

Umjetna inteligencija u učionici: *Teachable Machine + Scratch*

(projekt "Plavi planet")

Primjer dobre prakse – 7. razred OŠ



OŠ "Pehlin", Rijeka
Irina Kosanović, prof.

Sažetak

Ovaj primjer dobre prakse prikazuje inovativan pristup poučavanju Informatike u 7. razredu integracijom tehnologija umjetne inteligencije. Učenici izrađuju model strojnog učenja u alatu *Teachable Machine* i povezuju ga sa *Scratch* programiranjem kako bi izradili interaktivni AI sustav za razvrstavanje otpada. Aktivnost razvija računalno razmišljanje, digitalne kompetencije, ekološku osviještenost i kritičko promišljanje o ulozi umjetne inteligencije u društvu.

Kontekst i opis problema

Nastava Informatike u 7. razredu uvodi učenike u naprednije koncepte digitalnih tehnologija i priprema ih za razumijevanje suvremenih fenomena uključujući umjetnu inteligenciju. Prepoznata je potreba za aktivnostima koje omogućuju učenicima praktično razumijevanje funkcioniranje modela strojnog učenja, kako se oni treniraju i primjenjuju te koje prednosti i ograničenja imaju. Projekt "Plavi planet" osmišljen je kao odgovor na potrebu za modernizacijom nastave, jačanjem digitalnih kompetencija učenika te integracijom održivog razvoja u nastavni proces.

1. Odgojno-obrazovni ishodi – Informatika

A.7.3 – prikuplja i unosi podatke kojima se analizira problem te koristi programe za obradu i prikaz podataka

(primjena: prikupljanje i odabir fotografija otpada, izrada skupa podataka za treniranje modela te analiza kvalitete i prikladnosti podataka)

B.7.1 – razvija algoritme za rješavanje problema koristeći prikladne strukture i tipove podataka (primjena: izrada algoritma u Scratchu korištenjem uvjetnih naredbi, događaja i logike za reakciju robota na prepoznati objekt)

B.7.3 – dizajnira i izrađuje modularne programe koji sadrže potprograme (primjena: organizacija programa korištenjem potprograma (My Blocks) radi preglednosti, lakšeg testiranja i razdvajanja funkcionalnih cjelina)

C.7.2 – priprema i izrađuje digitalne sadržaje te kritički procjenjuje digitalne informacije (primjena: treniranje AI modela, analiza točnosti klasifikacije, interpretacija rezultata i uočavanje pogrešaka modela)

2. Teorijski i metodološki okvir

Projekt se temelji na konstruktivističkom učenju, problemskom rješavanju, projektnom pristupu i učenju radom. Učenici istražuju stvarni problem, odnosno razvrstavanje otpada konceptima umjetne inteligencije. Integracija strojnog učenja omogućuje razvoj dekompozicije, apstrakcije, prepoznavanja uzoraka, algoritamskog razmišljanja te kritičkog promišljanja o kvaliteti podataka.

Teachable Machine omogućuje jednostavnu izradu modela strojnog učenja temeljenog na klasifikaciji slika. *Scratch* omogućuje povezivanje treniranog modela s vizualnim programiranjem čineći rad pristupačnim i motivirajućim za učenike.

Tijekom aktivnosti otvorena je rasprava o pouzdanosti i mogućoj pristranosti modela strojnog učenja čime su učenici razvijali svijest o etičkim aspektima primjene umjetne inteligencije i važnosti odgovornog korištenja tehnologije.

Isto tako, provedena je rasprava o odgovornom korištenju fotografija, zaštiti privatnosti i etičkim aspektima primjene umjetne inteligencije. Učenici su promišljali o tome koje je sadržaje primjereno dijeliti i kako osigurati sigurnu uporabu digitalnih materijala.

3. Cilj aktivnosti

Cilj aktivnosti je omogućiti učenicima da ovim praktičnim projektom razumiju temeljne principe umjetne inteligencije, uoče važnost kvalitetnih i raznolikih podataka, primijene algoritamsko razmišljanje te razviju ekološku osviještenost koristeći digitalne tehnologije.

3.1. Međupredmetne teme

Ostvarivanje ove aktivnosti povezano je s nekoliko međupredmetnih tema:

Učiti kako učiti: Planiranjem radnih koraka, usporedbom rezultata modela i prilagodbom strategija učenja, učenici razvijaju sposobnost praćenja vlastitog procesa učenja i evaluacije učinkovitosti svojih pristupa (uku A.3.1., A.3.4.).

Osobni i socijalni razvoj: Rad u paru prema modelu navigator–izvršitelj potiče učinkovitu komunikaciju, aktivnu suradnju, uvažavanje prijedloga i timsko rješavanje problema (osr B.3.2., B.3.4.).

Uporaba IKT-a: Primjenom digitalnih alata (fotoaparat, *Teachable Machine*, *Scratch*) učenici stvaraju digitalne sadržaje, obrađuju podatke i razvijaju vještine odgovorne i svrhovite uporabe tehnologije (ikt A.3.2., D.3.1.).

Građanski odgoj i obrazovanje: Analizom etičkih aspekata uporabe tehnologije (privatnost, autorska prava, odgovorno dijeljenje sadržaja) učenici razvijaju digitalnu sigurnost i svijest o pravilima ponašanja u *online* okruženju (goo B.3.2., C.3.1.).

Održivi razvoj: Povezivanjem digitalnih aktivnosti s temom razvrstavanja otpada učenici razvijaju ekološku osviještenost i odgovornost za održivi razvoj te primjenjuju stečena znanja na stvarne ekološke probleme (odr A.3.2., C.3.1.).

4. Opis provedbe aktivnosti

- 1) Definiranje kategorija otpada (plastika, papir, staklo, biootpad).
- 2) Prikupljanje fotografija za skup podataka (*dataset*).

Tijekom prikupljanja fotografija učenici su raspravljali o formatima zapisa slika (npr. .jpg, .png) te o važnosti jasnoće, rezolucije i ujednačenosti zapisa pri treniranju modela. Time su razvijali razumijevanje različitih grafičkih formata i njihove primjene u digitalnim sustavima.

- 3) Treniranje modela u *Teachable Machine*.
- 4) Izvoz modela u *TensorFlow.js* formatu.
- 5) Integracija modela sa *Scratchom*.
- 6) Programiranje uvjetnih struktura i ponašanja robota.
- 7) Testiranje modela i *debugging*.

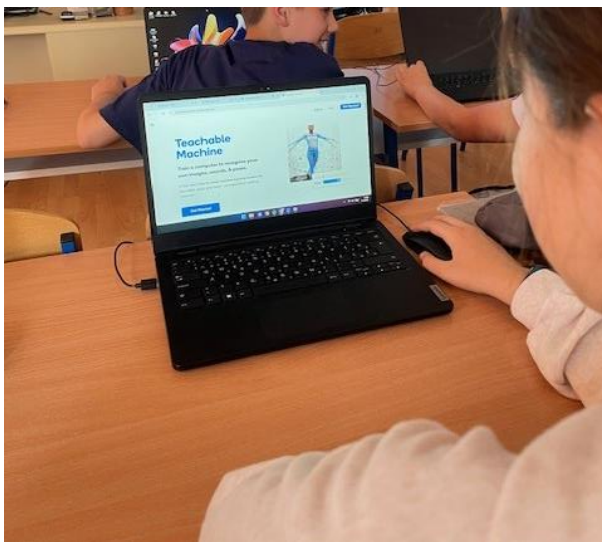
Scratch program organiziran je modularno korištenjem potprograma (*My Blocks*) u kojima se obrađuju rezultati klasifikacije i koji upravlja ponašanjem robota. Takva modularna struktura povećava preglednost algoritma, omogućuje lakše testiranje i olakšava postupak ispravljanja pogrešaka.

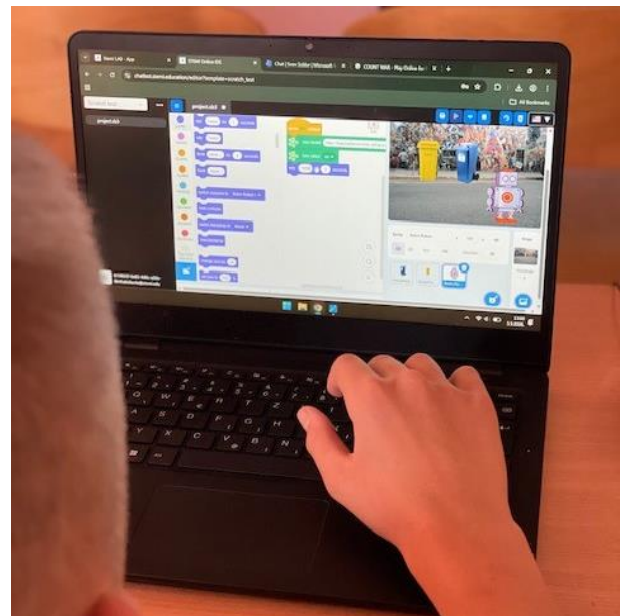
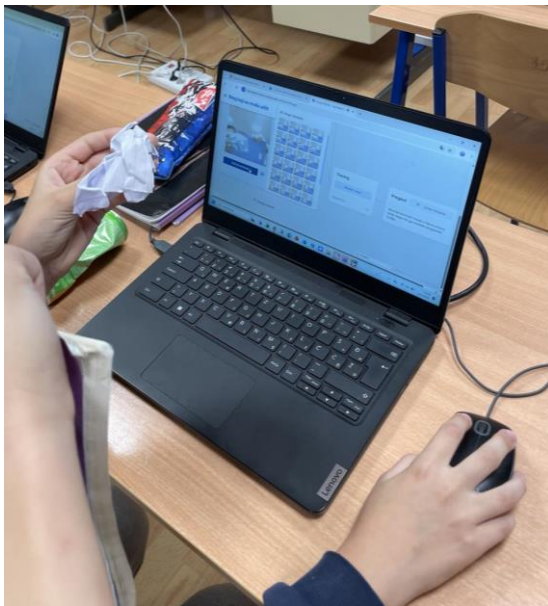
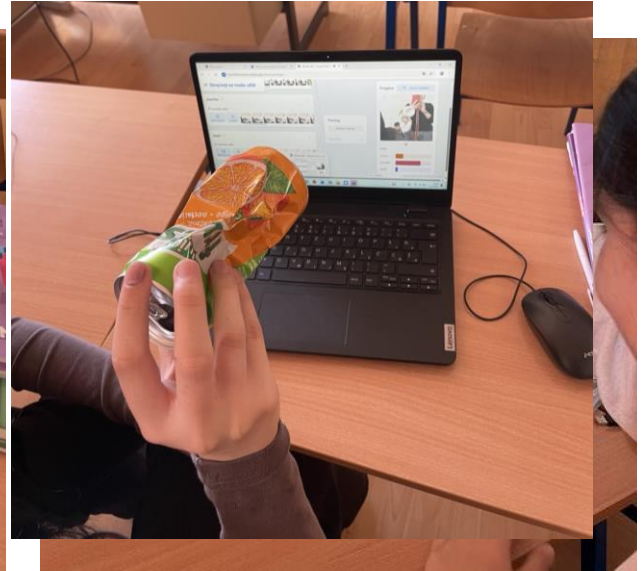
Ova aktivnost izravno se povezuje s udžbeničkim poglavljem „Potprogrami” jer učenici rješenje oblikuju u jasno odvojene funkcionalne cjeline.

Primjena modularizacije učenicima omogućuje:

- jasnije razumijevanje algoritma
- lakše testiranje pojedinih dijelova programa
- dekompoziciju složenog problema na manje cjeline
- učinkovit *debugging* tijekom razvoja
- planiranje algoritma strukturiranim potprogramima (*My Blocks*)

Provedba aktivnosti - fotografije





5. Trajanje i organizacija rada

Aktivnost je planirana i provedena kao projekt u trajanju od četiri nastavna sata, raspoređena u jasno strukturirane faze rada:

Sat 1 – Uvod i izrada skupa podataka (45 min)

- Uvod u pojam umjetne inteligencije i svrhu projekta
- Definiranje kategorija otpada
- Prikupljanje fotografija i izrada početnog skupa podataka
- Prvo treniranje modela i početna analiza točnosti

Sat 2 – Integracija modela i početno programiranje (45 min)

- Izvoz modela u *TensorFlow.js* formatu
- Spajanje modela s ekstenzijom u *Scratchu*
- Programiranje osnovnog ponašanja robota (uvjeti, događaji)

Sat 3 – Poboljšanje modela i debugging (45 min)

- Nadopuna skupa podataka i ponovna iteracija treniranja
- Uočavanje pogrešaka i ispravljanje (*debugging*)
- Modularizacija koda i razrada programa

Sat 4 – Dorada, prezentacija i vrednovanje (45 min)

- Finaliziranje *Scratch* projekta
- Prezentacija rješenja i argumentacija strategija
- Vrednovanje prema rubrici (model, kod, suradnja, kreativnost)
- Refleksija aktivnosti, rasprava i zaključci

Ovakva organizacija omogućuje stabilan tempo rada, dovoljno vremena za iterativno treniranje modela te kvalitetnu integraciju strojnog učenja i programiranja.

6. Metodološki pristup

- Vođeno otkrivanje
- Problemsko učenje
- Rad u paru (navigator–izvršitelj)
- Demonstracija i samostalno istraživanje
- Metakognitivna pitanja ('Kako znaš da je model pogriješio?', 'Zašto je ova strategija bolja?')

Takva kombinacija metoda omogućuje učenicima aktivno, iskustveno i refleksivno učenje u kojem razumiju sadržaj, razvijaju algoritamsko razmišljanje i dublje spoznaju logiku procesa strojnog učenja.

Zadaci su koncipirani tako da potiču napredovanje kroz više kognitivne razine prema revidiranoj Bloomovoj taksonomiji, odnosno od razumijevanja koncepta strojnog učenja, preko analize rezultata modela do evaluacije kvalitete skupa podataka i kreiranja poboljšanih rješenja.

7. Diferencijacija, izazovi i način rješavanja

Učenici kojima je bila potrebna dodatna podrška radili su s jednostavnijim klasama, manjim skupom podataka i unaprijed pripremljenim *Scratch* blokovima, dok su napredniji učenici radili s proširenim skupovima podataka i složenijim funkcionalnostima. Učenici koji su pokazivali višu razinu razumijevanja preuzimali su ulogu "digitalnih mentora" čime se poticala suradnja i razvoj komunikacijskih vještina.

Glavni izazov bio je variranje kvalitete prikupljenih slika zbog čega su učenici učili prepoznavati problematične fotografije i poboljšavati skup podataka. Drugi izazov odnosio se na različito tempo rada učenika što je riješeno jasnim mikro-koracima i timskim pristupom.

Aktivnost zahtijeva tehničku pripremu i planiranje vremena za treniranje modela, pa se u budućoj provedbi planira unaprijed pripremiti početni skup podataka kao podršku učenicima kojima je potrebna dodatna pomoć, dok napredniji učenici imaju mogućnost samostalnog proširivanja modela.

8. Vrednovanje

Vrednovanje je osmišljeno kao kontinuiran, integriran i transparentan proces koji prati učenika u svim fazama aktivnosti – od izrade skupa podataka, preko treniranja modela strojnog učenja, do programiranja i prezentacije rješenja. Naglasak je stavljen na proces učenja, razvoj strategija rješavanja problema, kvalitetu kritičkog razmišljanja i na sposobnost argumentacije postupaka. Vrednovanje je provedeno u tri međusobno povezane razine.

Vrednovanje za učenje

Ova razina vrednovanja odvija se tijekom cijele aktivnosti i ima funkciju usmjeravanja učenika, poticanja samostalnosti i pravovremenog uočavanja poteškoća. Učitelj promatra:

- kako učenici prikupljaju i organiziraju podatke za izradu skupa podataka
- prepoznaju li pravilno klase objekata
- koriste li kriterije za procjenu kvalitete slike (osvjetljenje, pozadina, kontrast)
- razumiju li povratne informacije koje *Teachable Machine* pruža (postotak točnosti, konfuzija modela)
- kako pristupaju odabiru blokova u *Scratchu* i kako objašnjavaju logiku uvjeta i događaja

Učitelj na temelju toga postavlja poticajna metakognitivna pitanja kao što su:

- „Kako znaš da je model dobro naučio prepoznati kategoriju?“
- „Što bi moglo poboljšati točnost?“
- „Zašto si odabrao upravo ovaj uvjet u *Scratchu*?“

Cilj je da učenici razumiju vlastiti postupak učenja, prepoznaju pogreške i odmah ih korigiraju.

Tijekom rada učenici ispunjavaju kratku listu za samovrednovanje:

Projekt "Plavi planet": TM + SCRATCH - samovrednovanje

Ime i prezime: _____ Datum: _____

<i>da</i>	<i>djelomično</i>	<i>ne</i>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jesam li jasno definirao/la kategorije (klase)?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jesu li moji podaci dovoljno kvalitetni i raznoliki?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Razumijem li što znači točnost modela?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ako model griješi, znam li što trebam promijeniti?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mogu li objasniti kako moj Scratch program radi i zašto?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jesam li testirao/la rješenje i po potrebi ga poboljšao/la?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jesam li komunicirao/la i surađivao/la s članovima svog tima?

Što sam naučio/la i što bih idući put promijenio/la? _____

Opći doživljaj aktivnosti: svidjelo mi se neutralno nije mi se svidjelo

Vrednovanje kao učenje

Ova razina naglašava aktivnu ulogu učenika u procjenjivanju vlastitog rada i razvijanju svijesti o kvaliteti procesa strojnog učenja i programiranja.

Učenici:

- uspoređuju rezultate svojih modela s rezultatima drugih parova
- verbaliziraju strategiju prikupljanja podataka („Zašto smo odabrali baš takve fotografije?“)
- analiziraju koje vrste pogrešaka se najčešće javljaju
- promišljaju kako poboljšati skup podataka
- argumentiraju odabir programskih blokova u *Scratchu*
- vode kratku refleksiju o tome što bi idući put napravili drugačije

Ovaj proces gradi metakogniciju, suradnju i kritičku pismenost, osobito u kontekstu rada s AI sustavima gdje je razumijevanje ograničenja modela izuzetno važno.

Primjeri učeničkih refleksija:

- „Shvatio sam da model bolje radi kad su slike jasnije.“
- „Morali smo promijeniti strategiju jer je robot stalno griješio.“
- „Prvo sam mislila da je zadatak lagan, ali sam morala razmišljati više nego što sam očekivala.“

- „Kad sam pogriješio, shvatio sam gdje sam krivo planirao korake.”
- „Bilo mi je lakše kad smo zajedno razgovarali o rješenju.”
- „Naučio sam da nije dovoljno brzo rješavati, nego pametno.”
- „Svidjelo mi se zato što je izgledalo kao igra, ali smo zapravo morali puno razmišljati.”
- „Htio sam riješiti zadatak do kraja jer sam želio vidjeti hoće li uspjeti.”
- „Naučila sam koristiti TM, ništa ne bih promijenila jer mi se sve sviđa.”

Refleksije učenika potvrđuju razvoj metakognitivnih vještina i svijesti o vlastitom procesu učenja. Uočili su povezanost između kvalitete podataka i uspješnosti modela, razumjeli potrebu za prilagodbom strategije te prepoznali važnost postupnog testiranja rješenja. Iz njihovih izjava vidljivo je razvijanje sposobnosti analize, evaluacije i argumentiranja vlastitih odluka čime su ostvarene više kognitivne razine prema Bloomovoj taksonomiji.

Posebno je značajno što su učenici prepoznali edukativnu vrijednost igre. Elementi igre povećali su motivaciju i ustrajnost, ali nisu umanjili kognitivni zahtjev zadataka. Upravo suprotno, učenici su osvijestili da je za uspješno rješavanje potrebno promišljanje, planiranje i strateško odlučivanje čime se potvrđuje učinkovitost gamificiranog pristupa u razvoju logičkog i računalnog mišljenja.

Vrednovanje naučenog

Na kraju aktivnosti provodi se vrednovanje ostvarivanja ishoda pomoću kriterijske rubrike koja procjenjuje:

- kvalitetu skupa podataka (raznolikost, jasnoća fotografija, ravnoteža među klasama)
- točnost i pouzdanost treniranog modela (stabilnost klasifikacije, uspješnost nakon testiranja novim podacima)
- funkcionalnost i modularnost *Scratch* programa (pravilno korištenje uvjeta, događaja, varijabli, potprograma)
- strategije rješavanja problema (debugging, iterativno testiranje)
- kreativnost u izvedbi (dodatne animacije, zvuk, vizualni elementi)
- suradnju u paru (dogovaranje uloga, zajedničko odlučivanje, poštovanje tuđih prijedloga)

Rubrika za vrednovanje projekta „Plavi planet“ (AI model + Scratch program)

Kriterij	5 – Izvrsno	4 – Vrlo dobro	3 – Dobro	2 – U razvoju	1 – Na početku
Kvaliteta skupa podataka (raznolikost, jasnoća, kvaliteta)	Skup podataka vrlo raznolik; slike jasne i uredno pripravljene; klase potpuno uravnotežene; odabir podataka jasno obrazložen.	Skup podataka dobar, uz manja odstupanja u jasnoći ili ravnoteži klase.	Skup podataka osnovne kvalitete; većina slika upotrebljiva; osnovni kriteriji kvalitete razumljivi.	Skup podataka s većim nedostacima; klase neuravnotežene; kriteriji kvalitete djelomično shvaćeni.	Skup podataka slab; slike nejasne ili neupotrebljive; kriteriji kvalitete nisu prepoznati.
Točnost i pouzdanost modela (stabilnost klasifikacije, uspješnost nakon testiranja novim podatcima)	Model je stabilan i pouzdan; visoka točnost; dobro radi, rezultati jasno objašnjeni.	Model je stabilan uz manja odstupanja; točnost dobra; rezultati jasno objašnjeni.	Model radi prihvatljivo uz povremene pogreške; osnovni rezultati razumljivi.	Model često griješi; rezultati teško tumačivi; uzroci pogrešaka teško prepoznati.	Model nepouzdan i često pogrešan; prikazani podaci nisu razumljivi.
Funkcionalnost i modularnost Scratch programa (uvjeti, događaji, varijable, potprogrami)	Program potpuno funkcionalan i modularan; uvjeti i događaji precizno postavljene; kod jasan i pregledan.	Program funkcionalan i većinom modularan, uz manja odstupanja u logici.	Program funkcionalan uz povremene pogreške; modularnost djelomično prisutna.	Program s izraženim nelogičnostima; modularnost slaba; potrebna podrška.	Program nefunkcionalan; nedostaje modularnost i osnovna struktura.
Strategije rješavanja problema (debugging, iterativno testiranje)	Pogreške uočene samostalno; iterativno testiranje provodi se redovito; strategije jasno objašnjene.	Većina pogrešaka ispravljena samostalno; iteracije prisutne.	Pogreške ispravljene uz povremenu podršku; dio iteracija proveden.	Pogreške teško prepoznate; iterativno testiranje je minimalno.	Debugging se ne provodi; uzroci pogrešaka ne prepoznaju se.
Kreativnost u izvedbi (dodatni elementi)	Projekt izrazito kreativan, s kvalitetnim vizualnim i zvučnim elementima koji znatno podižu izvedbu.	Projekt sadrži nekoliko kreativnih elemenata koji obogaćuju rezultat.	Projekt uključuje osnovne kreativne dodatke.	Kreativnost minimalna; malo dodatnih elemenata.	Bez kreativnih elemenata.
Suradnja u paru (dogovaranje uloga, zajedničko odlučivanje, poštovanje prijedloga)	Aktivno doprinosi radu tima; uloge jasno dogovorene; prijedlozi konstruktivni i uvaženi.	Suradnja učinkovita, uz manja odstupanja.	Suradnja stabilna, ali povremeno pasivna.	Suradnja slaba; doprinos minimalan.	Ne surađuje ili ometa rad; oslanja se na tim.
Prezentacija rada	Prezentacija vrlo jasna i strukturirana; postupak, logika i rezultati objašnjeni precizno i argumentirano.	Prezentacija razumljiva i dobro oblikovana, uz minimalne nedostatke.	Prezentacija osnovna; postupak i logika djelomično objašnjeni.	Prezentacija nejasna ili nepotpuna; potrebna veća podrška.	Rad nije moguće jasno prezentirati niti objasniti.

Rubrika je unaprijed predstavljena učenicima čime se osigurava transparentnost i usmjerenost prema ciljevima. Završne prezentacije projektnih rješenja služe kao završni oblik provjere ostvarenosti ishoda i daju uvid u razinu razumijevanja AI tehnologija i sposobnost primjene računalnog razmišljanja u realnom problemu.

9. Rezultati i opažanja

Učenici su pokazali visoku motivaciju i dobro razumijevanje principa rada AI modela. Prepoznali su važnost kvalitetnih podataka te naučili kako način prikupljanja i pripreme slika utječe na točnost klasifikacije. Suradnja u paru ili skupini pridonijela je razvoju metakognitivnih i socijalnih vještina.

Analiza završnih projekata pokazala je da je većina učenika poboljšala točnost modela nakon barem jedne iteracije treniranja što upućuje na razumijevanje povezanosti između kvalitete skupa podataka i rezultata klasifikacije. Učenici su samostalno prepoznavali pogreške u radu modela te predlagali strategije poboljšanja (proširenje skupa podataka, uklanjanje nejasnih fotografija, uravnoteženje klasa) čime su pokazali razvoj analitičkog i kritičkog pristupa radu s umjetnom inteligencijom. Nekoliko učenika dodatno je proširilo projekt dodavanjem novih kategorija otpada ili dodatnih funkcionalnosti u *Scratch* programu čime su pokazali višu razinu razumijevanja, samostalnosti i kreativne primjene stečenih znanja.

10. Zaključak

Projekt "*Plavi planet*" predstavlja suvremen i metodički dobro osmišljen primjer integracije umjetne inteligencije u nastavni proces te može poslužiti kao inspirativan model dobre prakse. Aktivnost se prirodno povezuje s drugim nastavnim predmetima: u Biologiji i Geografiji učenici se bave temama održivog razvoja i zaštite okoliša; u Tehničkoj kulturi nadovezuje se na sadržaje o automatizaciji, sensorima i modelima sustava; u Matematici se razvija statističko razmišljanje analizom podataka i prepoznavanjem uzoraka; a u Hrvatskom jeziku primjenjuju se vještine opisivanja postupaka, argumentiranja i prezentacije. Ova interdisciplinarnost pokazuje kako se AI tehnologije mogu smisleno primjenjivati u različitim nastavnim kontekstima te služi kao model za daljnju integraciju umjetne inteligencije u nastavni proces škole.

11. Stručni doprinos i diseminacija

Integracija umjetne inteligencije prikazana u ovoj aktivnosti pruža primjenjiv model za nastavu Informatike te može biti predstavljena na županijskim stručnim vijećima i stručnim skupovima kao koristan primjer rada. Aktivnost potiče suradnju među učiteljima, razvoj novih AI projekata te razmjenu iskustava čime doprinosi jačanju profesionalne zajednice i razvoju digitalnih kompetencija učitelja. Rezultati aktivnosti lako se prenose u različite stručne kontekste što dodatno potiče širenje primjera dobre prakse.

Korišteni digitalni alati

Teachable Machine – alat za izradu modela strojnog učenja temeljenih na prepoznavanju slika.

Scratch – vizualno programersko okruženje korišteno za integraciju AI modela u logiku programa.

TensorFlow.js – format za izvoz i korištenje treniranog modela unutar *Scratch* ekstenzije.

Literatura

Ministarstvo znanosti i obrazovanja. (2018). *Nacionalni kurikulum za nastavni predmet Informatika za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj*.

Google. (2024). *Teachable Machine – Image model training*.

Dostupno na: <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

MIT Media Lab. (2024). *Scratch – programiranje za učenike*.

Dostupno na: <https://scratch.mit.edu/>

TensorFlow.js. (2024). *Dokumentacija o izvozu i korištenju modela strojnog učenja*.

Dostupno na: <https://www.tensorflow.org/js>

Ključne riječi: strojno učenje, umjetna inteligencija, *Teachable Machine*, *Scratch*, *TensorFlow.js*, računalno razmišljanje, ekološka pismenost, digitalne kompetencije, klasifikacija podataka, vizualno programiranje, interdisciplinarni pristup, projektna nastava