



doc. dr. techn. Marko Jaušovec, univ. dipl. inž. arh.
marko.jausovec@um.si



asist. Samo Lorber, mag. inž. arh.
samo.lorber@um.si
Univerza v Mariboru,

Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor



Pregledni znanstveni članek
UDK/UDC: 004.8+72

UMETNA INTELIGENCA KOT PARTNER V ARHITEKTURI: PRILOŽNOSTI IN IZZIVI

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A PARTNER IN ARCHITECTURE: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Povzetek

Članek obravnava umetno inteligenco (UI) kot kognitivnega partnerja v arhitekturnem konceptualnem načrtovanju, pri čemer se osredotoča na predlagani konceptualni okvir 3P (poziv, procesiranje, postprodukcija). Z ilustrativnimi primeri iz praks mednarodno uveljavljenih arhitekturnih birojev preučuje, kako generativna umetna inteligenca pospešuje snovanje idej in podpira kreativne procese v zgodnjih fazah načrtovanja. Članek sistematizira obstoječe znanje o uporabi generativne UI v arhitekturi, predlaga konceptualni okvir za razumevanje sodelovalnega procesa med arhitektom in orodji UI ter identificira izzive, omejitve in etične vidike te integracije. Ugotovitve zagovarjajo prilagodljiv, etično utemeljen pristop, ki izkorišča komplementarne prednosti človeške in strojne inteligence za ustvarjanje inovativnih arhitekturnih rešitev.

Ključne besede: umetna inteligenca (UI), kognitivni partner, konceptualni okvir 3P (poziv, procesiranje, postprodukcija), generativno načrtovanje, kognitivna razširitev

Summary

This review article explores artificial intelligence (AI) as a cognitive partner in architectural conceptual design, focusing on the proposed 3P conceptual framework (Prompt, Processing, Post-processing). Through illustrative examples from internationally established architectural practices, it examines how generative AI accelerates ideation and supports creative processes in the early stages of design. The article systematizes existing knowledge on the use of generative AI in architecture, proposes a conceptual framework for understanding the collaborative process between architects and AI tools, and identifies the challenges, limitations and ethical aspects of this integration. The findings support an adaptive, ethically grounded approach that draws on the complementary strengths of human and machine intelligence to create innovative architectural solutions.

Key words: Artificial Intelligence (AI), Cognitive Partner, 3P Conceptual Framework (Prompt, Processing, Post-processing), Generative Design, Distributed Cognition

1 UVOD

Umetna inteligenca (UI) hitro spreminja arhitekturno prakso in pospešuje paradigmatški premik od tradicionalnih delovnih postopkov h generativnemu sodelovanju, ki temelji na podatkih. Generativna orodja umetne inteligence, kot so Mid-journey, DALL-E in Stable Diffusion, so primer tega prehoda, saj arhitektom omogočajo generiranje konceptov načrtovanja in raziskovanje oblikovalskih alternativ s hitrostjo brez primere [Carrasco, 2024]. Ta razvoj je skladen s teorijo razširjenega uma [Clark, Chalmers, 1998], ki pravi, da kognitivni procesi presega-jo posameznike in zajemajo orodja in sodelovalne sisteme. V arhitekturi UI deluje kot kognitivni partner, ki povečuje človeško ustvarjalnost s porazdeljenimi delovnimi tokovi, ki združuje-jo strojno generirane ideje s človeškim kuriranjem.

Vključevanje umetne inteligence v arhitekturno konceptualno načrtovanje predstavlja metodološko spremembo s širšimi posledicami. Zgodnje delo skupine Architecture Machine Group na MIT, ki jo je v šestdesetih in sedemdesetih letih vodil Nicholas Negroponte, predstavlja eno pomembnih izhodišč za razvoj računalniško podprtega arhitekturnega oblikovanja. Njihovi poskusi vključevanja računalniških procesov v oblikovalsko delo so pomembno vplivali na kasnejši razvoj parametričnih in generativnih pristopov v arhitekturi [Fricker, 2021]. Sodobni pregledi arhitekturnega računalniškega oblikovanja kažejo, da se je z razvojem digitalnih orodij oblikovanje postopoma premaknilo od ročnega modeliranja k parametričnim in generativnim metodam, ki temeljijo na algoritmičnih pravilih [Caetano, Santos, Leitão, 2020]. Te prakse so pomembno izhodišče za razumevanje sodobnih pristopov, a v zadnjem obdobju vse bolj prihaja v ospredje generativna umetna inteligenca, ki temelji na modelih za pretvorbo besedila v slike ter besedila v besedilo. Carrasco [2024] to obliko sodelovanja opredeljuje kot kognitivno razbremenjevanje, pri katerem arhitekti ponavljajoče se naloge prenašajo na umetno inteligenco, medtem ko sami ohranjajo strateški nadzor nad procesom. Takšen način dela se uveljavlja tudi v arhitekturnih praksah, kjer generativni modeli omogočajo hitro ustvarjanje vizualnih konceptov in raziskovanje oblikovalskih možnosti. Uporaba generativnih slikovnih modelov v biroju Zaha Hadid Architects (ZHA) kaže, kako lahko inženiring pozivov (angl. prompt engineering) usmerja generiranje rezultatov ter podpira raziskovanje oblikovalskih možnosti v zgodnjih fazah načrtovanja, pri čemer lahko prispeva tudi k ohranjanju prepoznavnih značilnosti oblikovalskega izraza [Hurst, 2023].

Ker se interakcija z generativnimi sistemi vse bolj opira na besedilna navodila, raziskave poudarjajo, da oblikovanje pozivov ni zgolj intuitivna dejavnost, temveč strukturirano področje, ki so pretežno osredotočene na arhitekturne primere zahodne kulture, zato lahko ponavljajo kulturne pristranskosti in dodatno zapostavljajo regionalne arhitekturne prakse [Foka, 2024].

Vključevanje UI odpira tudi pomembna etična in strokovna vprašanja. Sistemi UI pogosto temeljijo na podatkovnih zbirkah, ki so pretežno osredotočene na arhitekturne primere zahodne kulture, zato lahko ponavljajo kulturne pristranskosti in dodatno zapostavljajo regionalne arhitekturne prakse [Foka, 2024].

Sočasno pravne in etične analize poudarjajo, da generativna UI odpira nova vprašanja glede pripisovanja avtorstva in

odgovornosti, saj tradicionalni koncepti avtorstva v kontekstu soustvarjalnih procesov med človekom in algoritmom postajajo vse manj jasni [Mazzi, 2024]. Raziskave s področja arhitekturnega izobraževanja izpostavljajo potrebo po posodobljenih pedagoških okvirih, ki bi prihodnje arhitekte opremili z znanji za delo z generativnimi sistemi [Salazar Rodriguez et al., 2025].

Kljub naraščajočemu zanimanju za uporabo generativne umetne inteligence v arhitekturi v obstoječi literaturi še ni sistematičnega konceptualnega okvira, ki bi celovito opisoval strukturo sodelovalnega procesa med arhitektom in orodji umetne inteligence v fazi konceptualnega načrtovanja.

Cilji tega preglednega članka so: (1) sistematizirati obstoječe znanje o uporabi generativne umetne inteligence v arhitekturnem konceptualnem načrtovanju, (2) na podlagi pregleda literature in ilustrativnih primerov iz prakse predlagati konceptualni okvir 3P (poziv - procesiranje - postprodukcija), ki opisuje ključne faze tega sodelovanja, ter (3) identificirati izzive, omejitve in etične vidike te integracije.

2 METODOLOGIJA

2.1 Pristop pregledne raziskave

Članek je zasnovan kot pregledni znanstveni članek, ki z raziskovalno metodologijo omogoča sistematičen pregled, kritično analizo in sintezo obstoječega znanja na določenem področju [Snyder, 2019]. Obravnavani članek ustreza tipu integrativnega pregleda z elementi konceptualne sinteze, saj poleg pregleda literature razvija tudi izvirni konceptualni okvir. Razvoj konceptualnega okvira sledi pristopu, ki ga opisuje Jabareen [2009], in vključuje identifikacijo ponavljajočih se vzorcev v literaturi ter njihovo sintezo v koherentni konceptualni okvir.

2.2 Strategija iskanja in izbora literature

Pregled literature je bil izveden v bazah podatkov Scopus, Web of Science in Google Scholar. Uporabljeni so bili naslednji iskalni izrazi (v angleškem jeziku): "generative AI architecture (arhitektura generativne umetne inteligence)", "AI architectural design (arhitekturno oblikovanje z umetno inteligenco)", "human-AI collaboration design (oblikovanje s pomočjo sodelovanja med človekom in umetno inteligenco)", "prompt engineering architecture (arhitektura inženiringa pozivov)" in "text-to-image architecture (arhitektura pretvorbe besedila v slike)". Iskanje je bilo časovno omejeno na obdobje 2018–2025, s poudarkom na virih, objavljenih med letoma 2020 in 2025, v angleškem jeziku.

Kriteriji za vključitev virov v pregled so bili: (a) obravnava uporabe generativne UI v arhitekturnem načrtovanju, (b) obravnava delovnih procesov ali metodologij uporabe UI v arhitekturni praksi ter (c) obravnava teoretičnih okvirov interakcije človek–UI. Kriteriji za izključitev so bili: (a) čisto tehnični članki o algoritmičnih brez arhitekturnega konteksta ter (b) prispevki brez recenzije ali z nepreverljivimi trditvami.

Na podlagi iskanja je bilo identificiranih 380 virov, od katerih je bilo po pregledu naslovov, povzetkov in celotnih besedil v končno analizo vključenih 22 virov. Ta potek identifikacije,

presejanja in vključitve virov v pregled literature prikazuje Preglednica 1. V fazi identifikacije so bili zbrani vsi zadetki iz podatkovnih baz in odstranjeni dvojniki. V fazi presejanja so bili najprej pregledani naslovi in povzetki, v fazi upravičenosti pa celotna besedila glede na vnaprej določene kriterije za vključitev in izključitev, kar je privedlo do končnega števila študij, vključenih v kvalitativno sintezo.

Faza	Opis koraka	Število virov
Identifikacija	Zadelek skupaj v podatkovnih bazah Scopus, Web of Science in Google Scholar	380
	Od tega zadetkov po odstranitvi dvojnikov	368
Presejanje (screening)	Naslovi pregledani glede na tematiko (generativna UI v arhitekturi, človek–UI, delovni procesi)	238
	Povzetki pregledani; izločeni očitno nerelevantni prispevki	91
Upravičenost (eligibility)	Celotna besedila pregledana glede na vključitvene in izključitvene kriterije	64
	Celotna besedila izključena (npr. besedila brez arhitekturnega konteksta, neregistrirana besedila)	42
Vključitev	Študije vključene v kvalitativno sintezo (končno število virov v pregledu)	22

Preglednica 1. Presejalna metodologija upoštevane literature

2.3 Izbor ilustrativnih primerov

Ilustrativni primeri so bili izbrani na podlagi naslednjih kriterijev: (a) mednarodno uveljavljeni arhitekturni biroji, (b) dokumentirana in javno opisana uporaba generativne UI v konceptualnem načrtovanju, (c) raznolikost pristopov (od uporabe standardnih generativnih modelov do prilagojenih algoritmov) ter (d) javno dostopni podatki o delovnem procesu. Izbor primerov sledi tudi pristopom nedavnih raziskav, ki vpliv umetne inteligence v arhitekturi analizirajo skozi prakse mednarodno uveljavljenih arhitektov in birojev kot reprezentativnih primerov transformacije stroke [Avinç et al., 2025].

Izbrani primeri služijo kot ilustrativna podpora konceptualnemu okviru in niso zasnovani kot formalne študije. Prav tako ne sledijo formaliziranemu postopku sistematičnega pregleda literature, temveč dopolnjujejo pregled literature z analizo reprezentativnih praks generativne UI v arhitekturi. Njihov namen je ponazoriti, kako se predlagani konceptualni okvir odraža v raznolikih oblikovalskih praksah, in ne empirično preverjanje okvira.

2.4 Razvoj konceptualnega okvira

Konceptualni okvir 3P je bil razvit po pristopu konceptualne analize, ki ga predlaga Jabareen [2009] in ki sistematično povezuje identifikacijo, razčlenitev in sintezo konceptov iz obstoječe literature. Postopek je potekal v treh korakih.

V prvem koraku smo v vključenih virih prepoznali štiri ponavljajoče se vzorce sodelovanja arhitekta z generativno UI, ki se v literaturi pojavljajo kot opisi delovnih procesov, metod uporabe orodij UI ali teoretični modeli interakcije človek–UI.

Prvi vzorec je arhitektova strukturirana ubeseditve oblikovalske namere v obliki pozivov. Drugi vzorec predstavlja strojno obdelavo z generativnimi modeli, ki jo izvaja sistem UI. Tretji vzorec zajema kritično kuriranje strojno generiranih rezultatov, ponovno v domeni arhitekta. Četrti, vezivni vzorec pa predstavlja kognitivno porazdelitev med arhitektom in orodjem, ki se prepleta skozi vse tri dejavnosti [Clark, Chalmers, 1998; Carrasco, 2024]. Konkretno ugotovitve iz literature za vsak vzorec povzema Preglednica 2.

Faza okvira 3P	Ključne ugotovitve iz pregledane literature
POZIV (prompt) nosilec: arhitekt	Oblikovanje pozivov kot nova strukturirana arhitekturna veščina, ki zahteva premišljeno načrtovanje in prevod oblikovalske namere v parametrični/besedilni jezik [Ansara, 2023; Bansal, 2024; Pektaş, Sağlam, 2025; Schneider et al., 2025].
PROCESIRANJE (processing) nosilec: sistem UI	Generativna obdelava z orodji UI: avtomatizirano ustvarjanje vizualnih, besedilnih in parametričnih izhodov, ki je lahko omejeno z nepreglednostjo delovanja modelov ter kulturnimi pristranskostmi [Calixto, Croffi, 2024; Foka, 2024].
POSTPRODUKCIJA (postprocessing) nosilec: arhitekt	Kritično vrednotenje in kuriranje strojno generiranih predlogov, izbira, dopolnjevanje in etična presoja rezultatov pred vključitvijo v projekt [Barker, 2023; Hurst, 2023; Mazzi, 2024].
Iterativni cikel – vezivni element vseh treh faz	Sodelovanje človek–UI je inherentno nelinearno: arhitekt na podlagi vrednotenja v postprodukciji oblikuje izpopolnjen poziv za naslednji cikel; cikel se zaključí, ko rezultat zadosti oblikovalskim namenom [Carrasco, 2024; Zhou et al., 2024; Salma et al., 2025].

Preglednica 2. Preslikava ključnih ugotovitev iz pregledane literature v faze konceptualnega okvira 3P

V drugem koraku prepoznani trije vsebinsko ločeni vzorci tvorijo logično sekvenco vhod – obdelava – izhod, ki je značilna za sodelovanje človek–UI v kreativnem oblikovanju [Zhou et

al., 2024; Holter, El-Assady, 2024]. Ti vzorci se v različnih virih sicer pojavljajo v raznoliki terminologiji, vendar jih je mogoče abstrahirati v skupno strukturo delovnega procesa. Sekvenco predlagamo kot tri faze konceptualnega okvira: poziv kot fazo oblikovanja vhodnih podatkov, procesiranje kot fazo strojne obdelave ter postprodukcijo kot fazo vrednotenja in razvoja rezultatov. Pri tem arhitekt prevzema ključno vlogo v prvi in zadnji fazi, medtem ko procesiranje izvaja sistem UI. Poimenovanje 3P je opisno in intuitivno razumljivo ter se ne navezuje na obstoječe okvire s podobnim poimenovanjem v drugih kontekstih.

Tretji korak predstavlja zaprtje cikla. En sam prehod skozi tri faze v praksi praviloma ne zadošča. Iz literature [Barker, 2023; Carrasco, 2024; Zhou et al., 2024; Salma et al., 2025] izhaja, da je oblikovanje z generativno UI iterativen proces. Arhitekt na podlagi vrednotenja v postprodukciji oblikuje izpopolnjen poziv za naslednji cikel in iz cikla izstopi, ko rezultat zadosti oblikovalskemu namenu in tehničnim zahtevam projekta.

V raziskovalnem pristopu so upoštevane omejitve, vključno s hitrim razvojem tehnologije UI, lastniško naravo nekaterih aplikacij UI v arhitekturi in omejenimi dolgoročnimi podatki. Kljub tem omejitvam takšen pristop omogoča konceptualno razumevanje vključevanja UI v arhitekturo ter razvoj okvira, ki lahko usmerja prihodnjo prakso in raziskave na tem področju.

3 KONCEPTUALNI OKVIR 3P

Sinteza vzorcev iz pregledane literature, povzeta v Preglednici 2, kaže, da sodelovanje arhitekta z generativno UI v fazi konceptualnega načrtovanja sledi prepoznavnemu zaporedju treh dejanj: arhitekt ubesedi oblikovalsko namero v poziv (angl. prompt), sistem UI obdelata ta poziv v generativni izhod (angl. processing), arhitekt pa ta izhod kritično ovrednoti in ga bodisi vključi v projekt bodisi vrne v naslednjo iteracijo (angl. post-processing). Te tri dejavnosti opredeljujemo kot tri faze konceptualnega okvira 3P, ki opredeljuje dopolnjujoče se vloge arhitektov in sistemov UI v celotnem procesu konceptualnega načrtovanja.

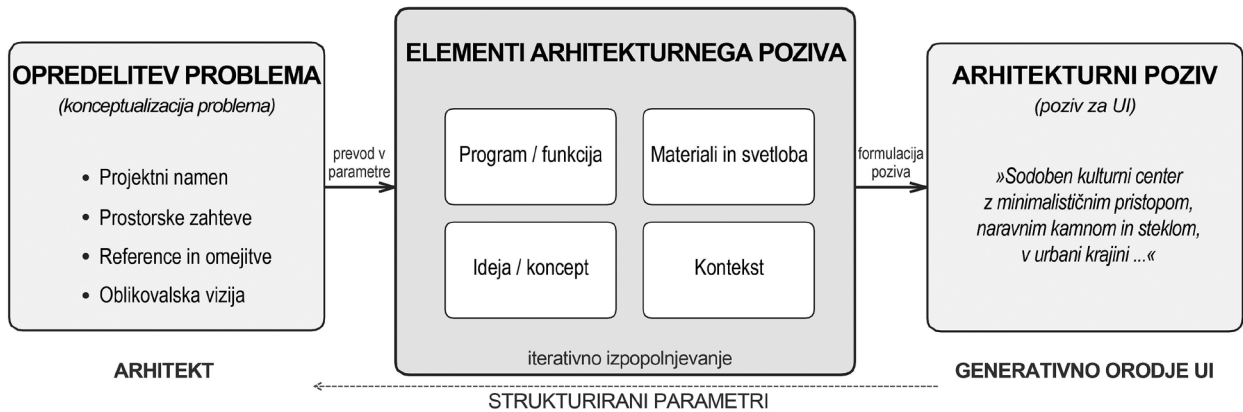
3.1 Poziv (prompt)

Začetna faza se osredotoča na oblikovanje pozivov, ki jih arhitekti posredujejo orodjem UI. Učinkovito oblikovanje pozivov postaja ključna veščina za arhitekte, ki delajo z generativnimi orodji UI, saj zahteva razumevanje arhitekturnih načel in zmožnosti UI [Ansara, 2023; Bansal, 2024]. To vključuje skrbno izražanje projektnih namenov, omejitev, referenc in parametrov v obliki, ki jo UI lahko učinkovito obdelata. Nedavne raziskave kažejo, da oblikovanje pozivov ni zgolj intuitivna dejavnost, temveč strukturirano področje z merljivimi učinki na kakovost rezultatov [Pektaş, Sağlam, 2025]. Pektaş in Sağlam sta tako pokazala, da strukturirano oblikovanje pozivov, ki temelji na analitičnem razčlenjevanju oblikovalskih namenov, bistveno izboljša relevantnost vizualnih rezultatov generativnih modelov v arhitekturi. Schneider, Kilic in Stockhammer [2025] na podlagi eksperimentalne študije s šestimi arhitekti ugotavljajo, da oblikovanje pozivov zahteva posebno obliko arhitekturnega razmišljanja, pri kateri se vizualni in prostorski koncepti prevedejo v besedilne opise, ki usmerjajo generativne sisteme.

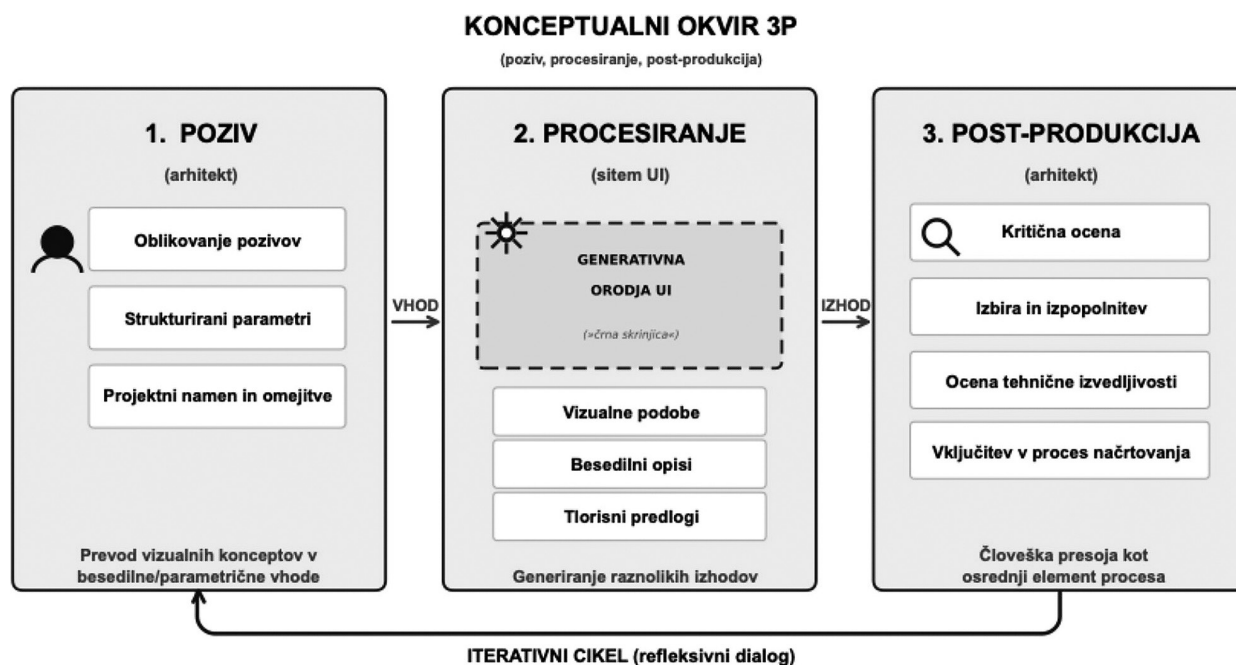
Na podlagi pregleda literature in ugotovitev navedenih raziskav je mogoče arhitekturne pozive strukturirati okoli štirih ključnih elementov: (1) program oziroma prostorska funkcija, (2) ideja oziroma oblikovalski koncept, (3) materiali in svetloba ter (4) kontekst, kot prikazuje Slika 1. Ti elementi odražajo ključne dimenzije arhitekturnega razmišljanja, ki jih je treba prevesti v parametrični jezik generativnih orodij. Faza pozivov tako predstavlja ključni premik v arhitekturnem razmišljanju, saj projektanti oblikovalske namene sistematično preoblikujejo v strukturirane vhodne podatke za sisteme umetne inteligence [Ansara, 2023].

3.2 Procesiranje (processing)

Druga faza konceptualnega okvira 3P vključuje obdelavo arhitekto-
vskih pozivov s strani generativnih orodij UI, ki na podlagi vhodnih podatkov ustvarjajo raznolike oblike izhoda: vizualne podobe (konceptualne skice, prostorske sheme, arhitekturne vizualizacije), besedilne opise, tlorisne predloge ali kombinacije navedenih. Pri tem je treba razlikovati med različnimi vrstami generativnih modelov: jezikovni modeli (npr. GPT, Gemini) generirajo besedilne odgovore, medtem ko slikovno-generativni modeli (npr. DALL E, Midjourney, Stable Diffusion)



Slika 1. Struktura arhitekturnega poziva glede na ključne elemente



Slika 2. Konceptualni okvir 3P (poziv, procesiranje, postprodukcija) kot iterativni cikel sodelovanja med arhitektom in generativnimi orodji umetne inteligence

generirajo vizualne podobe na podlagi pretvorbe besedila v sliko (angl. text to image), nekatera orodja (npr. ChatGPT) pa združujejo oboje v enem vmesniku, kar uporabniku omogoča prehajanje med besedilnimi in vizualnimi izhodi. Faza procesiranja je umeščena v širši konceptualni okvir 3P, ki ga sestavljajo faze poziva, procesiranja in post-produkcije, povezane v iterativni cikel. V tem ciklu arhitekt oblikuje vhodne podatke, sistem UI generira rezultate, arhitekt pa jih kritično ovrednoti ter na tej osnovi oblikuje izboljšane pozive za naslednji krog, kar poudarja iterativno naravo sodelovanja med človekom in umetno inteligenco (Slika 2).

Čeprav obdelava z generativnimi orodji UI za mnoge arhitekta ostaja nepregledna, pogosto jo opisujejo kot »črna skrinjica« (angl. black box), splošno razumevanje načel delovanja uporabnikom pomaga predvideti omejitve ali nepričakovane rezultate. Calixto in Croffi [2024] opozarjata, da uporabniku prijazna generativna orodja UI v arhitekturi ustvarjajo gnezdeno črno skrinjico, ki zakrivajo logične procese računalniškega oblikovalskega razmišljanja in s tem omejujejo oblikovalčovo zmožnost razumevanja in nadzora nad generativnim postopkom. Tovrstna nepreglednost ima tudi neposredne posledice za kakovost rezultatov, saj lahko v njihove rezultate vnaša kulturne pristranskosti [Foka, 2024].

Kljub tej nepreglednosti pa faza procesiranja ni zgolj pasivno čakanje na rezultate, temveč predstavlja ključno točko v iterativnem dialogu med arhitektom in sistemom UI. Zhou et al. [2024] ugotavljajo, da je kreativno oblikovanje nelinearen proces, v katerem oblikovalci razvijajo ideje skozi iterativno preoblikovanje, medtem ko orodja UI pogosto sledijo linearni sekvenci navodil. Avtorji zato predlagajo okvir nelinearnega sodelovanja, ki bolje odraža ustvarjalne prakse in spodbuja premik v razumevanju UI od izvajalca navodil k soustvarjalnemu partnerju. Podobno Salma, Hijón-Neira in Pizarro [2025]

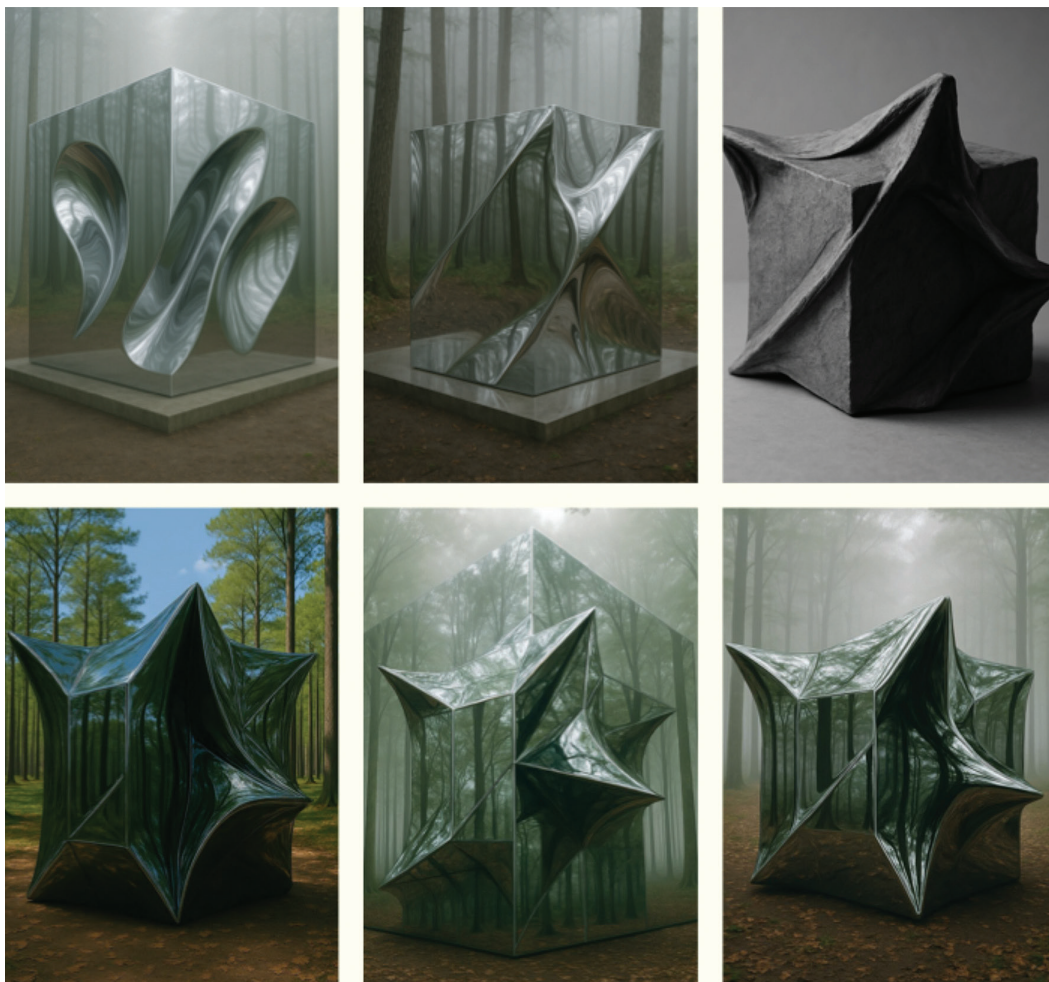
opisujejo sodelovanje med človekom in umetno inteligenco kot preplet nasprotij, kot so dvoumnost in natančnost, nadzor in naključje, hitrost in refleksija, posameznik in kolektiv ter izvirnost in preoblikovanje obstoječih rešitev. Ti vidiki ne predstavljajo problemov, temveč pomembna izhodišča, ki lahko usmerjajo razvoj novih soustvarjalnih pristopov.

Ta faza tako poudarja komplementarno naravo človeške in umetne inteligence: čeprav lahko UI hitro ustvari številne možnosti načrtovanja, ji manjka kontekstualno razumevanje, kulturna zavest in etična presoja, ki jih v proces načrtovanja prispeva človeški faktor, kar Holter in El-Assady [2024] utemeljujeta s konceptualnim modelom sodelovanja človek-UI, ki temelji na treh dimenzijah, osrednje in odločevalske vloge človeka, interakcije in prilagajanja ter poudarja potrebo po jasni razdelitvi kognitivnih vlog med človeka in sistem UI.

3.3 Postprodukcija (post-processing)

Zadnja faza vključuje arhitektovo kritično oceno, izbiro in izpopolnitev rezultatov, ki jih ustvari UI. Ta faza poudarja osrednjo vlogo človeške presoje v procesu načrtovanja, saj arhitekti ocenjujejo kakovost, izvedljivost in ustreznost predlogov UI. Dejavnosti postprodukcije vključujejo izbiro obetavnih konceptov načrtovanja med več alternativami, ki jih je ustvarila UI, oceno tehnične izvedljivosti, izpopolnitev rezultatov UI in vključitev v širši postopek načrtovanja. Pri tem morajo arhitekti ohraniti kritično perspektivo in se zavedati, da so lahko rezultati, ki jih generira UI, vizualno prepričljivi, vendar tehnično nepraktični ali kontekstualno neustrezni.

Proces postprodukcije lahko ponazorimo tudi na primerih iz pedagoške prakse, kjer študenti z uporabo generativnih orodij UI razvijajo oblikovalske koncepte skozi iterativno selekcijo in transformacijo rezultatov. Takšni primeri kažejo, da arhitekt oziroma



Slika 3. Primer razvoja arhitekturne ideje z uporabo generativne umetne inteligence, ki ponazarja iterativni proces selekcije in izpopolnjevanja predlogov v fazi postprodukcije (vir: Viktorija Jakimovska, študentsko delo, UM, FGPA, predmet: AI v arhitekturi, mentor: doc. dr. techn. Marko Jaušovec)

oblikovalec ne prevzema vloge pasivnega uporabnika, temveč aktivno kurira, interpretira in usmerja razvoj ideje skozi zaporedne iteracije. Primer takšnega procesa prikazuje razvoj ideje za paviljon v naravnem okolju, kjer so z uporabo strukturiranega poziva (kontekst-material-forma-atmosfera) generirane različice zasnov, ki jih oblikovalec postopoma izbira, vrednoti in izpopolnjuje. Proces poudarja fazo postprodukcije kot ključno točko odločanja in transformacije generiranih predlogov (Slika 3).

Takšni primeri dodatno potrjujejo, da postprodukcija ni zaključna faza, temveč prehodna točka v nadaljnje iteracije procesa. Ponavljajoča se struktura konceptualnega okvira 3P je še posebno očitna v tej fazi, saj izbrani rezultati pogosto postanejo vhodni podatki za naslednje cikle obdelave pozivov, kar ustvarja dialog med arhitektom in UI, ki postopoma izpopolnjuje projektno rešitev [Holter, El-Assady, 2024]. Konceptualni okvir 3P pojmuje sodelovanje med človekom in sistemom UI kot ponavljajoči se dialog in ne kot linearni proces. Med razvojem zasnove arhitekti prehajajo skozi več iteracij pozivov, procesiranja in postprodukcije, pri čemer vsak cikel temelji na spoznanjih iz prejšnjih iteracij.

Kljub iterativni naravi procesa pa arhitekt ohranja odločilno vlogo pri določitvi trenutka, ko se krog interakcij zaključi. Arhitekt iz iterativnega cikla izstopi, ko rezultat zadosti oblikovskemu namenom in tehničnim zahtevam projekta, to pomeni, ko izbrana rešitev doseže zadostno raven konceptualne jasnosti, prostorske koherence in skladnosti s projektnimi zahtevami ter omogoča prehod v nadaljnje faze načrtovanja.

Ta interakcija je skladna s teorijo kognitivne razširitve [Clark, Chalmers, 1998], saj v tem pogledu UI ne deluje kot avtonomni oblikovalec, temveč kot razširitev kognitivnih zmožnosti arhitekta. Patrik Schumacher iz biroja Zaha Hadid Architects ta postopek opisuje kot »vizualni pingpong«, pri katerem arhitekt vnese besedilni opis, UI ustvari več različic, človeška ekipa izbere obetavne smeri, cikel pa se ponavlja, dokler se ne oblikuje zadovoljiva projektna rešitev [Barker, 2023]. Konceptualni okvir 3P tako zagotavlja okvir za razumevanje UI ne kot nadomestka za arhitekturno strokovno znanje, temveč kot partnerja v kognitivnem ekosistemu, v katerem so človeška ustvarjalnost, presoja in vrednote osrednjega pomena.

4 ILUSTRATIVNI PRIMERI IZ ARHITEKTURNE PRAKSE

4.1 Zaha Hadid Architects (ZHA)

Arhitekturni biro Zaha Hadid Architects (ZHA) je pod vodstvom Patrika Schumacherja postal pomemben zagovornik vključevanja umetne inteligence v arhitekturno oblikovanje. ZHA uporablja slikovnogenerativne modele, kot sta DALL-E in Midjourney, za razvoj oblikovalskih zamisli, zlasti za natečaje in zgodnje snovanje idej [Barker, 2023]. Za pristop biroja je značilna slogovna kontinuiteta, saj arhitekti z oblikovanjem pozivov, ki vključujejo ključne oblikovalske reference, ohranjajo prepoznavno parametrično estetiko biroja. UI se večino uporablja v konceptualnih in natečajnih fazah, kjer hitro ustvarjanje več alternativnih zasnov zagotavlja konkurenčno prednost, pri čemer generativni slikovni modeli služijo kot vizualno raziskovalno orodje za razvoj in presojo oblikovalskih konceptov v praksi [Parametric Architecture, 2024]. Schumacher je izjavil, da uporaba UI pomaga pri »pridobivanju dela in osvajanju naročil« ter predstavlja »izjemno okrepitev« sposobnostim podjetja. Arhitekti biroja ZHA za nadaljnji razvoj izberejo le manjši delež rezultatov, približno 10-15 %, kar potrjuje ključno vlogo človeške presoje v fazi postprodukcije konceptualnega okvira 3P. Biro je ustanovil notranjo raziskovalno skupino za UI, namenjeno razvoju bolj specializiranih arhitekturnih aplikacij.

V kontekstu predlaganega konceptualnega okvira 3P se praksa ZHA najpogosteje osredotoča na fazi poziva in postprodukcije. Arhitekti skrbno oblikujejo besedilne pozive, ki vključujejo slogovne reference biroja (parametrična estetika, fluidne organske oblike), fazo procesiranja pa prepuščajo standardnim generativnim modelom. V fazi postprodukcije je ključna rigorozna selekcija, saj se za nadaljnji razvoj izbere le manjši delež generiranih rezultatov. To ponazarja, da okvir 3P ni nujno simetričen, pri ZHA je težišče na človeški kontroli vhoda in izhoda, medtem ko je strojna obdelava relativno standardizirana.

4.2 MVRDV

Nizozemski arhitekturni biro MVRDV je umetno inteligenco vključil v svojo metodologijo oblikovanja, ki temelji na raziskavah, v okviru oddelka MVRDV NEXT. Pristop MVRDV poudarja UI kot sodelovalno raziskovalno orodje, ki izboljšuje podatkovno podprte postopke oblikovanja. Biro uporablja generativne modele za brainstorming in konceptualizacijo, pri čemer na podlagi konceptualnih skic ali ključnih besed ustvarja začetne vizualne zamisli kot izhodišča za skupinske razprave [Rubio, 2024]. Ta pristop spodbuja kreativni proces in omogoča raziskovanje novih kombinacij oblik, materialov in prostorskih rešitev, saj UI deluje kot orodje za razširjanje oblikovalskih možnosti [MVRDV, 2024].

Pri urbanih projektih MVRDV uporablja generativno UI za ustvarjanje več različnih prostorskih zasnov na podlagi parametrov, kot so omejitve višine in razmerja parcel, kar omogoča vzporedno raziskovanje več smeri oblikovanja v skrajšanih časovnih okvirih. Biro si odnos med arhitektom in UI predstavlja kot ponavljajoči se dialog, podoben sodelovanju z mlajšim oblikovalcem, vendar z bistveno hitrejšo odzivnostjo. Gene-

rativna orodja UI pomagajo tudi pri ustvarjanju visokokakovostnih vizualizacij, diagramov in animacij za interni razvoj in predstavitev strankam [Hurst, 2023].

V kontekstu okvira 3P MVRDV kaže bolj uravnoteženo porazdelitev aktivnosti med vsemi tremi fazami. V fazi poziva biro uporablja tako besedilne kot vizualne vhodne podatke (konceptualne skice, ključne besede), v fazi procesiranja izkorišča parametrične generativne možnosti za urbano načrtovanje, v fazi postprodukcije pa rezultate vrednoti v kontekstu podatkovnih analiz. Ta primer ponazarja uporabo okvira 3P v podatkovno usmerjeni praksi, kjer UI ni le vizualno orodje, temveč tudi raziskovalni instrument.

4.3 Studio Tim Fu

Studio Tim Fu, ki ga je ustanovil nekdanji arhitekt biroja Zaha Hadid Architects, je primer celovitega vključevanja UI v vse faze posameznega projekta. Posestvo ob Blejskem jezeru v Sloveniji je pogosto predstavljeno kot eden prvih arhitekturnih projektov v svetovnem obsegu, pri katerem je UI pomembno usmerjala celoten proces načrtovanja [PA Academy, 2024]. Studio se pri projektu opira na referenčne podatke iz arhitekturnega opusa Jožeta Plečnika in lokalnega konteksta, pri čemer umetna inteligenca pomaga prepoznavati in reinterpretirati značilne oblikovne elemente v sodobnem kontekstu ter analizira okoljske in prostorske podatke, vključno z značilnostmi lokacije, kar omogoča boljše prilagoditev zasnove lokalnemu kontekstu in trajnostnim ciljem [Stathaki, 2025].

Z uporabo UI je ekipa razvijala več variant zasnove ter hitro iterirala med različnimi prostorskimi možnostmi. Takšen pristop podpira oblikovalski proces, v katerem UI deluje kot sodelovalno orodje za generiranje, analizo in vrednotenje predlogov. Tim Fu poudarja, da umetna inteligenca ne nadomešča arhitekta, temveč razširja njegove ustvarjalne zmožnosti in omogoča bolj dinamičen ter iterativen razvoj projektnih rešitev [Stathaki, 2025].

Tim Fu opisuje proces kot iterativno izpopolnjevanje predlogov, ki jih generira UI in se skozi stalne prilagoditve razvijajo v dialogu med arhitektom in algoritmom [PA Academy, 2024]. Pri projektu so uporabljeni generativni modeli, ki se opirajo na izbrane referenčne primere, kar omogoča vključevanje lokalnega kulturnega konteksta v oblikovalski proces. Na ta način UI ne deluje zgolj kot orodje za generiranje oblik, temveč kot sistem, ki podpira interpretacijo zgodovinskih referenc in njihovo transformacijo v sodobne arhitekturne izraze [Stathaki, 2025].

Studio Tim Fu predstavlja najcelovitejšo uporabo okvira 3P izmed obravnavanih primerov. V fazi poziva studio vnaša lokalni kulturni kontekst, v fazi procesiranja pa uporablja napredne generativne pristope, ki omogočajo raziskovanje širšega spektra oblikovalskih možnosti. V fazi postprodukcije rezultate vrednoti skozi prizmo kulturne dediščine, okolja in trajnostnih meril. Ta primer kaže, da je okvir 3P dovolj prilagodljiv, da zajame preproste delovne procese, kot je standardna pretvorba besedila v sliko, kot tudi kompleksnejše pristope, ki temeljijo na vključevanju specifičnih podatkov in kontekstualnih informacij v proces načrtovanja.

4.4 Primerjalna sinteza primerov

Primerjalna analiza obravnavanih primerov razkriva različne modele integracije generativne UI v arhitekturno prakso (Preglednica 3). Čeprav vsi trije biroji uporabljajo UI predvsem v zgodnjih fazah načrtovanja, se razlikujejo v stopnji tehnološke integracije in vlogi umetne inteligence v oblikovalskem procesu. Pri ZHA UI deluje predvsem kot orodje za hitro generiranje konceptov ob ohranjanju prepoznavnega slogovnega izraza, medtem ko MVRDV umetno inteligenco vključuje kot raziskovalni instrument v podatkovno usmerjenem oblikovanju. Studio Tim Fu pa predstavlja najbolj celostno integracijo, kjer UI deluje kot soustvarjalni partner, ki združuje generativne metode z lokalnim kulturnim kontekstom.

Ključna razlika med primeri se kaže predvsem v fazi procesiranja: pri ZHA je ta faza relativno standardizirana, pri MVRDV razširjena s parametričnimi pristopi, pri Studiu Tim Fu pa nadgrajena z vključevanjem specifičnih podatkov in kontekstualnih informacij. Preglednica 3 dodatno pokaže, da se primeri razlikujejo predvsem v vlogi UI in stopnji njene integracije v oblikovalski proces, pri čemer pa v vseh primerih ostaja ključna vloga arhitekta pri usmerjanju in kritičnem vrednotenju rezultatov. Kljub tem razlikam vsi primeri potrjujejo, da UI ne nadomešča arhitekta, temveč preoblikuje njegovo vlogo v smeri usmerjanja, interpretacije in kritičnega vrednotenja oblikovalskega procesa.

Teoretično razumevanje te preobrazbe je mogoče uokviriti s teorijo kognitivne razširitve. Koncept razširjenega uma, ki sta ga razvila Clark in Chalmers [1998], predvideva, da se človeški um z interakcijo z orodji in tehnologijami širi v zunanji svet. V tem pogledu lahko sisteme UI razumemo kot razširitve arhitekturne kognicije in ne kot ločene entitete. V arhitekturni praksi se kognitivna razširitev z UI kaže kot povečana generativna zmogljivost za raziskovanje projektnih alternativ, izboljšano prepoznavanje vzorcev v kompleksnih podatkovnih nizih ter razširjen spomin za shranjevanje in priklic velikih količin predhodnega znanja in tehničnih specifikacij [Clark, Chalmers, 1998].

Konceptualni okvir 3P je primer kognitivne razširitve pri arhitekturnem načrtovanju, pri čemer inženiring pozivov, obdelava z UI in postprodukcija s strani človeka tvorijo kognitivni sistem, porazdeljen med človeške in strojne akterje. V birojih, kot sta MVRDV in ZHA, se oblikovalske zamisli razvijajo v interakciji med človeškimi pozivi in strojno generiranimi različicami, pri čemer končni koncept nastaja v sodelovanju med obema akterjema [Barker, 2023; Rubio, 2024].

Paradigma kognitivne razširitve ima pomembne posledice za arhitekturno izobraževanje. Študenti morajo razviti metakognitivne spretnosti, torej zavedanje lastnih miselnih procesov in razumevanje, kako jih učinkovito razširjati z zmoglostmi UI [Nag et al., 2025]. Pismenost na področju

Kriterij	ZHA	MVRDV	Studio Tim Fu
Poudarek v okviru 3P	Poziv + postprodukcija	Uravnotežene vse faze	Vse faze z razširjenim procesiranjem
Pristop k pozivom	Slogovne reference, parametrična estetika	Konceptualne skice, ključne besede	Kulturni kontekst, referenčni podatki
Raven uporabe UI	Standardni generativni modeli	Generativni + parametrični pristopi	Generativni modeli z vključevanjem konteksta
Vloga arhitekta	Selekcija in slogovna kontrola	Analiza in interpretacija podatkov	Interpretacija in kuriranje konteksta
Ključna vloga UI	Vizualno raziskovalno orodje	Raziskovalni in analitični instrument	Sodelovalni soustvarjalec

Preglednica 3. Primerjalna analiza obravnavanih primerov glede na faze konceptualnega okvira 3P

5 DISKUSIJA

5.1 Vpliv na arhitekturno prakso in izobraževanje

Vključevanje UI v arhitekturno prakso spreminja poklic, saj vpliva na delovne postopke, zahteve glede znanja in spretnosti ter naravo arhitekturnega dela. UI skrajša čas, potreben za raziskovanje projektnih alternativ, kar arhitektom omogoča hitro ustvarjanje in ocenjevanje več sto možnosti. Ker UI prevzema del nalog generiranja alternativnih možnosti načrtovanja, se vloga arhitektov pomika h kreativnemu usmerjanju in kritičnemu vrednotenju, ki vključuje izbiro in izpopolnjevanje strojno generiranih rezultatov ter poudarja presojo, vrednote in razumevanje konteksta [Carrasco, 2024].

inženiringa pozivov postaja vse pomembnejša, saj zahteva oblikovanje natančnih, jasnih in ciljno usmerjenih besedilnih opisov [Bansal, 2024]. Arhitekturno izobraževanje bi moralo vključevati sodelovalne delovne procese, v katerih se študenti naučijo učinkovito sodelovati z UI kot partnerjem pri načrtovanju. To nakazuje premik od tehničnih proizvodnih veščin k strateškemu razmišljanju o tem, kako učinkovito usmerjati in kurirati vsebine, ki jih ustvarja UI [Salazar Rodriguez et al., 2025]. Pri tem je pomembno poudariti, da spretnosti, povezane z uporabo UI, ne nadomeščajo temeljnih arhitekturnih kompetenc, temveč jih dopolnjujejo. Kritično mišljenje, prostorsko razumevanje in oblikovalska presoja ostajajo ključne veščine arhitekta, medtem ko sposobnosti sodelovanja z UI pomenijo dodatno plast znanja, ki razširja obstoječe načine načrtovanja.

5.2 Etični vidiki in avtorstvo

Vključevanje generativne UI v arhitekturno prakso odpira pomembna etična vprašanja. Sistemi UI, usposobljeni na obstoječih arhitekturnih podatkih, lahko ohranijo pristranskost teh podatkov, kar lahko marginalizira nezahodne arhitekturne tradicije ali okrepi vprašljive prostorske ureditve [Foka, 2024]. Ker arhitekti vse pogosteje uporabljajo vizualne podobe in koncepte, ki jih ustvarja UI, se pojavljajo vprašanja glede ustreznega razkritja uporabe UI strankam in javnosti ter preglednosti pri predstavitvi oblikovalskega dela.

Sodelovalna narava oblikovalskih procesov med človekom in UI zapleta tradicionalna pojmovanja avtorstva in intelektualne lastnine. Pravni okviri za avtorske pravice niso bili zasnovani z mislijo na soustvarjanje UI, kar povzroča negotovost glede lastništva projektov, ki jim je pomagala UI [Mazzi, 2024]. Nekatere arhitekturne prakse, kot je pri biroju ZHA, so začele uveljavljati avtorstvo podob, ki jih je ustvarila UI, če so jih ustrezno ocenili, izbrali, generirali z lastnimi pozivi in dodelali človeški arhitekti, kar kaže na nastajajočo normo, po kateri se človeško kuriranje obravnava kot zadostna podlaga za zahtevanje avtorstva [Barker, 2023]. Najuspešnejši pristopi k poklicni odgovornosti ohranjajo avtoriteto arhitekta pri sprejemanju odločitev, pri čemer UI ne deluje avtonomno, temveč znotraj interakcij, ki jih oblikujejo cilji, odločitve in interpretacije arhitekta [Holter, El-Assady, 2024].

5.3 Omejitve raziskave in smeri za prihodnje delo

Ta raziskava ima več omejitev, ki jih je treba upoštevati pri interpretaciji ugotovitev:

Prvič, konceptualna narava okvira: konceptualni okvir 3P je sinteza literature in opazovanih praks, ne empirično validiran model. Prihodnje raziskave bi ga morale preveriti z empiričnimi metodami, na primer s strukturiranimi intervjuji z arhitekti ali sistematičnim opazovanjem delovnih procesov v arhitekturnih birojih.

Drugič, omejitev na konceptualno fazo: okvir opisuje sodelovanje človek–UI v konceptualni fazi načrtovanja; širitev na druge faze arhitekturnega in gradbenega procesa (razvoj dokumentacije, inženiring, gradnja) ostaja odprta za prihodnje raziskave.

Tretjič, omejitev na vizualne vsebine: okvir se osredotoča pretežno na generacijo vizualnih konceptov; uporaba UI za npr. prostorsko optimizacijo, energetsko analizo ali dokumentacijo zahteva nadaljnje raziskave, zlasti v smeri integracije teh orodij v celovit arhitekturni proces ter njihovega vpliva na odločitvene in izvedbene faze načrtovanja.

Četrto, hiter razvoj tehnologije: ugotovitve odražajo stanje v obdobju 2020–2025. Glede na hitrost tehnološkega razvoja na področju generativne UI je mogoče, da bodo nekatera spoznanja v kratkem času presežena.

Petič, omejitev virov: ilustrativni primeri temeljijo na javno dostopnih virih (objavljeni intervjuji, spletni članki, predstavitve), ne na neposrednem vpogledu v delovne procese obravnavanih studijev.

Morebitna širitev predlaganega konceptualnega okvira na druge faze gradbeno-arhitekturnega procesa, vključno z integracijo v sisteme informacijskega modeliranja gradenj (BIM) in digitalne dvojčke, predstavlja možno smer za prihodnje raziskave.

6 SKLEP

V tem preglednem članku je bila preučena integracija generativne umetne inteligence v arhitekturno konceptualno načrtovanje, pri čemer je bil predlagan konceptualni okvir 3P (poziv, procesiranje, post-produkcija) kot orodje za razumevanje in strukturiranje sodelovalnega procesa med arhitektom in generativnimi orodji UI.

Konceptualni okvir 3P prispeva k razumevanju tega sodelovanja na tri načine.

Prvič, strukturira kompleksni proces interakcije med arhitektom in UI v tri jasno razločljive, a medsebojno povezane faze.

Drugič, omogoča primerjalno analizo različnih praks; ilustrativni primeri birojev ZHA, MVRDV in Studio Tim Fu kažejo, da se okvir prilagodljivo odraža v raznolikih kontekstih, od uporabe standardnih generativnih modelov do prilagojenih sistemov z lokalnimi podatki.

Tretjič, poudarja osrednjo vlogo arhitekta v fazah poziva in postprodukcije ter UI pozicionira kot kognitivnega partnerja, ki razširja človeške ustvarjalne in analitične zmožnosti, ne pa jih nadomešča.

Analiza ilustrativnih primerov razkriva skupni vzorec: uspešno vključevanje UI v arhitekturno prakso ni odvisno le od tehnoloških zmogljivosti, temveč tudi od ustreznih delovnih postopkov, znanj in organizacijskih struktur. Poudarek na zgodnjih fazah načrtovanja, iterativni dialog med človekom in UI ter ohranjanje arhitektove vloge pri usmerjanju in vrednotenju so ključne značilnosti uspešnih praks.

Ugotovitve zagovarjajo prilagodljiv in etično utemeljen pristop k vključevanju UI v arhitekturo. Vprašanja pristranskosti podatkov, avtorstva in preglednosti uporabe UI zahtevajo nadaljnjo obravnavo strokovne skupnosti. Predlagani konceptualni okvir 3P je izhodišče za prihodnje empirične raziskave, ki bodo naslovile njegovo preverjanje in morebitno prilagoditev različnim projektnim, organizacijskim in izobraževalnim kontekstom. Širitev okvira na druge faze gradbeno-arhitekturnega procesa, vključno z integracijo v sisteme informacijskega modeliranja gradenj in digitalne dvojčke, predstavlja pomembno smer za prihodnje delo.

7 VIRI

Ansara, C. (2023). AI and prompt architecture – A literature review. *International Journal of Computer Applications*, 185(34), 39–45. <https://doi.org/10.5120/ijca2023923133>

Avinç, G. M., Aycı, H., Taş, A. (2025). The role of artificial intelligence in architecture: The case studies of star architects. *Rupkatha Journal*, 17(1). <https://doi.org/10.21659/rupkatha.v17n1.04>

- Bansal, P. (2024). Prompt Engineering Importance and Applicability with Generative AI. *Journal of Computer and Communications*, 12, 14–23. <https://doi.org/10.4236/jcc.2024.1210002>
- Barker, N. (2023, 26. april). Zaha Hadid Architects developing "most" projects using AI-generated images says Patrik Schumacher. *Dezeen*. <https://www.dezeen.com/2023/04/26/zaha-hadid-architects-patrik-schumacher-ai-dalle-midjourney/>
- Caetano, I., Santos, L., Leitão, A. (2020). Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 287–300. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.008>
- Calixto, V., Croffi, J. (2024). Back to Black Boxes? An Urgent Call for Discussing the Impacts of the Emergent AI-Driven Tools in the Architecture Design Education. *CAADRIA 2024 Proceedings*
- Carrasco, M. (2024). AI and cognitive offloading: Sharing the thinking process with machines. *UX Design*. <https://uxdesign.cc/ai-and-cognitive-offloading-sharing-the-thinking-process-with-machines-2d27e66e0f31>
- Clark, A., Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis*, 58(1), 7–19. <https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7>
- Foka, A. (2024). AI, cultural heritage, and bias: Challenges and potential solutions. *Heritage Journal*, 7(11), 287. <https://doi.org/10.3390/heritage7110287>
- Fricker, P. C. (2021). The relevance of computational design thinking in landscape architecture: A pedagogy of data-informed design processes across scales (doktorska disertacija, ETH Zurich). *ETH Zurich Research Collection*. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000495639>
- Grant, M. J., Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Holmes, J. (2024, 20. avgust). How AI in architecture is shaping the future of design and construction. *Autodesk*. <https://www.autodesk.com/design-make/articles/ai-in-architecture>
- Holter, S., El-Assady, M. (2024). Deconstructing human-AI collaboration: Agency, interaction, and adaptation (arXiv:2404.12056). *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2404.12056>
- Hurst, W. (2023, 20. februar). Seven practical AI tips: how and when to use generative design. *Architects' Journal*. <https://www.architectsjournal.co.uk/news/seven-practical-ai-tips-how-and-when-to-use-generative-design>
- Jabareen, Y. (2009). Building a conceptual framework: philosophy, definitions, and procedure. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(4), 49–62. <https://doi.org/10.1177/160940690900800406>
- Magzoid. (2025). Studio Tim Fu showcases AI-driven architecture at Lake Bled. <https://magzoid.com/studio-tim-fu-showcases-ai-driven-architecture-at-lake-bled/>
- Mazzi, F. (2024). Authorship in artificial intelligence-generated works: Rethinking originality and human creativity. *Journal of World Intellectual Property*, 27(1), 3–20. <https://doi.org/10.1111/jwip.12310>
- MVRDV. (2024). MVRDV NEXT. <https://www.mvrdv.com/themes/15/next>
- Nag, A., Boricha, J., Sarkar, A. (2025). Architectural education: AI integrative challenges and prospects. *V Effective Instructional Design Informed by AI* (str. 383–408). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6527-4.ch013>
- PA Academy. (2024). Tim Fu's AI-driven architecture design with generative AI. <https://paacademy.com/blog/tim-fus-ai-driven-architecture-design-with-generative-ai>
- Parametric Architecture. (2024). Zaha Hadid Architects use AI image generators for designs. <https://parametric-architecture.com/zaha-hadid-architects-using-ai-image-generators-for-design-concepts-said-patrik-schumacher/>
- Pektaş, Ş. T., Sağlam, B. (2025). Semiotics-based prompt engineering for architectural text-to-image generation processes. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism*, 14(28), 121–135. DOI: 10.18537/est.v014.n028.a09
- Rubio, S. (2024). How MVRDV is using AI to design its buildings. *Architecture Now*. <https://architecturenz.co.nz/articles/how-mvrdv-is-using-ai-to-design-its-buildings/>
- Salazar Rodriguez, J. D., Joyce, S. C., Sockalingam, N., Khoo, E. T., Julfendi. (2025). Large Language Models in Architecture Studio: A Framework for Learning Outcomes. *arXiv preprint arXiv:2510.15936*. <https://arxiv.org/abs/2510.15936>
- Salma, Z., Hijón-Neira, R., Pizarro, C. (2025). Designing co-creative systems: Five paradoxes in human-AI collaboration. *Information*, 16(10), 909. <https://doi.org/10.3390/info16100909>
- Schneider, J., Kilic, S., Stockhammer, D. (2025). Empowering Clients: Transformation of Design Processes Due to Generative AI. *arXiv preprint arXiv:2411.15061*.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Stathaki, E. (2025). How to use AI in architecture? A practical guide with Tim Fu. *Wallpaper*. <https://www.wallpaper.com/architecture/how-to-use-ai-in-architecture-practical-guide>
- Zhou, J., Li, R., Tang, J., Tang, T., Li, H., Cui, W., Wu, Y. (2024). Understanding Nonlinear Collaboration between Human and AI Agents: A Co-design Framework for Creative Design.
- V: Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '24). DOI: 10.1145/3613904.3642812