavajući važnost prilagodbe konteksta u kojem se primjenjuje. Ove različite definicije pokazuju širenje koncepta CT-a izvan uskog područja računalnih znanosti, pri čemu se CT sve više prepoznaje kao ključna kognitivna vještina u obrazovanju.

S druge strane, Seymour Papert, koji je prvi uveo pojam računalnog razmišljanja u svojoj knjizi *Mindstorms* [6], nije pokušao stvoriti formalnu definiciju. Umjesto toga, Papert je promatrao CT kao sredstvo za "konstruiranje" znanja, gdje računala služe kao alat za izgradnju konkretnih prikaza apstraktnih koncepata. Papertov pristup bio je ukorijenjen u konstrukcionizmu, proširenju Piagetove teorije konstruktivizma, koja zagovara učenje kroz aktivnu konstrukciju značajnih

objekata [6]. Umjesto da je programiranje samo po sebi cilj, Papert je vjerovao da učenici trebaju koristiti računala kao alat za stvaranje, istraživanje i razumijevanje svijeta.

Dok Wingov pristup naglašava rješavanje problema pomoću algoritama i procesnih koraka, Papert se fokusira na kreativnost i eksperimentiranje, pri čemu računala pomažu učenicima da premoste jaz između konkretnih i apstraktnih misli [7]. Njegov koncept "Mathlanda", gdje učenici mogu "uroniti" u matematičke koncepte na način sličan učenju jezika kroz uranjanje, ilustrira njegovu viziju obrazovanja kroz računalne alate [6].

Kao što pokazuje pregled literature, definicija CT-a razvijala se kroz različite discipline, a istraživači su ponudili raznolike pristupe. Na primjer, Israel [8] definira CT kroz perspektivu programiranja, gdje učenici koriste računala za modeliranje ideja i razvijanje programa. Ovakvi primjeri pokazuju širi raspon CT-a u obrazovanju i ukazuju na potrebu daljnjeg istraživanja kako bi se razvila generalizirana definicija CT-a koja bi mogla poslužiti kao temelj za K-12 obrazovne programe [9].

Digitalna transformacija društva početkom 21. stoljeća dodatno je naglasila važnost računalnog razmišljanja u obrazovnim sustavima. S obzirom na to da digitalni alati postaju sveprisutni, sposobnost razumijevanja i primjene CT-a postaje ključna za uspjeh u suvremenom društvu [10]. Kao rezultat, Barr [9] i mnoge druge organizacije poput ISTE i CSTA razvile su standarde koji integriraju CT u obrazovne programe, što omogućuje učenicima da usvoje temeljne vještine poput dekompozicije problema, prepoznavanja obrazaca, apstrakcije i algoritamskog razmišljanja. Ovo je dovelo do poziva za integraciju CT-a u obrazovne programe diljem svijeta, pri čemu se računalno razmišljanje počinje prepoznavati kao jedan od ključnih elemenata učenja u digitalnom dobu [11].

### **1.1.1 Računalno razmišljanje i obrazovanje u ranom djetinjstvu**

Integracija računalnog razmišljanja u obrazovanje u ranom djetinjstvu sve je češća, s ciljem poticanja kritičkog razmišljanja, rješavanja problema i razvoja logičkog zaključivanja kod djece. Računalno razmišljanje kod male djece obuhvaća primjenu osnovnih koncepata kao što su sekvenciranje, algoritmi, otklanjanje pogrešaka i generalizacija kroz igru i praktične aktivnosti. Djeca u predškolskoj dobi često se susreću s apstraktnim konceptima računalnog razmišljanja putem opipljivih, interaktivnih alata koji prevode te apstraktne ideje u konkretna iskustva [12].

Sustavi poput LEGO EV3 i drugih vizualnih programskih jezika (VPL) omogućuju djeci učenje kroz igru, kombinirajući fizičke elemente poput programabilnih kockica s vizualnim sučeljima. Djeca, koristeći ove alate, stječu osnovne vještine računalnog razmišljanja, dok se istovremeno angažiraju u rješavanju problema i eksperimentiranju [12].

Ovaj pristup temelji se na teorijama Piageta [13] i Vygotskog [14], koji zagovaraju obrazovne skale i učenje kroz praktična iskustva koja su prilagođena kognitivnom razvoju djeteta. Prema Piagetovoj teoriji kognitivnog razvoja [13], djeca u dobi od 2 do 7 godina nalaze se u predoperativnom stadiju, što znači da počinju razvijati simboličku misao, ali još uvijek ne mogu u potpunosti shvatiti logičke operacije. U tom kontekstu, računalno razmišljanje, uz fizičke alate poput BeeBot-a ili KIBO robota, omogućava djeci da kroz konkretnu manipulaciju objektima stvore osnovno razumijevanje sekvenciranja, koje je temelj za složenije kognitivne operacije u kasnijim fazama razvoja.

**Suradničko učenje** igra ključnu ulogu u razvoju računalnog razmišljanja kod djece, osobito kada rade u grupama ili parovima. Djeca, kada surađuju s vršnjacima, razvijaju socijalne i komunikacijske vještine dok zajedno rješavaju zadatke i dijele ideje. Ovaj oblik učenja potiče timski rad, ali i pojačava sposobnost razumijevanja složenih koncepata putem socijalne interakcije. Istraživanja pokazuju da suradničko učenje u kontekstu računalnog razmišljanja može ubrzati razvoj kognitivnih i socijalnih vještina kod djece [15].

Iako su računalni alati dizajnirani za sve, rodne razlike mogu utjecati na pristup računalnom razmišljanju kod djece. Studije su pokazale da djevojčice često preferiraju suradnički pristup učenju i projekte koji uključuju kreativnost, dok dječaci mogu biti više usmjereni na tehničke aspekte rješavanja problema [15]. McCartney i suradnici [16] naglašavaju važnost korištenja aktivnosti koje naglašavaju kreativnost, suradnju i praktičnu primjenu za djevojčice, dok dječacima omogućuju istraživanje tehničkih izazova. Promicanje inkluzivnih i rodno ravnopravnih obrazovnih praksi od ključne je važnosti za osiguravanje da sva djeca imaju jednaku priliku za razvoj ovih kritičnih vještina.

Seymour Papert, utemeljitelj konstrukcionizma, naglasio je važnost stvaranja značajnih artefakata kao alata za učenje. Njegov pristup računalnom razmišljanju, posebno u ranom obrazovanju, naglašava važnost konteksta i praktičnog angažmana učenika s računalnim alatima. Umjesto pukog učenja programiranja, Papert je vjerovao da djeca trebaju biti motivirana stvaranjem

značajnih projekata koji su za njih relevantni i zanimljivi. Ovaj pristup ne samo da potiče rješavanje problema, već i kritičko razmišljanje te kreativnost [6].

U svojem radu "An Exploration in the Space of Mathematics Educations" [17], naglašava kako računala mogu igrati ključnu ulogu u obrazovanju djece, posebno u razvoju matematičkih i logičkih sposobnosti. Papert je vjerovao da tehnologija, posebno računala, može omogućiti djeci da urone u matematičke i logičke koncepte na način koji je sličan učenju jezika. On je naglašavao važnost stvaranja dinamičnih okruženja za učenje, gdje djeca mogu eksperimentirati i istraživati, što im pomaže da razviju dublje razumijevanje apstraktnih ideja [17].

Opipljivi alati za učenje, poput BeeBot-a, KIBO robota i Cubetto sustava, omogućuju djeci da razviju osnovne koncepte računalnog razmišljanja kroz fizičku interakciju. Na primjer, kroz igru s robotima, djeca uče sekvenciranje, otklanjanje pogrešaka i iteraciju, a sve to bez potrebe za računalnim ekranima [18]. Ove aktivnosti također podržavaju razvoj vizualno-prostornih vještina, kritičnog za daljnji kognitivni razvoj, te pružaju ulaznu točku u računalno razmišljanje od ranog djetinjstva [18].

Važnost integracije računalnog razmišljanja u obrazovne kurikulume za malu djecu ne može se precijeniti. Kao što su pokazala istraživanja, rano izlaganje djece računalnim konceptima može značajno unaprijediti njihove kognitivne sposobnosti, pripremajući ih za buduće izazove u sve digitalnijem svijetu [2]. Ovaj pristup također osnažuje djecu, omogućujući im da postanu aktivni kreatori, a ne samo korisnici tehnologije.

## 1.2 Prostorno razmišljanje

Prostorno razmišljanje obuhvaća niz kognitivnih vještina koje pojedincima omogućuju da razumiju, analiziraju i interpretiraju odnose među objektima u prostoru. Te vještine ključne su za svakodnevne aktivnosti poput navigacije, prepoznavanja objekata i razumijevanja geometrijskih odnosa, no njihova važnost postaje još izraženija u profesionalnim poljima poput STEM disciplina (znanost, tehnologija, inženjerstvo i matematika). Tijekom posljednjih desetljeća, istraživanja su sve više pokazivala da su prostorne vještine snažno povezane s uspjehom u ovim disciplinama, a posebno u rješavanju problema koji zahtijevaju vizualno-prostorno procesuiranje [19].

Primjeri iz STEM područja uključuju zadatke poput mentalne rotacije 3D oblika u inženjerstvu, vizualizacije molekularnih struktura u kemiji ili prepoznavanja obrazaca u matematičkim funkcijama. Osobe s razvijenim prostornim vještinama lakše rješavaju takve zadatke, dok nedostatak tih vještina može otežati uspjeh u STEM karijerama [20].

Međutim, prostorne vještine nisu univerzalne – istraživanja su pokazala razlike među pojedincima, kao i razlike među spolovima. Na primjer, muškarci često postižu bolje rezultate u zadacima mentalne rotacije i orijentacije, dok žene imaju prednost u zadacima pamćenja lokacija objekata [21]. Te razlike, međutim, nisu fiksne; okolina, obrazovanje i iskustvo mogu značajno utjecati na razvoj prostornih vještina.

### 1.2.1 Prostorna svijest kod djece

Kod djece vrtićke i predškolske dobi, razvoj prostorne svijesti i sposobnosti događa se prvenstveno kroz igru i fizičke aktivnosti koje potiču promišljanje o prostoru i odnosima među objektima. Takve aktivnosti ne samo da potiču prostornu svijest, nego postavljaju temelje za razvoj složenijih kognitivnih procesa poput računalnog razmišljanja. Računalno razmišljanje se odnosi na vještinu rješavanja problema kroz prepoznavanje obrazaca, sekvencioniranje radnji, analizu složenih problema i stvaranje algoritamskih rješenja – što su sve vještine koje su korisne ne samo za kasnije učenje programiranja, već i za svakodnevno analitičko razmišljanje.

Istraživanje provedeno 2020-e godine [22] dodatno naglašava važnost razvoja prostorne svijesti kod djece putem aktivnosti koje uključuju **prostorno opisivanje**. Djeca koja sudjeluju u zadacima koji zahtijevaju opisivanje prostora iz različitih perspektiva (egocentričnih i alocentričnih)

razvijaju naprednije prostorne vještine i sposobnost manipulacije prostornih odnosa. Ovo istraživanje također ukazuje na to da su individualni čimbenici, poput radne memorije i kognitivnih sposobnosti, presudni u razvoju tih vještina. Na primjer, djeca s boljim kapacitetom radne memorije postižu bolje rezultate u prostornim zadacima, što je ključno za razvoj prostornih i računalnih vještina.

Dodatno, istraživanje iz 2017. [23] pokazuje da gestikulacija igra ključnu ulogu u razumijevanju i komunikaciji informacija o smjerovima i prostornim odnosima. Djeca koja koriste geste dok opisuju ili slijede upute pokazuju bolje razumijevanje i razvijaju dublje prostorne vještine. **Gestikulacija** pomaže djeci ne samo da bolje opišu i razumiju prostor, već i da stvore mentalne slike o odnosima među objektima, što je važan aspekt u razvoju prostornih i kognitivnih vještina.

Primjeri aktivnosti koje kod djece potiču razvoj prostorne svijesti uključuju igre poput slaganja puzzli, konstrukcijskih igara (npr. Lego) i labirinata. Kroz ovakve aktivnosti djeca razvijaju sposobnost prepoznavanja obrazaca i sekvenciranja, što su ključne komponente računalnog razmišljanja. Istraživanje Moschelle i Bassa [24] pokazalo je jasnu povezanost između razvoja prostorno-logičkih vještina kod djece i kasnijeg razvoja računalnog razmišljanja. Djeca koja sudjeluju u aktivnostima koje potiču vizualizaciju i manipulaciju objektima postižu bolje rezultate u zadacima koji zahtijevaju logičko zaključivanje i algoritamsko razmišljanje.

U današnje vrijeme, sve više inicijativa naglašava važnost **aktivnosti bez računala** u razvoju računalnog razmišljanja kod djece. Ove aktivnosti, iako se ne odnose izravno na rad s računalima, razvijaju iste kognitivne procese. Djeca kroz fizičku manipulaciju objektima (npr. slaganje blokova ili rješavanje zagonetki) razvijaju sposobnost rješavanja problema i prepoznavanja obrazaca, što im pomaže u kasnijem učenju programskih jezika i algoritamskog načina razmišljanja.

Sve navedeno ukazuje na to da su prostorna svijest i kognitivne vještine temeljne za razvoj djece. Igra, fizička aktivnost, gestikulacija i strukturirane aktivnosti zajedno stvaraju okruženje koje potiče ne samo razvoj prostorne svijesti, već i priprema djecu za uspjeh u složenijim kognitivnim zadacima u budućnosti. Tako, rano poticanje ovih vještina može značajno doprinijeti njihovom akademskom i profesionalnom uspjehu.



## **1.2.2 Prostorne sposobnosti i budućnost u STEM-u**

Prostorne vještine također igraju ključnu ulogu u pripremi djece za složenije STEM zadatke. Istraživanje Moschelle i Bassa [24] ukazuje na važnost ranog razvijanja prostornih vještina kao temelja za razumijevanje i rješavanje složenih matematičkih i logičkih problema u STEM disciplinama. Djeca koja razviju sposobnosti manipulacije prostornih informacija i vizualizacije objekata bolje se snalaze u zadacima poput geometrijskih konstrukcija, analize podataka i rješavanja inženjerskih problema.

Istraživanja su također pokazala snažnu korelaciju između prostornih vještina i uspjeha u STEM područjima. Wai, Lubinski i Benbow [25] utvrdili su da su prostorne sposobnosti značajan prediktor akademskog postignuća u matematici, znanosti i tehnologiji. Djeca koja od ranije dobi sudjeluju u aktivnostima koje razvijaju prostorne sposobnosti (npr. igre s blokovima, slaganje puzzli) pokazuju veći uspjeh u kasnijim STEM zadacima.

Osim toga, istraživanje Hodgkissa [26] pokazalo je da su prostorne vještine, poput mentalnog savijanja i prostornog skaliranja, značajni prediktori znanstvenih uspjeha, posebno u područjima kao što su fizika i biologija. Djeca koja razviju dinamičke prostorne vještine (sposobnost vizualizacije objekata u pokretu) i statičke prostorne vještine (sposobnost vizualizacije odnosa među stacionarnim objektima) bolje se snalaze u STEM zadacima koji zahtijevaju apstraktno razmišljanje.

## **1.3 Utjecaj prostornog razmišljanja na računalno razmišljanje**

Prostorno i računalno razmišljanje usko su povezani jer oba uključuju manipulaciju apstraktnim informacijama i vizualizaciju odnosa među objektima ili procesima. Računalno razmišljanje često zahtijeva da pojedinac zamisli sekvencu događaja, procese i korake koji dovode do rješenja problema – što je vrlo slično prostornom razmišljanju koje uključuje manipulaciju objekata u prostoru.

Aktivnosti koje potiču razvoj prostornog razmišljanja mogu biti učinkovite i za razvoj računalnog razmišljanja. Na primjer, igre poput slaganja blokova, slaganje puzzli ili igre memorije ne samo da poboljšavaju sposobnost prepoznavanja obrazaca, već također potiču djecu da razmišljaju o logičkom slijedu radnji i uzročno-posljedičnim vezama. Ovakve aktivnosti razvijaju analitičko

razmišljanje, koje je ključna komponenta za rješavanje problema u STEM i programskim disciplinama.

Li [27] ističe da rano bavljenje prostornim zadacima, poput slaganja blokova ili mentalnih rotacija objekata, olakšava prijelaz na apstraktne zadatke i kasniji razvoj algoritamskog razmišljanja potrebnog za programiranje. Stoga, integracija ovih aktivnosti u obrazovni sustav može značajno pridonijeti uspjehu djece u STEM disciplinama, potičući ih da rano usvoje prostorne vještine koje su temelj za računalno razmišljanje i programiranje.

Integracija prostorno-logičkih igara i zadataka unutar obrazovnih kurikuluma može pomoći djeci da razviju veće razumijevanje matematičkih koncepata, kao i kod rješavanja problema u stvarnom svijetu. Takve aktivnosti pomažu u razvoju vizualne percepcije i sposobnosti donošenja odluka, koje su ključne za računalne znanosti i inženjering. Igrajući igre koje zahtijevaju manipulaciju objekata u 3D prostoru, djeca također uče kako analizirati i upravljati složenim sustavima, što može poboljšati njihove performanse u računalnom programiranju.

Prostorno i računalno razmišljanje također dijele neurološku osnovu – istraživanja pokazuju da iste regije mozga koje su odgovorne za prostornu orijentaciju i manipulaciju objekata igraju ključnu ulogu u apstraktnom matematičkom i logičkom razmišljanju [28]. Stoga, rano razvijanje prostornog razmišljanja može pridonijeti poboljšanom kapacitetu za računalno razmišljanje, olakšavajući kasnije učenje programiranja i rješavanja složenih problema.

Uključivanje ovih aktivnosti u nastavni plan i program može značajno pridonijeti uspjehu djece u STEM disciplinama, potičući ih da rano usvoje prostorne vještine koje su temelj za računalno razmišljanje i programiranje. Ovakav sveobuhvatan pristup ne samo da poboljšava dječje razumijevanje svijeta oko njih, već ih također potiče na razvoj analitičkih i kreativnih sposobnosti koje će biti ključne za njihov budući akademski uspjeh i profesionalni razvoj.

## 1.4 Opipljivo Programiranje

Jedan od prvih pionira opipljivog računalstva za djecu bila je Radia Perlman, koja je postala poznata softverska inženjerka i izumiteljica. Dok je još bila u svojim dvadesetima, između 1974. i 1976. godine, Radia je radila sa Seymourom Papertom u MIT Artificial Intelligence Lab i stvorila što se smatra prvim sustavom koji je omogućio djeci programiranje koristeći fizičke blokove: TORTIS (eng. *Toddler's Own Recursive Turtle Interpreter System*) [29].

TORTIS je omogućavao djeci već od tri i pol godine da programiraju koristeći fizičke blokove za davanje izravnih naredbi robotima. Sustav je uključivao "slot mašinu" koja je omogućavala djeci da pišu, pohranjuju i izvršavaju procedure. Ovo je bio značajan korak u razvoju opipljivog računalstva, predviđajući mnoge aspekte koji će se kasnije razviti u sličnim sustavima.

### 1.4.1 Teorijske osnove opipljivog programiranja

S obzirom na brze promjene u tehnologiji i obrazovanju, opipljivo programiranje predstavlja inovativan pristup koji omogućuje djeci da razvijaju ključne vještine potrebne za 21. stoljeće. Kroz fizičku interakciju s materijalima i alatima, djeca mogu istraživati složene koncepte računalnog razmišljanja na način koji im je prirodan i intuitivan. Ovaj odlomak istražuje temeljne teorijske osnove opipljivog programiranja, s posebnim naglaskom na doprinos Seymour Paperta i Jeromea Brunera, čime se postavlja osnova za razumijevanje kako se ove teorije mogu primijeniti u praksi.

#### **Seymour Papert - Mindstorms**

Seymour Papert, jedan od pionira u području računalnog obrazovanja i tvorac programskog jezika LOGO, zagovarao je ideju "opipljivog" ili "konkretiziranog" programiranja za djecu. Njegova knjiga "Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas" [6] je ključni tekst koji istražuje ovu temu. U njoj Papert iznosi svoja uvjerenja o tome kako računalno programiranje može biti alat za djecu da uče putem istraživanja i izgradnje vlastitih znanja, koristeći konkretne primjere i interakciju s tehnologijom.

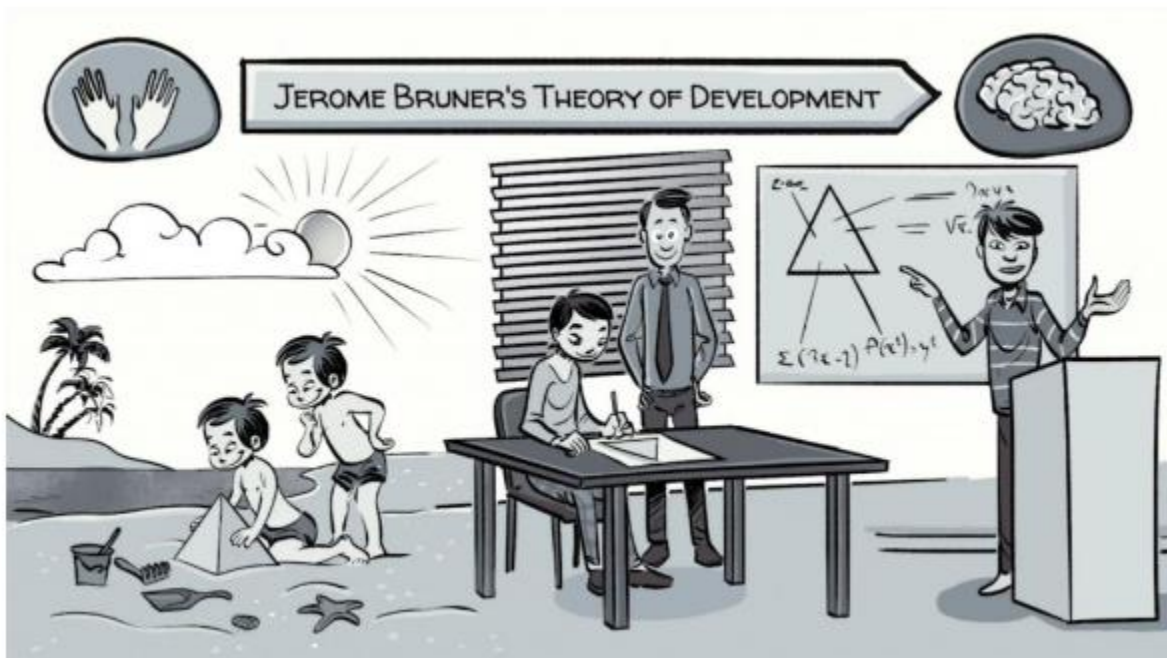
Papertova teorija konstrukcionizma temelji se na ideji da djeca najbolje uče kroz stvaranje nečega opipljivog, aktivno sudjelujući u procesu učenja. On je vjerovao da djeca mogu razviti dublje razumijevanje apstraktnih pojmova kada rade s fizičkim objektima koje mogu istraživati i manipulirati, što je koncept nazvan "objekti za razmišljanje". Primjer za to je njegovo poznato

"LOGO okruženje", gdje djeca programiranjem upravljaju virtualnom kornjačom koja se kreće po ekranu. Ovo omogućava djeci da kroz praksu razvijaju prostorno razmišljanje i rješavanje problema. U kontekstu ovog istraživanja, korištenje fizičkih elemenata kao što su kockice za slaganje programa simulira Papertov pristup, omogućujući djeci da uče računalno razmišljanje bez direktnog korištenja računala, dok razvijaju prostornu orijentaciju i novi način razmišljanja.

## J. Bruner – faze učenja

Djetetovi postupci su njegovo znanje, a njegovo znanje je u njegovim postupcima [30]. Dijete se igra i istražuje svoju okolinu kroz cikluse percepcije i akcije, gdje percepcija utječe na akciju, a akcija utječe na percepciju. Ova dinamika je ključna za razvoj dječjeg razumijevanja svijeta oko njih.

Jerome Bruner bio je vođa kognitivne revolucije koja je okončala vladavinu biheviorizma u američkim psihološkim istraživanjima i stavila kogniciju u središte. Predložio je troslojni sustav unutarnjih reprezentacija: aktivan (temeljen na radnji), ikonički (temeljen na slici) i simbolički (temeljen na jeziku) [31]. Ovaj teorijski okvir pruža temelj za razumijevanje kako djeca postupno razvijaju svoje kognitivne sposobnosti i postaju sposobna za apstraktno razmišljanje, naglašavajući važnost svakog koraka u razvoju.



Slika 1.1 Bruner- troslojni sustav unutarnjih reprezentacija [32]

**Aktivna (akcijska) faza** odnosi se na učenje kroz fizičku akciju i manipulaciju objektima. Djeca u ovoj fazi uče prvenstveno kroz konkretne aktivnosti koje uključuju fizičko djelovanje. U okviru računalnog razmišljanja, ova faza može uključivati tzv. "unplugged" aktivnosti, koje ne zahtijevaju korištenje računala. Umjesto toga, koriste se stvarni objekti poput kockica, kao što je to bio slučaj u ovom istraživanju. Ove aktivnosti omogućuju djeci da fizički "prožive" računalne procese, što im pomaže da shvate osnovne principe logičkog razmišljanja, slijeda koraka (algoritama) i rješavanja problema.

Primjerice, u ovom istraživanju djeca koriste kockice za programiranje robota. Svaka kockica predstavlja određenu naredbu, a njihovo slaganje u određenom redoslijedu simulira pisanje jednostavnog programa. Kroz ovu vrstu aktivnosti, djeca razvijaju razumijevanje osnovnih algoritamskih koncepata, poput slijeda koraka i uvjetnih grananja, bez potrebe za korištenjem apstraktnih simbola ili teksta. Ovakva praksa učenja kroz igru i fizičku interakciju potiče djecu na rješavanje problema i razvoj logičkog razmišljanja, što su ključne vještine za buduće usvajanje računalnih koncepata.

Kako djeca rastu i kognitivno se razvijaju, prelaze u **ikoničku fazu**, gdje počinju koristiti vizualne prikaze i slike za predstavljanje informacija. U ovoj fazi, djeca razvijaju sposobnost da koriste slike i simbole za razumijevanje i organiziranje informacija, što im pomaže u razvoju složenijih kognitivnih sposobnosti.

Nakon toga, prelaze u **simboličku fazu**, gdje koriste jezik i druge apstraktne simbole za predstavljanje i manipulaciju informacijama. Ova faza omogućava djeci da razviju sposobnost apstraktnog razmišljanja i razumijevanja kompleksnijih koncepata koji nisu neposredno vidljivi.

Provođenje aktivnosti koje se temelje na aktivnoj fazi ključna je za poticanje razvoja računalnog razmišljanja kod vrtićke djece. Ovakav pristup omogućuje djeci da na intuitivan i zabavan način započnu svoj put prema razumijevanju računalnih koncepata, dok im istovremeno pomaže u razvoju kognitivnih, motoričkih i socijalnih vještina.

## 1.4.2 Alati opipljivog programiranja

Kroz interaktivne alate koji potiču igru i kreativnost, opipljivo programiranje nudi djeci priliku da usvoje osnovne koncepte programiranja na intuitivan i zabavan način. Ovi alati ne samo da olakšavaju proces učenja, već također potiču kreativnost, suradnju i razvoj socijalno-emocionalnih vještina. U ovom odlomku fokusirat ćemo se na dva ključna alata (KIBO i LEGO Mindstorms) za opipljivo programiranje, čiji je koncept dosta sličan materijalima ovog istraživanja, te istražiti njihov značaj u obrazovnom kontekstu.

**KIBO** jedan je od popularnih alata za opipljivo programiranje. Ovaj obrazovni robot koristi se za učenje kodiranja bez ekrana, namijenjen djeci predškolske i rane osnovnoškolske dobi. KIBO omogućuje djeci da sastavljaju i programiraju robote koristeći drvene blokove s kodom. Djeca fizički slažu blokove kako bi definirala niz naredbi koje robot izvršava, kao što su kretanje naprijed, okretanje ili stvaranje zvuka. Ovaj pristup čini učenje programiranja intuitivnim i zabavnim, omogućujući djeci da istraže osnovne koncepte računalnog razmišljanja kroz igru [33].

Osim učenja kodiranja, KIBO promovira kreativnost i suradnju među djecom, potičući ih da koriste reciklirane materijale za izradu dodataka za robota. Zbog svoje fleksibilnosti, KIBO je široko korišten u različitim obrazovnim okruženjima, uključujući programe za djecu s posebnim potrebama, poput djece s autizmom. Studije su pokazale da KIBO pomaže djeci u razvijanju socijalno-emocionalnih vještina, kao i vještina kodiranja [34].

**CSA-KIBO** (eng. *Coding Stages Assessment – KIBO*) alat je razvijen za procjenu kodiranja kod vrlo male djece. Razvijen u sklopu Bersovog okvira faza kodiranja [15], CSA-KIBO omogućuje procjenu dječje sposobnosti da koriste osnovne koncepte kodiranja putem fizičkih interakcija s KIBO robotom. Kroz prilagođene zadatke, djeca prolaze kroz faze prekodiranja, sekvenciranja i naprednijih programskih koncepata poput petlji i uvjeta. Istraživanje provedeno s predškolskom djecom pokazalo je da je prilagodljivi format ove procjene najprimjereniji za mlađu djecu jer smanjuje vrijeme testiranja i zadržava njihovu pažnju. Ovaj format omogućava brzu procjenu dječjih vještina uz minimalnu frustraciju i maksimalno angažiranje [33]. Studija je također pokazala da djeca s malo ili bez prethodnog iskustva s kodiranjem pretežno završavaju u fazi prekodiranja, što potvrđuje razvojnu prikladnost ovog alata.

**LEGO Mindstorms** je inovativni alat koji se koristi u obrazovanju za razvoj kognitivnih i socijalnih vještina učenika od predškolske do srednje škole. Ovaj alat omogućuje učenicima da kroz praktične aktivnosti i igru istražuju principe znanosti, tehnologije, inženjerstva i matematike (STEM). Upotrebom LEGO Mindstorms kitova, učenici imaju priliku graditi, planirati i programirati razne robotske artefakte, što potiče konstruktivistički pristup učenju. Ovaj pristup ne uključuje samo pasivno primanje informacija, već aktivno manipuliranje i konstruiranje fizičkih objekata, čime se potiče dublje razumijevanje i angažman [35]. Istraživanja pokazuju da korištenje LEGO Mindstorms može poboljšati performanse u matematici, fizici i inženjerstvu te razviti važne vještine kao što su kreativno razmišljanje, timski rad i rješavanje problema, što su ključne kompetencije potrebne za uspjeh u 21. stoljeću.

Kroz daljnje razmatranje značaja opipljivog programiranja, razmotrit ćemo kako ovaj pristup potiče različite aspekte razvoja djece, uključujući apstrakciju, prostornu svijest, senzomotorne vještine, kreativnost, suradnju, socijalne vještine, samoeфикаsnost i motivaciju.

### **1.4.3 Značaj korištenja alata opipljivog programiranja**

Korištenje alata opipljivog programiranja predstavlja revolucionarni pristup u obrazovanju koji se posebno ističe u razvoju djece u ranom uzrastu. Ovi alati omogućuju djeci da aktivno sudjeluju u procesu učenja kroz igru i praktične aktivnosti, čime se potiče njihova radoznalost i kreativnost. Opipljivo programiranje nudi brojne koristi, od poticanja osnovnih kognitivnih vještina do razvoja socijalno-emocionalnih kompetencija. U nastavku ćemo istražiti ključne aspekte koje ovaj pristup potiče, uključujući apstrakciju, prostornu svijest i senzomotorne vještine.

#### **Apstrakcija**

Kroz manipulaciju fizičkim blokovima, djeca uče osnovne koncepte kao što su sekvenciranje, petlje i uvjetni izrazi. Ovaj pristup čini složene koncepte pristupačnijima i razumljivijima. Uz primjerice T-Maze [36], djeca mogu simulirati apstraktni model određenih labirinta u stvarnosti, mapirati se u virtualne likove na ekranu i kontrolirati ponašanje likova. Na primjer, da bi igrali igru bijega iz labirinta u T-Mazeu, djeca moraju izgraditi stazu za svoje avatare pomoću fizičkih blokova. Ovaj proces potiče djecu da razmišljaju o percepciji svjetskih koordinata virtualnog labirinta i kako preslikati ponašanja u stvarnom svijetu, poput kretanja ravno ili skretanja ulijevo, u ponašanja virtualnih likova.

## **Prostorna svijest**

Korištenje opipljivih materijala igra ključnu ulogu u razvoju prostorne svijesti kod djece, posebno kod onih s oštećenim vidom. Kada djeca grade i manipuliraju 3D isprintanim objektima [37], stječu iskustva koja im pomažu razumjeti odnose između različitih elemenata. Na primjer, dok slažu geometrijske oblike, djeca uče o konceptima poput blizine, udaljenosti i rasporeda, što pridonosi njihovoj sposobnosti vizualizacije prostora.

Tijekom aktivnosti, poput izgradnje labirinta u T-Mazeu, djeca ne samo da fizički premještaju objekte, već i aktivno razmišljaju o njihovim pozicijama unutar prostora. Ova veza između fizičkih i virtualnih elemenata dodatno poboljšava njihovu orijentaciju. Na taj način, kroz igru i eksperimentiranje, djeca razvijaju mentalne modele koji im pomažu razumjeti kako se objekti odnose jedni prema drugima. Kao rezultat toga, djeca ne samo da stječu prostorne vještine, već i samopouzdanje u navigaciji kroz svoje okruženje, što je ključan aspekt njihovog sveukupnog razvoja. Ova iskustva ne samo da obogaćuju njihovo učenje, već i potiču znatiželju i istraživački duh.

## **Senzomotorne vještine**

Rad s fizičkim blokovima angažira djecu na senzomotornom nivou, pomažući im razviti fine motorike kroz aktivnosti poput slaganja, preuređivanja i testiranja svojih kreacija. Ove vještine su ključne za svakodnevne aktivnosti i daljnje učenje. Manipulacija s 3D objektima potiče djecu da koriste različite dijelove tijela, kao što su prsti, ruke i zapešća, što poboljšava njihovu koordinaciju i preciznost. Dok istražuju teksture, oblike i težine objekata, razvijaju svoje senzorne percepcije, što dodatno obogaćuje njihovo razumijevanje svijeta oko sebe.

Osim toga, aktivnosti koje uključuju opipljive materijale potiču djecu na rješavanje problema i kreativno razmišljanje. Na primjer, kada djeca pokušavaju izgraditi stabilnu strukturu ili riješiti izazov unutar igre, moraju koristiti logiku i eksperimentirati s različitim pristupima. Ova kombinacija fizičkog i mentalnog angažmana doprinosi razvoju kognitivnih vještina koje su neophodne za buduće učenje.

## **Kreativnost i inovativnost**

Opipljivo programiranje potiče djecu da budu kreativna dok dizajniraju vlastite projekte i rješenja. Ova sloboda izražavanja može dovesti do razvoja inovativnog razmišljanja i sposobnosti



rješavanja problema. Osnaživanje djece da preuzmu kontrolu nad vlastitim učenjem može ih potaknuti na istraživanje i eksperimentiranje. Primjeri kao što su Arduino, KIBO set, LEGO Mindstorms, Scratch Jr, Cubetto, Makey Makey i Tynker omogućuju djeci da stvaraju interaktivne projekte koji povezuju fizičke i digitalne elemente. Na primjer, koristeći Arduino, djeca mogu programirati senzore i motore, što im omogućuje da izrade vlastite robote ili pametne uređaje. Ova praksa ne samo da potiče njihovu maštu, već i razvija sposobnost kritičkog razmišljanja dok analiziraju što funkcionira, a što ne.

KIBO set, s druge strane, nudi priliku za učenje programiranja bez potrebe za čitanjem i pisanjem kodova. Djeca mogu sastavljati i dekodirati svoje aktivnosti putem fizičkih blokova, što im omogućava da vizualiziraju proces programiranja. Ova interaktivnost potiče istraživanje i eksperimentiranje, dok djeca uče kako kombinirati različite elemente na nove načine. S obzirom na to da su greške prirodan dio procesa učenja, djeca se također uče kako gledati na izazove kao na prilike za rast. Ovaj mentalni sklop može stvoriti kulturu inovativnosti, gdje su djeca motivirana da istražuju različite mogućnosti i rješenja.

Kreativno okruženje koje pruža opipljivo programiranje također potiče suradnju među djecom. Kada rade zajedno na projektima, dijele ideje i razvijaju zajedničke ciljeve, što dodatno obogaćuje njihov kreativni proces. Ova interakcija može rezultirati izvanrednim rješenjima i potaknuti osjećaj zajedništva, što dodatno osnažuje njihov razvoj.

### **Suradnja i socijalne vještine**

Kroz grupne aktivnosti, djeca uče suradnju i komunikaciju dok zajedno rješavaju probleme i dijele ideje. Ovaj socijalni aspekt može poboljšati njihovu emocionalnu inteligenciju i razviti empatiju prema drugima, što su ključne vještine za život u zajednici. Opipljivo programiranje, poput korištenja KIBO seta ili Arduina, pruža idealne platforme za poticanje suradnje među djecom. Kada rade zajedno na projektima, poput izrade zajedničkog robota ili interaktivne igre, djeca moraju komunicirati o svojim idejama, dogovoriti se o ulogama i surađivati na rješavanju izazova. Ove interakcije jačaju njihovu sposobnost aktivnog slušanja i izražavanja svojih misli, čime se razvijaju vještine potrebne za učinkovitu komunikaciju.

Osim toga, kroz grupne projekte djeca uče o različitim perspektivama i pristupima. Kada se suoče s preprekama, moraju zajednički analizirati situaciju i smisliti kreativna rješenja, što potiče razvoj kritičkog mišljenja i zajedničkog rješavanja problema. Takve situacije također jačaju njihovu

otpornost, jer zajedno slave uspjehe, ali i uče iz neuspjeha. Suradničko okruženje može dodatno poboljšati socijalne vještine kao što su dijeljenje, kompromis i tolerancija prema različitostima. Kada djeca uče raditi u timu, razvijaju empatiju i razumijevanje prema osjećajima i potrebama drugih, što je temelj emocionalne inteligencije. Ove vještine su presudne za izgradnju pozitivnih odnosa i jačanje zajednice u cjelini.

### **Samoeфикаsnost i motivacija**

Kroz interakciju s opipljivim alatima, djeca mogu vidjeti neposredne rezultate svog rada, što povećava njihovu motivaciju i samopouzdanje u vlastite sposobnosti. Ovaj osjećaj postignuća ne samo da potiče djecu da nastave istraživati i učiti, već također razvija ljubav prema učenju. Korištenje opipljivih alata kao što su KIBO setovi ili Arduino omogućava djeci da vizualiziraju svoje ideje i projekte, čime se osjećaju osnaženo u procesu stvaranja. Na primjer, kada djeca programiraju robota da se pomiče ili svijetli, mogu odmah vidjeti učinak svojih odluka. Ova povratna informacija igra ključnu ulogu u jačanju njihove samoeфикаsnosti, jer uspjeh u malim zadacima može dovesti do veće spremnosti za suočavanje s izazovima.

Osim toga, proces eksperimentiranja sa fizičkim blokovima ili elektroničkim komponentama omogućava djeci da uče iz vlastitih grešaka. Kada nešto ne funkcionira kako su zamislili, potiče ih da analiziraju problem, razvijaju rješenja i pokušavaju ponovno. Ova iterativna priroda učenja osnažuje njihovu otpornost i sposobnost prilagodbe, što su važni atributi za uspjeh u budućim izazovima. Opipljivo programiranje također može stvoriti osjećaj zajedništva među djecom. Rad na zajedničkim projektima potiče suradnju i dijeljenje uspjeha, što dodatno povećava njihovu motivaciju. Kada zajedno slave postignuća, djeca osjećaju da su dio nečega većeg, što dodatno pojačava njihov interes za učenje.

Opipljivo programiranje predstavlja izvanredan alat za poticanje cjelovitog razvoja djece u ranoj dobi. Kroz aktivno sudjelovanje u manipulaciji fizičkim blokovima i interakciji s različitim tehnologijama, djeca ne samo da razvijaju ključne vještine poput apstrakcije, prostorne svijesti, senzomotornih vještina, kreativnosti i suradnje, već također jačaju svoje samopouzdanje i motivaciju za učenje. Primjeri platformi poput KIBO seta, Arduina, LEGO Mindstorms, Scratch Jr., Cubetto, Makey Makey i Tynker jasno pokazuju kako opipljivo programiranje može biti alat za inspiraciju i inovaciju. U konačnici, ovakvo učenje ne samo da osnažuje individualne

sposobnosti djece, već i potiče izgradnju zajednice, empatiju i socijalne vještine, što su temeljne komponente za uspješan život u suvremenom društvu.

U istraživanju "Designing Tangible Programming Languages for Classroom Use" [38], autori dodatno ističu značaj dizajniranja opipljivih programskih jezika koji su prilagođeni specifičnim potrebama učionica. Ovaj rad sugerira da pravilno dizajnirani alati mogu poboljšati angažman učenika i olakšati usvajanje složenijih koncepta. Kroz implementaciju ovih jezika, učitelji mogu stvoriti dinamično okruženje koje potiče istraživanje i eksperimentiranje, a ne samo mehaničko učenje. Istraživanje naglašava važnost evaluacije učinka opipljivih programskih jezika na učenike. Učinkoviti alati ne samo da olakšavaju učenje tehničkih vještina, već također potiču razvoj socio-emocionalnih vještina, poput suradnje i komunikacije među učenicima. Ove osobine su ključne za stvaranje pozitivne učionice koja potiče kreativnost i inovativnost.

#### **1.4.4 CS Unplugged**

**CS Unplugged** predstavlja izvanredan primjer pristupačnom učenju računalne znanosti bez oslanjanja na skupe komercijalne alate. CS Unplugged je zbirka besplatnih obrazovnih materijala osmišljenih za podučavanje informatike kroz zanimljive igre i zagonetke koje uključuju kartice, konac, bojice i mnogo fizičke aktivnosti [39]. Ovaj pristup koristi privlačne aktivnosti, poput igara, slagalica i mađioničarskih trikova, kako bi najmlađima prenio temeljne ideje računalne znanosti [40]. Cilj je angažirati djecu na način koji je zabavan i intuitivan, čime se olakšava razumijevanje složenih koncepta bez potrebe za korištenjem računala.

U svijetu u kojem su digitalne tehnologije sveprisutne, računalno razmišljanje postaje ključna komponenta obrazovanja. Nije dovoljno samo naučiti djecu kako koristiti postojeće tehnologije, već ih treba pripremiti za buduće inovacije i izazove. Razumijevanje osnovnih principa računalne znanosti od malih nogu pomaže učenicima u razvoju vještina kritičkog razmišljanja i rješavanja problema, koje su ključne za uspjeh u osobnom i profesionalnom životu [40].

Nedavna studija pod nazivom "Combined Unplugged and Educational Robotics Training to Promote Computational Thinking and Cognitive Abilities in Preschoolers" [18] istraživala je učinke kombinacije unplugged kodiranja i obrazovne robotike na kognitivne sposobnosti predškolske djece. Istraživanje je pokazalo da su aktivnosti opipljivog kodiranja značajno poboljšale vještine kodiranja i vizualno-prostorne sposobnosti djece. U eksperimentalnoj skupini,

koja je sudjelovala u kombiniranim aktivnostima unplugged kodiranja i obrazovne robotike tijekom sedam tjedana, zabilježena su poboljšanja u točnosti kodiranja i vizualno-prostornim vještinama između predtesta i posttesta. Ova poboljšanja su se održala i dva mjeseca nakon završetka intervencije, što ukazuje na dugotrajan učinak tih aktivnosti.

CS Unplugged aktivnosti koriste konkretne prikaze i interaktivne igre koje omogućuju djeci da razumiju temeljne pojmove računalne znanosti kroz fizičku interakciju i igru. Prema Montuori i suradnicima [18], ove aktivnosti ne samo da pomažu djeci u razvoju kritičkog razmišljanja i rješavanja problema, već i unapređuju njihove vizualno-prostorne sposobnosti, što je ključno za uspjeh u digitalnom dobu. Rezultati ovog istraživanja podržavaju tvrdnje da unplugged kodiranje može biti jednako ili čak učinkovitije u poticanju razumijevanja osnovnih principa kodiranja u odnosu na tradicionalne metode.

Kao alternativa komercijalnim alatima, CS Unplugged inspirira učitelje da pronađu kreativne načine za primjenu koncepta kodiranja u svakodnevnom životu. Ove aktivnosti ne zahtijevaju skupu opremu, već koriste materijale koje je lako pronaći, potičući inovativnost i maštovitost. Integriranje ovih metoda u obrazovne kurikulume može značajno unaprijediti vještine računalnog razmišljanja i vizualno-prostorne sposobnosti kod predškolske djece, pripremajući ih za buduće izazove u digitalnom svijetu [40].

## **1.5 Budući pravci u istraživanju računalnog razmišljanja**

Računalno razmišljanje sve više postaje ključni element u obrazovnim politikama diljem Europe i svijeta, s posebnim naglaskom na njegovu ulogu u razvijanju vještina potrebnih za budućnost rada i društva. Prema istraživanju "The Present and Future of Computational Thinking" [41], računalno razmišljanje ne utječe samo na STEM discipline, već ima široku primjenu u interdisciplinarnim kontekstima, uključujući društvene znanosti i umjetnost. Ovaj holistički pristup može pomoći učenicima da prepoznaju obrazac i logiku u problemima s kojima se suočavaju u različitim područjima.

### **Prilagodba računalnog razmišljanja različitim uzrastima**

Autori istraživanja naglašavaju potrebu za daljnjim istraživanjima o tome kako računalno razmišljanje može biti prilagođeno raznim razvojnim fazama djece, posebno u ranom djetinjstvu. Rano uvođenje koncepata kao što su sekvenciranje, algoritmi i otklanjanje pogrešaka može značajno poboljšati sposobnosti logičkog zaključivanja i kritičkog mišljenja kod djece. Praktični alati poput robota (npr. BeeBot, KIBO) mogu igrati ključnu ulogu u ovom procesu, omogućujući djeci da uče kroz igru, na način koji odgovara njihovom kognitivnom razvoju.

### **Povezanost računalnog razmišljanja s drugim predmetima**

Prema Astrachanu i suradnicima [41], buduća istraživanja trebala bi se usredotočiti na metode integracije računalnog razmišljanja u širi obrazovni kontekst, povezujući ga s drugim predmetima kao što su matematika, prirodoslovlje, pa čak i jezik. Interdisciplinarna integracija može povećati motivaciju učenika i učiniti računalno razmišljanje relevantnijim za njihov svakodnevni život. Na primjer, kombiniranje vizualnog programiranja s umjetnošću ili matematikom može pomoći učenicima da bolje razumiju koncepte apstraktnog razmišljanja.

### **Učinkovitost različitih pedagoških pristupa**

Različiti pedagoški pristupi igraju ključnu ulogu u razvoju računalnog razmišljanja kod učenika. Autori ističu da inovativni alati poput vizualnih programskih jezika (VPL) ili programabilnih robota mogu potaknuti dublje razumijevanje apstraktnih koncepata, posebno kada se koriste u kombinaciji s praktičnim, projektno orijentiranim metodama. Istraživanja bi trebala ispitati koji su

od ovih pristupa najprikladniji za različite stilove učenja i kako se mogu prilagoditi različitim potrebama učenika.

### **Utjecaj na razvoj socio-emocionalnih vještina**

Računalno razmišljanje ne potiče samo logičko zaključivanje, već ima i važan utjecaj na razvoj socio-emocionalnih vještina kao što su suradnja, komunikacija i kreativno rješavanje problema. Autori sugeriraju da daljnja istraživanja trebaju istražiti kako ove vještine pridonose cjelokupnom obrazovnom iskustvu i dugoročnoj karijeri učenika, te kako ih dodatno razvijati kroz timski rad i projektno učenje.

### **Razvoj nastavničkih kompetencija**

Kako bi računalno razmišljanje bilo uspješno integrirano u škole, autori predlažu da se dodatno istraži kako obučiti nastavnike za poticanje tih vještina. Trenutni nedostatak stručnjaka za računalno obrazovanje u Europi ukazuje na potrebu za stvaranjem programa obuke i profesionalnog razvoja koji će nastavnicima pružiti alate i znanje potrebne za kvalitetnu integraciju računalnog razmišljanja u školske programe.

## **1.5.1 Izazovi u obrazovanju računalnog razmišljanja**

Obrazovanje računalnog razmišljanja suočava se s brojnim izazovima koji mogu otežati njegovu integraciju u postojeće kurikulume. Prema istraživanju iz 2020. [42], jedan od glavnih problema je nedostatak jasnih definicija i standarda za računalno razmišljanje, što može dovesti do konfuzije među nastavnicima i učenicima. Bez zajedničkog razumijevanja ovog koncepta, teško je uspostaviti dosljedne i učinkovite pristupe podučavanju.

Osim toga, postoji potreba za dodatnom obukom i podrškom za nastavnike, koji često nemaju dovoljno znanja o računalnom razmišljanju ili strategijama za njegovo poučavanje. Ovo može rezultirati neadekvatnim metodama podučavanja, što može smanjiti motivaciju i angažman učenika. Angeli i Giannakos [42] ističu da bi razvoj specifičnih profesionalnih programa mogao pomoći u osnaživanju nastavnika i poboljšanju kvalitete nastave.

Koordinacija između različitih dionika, uključujući obrazovne institucije, vlade i zajednice, nužno je pri uključivanju računalnog razmišljanja u obrazovni sustav. Samo zajedničkim naporima

možemo osigurati da računalno razmišljanje postane ključni element obrazovanja i da učenici steknu vještine potrebne za uspjeh u digitalnom svijetu.

### **1.5.2 Preporuke za provedbu integracije u školske sustave**

Za uspješnu implementaciju računalnog razmišljanja u školama, preporučuje se:

- Prilagodba sadržaja dobi učenika: Uključivanje osnovnih elemenata računalnog razmišljanja kroz jednostavne aktivnosti, poput vizualnog programiranja ili slaganja robota, može pomoći čak i najmlađim učenicima.
- Interdisciplinarni pristup: Računalno razmišljanje se može uspješno povezati s drugim predmetima kao što su matematika, umjetnost i jezik. Na taj način, učenici će steći širi kontekst i prepoznati važnost ovih vještina u svakodnevnom životu.
- Obuka nastavnika: Nastavnici trebaju kontinuiranu podršku kroz radionice i treninge kako bi učinkovito koristili digitalne alate i poticali razvoj računalnog razmišljanja u nastavi.
- Korištenje tehnologije kao alata za suradnju: Kroz projekte i timski rad učenici mogu razviti ne samo tehničke, već i komunikacijske i suradničke vještine, što je ključno za njihov budući uspjeh u dinamičnom tehnološkom okruženju.

Ovi pravci istraživanja i preporuke za integraciju računalnog razmišljanja mogu pomoći u oblikovanju obrazovnih politika i praksi, osiguravajući da učenici razviju vještine potrebne za uspjeh u budućem digitalnom društvu.

## 2 Metodologija istraživanja

### 2.1 Vrsta istraživanja

Za provedbu istraživanja korišten je kvalitativni pristup prikupljanju podataka. Kvalitativno istraživanje predstavlja znanstveni pristup koji koristi metode poput intervju, analize teksta te opažanja i bilježenja ponašanja kako bi prikupio tekstualne ili slikovne podatke te analizirao iskustva, procese i obrasce [43]. Iako kvalitativna istraživanja nemaju istu razinu dokazne snage kao kvantitativna, pružaju istraživaču uvid u veliku količinu podataka, omogućujući bolje razumijevanje procesa i mehanizama te postavljanje hipoteza koje se kasnije mogu testirati kvantitativnim metodama [43]. Ovo istraživanje provedeno je korištenjem kvalitativnih metoda jer su one najprimjerenije za rad s ispitanicima vrtićke dobi. Kvalitativna istraživanja omogućuju dublje razumijevanje djetetovih kognitivnih i emocionalnih reakcija, što je osobito važno kada se istražuje nešto apstraktno poput računalnog razmišljanja. Dodatni faktori koji su utjecali na izbor vrste istraživanja uključuju ograničeno vrijeme i broj ispitanika.

### 2.2 Predmet i cilj istraživanja

**Predmet istraživanja** su djeca vrtićkog uzrasta, od 3 do 6 i pol godina životne dobi. Istraživanje se fokusira na predloženu dobnu skupinu jer su to godine intenzivnog kognitivnog razvoja i formiranja osnovnih vještina koje će djeca koristiti tijekom cijelog života.

**Glavni cilj** ovog istraživanja je istražiti kako aktivnosti opipljivog programiranja mogu potaknuti razvoj računalnog razmišljanja i prostorne svijesti kod djece vrtićke dobi (3-6 godina). Poseban naglasak stavljen je na povezanost između prostornih vještina i računalnog razmišljanja, ključnih za uspjeh u STEM području.

Osim toga, istraživanje teži utvrditi:

- Razinu prostorne orijentacije kod djece, uključujući njihovu sposobnost prepoznavanja i korištenja prostornih odnosa u okolini.
- Sposobnost djece da daju upute u prostoru, precizno verbalno izražavajući prostorne odnose i kretanje.



- Razumijevanje opipljivog programiranja, kroz korištenje fizičkih objekata kao alata za rješavanje zadataka na način koji oponaša računalno razmišljanje.

Krajnji cilj istraživanja je procjena povezanosti između vještina prostorne orijentacije i računalnog razmišljanja kod djece te analiza kako ove sposobnosti mogu utjecati na razvoj algoritamskog razmišljanja i rješavanja problema. Ova saznanja mogu doprinijeti integraciji aktivnosti koje razvijaju prostorno i računalno razmišljanje u kurikulum predškolskih ustanova, s ciljem poticanja cjelokupnog kognitivnog razvoja djece.

## 2.3 Istraživačka pitanja i instrumenti

Pitanja postavljena za provedbu istraživanja:

- Mogu li dane aktivnosti s kockicama potaknuti računalno razmišljanje kod djece?
- Imaju li djeca viđenje orijentacije iz tuđe perspektive?
- Mogu li djeca zadavati upute u prostoru koje dovode do postavljenog cilja?
- Kako sposobnost djece da prepoznaju lijevu i desnu stranu iz osobne i tuđe perspektive utječe na njihovu sposobnost zadavanja uputa za navigaciju kroz prostor?
- Na koji način uspješno zadavanje uputa za navigaciju kroz prostor utječe na dječje razumijevanje opipljivog programiranja i njihov uspjeh u programiranju robota?
- Kako prostorne vještine djece utječu na njihovu sposobnost razvijanja računalnog razmišljanja i uspjeha u sastavljanju programa s kockicama?

Praćenje prve aktivnosti u prvoj fazi istraživanja odvijalo se bilježenjem bodova točno odrađenih aktivnosti iz osobne perspektive, tuđe te iz osobne perspektive bez gledanja drugih sudionika. Druga aktivnost se pratila nestrukturiranim opažanjem u kojem smo nastojali svakom od sudionika dodijeliti prateći komentar zapažanja.

Glavna faza istraživanja provedena je strukturiranim praćenjem s unaprijed postavljenim pitanjima predloženih u materijalima CS Unplugged [44]. Svaka aktivnost bila je pomno planirana kako bi se omogućilo precizno praćenje specifičnih kognitivnih vještina kod djece, uključujući prostornu orijentaciju, davanje uputa, prepoznavanje obrazaca i sposobnost rješavanja problemskih zadataka pomoću opipljivog programiranja.

Pitanja su bila unaprijed definirana i prilagođena dobi sudionika kako bi djeca mogla jasno razumjeti zadatke, a istovremeno kako bi se ispitale različite razine njihovih vještina. Primjerice, djeci su postavljana pitanja o tome kako bi navigirala određenim prostorom, kako bi postavili naredbe za kretanje robota te kako prepoznati greške u algoritmu. Ova pitanja su imala za cilj ispitati razumijevanje računalnog razmišljanja, sekvenciranja i logičkog zaključivanja.

CS Unplugged learning outcomes:  
Mathematics: Numeracy, CS: Programming, Literacy: Listening, Lit.: Speaking, Mat.: Geometry, CT: Algorithmic Thinking

Učenik	(M:N) Točno broji korake	(CS:P, L:L) Uklanja greške u programu	(CS:P, L:S) Objašnjava drugima kad program nije točan	(CS:P, M:G) Objašnjava/zna zašto je važno dati precizne naredbe	(M:G, L:L) Točno prati naredbe	(L:S) Govori točne naredbe koje se mogu pratiti	(CT:AT, M:G) Zna dati niz naredbi koje pomiču robota od jedne pozicije do druge	(CS:P) Prepoznaje grešku i ispravlja
--------	-----------------------------	--	--	--	-----------------------------------	--	--	---

Slika 2.1 CS Unplugged predložak praćenja aktivnosti

Praćenje je uključivalo detaljnu **analizu ponašanja i reakcija** sudionika tijekom izvođenja zadataka, kao i bilježenje točnih i netočnih odgovora na postavljena pitanja. Svaki odgovor sudionika bilježen je pomoću unaprijed pripremljenih obrazaca za praćenje aktivnosti. U obrascima su bile naznačene ključne stavke koje su promatrane, poput točnosti zadavanja uputa, razumijevanja prostorne orijentacije, te uspješnosti u rješavanju problema pomoću kockica i robota.

Kako bi se osigurala preciznost u praćenju, proces istraživanja bio je dokumentiran **videozapisom** svih aktivnosti. Videozapis je bio ključan alat koji je omogućio detaljniju i retrospektivnu analizu ponašanja djece. Omogućio je ponovno pregledavanje svih važnih trenutaka istraživanja, što je olakšalo uočavanje pogrešaka koje bi možda prošle nezamijećeno u stvarnom vremenu. Također, omogućio je praćenje neverbalnih znakova, kao što su geste i izrazi lica djece, koji su važni za razumijevanje njihovog procesa razmišljanja i angažmana tijekom aktivnosti.

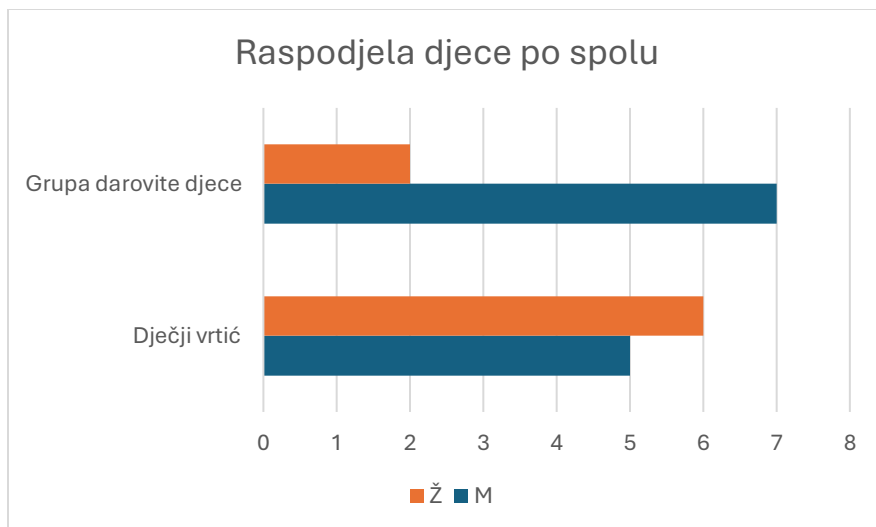
Svaki video je detaljno analiziran i praćen predloškom (Slika 2) po kojem smo pratili uspješnost provedenih aktivnosti. Sustav za praćenje identificirao je obrasce ponašanja, strategija, suočavanja s problemima, razumijevanja zadatka i način objašnjavanja. Video-analiza je omogućila dublji uvid u način na koji djeca koriste povratne informacije tijekom aktivnosti, kao i uočavanje trenutaka frustracije ili zbunjenosti.

Osim videozapisa, proces praćenja obuhvatio je i **neformalno promatranje** od strane istraživača, koji su bilježili napomene o ponašanju djece i njihovoj interakciji s materijalima, robotima i kockicama. Ove bilješke su korištene za kontekstualizaciju podataka iz videozapisa i pružile su dodatni sloj u analizi individualnih radnji i reakcija sudionika. Kombinacija strukturiranog praćenja, videozapisa i bilježenja omogućila je sveobuhvatniji pristup analizi i precizniju interpretaciju rezultata.

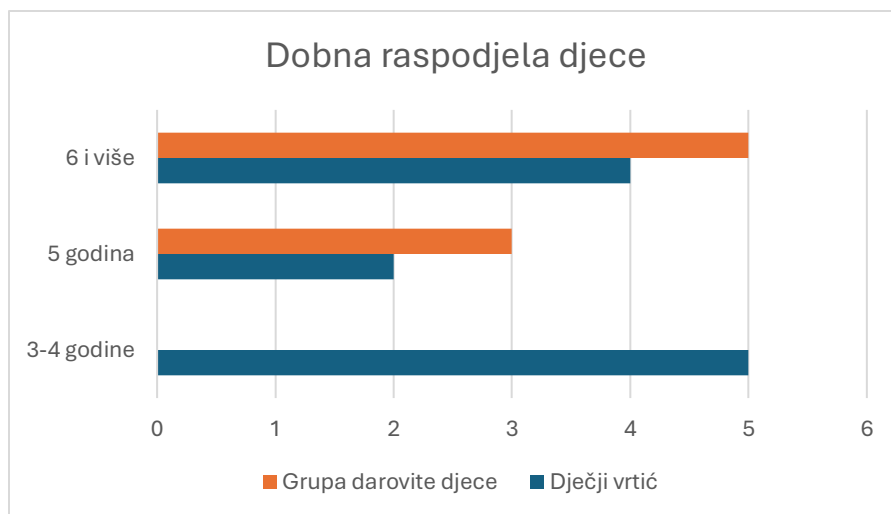
## 2.4 Sudionici

Probno istraživanje se provelo 02. svibnja 2024. u dječjem vrtiću. Dječja skupina se sastojala od ukupno 17 ispitanika, muške i ženske djece, dobne skupine od tri do šest godina.

Glavno istraživanje provedeno je s dvije skupine djece u vrtićkom okruženju dječjeg vrtića i dvije grupe darovite djece u prostorijama zgrade Prirodoslovno matematičkog fakulteta u Splitu. Istraživanje je provedeno 29. svibnja 2024. Sudionici u vrtićkom okruženju su bili miješana grupa dječaka i djevojčica (pet dječaka i šest djevojčica) dobne skupine od 3 do 6 godina. Grupa darovite djece se sastojala pretežito od dječaka (sedam dječaka i dvije djevojčice) dobnih skupina od 5 do 6 i pol godina. Darovita djeca kategorizirana su kao darovita provedbom službenih testova.



Slika 2.2 Razdioba djece po spolu



Slika 2.3 Razdioba djece po godinama

## 2.5 Postupak istraživanja

Istraživanje se sastojalo od dvije glavne faze provjere sudionika. Prva, uvodna faza je služila za provjeru predznanja sudionika i njihove spremnosti na prateće aktivnosti. Glavna faza je sadržavala aktivnost u kojima djeca pokazuju svoje sposobnosti sastavljanja vlastitog programa nizanjem kockica i time davanjem naredbi za pomicanje robota.

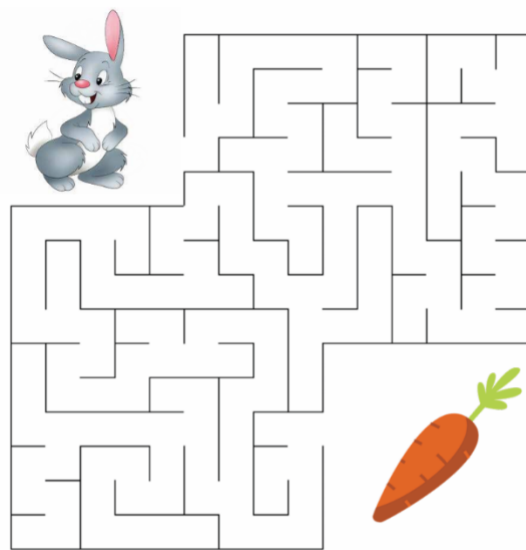
### 2.5.1 Prva faza istraživanja

Provedba istraživanja započinje podjelom oznaka kojima bi se lakše pratila angažiranost i napredak sudionika. Svako dijete stavilo je oko vrata oznaku neke od životinja, kako bi lakše raspoznali sudionike. Prilikom podjele oznaka, zapisali smo sa stražnje strane dob svakog sudionika i spol.

Nakon identifikacije, slijedi brza provjera dječje spremnosti na provedbu glavnog dijela koja je povezana s njihovom orijentacijom. Aktivnosti se dijele na provjeru orijentacije iz osobne perspektive, perspektive drugog promatrača te osobne perspektive bez gledanja drugih sudionika. Prva provjera uključivala je jednostavno podizanje lijeve i desne ruke prema uputi. Provjera shvaćanja orijentacije iz tuđe perspektive uključivala je podizanje ruku demonstratora koji stoji nasuprot sudionika i postavljanje pitanja „Koja ruka je podignuta?“. Za potrebe treće vježbe, sudionici su morali zaklopiti oči i okretati se u stranu koja im je naređena.

Slijedila je aktivnost davanja uputa u prostoru. Početni cilj je bio objasniti djeci pojednostavnjeni aspekt programiranja. Ulogu programera smo opisali kao osobu koja zadaje upute računalo. Prilikom izvođenja aktivnosti demonstrator je glumio računalo, a sudionici su trebali „programirati“ računalo davanjem uputa. Sudionici su trebali davati upute kretanja u prostoru kako bi demonstrator, koji glumi računalo, došao do zadane točke u prostoru. Uloge bi naknadno zamijenili kako bi pratili ponašanje jednog od sudionika u ulozi računala gdje treba slijepo pratiti upute drugih sudionika.

Osim glavnih nabrojanih aktivnosti, pripremljeni su i dodatni materijali na papiru s ispisanim labirintom, gdje bi sudionik trebao pronaći put koji povezuje dva grafička lika. Dodatni materijali su bili spremni u slučaju da je grupa nemirna i gubi koncentraciju ili u slučaju težeg praćenja glavnih aktivnosti.

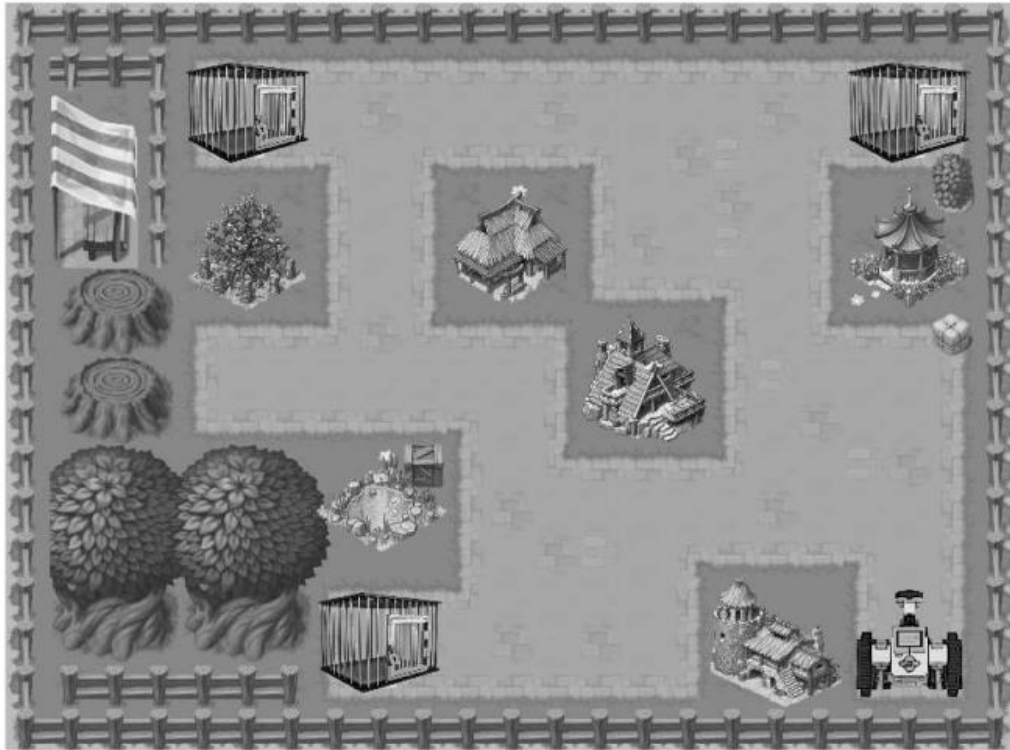


Slika 2.4 Primjer dodatnog materijala

## 2.5.2 Druga faza istraživanja

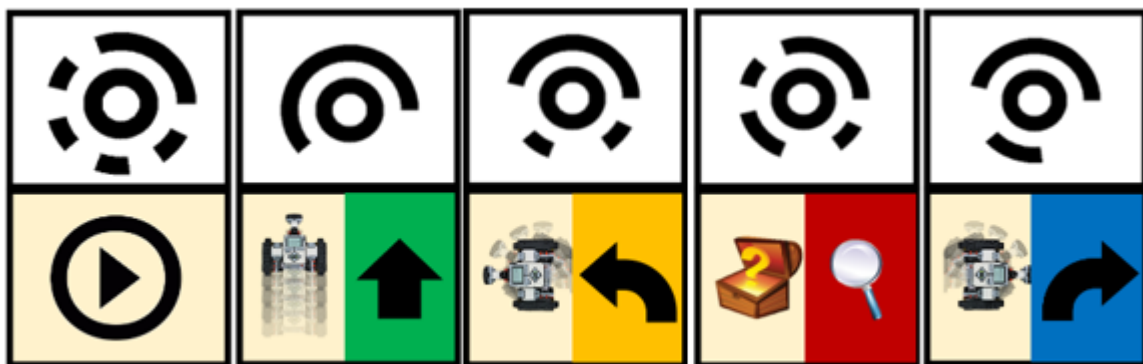
Igru „kockice“ implementirali su profesori Prirodoslovno matematičkog fakulteta u Splitu. Ideja je bila napraviti aktivnost koja će biti potaknuti računalno razmišljanje kod mlađe djece korištenjem alata opipljivog programiranja.

Igra se sastoji od dvije cjeline, opipljive i virtualne. Opipljivi dio obuhvaća ispisanu mapu s labirintom i postavljenim kavezima na njoj. **Kavezi** su postavljeni ručno na iste pozicije kao i na računalu. **Mapa** se sastoji od kvadratića koji predstavljaju stazu, prepreke i ciljeve (kaveze). Osim mape, imamo i robota. **Robot** je napravljen na način da se može pomicati po ploči u svim smjerovima. Početna pozicija mu je u desnom donjem kutu.



Slika 2.5 Početna pozicija robota na mapi [45]

Osim mape, djeca dobivaju i **kockice**. Svaka kockica ima nalijepljenu naredbe za pomicanje robota ili za izvršavanje određene radnje poput otvaranja kaveza. Kockice također imaju nalijepljene QR kodove kojima iščitavamo sastavljen program i šaljemo ga virtualnom dijelu igre



Slika 2.6 Oznake na kockicama

**Cilj igre** je sastaviti program koji će uspješno navoditi robota do kaveza, kako bi otvorio kavez i spasio životinju koja se krije u njemu.

Sastavljen kod u kockicama skeniramo i kompiliramo u stvarne naredbe za virtualnog robota. Pokretanjem programa robot izvršava zadane naredbe i dolazi do kaveza. Kada dođe do odabranog kaveza otvara se prozor sa zagonetkom. Zagonetka predlaže opis životinje i tri ponuđena odgovora. Cilj je provjeriti znanje djece i usputno ih naučiti nekim zanimljivim činjenicama o traženim životinjama. Razotkrivanje odgovora na zagonetku provodi se skeniranjem slike priložene ispod postavljenog pitanja, za što nam je potreban dodatan uređaj poput mobilnog telefona ili tableta. Skeniranjem se prikaže 3D model tražene životinje.



Slika 2.7 Primjer 3D modela životinje [46]



Provedba glavne aktivnosti zahtijevala je manju grupicu od maksimalno četiri sudionika. Svaki sudionik ima svoju ulogu sa određenom odgovornošću. Prvi sudionik imitira ulogu programera. Programer je osoba koja zadaje niz instrukcija računalu , u ovom slučaju je to bilo dijete koje je spajalo kockice za program. Drugi sudionik imitira ulogu kompajlera koji u ovom slučaju iščitava „kod“ sastavljen od strane programera i prevodi ga pomičući figuricu robota po ploči. Treće dijete pronalazi kockice koje su potrebne za sastavljanje programa i sugerira koje bi kockice programer trebao slijediti. Naposljetku, četvrto dijete prati kretanje robota, imitira njegove okrete u prostoru. Uloga četvrtog djeteta je pratiti orijentaciju robota i pomoći u odabiru idućeg poteza.



Slika 2.8 Provedba istraživanja - igra "Kockice"

## 3 Rezultati

U ovom poglavlju najprije ćemo opisati rezultate probnog istraživanja, koje je odigralo ključnu ulogu u oblikovanju glavnog istraživanja i adresiranju uočenih nedostataka. Probno istraživanje omogućilo nam je formuliranje istraživačkih pitanja koji su se kasnije testirali u okviru glavnog istraživanja, pružajući temelj za dublje analize i razumijevanje dinamičkog procesa učenja među djecom.

Nakon uvodnog pregleda rezultata probnog istraživanja, slijede rezultati glavnog istraživanja, koji su organizirani prema različitim grupama i provedenim aktivnostima. Ova podjela omogućuje jasno razlikovanje između različitih skupina sudionika i njihovih individualnih postignuća, čime se olakšava evaluacija učinkovitosti metodoloških pristupa.

Uz kvantitativne rezultate, poglavlje također uključuje i dodatna zapažanja o ponašanju djece tijekom istraživanja. Ova kvalitativna zapažanja pružaju dublje razumijevanje konteksta i dinamike istraživačkih aktivnosti, naglašavajući kako interakcije među sudionicima, kao i njihova emocionalna stanja, utječu na proces učenja. Kombinacija kvantitativnih i kvalitativnih podataka omogućava nam cjelovitiji uvid u sposobnosti i izazove s kojima se djeca susreću tijekom aktivnosti, kao i u njihove individualne i grupne dinamike. Sve to zajedno čini ovaj prikaz sveobuhvatnim izvorom informacija koje će biti korisne za buduće istraživanje i razvoj strategija za podršku učenju djece u ranom uzrastu.

### 3.1 Rezultati probnog istraživanja

Probno istraživanje provedeno je na cijeloj vrtićkoj skupini od ukupno 17 sudionika. Praćenje rezultata obavljeno je neformalnim promatranjem sudionika tokom obavljanja aktivnosti. Bilješke promatranja su zapisane neposredno nakon provedenog istraživanja. Zbog prevelikog broja sudionika nije bilo moguće uključiti svu djecu u drugu fazu istraživanja. Uvodna provjera lijeve i desne strane podizanjem ruke otkrila je da polovica djece dobro zna lijevu i desnu stranu, dio ih nije sudjelovao, a dio ih je trebao malu pomoć. Djeca koja su prošla prvu provjeru uglavnom su stariji dio grupe. U probnom istraživanju nije bilo provjere davanja uputa u prostoru; ta aktivnost nadodana je za glavno istraživanje.

Za glavni dio istraživanja odabrali smo skupinu koja se dijelom sastojala od djece koja su se dobro pokazala pri uvodnoj provjeri i dijelom od onih kojima je trebala mala pomoć. Nemamo točne zapise dobi svakog sudionika, ali primijetili smo da su se stariji sudionici bolje snalazili u početnim aktivnostima te su stoga bili odabrani za glavni dio istraživanja. Starija djeca pokazala su veći interes za provedbu glavnih aktivnosti s kockicama i duže su održavala koncentraciju. Zbog navedenih razloga, starija djeca su češće preuzimala ulogu sastavljanja programa i praćenja robota na mapi.

Djeca koja su dobro raspoznavala lijevu i desnu stranu s lakoćom su zadavala upute pomicanja robota u prostoru. Djeca kojima je u početnoj fazi trebala mala pomoć najčešće su griješila stranu okretanja robota.

Za potrebe glavnog istraživanja poboljšali smo pristup identificiranju sudionika. Povećali smo broj aktivnosti istraživanja i time povećali broj praćenih istraživačkih pitanja. Pored uvodne provjere lijeve i desne strane, uključili smo više složenih zadataka koji su zahtijevali davanje preciznih uputa za kretanje robota kroz prostor, kao i rješavanje problema koji su se pojavljivali tijekom aktivnosti. Ova faza istraživanja omogućila je detaljniju analizu sposobnosti djece u računalnom razmišljanju i prostornoj orijentaciji.

## **3.2 Rezultati glavnog istraživanja**

### **3.2.1 Rezultati istraživanja u dječjem vrtiću**

Rezultati početne faze provedene s djecom u dječjem vrtiću bitno se razlikuju među grupama. Prva grupa sudionika sastojala se pretežito od starije djece koja su mogla pratiti vježbe s minimalnom dodatnom pomoći, dok je druga grupa uglavnom uključivala mlađu djecu u dobi od tri do pet godina. Svaka grupa imala je po jedno darovito dijete različite dobi.

Rezultati prve grupe u aktivnosti pokazivanja lijeve i desne strane ističe par pojedinaca koji su dobro slijedili dane upute i točno izvršavali naredbe. Dvoje sudionika koji nisu pokazali najbolje rezultate su mlađi dio skupine koji nisu znali pokazati strane, ali su pratili ostale u grupi prilikom odgovaranja na pitanje pokazane strane iz tuđe perspektive.

Table 3.1 Rezultati prve aktivnosti – prva regularna grupa

	L/D iz osobne perspektive	L/D iz tuđe perspektive	Bez gledanja
Sudionik 1	1	1	1
Sudionik 2	0	1	0
Sudionik 3	0	1	0
Sudionik 4	1	1	1
Sudionik 5	1	1	0

Druga aktivnost koja obuhvaća zadavanje uputa u prostoru pokazala je rezultate koji prate rezultate prve aktivnosti. Prvi sudionik (jedan od darovite djece) je pokazao snalažljivost u prostornoj orijentaciji i uspješno je davao prijedloge prostornog pomicanja. Također je jedni izrazio želju za zamjenom uloga i pri tom točno provodio dane upute, bez obzira što su upute bile pogrešne. Najmlađi sudionik nije sudjelovao u navođenju, kao ni još jedan od sudionika. Možemo vidjeti da sudionik koji se nije najbolje pokazao u prvoj aktivnosti, nije ni znao zadavati upute orijentacije u prostoru.

Tablica 3.2 Prateći komentari zadavanja uputa u prostoru – prva regularna grupa

Sudionik 1	Točno predlaže upute orijentacije u prostoru i dobro provodi dane upute.
Sudionik 2	Navodi ispitanika na pogrešnu stranu.
Sudionik 3	Nije sudjelovala u navođenju.
Sudionik 4	Nije sudjelovala u navođenju.
Sudionik 5	Navodi ispitanika na pogrešnu stranu, ali se brzo ispravlja.

Druga faza provedenog istraživanja praćena je tablicom izvođenja aktivnosti tokom provedbe vježbe. U nastavku su izvučeni komentari na osnovu dokumentacije zabilježene u tablici i popratno uočenih ponašanja tokom provedbe vježbe.

Kao što možemo vidjeti, sudionik koji se iskazao u prethodnoj fazi provjere orijentacije, pokazao je i najbolje rezultate prilikom provedbe glavne aktivnosti. Ostali sudionici koji su sudjelovali u navedenoj aktivnosti su uspjeli pratiti naredbe drugih sudionika, ali bi sami griješili prilikom odabira strane. Kada je naišla pogreška u programu, prvi sudionik je preuzeo vodstvo i sam ispravio pogrešku iako je do tada samo sugerirao akcije okretanja robota.

Tablica 3.3 Prateći komentari provedbe glavne aktivnosti – prva regularna grupa

Sudionik 1	Dobro se snalazi u prostoru i točno sugerira okret robota. Prepoznaje pogrešku i ispravlja je. Govori točne naredbe koje se mogu pratiti. Objašnjava drugima kad program nije točan. Preuzima kontrolu slaganja programa i ispravlja greške.
Sudionik 2	Točno prati naredbe sudionika, ali sam ne raspoznaje pogrešku orijentacije.
Sudionik 3	Sudjelovala samo u odabiru puta. Rješavala dodatne materijale.
Sudionik 4	Nije sudjelovala u glavnoj aktivnosti. Rješavala dodatne materijale.
Sudionik 5	Radila najviše pogrešaka vezanih za orijentaciju. Točno prati naredbe drugih. Brzo izgubila interes za nastavkom.

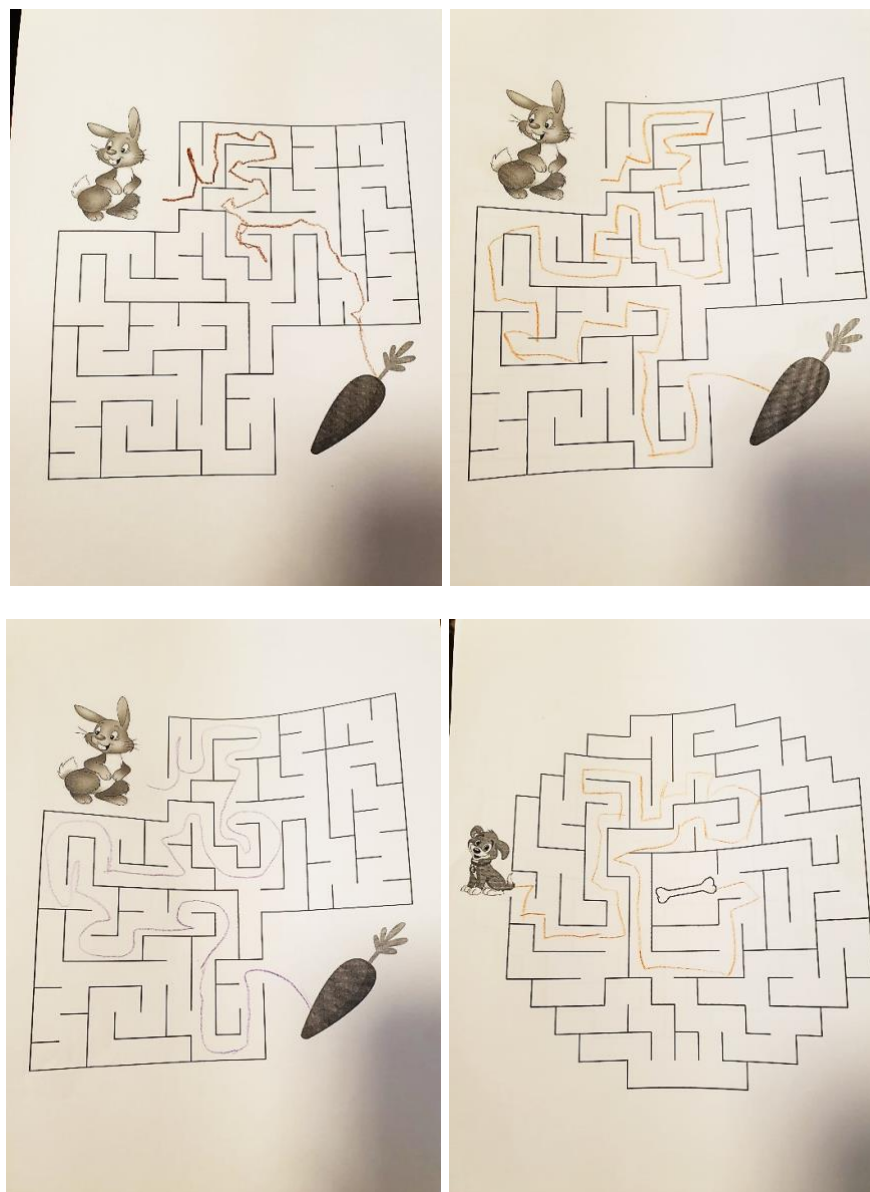
Rezultati druge grupe nisu prikazani tablicom jer nisu popraćeni video snimkom. Druga grupa se pretežito sastojala od mlađe populacije dobi tri do pet godina. Izuzetak u drugoj skupini je bilo jedno darovito dijete koje ima četiri godine. U grupi je također bila djevojčica predškolske dobi koja je mogla pratiti aktivnosti, ali se nije naročito iskazala, odnosno nije bila dovoljno zainteresirana. Samo dvoje izdvojenih sudionika je znalo raspoznati lijevu i desnu stranu sa sigurnošću dok drugi još nemaju takve orijentacijske sposobnosti.

Prateći rezultate prethodne vježbe, druga grupa nije mogla samostalno provoditi drugu aktivnost orijentacije u prostoru. Vježba navođenja u prostoru je bila modificirana prema predznanju sudionika. Uz pomoć ispitanika djeca su ipak uspjela obaviti tražene aktivnosti do kraja.

Nastavak aktivnosti na glavnu fazu bio je također modificiran, odabirom kraće rute za kretanje robota na mapi. Zadatak je bio pomaknuti robota za dvije kocke prema naprijed, okrenuti ga u lijevu stranu, primaknuti ga kavezu naredbom prema naprijed i otvoriti kavez. Grupa koja je

sudjelovala u glavnoj aktivnosti uspjela je uz dodatnu pomoć doći do zadanog kaveza. Aktivnost s kockicama tada je prekinuta i djeca su nastavila rješavati dodatne materijale.

Dodatni materijali su rezultirali s **osam točno** riješenih labirinata i **devet netočno** riješenih ili nedovršenih labirinata. Najčešće pogreške su bile stvaranje vlastitog puta bez obaziranja na prepreke. Kod dobro riješenih zagonetki zanimljivo je primijetiti način ispisivanja zadane rute. Većina ih je pisala linije koje vode na pogrešnu stranu i zatim bi se vratili istom linijom dok ne pronađu pravi put, dok je jedan sudionik pisao linije iscjepkano unaprijed promišljajući o ruti koju crta.



Slika 3.1 Primjeri rješenja dodatnih materijala

### 3.2.2 Rezultati istraživanja grupe darovite djece

Rezultati prve aktivnosti kod grupa darovite djece, koja se odnosila samo na pokazivanje lijeve i desne strane iz osobne i tuđe perspektive, prikazane su u sljedećoj tablici Svaka navedena aktivnost sastojala se od samo jedne provjere osim kod zadnje stavke „bez gledanja“ koja se sastojala od dvije provjere. Sudioniku je zapisan bod ako je točno odradio aktivnost, nula ako je pogriješio, a 0.5 se dijeli na dvije aktivnosti tako da je sudionik napravio jednu pogrešku od moguće dvije. Jedan od sudionika nije sudjelovao u prvoj aktivnosti zbog kašnjenja.

Možemo vidjeti da svi sudionici u prvoj grupi raspoznaju lijevu i desnu stranu, bez obzira na perspektivu. Međutim, svi su sudionici napravili po jednu pogrešku tijekom aktivnosti s zatvorenim očima, što sugerira da je ta metoda smanjila njihovu koncentraciju.

Table 3.4 Rezultati prve aktivnosti – prva napredna grupa

	L/D iz osobne perspektive	L/D iz tuđe perspektive	Bez gledanja
Sudionik 1	1	1	0.5
Sudionik 2	1	1	0.5
Sudionik 3	1	1	1
Sudionik 4	1	0	0.5
Sudionik 5	/	/	/

Nastavak aktivnosti u prvoj fazi uključivao je davanje uputa u prostoru. Prema zabilješkama, prva grupa darovite djece, unatoč boljim rezultatima u prepoznavanju lijeve i desne strane, nije pokazala najbolje rezultate u davanju uputa. Moramo uzeti u obzir da su se pojedinci iz grupe postavili poprilično neozbiljno i time narušili koncentraciju drugih sudionika. Pojedinci su se pokazali dobri u davanju uputa, dok su pojedinci znali demonstrirati put, ali ne i dati verbalnu uputu.

Table 3.5 Prateći komentari zadavanja uputa u prostoru – prva napredna grupa

Sudionik 1	Najglasnije ponavljao upute, bez obzira jesu li točne ili krive, sve dok se uputa ne izvrši. Globalno je predlagao točne upute i raspoznavao strane.
Sudionik 2	Djevojčica je bila najozbiljnija, slušala upute demonstratora i zadavala točne upute za navođenje.
Sudionik 3	Predlagao krive upute orijentacije. Kada je izgubio interes namjerno predlagao krivu rutu.
Sudionik 4	Znao je dati točne upute za skretanje u prostoru, ali nije slušao upute drugih prilikom zamjene uloga.
Sudionik 5	Znala je demonstrirati okret u prostoru, ali ne i davati verbalne upute. Brzo je izgubila koncentraciju.

Provedba druge faze s prvom grupom napredne djece zahtijevala je najviše energije i strpljenja. Grupa je globalno bila nemirna, osim par pojedinaca. Sudionik dva je najuspješnije rješavao zadane aktivnosti, najdulje je držao koncentraciju i najbolje slijedio dane upute. Sudionik četiri je najbrže uvidio probleme u programu i davao sugestije za popravak koda, međutim najbrže je izgubio koncentraciju i odmakao se od grupe. Prvi sudionik se trudio istaknuti, ali griješio bi strane i brzo bi se naljutio.

Prva grupa možda nije imala koncentraciju za računalno razmišljanje i sastavljanje programa, ali se pokazala zainteresiranima za čitanje zagonetke i pogađanje životinja. Odgajateljica je objasnila da su interesi prve grupe više vezani za grčku mitologiju, povijest i zemljopis, a manje za informatiku.



Table 3.6 Prateći komentari provedene glavne aktivnosti – prva napredna grupa

Sudionik 1	Potrebno mu je malo navođenja. Zna dati niz naredbi koje pomiču robota od jedne pozicije do druge. Griješi u orijentaciji i broju koraka.
Sudionik 2	Točno broji korake. Točno prati naredbe. Snalazi se u prostoru i ispravlja pogreške. Objasnjava drugima kad program nije točan. Zna zašto je važno dati precizne naredbe.
Sudionik 3	Nije bio pretjerano zainteresiran za provedbu vježbe. Griješio strane. Napravio grešku u programu. Ne sluša naredbe orijentacije. Na kraju kada je i teta intervenirala počeo davati točne naredbe.
Sudionik 4	Pronalazi pogreške u programu i uklanja ih. Točno broji korake. Zna zašto je važno dati precizne naredbe. Brzo gubi strpljenje i prepušta sastavljanje kockica drugima.
Sudionik 5	Nije zainteresirana za aktualnu vježbu. Pronalazi druge zanimacije primjerice samostalno slaganje kockica u toranj.

Rezultati druge grupe pokazali su malo lošiju sliku raspoznavanja lijeve i desne strane iz tuđe perspektive. Djeca su jednoglasno dala pogrešan odgovor prilikom provjere strane iz perspektive demonstratora. Na kraju je samo jedan sudionik ispravio odgovor, dok se drugi nisu oglasili. Ponovno je bilo pogrešaka kod aktivnosti sa zatvorenim očima i to najčešće na samom kraju provjere.

Table 3.7 Rezultati prve aktivnosti – druga napredna grupa

	L/D iz osobne perspektive	L/D iz tuđe perspektive	Bez gledanja
Sudionik 1	1	1	0.5
Sudionik 2	1	0	0.5
Sudionik 3	1	0	0.5
Sudionik 4	1	0	0.5

Druga grupa koja je u početnoj fazi imala lošije rezultate od prve grupe, pokazala je bolje rezultate prilikom zadavanja uputa u prostoru. Uzmimo u obzir da je prateća atmosfera druge grupe bila puno mirnija i djeca su djelovala puno zainteresiranija za dane aktivnosti. Određeni pojedinci u grupi su obavljali zadatke bez ikakvih problema, dok su određeni pojedinci sami sebe sputavali prilikom cijele provedbe vježbe. Pojedinaac koji se sputavao i ponavljao da ne zna raspoznati strane, dao si je vremena i uložio puno više koncentracije na vježbu naspram pojedinaca kojima je vježba išla automatski. Drugi pojedinac koji je griješio strane je bio brzoplet i nije puno razmišljao o danom odgovoru.

Table 3.8 Prateći komentari zadavanja uputa u prostoru – druga napredna grupa

Sudionik 1	Griješi strane kod davanja uputa. Uporno ponavlja da ne zna lijevu i desnu stranu. Vidno sporije izvršava dane upute prilikom okretaja i traži potvrdu drugih bez obzira što točno izvrši zadatak.
Sudionik 2	Griješi strane, ali se brzo ispravi. Prilikom zamjene uloga nije imao strpljenja slušati upute, već je sam došao do cilja.
Sudionik 3	Daje točne i precizne upute. Ne ističe se puno u grupi, ali je koncentriran i prati.
Sudionik 4	Daje točne upute, nema problem s orijentacijom iz tuđe perspektive.

Posljednja aktivnost druge napredne grupe je prošla uspješnije nego s prvom grupom. Rezultati pokazuju da su svi sudionici uspjeli obaviti zadatak uspješno što se moglo vidjeti po broju riješenih zagonetki. Navedena grupa je uspjela otključati sve kaveze na zadanoj mapi u prilično kratkom vremenu. Najviše se istakao sudionik koji se do sada nije nametao, ali je odlučio samostalno sastaviti cijeli program bez ikakve pomoći i to u jako kratkom vremenu.

Table 3.9 Prateći komentari provedene glavne aktivnosti – druga napredna grupa

Sudionik 1	Ohrabruje sam sebe i želi sam probati sastaviti program. Točno broji korake. Uklanja greške u programu. Točno prati naredbe. Točno odabire smjer kretanja uz tuđe sugestije. Potrebno mu je malo više vremena.
Sudionik 2	Točno broji korake. Točno prati naredbe. Radi greške u programu, griješi strane okretanja robota.
Sudionik 3	Samostalno sastavio kod bez pomoći drugih u jako kratkom vremenu.
Sudionik 4	Točno prati upute. Snalazi se u prostoru. Govori točne naredbe koje se mogu pratiti. Zna dati niz naredbi koje pomiču robota do željenog mjesta.

Sljedeće tablice služe kao predložak za lakši pregled ukupne uspješnosti izvršenih aktivnosti. Vrijednost 1 označava potpuno uspješno izvršene aktivnosti, 0 označava neuspješno izvršene aktivnosti, dok 0.5 predstavlja djelomično ostvarene aktivnosti.

Table 3.10 Ukupni rezultati praćenja u vrtićkoj skupini

Godine	Spol	1.aktivnost	2.aktivnost	3.aktivnost
6	m	1	1	1
5	m	0	0	0
4	ž	0	0	0
6	ž	1	0	0
6	ž	1	0	0
4	m	1	0.5	1
6	ž	1	0.5	0.5
4	ž	0	0	0
3	m	0	0	0
3	m	0	0	0
5	ž	0	0	0

Table 3.11 Ukupni rezultati praćenja napredne grupe

Godine	Spol	1.aktivnost	2.aktivnost	3.aktivnost
6	m	1	1	1
6	ž	1	1	1
6	m	1	0	0
5	m	1	1	1
5	ž	0	0	0
6	m	1	0	1
5	m	1	0.5	0.5
6	m	1	1	1
5	m	1	1	1

### 3.3 Rasprava

Istraživanje provedeno nad vrtićkom skupinom djece u dobi od 3 do 6 godina rezultiralo je zanimljivim ishodima. Od ukupno 20 ispitanika, 7 ih nije moglo pratiti aktivnosti istraživanja. Razlog tome dijelom je bila njihova mlađa životna dob. Sedam izdvojenih sudionika spadaju u mlađu skupinu (od 3 do 5 godina), što ukazuje na to da su složenost zadataka i razvojne faze djece u ovoj dobnoj skupini značajno utjecale na rezultate. Jedini izuzetak u ovom zaključku je dijete koje pripada darovitoj djeci, a koje je testirano u vrtićkom okruženju i ima četiri godine.

Tablica 3.10 Završni rezultati

Aktivnost	Broj ispitanika (od ukupno 20)
Razlikuje lijevu i desnu stranu iz osobne i tuđe perspektive	13
Uspješno zadaje upute u prostoru	9
Razumije i može provoditi aktivnosti s kockicama	10

#### 3.3.1 Rezultati prema istraživačkim pitanjima

- Mogu li dane aktivnosti s kockicama potaknuti računalno razmišljanje kod djece?

U naprednoj grupi većina djece, posebno oni od 6 godina, uspješno je izvršila aktivnosti s kockicama, što ukazuje na to da su ove aktivnosti potaknule njihovo računalno razmišljanje. Konkretno, 6 od 9 djece u naprednoj grupi uspješno je složilo kockice, dok su neka djeca (npr. od 5 godina) pokazala djelomičan uspjeh.

U vrtićkoj grupi, uspjeh je niži, što posebno vrijedi za mlađu djecu. Djeca od 4 i 5 godina imala su više poteškoća u računalnom razmišljanju, što sugerira da aktivnosti s kockicama možda nisu bile dovoljno prilagođene njihovom razvojnom stupnju.

Općenito možemo zaključiti da aktivnosti s kockicama imaju potencijal za poticanje računalnog razmišljanja, osobito kod starije djece (5-6 godina), ali mlađa djeca trebaju dodatnu podršku.

- Imaju li djeca viđenje orijentacije iz tuđe perspektive?

U naprednoj grupi, gotovo sva djeca od 6 godina uspješno razlikuju lijevu i desnu stranu iz osobne i tuđe perspektive, što sugerira da većina djece ima razvijenu prostornu orijentaciju. Manja djeca (od 5 godina) također pokazuju određeni uspjeh, ali u manjoj mjeri.

U vrtićkoj grupi, samo djeca od 6 godina pokazuju sposobnost razlikovanja perspektiva, dok mlađa djeca (od 4 i 3 godine) imaju poteškoća s ovom vještinom.

Možemo donijeti zaključak da većina djece od 6 godina ima sposobnost orijentacije iz tuđe perspektive, dok mlađa djeca imaju poteškoća s ovom vještinom.

- Mogu li djeca zadavati upute u prostoru koje dovode do postavljenog cilja?

U naprednoj grupi, većina djece (posebno od 6 godina) uspješno daje upute u prostoru, dok mlađa djeca (5 godina) pokazuju djelomične poteškoće.

U vrtićkoj grupi, uspjeh je niži – samo djeca od 6 godina uspješno daju upute, dok mlađa djeca (4 i 3 godine) imaju poteškoća.

Na temelju toga možemo zaključiti da starija djeca (5-6 godina) uglavnom mogu uspješno zadavati upute u prostoru, ali mlađa djeca imaju značajne poteškoće.

- Kako sposobnost djece da prepoznaju lijevu i desnu stranu iz osobne i tuđe perspektive utječe na njihovu sposobnost zadavanja uputa za navigaciju kroz prostor?

U naprednoj grupi, djeca koja uspješno razlikuju lijevu i desnu stranu (1. aktivnost) generalno su uspješna i u davanju uputa (2. aktivnost). Na primjer, svi 6-godišnjaci koji uspješno razlikuju strane uspješno zadaju upute.

U vrtićkoj grupi, djeca koja ne uspijevaju razlikovati strane (mlađa djeca) također ne uspijevaju davati upute, što potvrđuje vezu između ovih dviju vještina.

Kao zaključak rekli bismo da sposobnost prepoznavanja lijeve i desne strane iz osobne i tuđe perspektive značajno doprinosi uspjehu u zadavanju uputa za navigaciju.

- Na koji način uspješno zadavanje uputa za navigaciju kroz prostor utječe na dječje razumijevanje opipljivog programiranja i njihov uspjeh u programiranju robota?

U naprednoj grupi, djeca koja su uspješna u zadavanju uputa (2. aktivnost) uglavnom su uspješna i u opipljivom programiranju (3. aktivnost). Ovdje vidimo jaku vezu između ove dvije vještine kod djece od 6 godina.

U vrtićkoj grupi, djeca koja nisu uspješna u zadavanju uputa (posebno mlađa djeca) također imaju poteškoća s programiranjem. Međutim, kod djece od 6 godina uspjeh u obje aktivnosti je značajno veći.

Opći donesen zaključak bi bio da uspješno zadavanje uputa za navigaciju često dovodi do boljeg razumijevanja opipljivog programiranja, osobito kod starije djece.

- Kako prostorne vještine djece utječu na njihovu sposobnost razvijanja računalnog razmišljanja i uspjeha u sastavljanju programa s kockicama?

U naprednoj grupi, djeca s boljim prostornim vještinama (1. i 2. aktivnost) generalno su uspješna i u razvoju računalnog razmišljanja i sastavljanju programa s kockicama (3. aktivnost). Primjerice, svi 6-godišnjaci koji su uspješni u prostornoj orijentaciji uspješno su izvršili i aktivnosti s kockicama.

U vrtićkoj grupi, djeca s boljim prostornim vještinama (uglavnom 6-godišnjaci) također imaju veći uspjeh u računalnom razmišljanju, dok mlađa djeca s manje razvijenim prostornim vještinama pokazuju poteškoće u sastavljanju programa.

Postoji jaka povezanost između razvijenih prostornih vještina i sposobnosti razvijanja računalnog razmišljanja i uspjeha u aktivnostima s kockicama, osobito kod starije djece.

**Generalni zaključci** na temelju istraživačkih pitanja pokazuju da aktivnosti s kockicama potiču računalno razmišljanje, posebno kod starije djece u dobi od 5 i 6 godina. Djeca od 6 godina već posjeduju razvijene vještine orijentacije iz tuđe perspektive, dok mlađa djeca još uvijek rade na razvoju te sposobnosti. Sposobnost razlikovanja lijeve i desne strane povezana je s uspjehom u davanju uputa za navigaciju, pri čemu je ovaj uspjeh izraženiji kod starije djece. Također, uspješno zadavanje uputa za navigaciju često je povezano s boljim razumijevanjem opipljivog programiranja. Prostorne vještine, kao ključni čimbenik u razvoju računalnog razmišljanja, značajno doprinose uspjehu u programiranju s kockicama. Međutim, mlađa djeca zahtijevaju dodatnu podršku i prilagodbu aktivnosti kako bi razvila ove vještine na zadovoljavajućoj razini.

**Usporedba s literaturom** otkriva da se ovi rezultati dobro uklapaju u postojeća istraživanja o razvoju računalnog razmišljanja kod djece. Kao što je već spomenuto, istraživanja Paperta i Wing naglašavaju važnost ranog uvođenja računalnog razmišljanja kroz aktivnosti koje potiču manipulaciju fizičkim objektima, a rezultati ovog istraživanja pokazuju da djeca intuitivno

usvajaju osnovne koncepte programiranja, čak i bez upotrebe digitalnih uređaja. Time se potvrđuje da je opipljivo programiranje učinkovita metoda za razvoj ovih vještina.

Iako su rezultati uglavnom u skladu s očekivanjima, postoji nekoliko neočekivanih nalaza. Na primjer, djeca koja su pokazala bolju prostornu orijentaciju nisu uvijek bila najuspješnija u svim aspektima opipljivog programiranja. Ova **neočekivana odstupanja** mogla bi se objasniti utjecajem faktora poput motivacije, pažnje ili motoričkih vještina, što sugerira da je uspješnost u računalnom razmišljanju multidimenzionalna te ovisi o više faktora, a ne samo o prostornim vještinama. Potrebno je dodatno istražiti ove odnose kako bi se bolje razumjelo na koji način različiti aspekti dječjeg kognitivnog razvoja doprinose računalnom razmišljanju.

**Ograničenja istraživanja** također je važno uzeti u obzir prilikom tumačenja rezultata. Prvo ograničenje je veličina uzorka. Istraživanje je provedeno na relativno malom broju djece, što otežava generalizaciju rezultata na širu populaciju. Drugo ograničenje odnosi se na moguće razlike u sposobnostima djece vezane uz motoričku koordinaciju. Djeca koja su imala poteškoće u manipulaciji kockicama možda nisu mogla u potpunosti izraziti svoje računalne vještine, iako su razumjela zadatak. Ovo ukazuje na potrebu za uključivanjem različitih metoda i alata za procjenu računalnog razmišljanja, kako bi se izbjegla pristranost prema djeci s boljim motoričkim vještinama.

Unatoč ograničenjima, ovo istraživanje pruža važan uvid u praktične implikacije za obrazovni sustav. Integracija opipljivog programiranja u vrtičke kurikulume mogla bi značajno pridonijeti razvoju računalnog razmišljanja kod djece. Metode koje uključuju manipulaciju fizičkim objektima i igre omogućuju djeci da na intuitivan način usvajaju složene koncepte, čime se povećava njihova motivacija i angažiranost u učenju. Učitelji i odgajatelji mogli bi koristiti ove aktivnosti kao alat za poticanje kritičkog i algoritamskog razmišljanja, što je temelj za uspjeh u STEM područjima u kasnijem obrazovanju.

**Daljnja istraživanja** trebala bi se usmjeriti na šire uzorke kako bi se potvrdila valjanost rezultata na razini populacije. Također, preporučuje se ispitivanje dugoročnih učinaka ranog uvođenja računalnog razmišljanja na djecu, kao i istraživanje različitih vrsta aktivnosti i alata za razvoj ovih vještina. Posebna pažnja trebala bi se posvetiti djeci s posebnim obrazovnim potrebama i iz socio-ekonomski nepovoljnijih sredina, kako bi se osiguralo da svi imaju jednak pristup obrazovnim metodama koje potiču razvoj ključnih kognitivnih vještina.



Zaključno, rezultati ovog istraživanja pokazuju da aktivnosti koje uključuju prostorne vještine i opipljivo programiranje mogu značajno unaprijediti kognitivni razvoj djece vrtićke dobi. Integracija ovakvih metoda u obrazovni sustav predstavlja obećavajući smjer za osnaživanje djece u razvoju računalnog razmišljanja, čime će biti bolje pripremljena za izazove budućnosti.

## Zaključak

Rezultati ovog istraživanja jasno pokazuju da aktivnosti koje kombiniraju prostorno i računalno razmišljanje mogu imati značajan utjecaj na kognitivni razvoj djece vrtićke dobi. Kroz provedene eksperimente s opipljivim programiranjem, djeca su pokazala sposobnost ne samo razumijevanja osnovnih koncepta računalnog razmišljanja, već i primjene tih znanja u rješavanju konkretnih zadataka. To ukazuje na važnost ranog poticanja ovih vještina, ne samo kao pripremu za buduće obrazovanje u STEM područjima, već i kao temelj za svakodnevno kritičko razmišljanje i rješavanje problema.

Jedan od ključnih doprinosa ovog rada jest potvrda povezanosti između prostornih vještina i računalnog razmišljanja. Djeca koja su uspješnije rješavala zadatke koji zahtijevaju prostornu orijentaciju, također su pokazala bolju sposobnost algoritamskog razmišljanja i davanja uputa za kretanje robota. Ovaj nalaz podržava tezu da rano razvijanje prostorne svijesti kroz igre i aktivnosti s fizičkim objektima može imati pozitivan učinak na sposobnost djece da razumiju i primjenjuju računalne koncepte.

Osim toga, istraživanje je pokazalo da djeca vrtićke dobi mogu intuitivno razumjeti principe opipljivog programiranja, unatoč složenosti zadataka s kojima se suočavaju. Korištenje fizičkih objekata poput kockica, koje predstavljaju naredbe u programiranju, pokazalo se kao učinkovit način da se djeci približe apstraktni koncepti poput sekvenciranja, ponavljanja radnji i uvjetnog izvršavanja. Ovaj pristup omogućava djeci da kroz igru i manipulaciju objektima razvijaju svoje vještine rješavanja problema na način koji je prilagođen njihovom uzrastu i kognitivnim sposobnostima.

Zaključci ovog istraživanja imaju važne implikacije za razvoj obrazovnih programa u ranom djetinjstvu. Tradicionalni obrazovni pristupi, koji se često oslanjaju na pasivno učenje i reprodukciju informacija, ne odgovaraju potrebama djece u suvremenom tehnološkom društvu. Integracija aktivnosti koje potiču računalno i prostorno razmišljanje može značajno unaprijediti kognitivni razvoj djece te ih pripremiti za složenije zadatke u budućnosti. Korištenje opipljivog programiranja, kao i drugih praktičnih i interaktivnih metoda, moglo bi postati ključni alat u ranom obrazovanju, s naglaskom na razvoj kritičkog razmišljanja, kreativnosti i suradnje.

Ovo istraživanje također otvara mogućnosti za daljnje istraživanje u području razvoja računalnog razmišljanja kod djece. Iako su dobiveni rezultati ohrabrujući, potrebno je provesti longitudinalne studije koje bi ispitale dugoročne učinke ranog uvođenja ovih vještina na kasniji akademski i profesionalni uspjeh djece. Nadalje, istraživanje bi se moglo proširiti na druge dobne skupine kako bi se ispitao utjecaj različitih vrsta opipljivog programiranja i računalnih aktivnosti na razvoj drugih kognitivnih i socijalnih vještina.

Jedan od važnih izazova u budućim istraživanjima i praksi bit će osiguravanje dostupnosti ovih metoda svim skupinama djece, uključujući djecu iz socio-ekonomski nepovoljnijih sredina te djecu s posebnim obrazovnim potrebama. Uvođenje aktivnosti koje razvijaju računalno razmišljanje i prostornu svijest u vrtičke kurikulume trebalo bi biti inkluzivno i prilagođeno različitim sposobnostima i potrebama djece. Na taj način, sva djeca, neovisno o svojim početnim sposobnostima, imala bi priliku razviti vještine potrebne za uspjeh u digitalnom društvu.

U konačnici, ovo istraživanje pokazuje da opipljivo programiranje i aktivnosti koje potiču prostorno razmišljanje imaju značajan potencijal za unapređenje ranog obrazovanja. Njihova integracija u svakodnevne aktivnosti djece može im pomoći da postanu ne samo vješti korisnici tehnologije, već i njeni stvaratelji, osposobljeni za rješavanje složenih problema i kreativno razmišljanje. Također, osnaživanje djece da kroz igru uče računalno razmišljanje pridonosi njihovom cjelokupnom kognitivnom, socijalnom i emocionalnom razvoju, stvarajući temelj za uspješan i ispunjen život u sve dinamičnijem i tehnološki naprednijem svijetu.

## Literatura

- [1] N. R. Council, D. o. E. a. P. Sciences, C. S. a. T. Board i C. f. t. W. o. C. Thinking, »Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking,« *National Academies Press*, p. 114, 2010.
- [2] J. M. Wing, »Computational thinking,« *Communications of the ACM*, pp. 33-35, 2006.
- [3] J. Cuny, L. Snyder i J. M. Wing, »Demystifying computational thinking for non-computer scientists,« *Unpublished manuscript*, 2010.
- [4] V. Barr i C. Stephenson, »Bringing computational thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community?,« *ACM Inroads*, pp. 48-54, 2011.
- [5] M. Berland i U. Wilensky, »Comparing Virtual and Physical Robotics Environments for Supporting Complex Systems and Computational Thinking,« *Journal of Science Education and Technology*, pp. 628-647, 2015.
- [6] S. Papert, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, 1980.
- [7] L. Michael i M. Simone, »Computational Thinking, Between Papert and Wing,« *Science & Education*, p. 883–908, 2021.
- [8] M. Israel, J. N. Pearson, T. W. Q. M. Tapia i G. Reese, »Supporting ALL Learners in School-Wide Computational Thinking: A Cross-Case Qualitative Analysis,« *Computers & Education*, pp. 264-279, 2015.
- [9] A. Ioannidou, V. Bennett, A. Repenning, K. H. Koh i A. Basawapatna, »Computational thinking patterns,« *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pp. 231-235, 2011.

- [10] C. Fadel, M. Bialik i B. Trilling, *Four-Dimensional Education: The Competencies Learners Need to Succeed*, Center for Curriculum Redesign, 2015.
- [11] M. Tedre i P. J. Denning, »The long quest for computational thinking,« *Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, p. 120–129, 2016.
- [12] S. Grover i R. Pea, »Computational thinking in K–12: A review of the state of the field,« *Educational Researcher*, pp. 38-43, 2013.
- [13] J. Piaget, »Piaget’s theory,« u *Piaget and his school*, Springer, 1976, pp. 11-23.
- [14] L. E. Berk i A. Winsler, *Scaffolding children’s learning: Vygotsky and early childhood education*, Washington, DC: National Association for the Education of Young Children, 1995.
- [15] M. U. Bers, »Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom,« *Routledge*, 2020.
- [16] R. McCartney i e. al., »Gender Differences in Computer Science Education,« *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 2019.
- [17] S. Papert, »An Exploration in the Space of Mathematics Educations,« *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, pp. 95-123, 1996.
- [18] C. Montuori, »Combined Unplugged and Educational Robotics Training to Promote Computational Thinking and Cognitive Abilities in Preschoolers,« *education sciences*, 2023.
- [19] D. Uttal, D. Miller i N. Newcombe, »Exploring and Enhancing Spatial Thinking: Links to Achievement in Science, Technology, Engineering, and Mathematics?,« *Current Directions in Psychological Science*, pp. 367-373, 2013.
- [20] D. H. Uttal i C. A. Cohen, »Spatial thinking and STEM education: When, why, and how?,« u *Psychology of Learning and Motivation. 1.*, Academic Press, 2012, pp. 147-181.

- [21] L. P. José Manuel Cimadevilla, »Chapter 5 - Spatial skills,« u *Handbook of Clinical Neurology*, Elsevier, 2020, pp. 65-79.
- [22] C. Meneghetti, B. Carretti, S. Lanfranchi i E. Toffalini, »Spatial description learning in preschoolers: The role of perspective and individual factors,« *Cognitive Development*, 2020.
- [23] E. E. Austin, »Pointing the Way Forward: The Role of Gesture in Preschoolers' and Adults' Communication and Comprehension of Route Direction Information,« *Doctoral dissertation, Macquarie University Department of Psychology*, 2017.
- [24] M. Moschella i D. Basso, »Computational Thinking, Spatial and Logical Skills. An investigation at primary school,« *Ricerche di Pedagogia e Didattica – Journal of Theories and Research in Education*, 2020.
- [25] J. Wai, D. Lubinski i B. C. P., »Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance,« *Journal of Educational Psychology*, p. 817– 835, 2009.
- [26] A. Hodgkiss, K. Gilligan, A. Tolmie i M. a. F. E. Thomas, »Spatial cognition and science achievement: The contribution of intrinsic and extrinsic spatial skills from 7 to 11 years,« *British Journal of Educational Psychology*, pp. 675-697, 2018.
- [27] X. & W. W. Li, »Exploring Spatial Cognitive Process Among STEM Students and Its Role in STEM Education,« *Science & Education*, pp. 1-25, 2021.
- [28] H. E. e. a. Kell, »Distinct Spatial and Conceptual Representations Support Dynamic Problem Solving,« *Nature Neuroscience*, 2018.
- [29] P. Blikstein, »Computationally Enhanced Toolkits for Children: Historical Review and a Framework for Future Design,« *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, pp. 1-68, 2015.

- [30] L. M. R. & J. L. Linaza, »Motor Skills, Motor Competence and Children: Bruner's Ideas in the Era of Embodiment Cognition and Action,« u *Jerome S. Bruner beyond 100* , Cultural Psychology of Education, vol 2. Springer, 2015, p. 113–122.
- [31] »Harvard University,« 10 Rujan 2024. [Mrežno]. Available: <https://psychology.fas.harvard.edu/people/jerome-bruner>.
- [32] J. Koblin, »Sprouts schools,« Veljača 2021. [Mrežno]. Available: <https://sproutsschools.com/bruners-spiral-curriculum/>. [Pokušaj pristupa Rujan 2024].
- [33] A. Strawhacker, E. Relkin i M. Bers, »Designing an Adaptive Assessment for Preschool Children's Robotics Knowledge,« *Educational Designer*, 2022.
- [34] Z. R. Hassenfeld, M. Govind, L. E. De Ruitter i M. U. Bers, »The Role of Tangible Interaction in Early Childhood Robotics and Programming Education,« *Computers in Education*, p. 142, 2020.
- [35] E. Afari i M. S. Khine, »Robotics as an Educational Tool: Impact of Lego Mindstorms,« *International Journal of Information and Education Technology*, 2017.
- [36] D. Wang, T. Wang i Z. Liu, »A Tangible Programming Tool for Children to Cultivate Computational Thinking,« *The Scientific World Journal*, p. 10, 2014.
- [37] R. Jafri, A. M. Aljuhani i S. A. Ali, »A Tangible Interface-based Application for Teaching Tactual Shape Perception and Spatial Awareness Sub-Concepts to Visually Impaired Children,« *Procedia Manufacturing*, pp. 5562-5569, 2015.
- [38] M. S. Horn i R. J. Jacob, »Designing Tangible Programming Languages for Classroom Use,« *Tufts University Department of Computer Science* , 2021.
- [39] U. o. C. C. S. E. R. Group, »CS-unplugged,« 5 Kolovoz 2024. [Mrežno]. Available: <https://github.com/uccser/cs-unplugged?tab=readme-ov-file>.

- [40] T. Bell i J. Roberts, »Computational thinking is more about humans than computers,« *Research Information for Teachers*, pp. 3-7, 2016.
- [41] O. Astrachan, S. Hambruch, J. Peckham i A. Settle, »The present and future of computational thinking,« *Duke University, Purdue University*, 2021.
- [42] C. Angeli i M. Giannakos, »Computational thinking education: Issues and challenges,« *Computers in Human Behavior*, 2020.
- [43] »e-Usmjeravanje,« 25 Svibanj 2024. [Mrežno]. Available: <https://e-usmjeravanje.hzz.hr/programer>.
- [44] »Unplugged, CS,« 25 Svibnja 2024. [Mrežno]. Available: <https://www.csunplugged.org/en/topics/searching-algorithms/whats-it-all-about/#vocabulary-explained>.
- [45] M. Baković, »Prepoznavanje pozicije objekata u opipljivom programiranju,« *PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET*, 2019.
- [46] D. V. Marjan, »DV Marjan,« Svibanj 2024. [Mrežno]. Available: <https://vrtic-marjan.hr/suradnja-s-prirodoslovno-matematickim-fakultetom/>. [Pokušaj pristupa Lipanj 2024].



## Sažetak

Cilj ovog rada je istražiti kako aktivnosti opipljivog programiranja mogu potaknuti razvoj računalnog razmišljanja i prostorne svijesti kod djece vrtićke dobi (3-6 godina). Istraživanje se fokusira na manipulaciju fizičkim objektima, poput blokova i kockica, kako bi djeca razvila vještine sekvenciranja, algoritamskog razmišljanja i rješavanja problema. Poseban naglasak stavljen je na povezanost prostornih vještina i računalnog razmišljanja, ključnih za uspjeh u STEM-u. Rad analizira teorije učenja kroz igru i istražuje kako ove metode podržavaju kognitivni razvoj djece, pripremajući ih za izazove digitalnog društva.

**Ključne riječi:** računalno razmišljanje, prostorna svijest, opipljivo programiranje, vrtićka dob.

## **Abstract**

The aim of this paper is to investigate how tangible programming activities can stimulate the development of computational thinking and spatial awareness in children of kindergarten age (3-6 years). The research focuses on the manipulation of physical objects, such as blocks and cubes, to help children develop sequencing, algorithmic thinking and problem-solving skills. Special emphasis is placed on the connection between spatial skills and computational thinking, which are key to success in STEM. The paper analyzes the theories of learning through play and investigates how these methods support the cognitive development of children, preparing them for the challenges of the digital society.

**Key Words:** computational thinking, spatial awareness, tangible programming, kindergarten.

## Popis tablica

Table 3.1 Rezultati prve aktivnosti – prva regularna grupa.....	36
Tablica 3.2 Prateći komentari zadavanja uputa u prostoru – prva regularna grupa.....	36
Tablica 3.3 Prateći komentari provedbe glavne aktivnosti – prva regularna grupa.....	37
Table 3.4 Rezultati prve aktivnosti – prva napredna grupa .....	39
Table 3.5 Prateći komentari zadavanja uputa u prostoru – prva napredna grupa .....	40
Table 3.6 Prateći komentari provedene glavne aktivnosti – prva napredna grupa .....	41
Table 3.7 Rezultati prve aktivnosti – druga napredna grupa .....	41
Table 3.8 Prateći komentari zadavanja uputa u prostoru – druga napredna grupa .....	42
Table 3.9 Prateći komentari provedene glavne aktivnosti – druga napredna grupa .....	43
Table 3.10 Ukupni rezultati praćenja u vrtićkoj skupini.....	44
Table 3.11 Ukupni rezultati praćenja napredne grupe .....	44

# Popis ilustracija

Slika 1.1 Bruner- troslojni sustav unutarnjih reprezentacija [32] .....	12
Slika 2.1 CS Unplugged predložak praćenja aktivnosti.....	26
Slika 2.2 Razdioba djece po spolu .....	28
Slika 2.3 Razdioba djece po godinama .....	28
Slika 2.4 Primjer dodatnog materijala .....	30
Slika 2.5 Početna pozicija robota na mapi [45] .....	31
Slika 2.6 Oznake na kockicama .....	31
Slika 2.7 Primjer 3D modela životinje [46] .....	32
Slika 2.8 Provedba istraživanja - igra "Kockice" .....	33
Slika 3.1 Primjeri rješenja dodatnih materijala.....	38