BIBLID 0350–1426 (206)

Primena vizuelnog programiranja u BIM okruženju za efikasno rešavanje projektantskih problema u okviru procene uticaja projekta na životnu sredinu

Application of visual programming in a BIM environment for efficient resolution of design issues within project environmental impact assessment

Sanja DUBLJEVIĆ*, https://orcid.org/0000-0002-8935-4395,
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Energy and Process Engineering,

Aleksandra STEFANOVIĆ, NET ZERO DOO, Belgrade, Serbia

Bojan TEPAVČEVIĆ, https://orcid.org/0000-0002-9226-1659,
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Architecture and Urbanism

Miljan ŠUNJEVIĆ, https://orcid.org/0000-0002-8125-2087,
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,
Department of Environmental Protection Engineering and Occupational Safety

Aleksandar S. ANĐELKOVIĆ, https://orcid.org/0000-0003-2736-6793,
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,
Department of Energy and Process Engineering

Ključne reči:
vizuelno programiranje; BIM (Building Information Modeling); uticaj zgrada na životnu sredinu; automatizacija

Odluke projektanata tokom razvoja projekta imaju presudan uticaj na ekološke performanse zgrada, bez obzira na to da li je reč o novim ili postojećim objektima. Zbog toga je ključno da svi učesnici u projektnom procesu budu svesni posledica svojih izbora, naročito sa aspekta odabira materijala i tehničkih sistema. Cilj ovog rada je da istraži mogućnosti primene vizuelnog programiranja u BIM (engl. od Building Information Modeling) okruženju radi automatizacije procene uticaja građevinskog fonda na životnu sredinu. BIM model, zahvaljujući obimnom skupu informacija koje sadrži, je adekvatna polazna osnova za proces procene održivosti zgrada. Ovaj rad identifikuje postojeće metodološke pristupe automatizaciji projektnih procesa u BIM okruženju upotrebom vizuelnog programiranja i klasifikuje ih u četiri kategorije: parametarski pristup, data-driven pristup, performance-driven pristup i hibridni pristup. Analiza klasifikacije predstavljenih pristupa pokazuje da nijedan od njih sam po sebi ne može u potpunosti zadovoljiti potrebe projektantske prakse, već se najbolji rezultati mogu postići njihovim kombinovanjem. Razumevanje odnosa navedenih pristupa ključno je za definisanje fleksibilnih metodologija automatizacije koje za cilj imaju podršku održivom projektovanju i proceni uticaja na životnu sredinu. Zaključak istraživanja ukazuje na potrebu redefinisanja dosadašnje uloge BIM tehnologije u procesu projektovanja, što će doprineti isporuci boljih i održivijih arhitektonskih i građevinskih rešenja.

Key words:
visual programming; BIM (Building Information Modeling); building environmental impact; automation

Design decisions made during the development of a building project have a significant impact on the environmental performance of buildings, regardless of whether they concern new constructions or existing assets. Therefore, it is crucial that all participants in the design process are aware of the consequences of their choices, particularly regarding the selection of materials and technical systems. The aim of this study is to investigate the potential application of visual programming within a Building Information Modeling (BIM) environment for automating the assessment of the built environment's impact on the natural environment. The BIM model, due to the extensive set of information it contains, provides an adequate foundation for the building sustainability assessment process. This study identifies existing methodological approaches to the automation of design processes in a BIM environment using visual programming and classifies them into four categories: parametric approach, data-driven approach, performance-driven approach, and hybrid approach. An analysis of the classification of these approaches indicates that none of them alone can fully meet the requirements of design practice; the best results are achieved through their combination. Understanding the relationships among these approaches is essential for defining flexible automation methodologies aimed at supporting sustainable design and environmental impact assessment. The conclusions of the study highlight the need to redefine the current role of BIM technology in the design process, which will contribute to the delivery of improved and more sustainable architectural and construction solutions.

Corresponding author: sanjadubljevic@uns.ac.rs

1. Uvod

Savremeni izazovi održivosti koji su postavljeni pred stručnjake u građevinskoj industriji posledica su globalne zabrinutosti za životnu sredinu. Oni stvaraju nužnost procene arhitektonskih i građevinskih objekata, kako novoprojektovanih tako i postojećih. Projektantima su neophodne metode koje su precizne, brze i transparentne, kako bi donosili informisane odluke u toku razvoja koncepta, ali i razrade projektantskih rešenja.

Procena održivosti zgrada je dugotrajan i iscrpan posao. Procena se uglavnom vrši u završnim fazama projektovanja novih ili planiranja rekonstrukcije postojećih objekata, kada su arhitektonski elementi već odabrani i pozicionirani [1], odnosno kada su projektantske odluke već donete. Planiranje izmena u ovoj fazi rezultira uvećanjem troškova, a vrlo često su i neizvodljive [2].

Računarstvo je u velikoj meri uticalo na sektor građevinarstva, kako u pogledu predstavljanja kompleksnih geometrijskih formi, tako i u pogledu obrade velikih količina podataka. Ovo proizlazi iz potrebe arhitekata i inženjera iz oblasti građevinske industrije za boljom i preciznijom kontrolom projekta [3].

BIM tehnologija se danas smatra standardom u projektantskoj praksi, jer omogućava efikasno upravljanje složenim skupovima podataka i unapređenu kontrolu projektantskog procesa [4]. Poseban značaj ima u projektovanju objekata većih razmera, kod kojih je integracija različitih tehničkih sistema i zahteva od ključnog značaja [5]. Paralelno s tim, održivost je postala neizostavan kriterijum savremenog građenja, a njeno sistematsko razmatranje se u praksi najčešće sprovodi kroz primenu sertifikacionih sistema za održivu gradnju [5, 6].

U literaturi postoje različite definicije BIM tehnologije, ali je i ostvaren zajednički konsenzus da je BIM projektni proces koji kombinuje informacije i tehnologiju u cilju kreiranja digitalne reprezentacije projekta, odnosno arhitektonskog objekta. BIM model integriše podatke iz različitih izvora i razvija se paralelno sa projektom tokom celog životnog veka zgrade [7]. Stoga, BIM ima potencijal da ponudi adekvatne podatke koji su relevantni za održivo projektovanje. Upotrebom BIM tehnologije kreira se virtuelni, trodimenzionalni model zgrade, kojim je moguće manipulisati u svim fazama projektovanja, izgradnje i upotrebe. Takav model sadrži značajnu količinu podataka o samoj zgradi, pa je moguće sagledavati objekat sa više aspekata i vršiti različite vrste analiza , dok su takve aktivnosti bile nemoguće primenom tradicionalnih načina projektovanja [7]. BIM model sadrži detaljne podatke o geometriji, lokaciji i orijentaciji zgrade, površinama i kubaturama svih arhitektonskih elemenata i prostora unutar objekta [8]. Takođe, u BIM okruženju je moguće izvršiti čitav spektar analiza koje se tiču osvetljenja, upotrebe energije, vode i sl. Imajući u vidu prethodno navedeno, može se zaključiti da je BIM model adekvatna polazna osnova za analizu i posmatranje različitih opcija održivog dizajna [9].

Iako su prepoznate mnoge prednosti upotrebe BIM okruženja u cilju stvaranja održivijih projektantskih rešenja, još uvek postoje potrebe za razvojem alata koji bi pojednostavili implementaciju principa održive gradnje u BIM projektni proces [10, 11].

Primena inovativnih metoda rešavanja problema, kao što je primena tehnika kreiranja algoritama upotrebom vizuelnog programiranja, predstavljaju efikasne načine za rešavanje problema ove vrste [12]. Alat za vizuelno programiranje u BIM okruženju ima važnu ulogu i značajan potencijal u procesu istraživanja automatizacije evaluacije održivosti zgrada. Pomenuti alati su izuzetno pogodni za selekciju, izdvajanje, a zatim i manipulisanje podacima koji se dobijaju direktno iz trodimenzionalnog modela. Zbog svoje fleksibilnosti i interfejsa koji omogućuje intuitivan rad, vizuelno programiranje se ističe kao adekvatan alat za podršku projektantima u toku razvoja projekata [13]. Istraživači najčešće koriste BIM softver Autodesk Revit i njegov integrisani alat za vizuelno programiranje Dynamo kako bi izvršili automatizaciju u cilju rešavanja različitih projektantskih problema (slika 1).

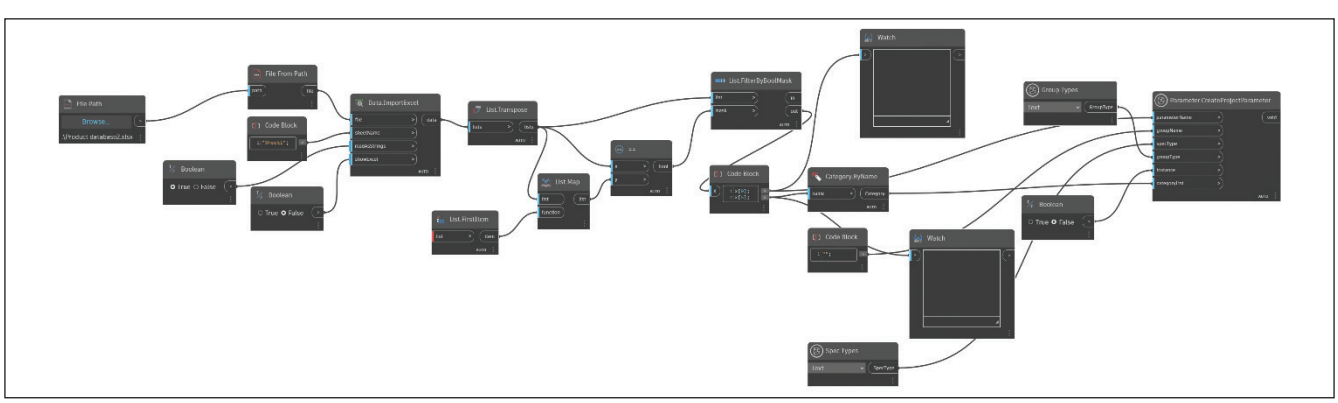
Ovaj rad prikazuje različite pristupe automatizaciji BIM projektnog procesa upotrebom alata za vizuelno programiranje u kontekstu procene uticaja projekata na životnu sredinu. Prikazani primeri koriste vizuelno programiranje za kreiranje skripti i algoritama koji za cilj imaju pre svega ekstrakciju podataka iz BIM modela koji služe kao osnova za razvoj kalkulacija i analitičkih obrada u kasnijim koracima. Automatizacija u ovom slučaju obezbeđuje lakšu implementaciju održivih principa u praktičnom radu arhitekata, inženjera, odnosno svih učesnika u procesu razvoja projektantskih rešenja.

2. Metodološki okvir istraživanja

Metodološki okvir ovog istraživanja zasniva se na klasifikaciji pristupa automatizaciji BIM procesa kroz upotrebu alata za vizuelno programiranje. Poseban akcenat stavljen je na procenu uticaja arhitektonskih i inženjerskih projektantskih rešenja na životnu sredinu.

Polazna pretpostavka temelji se na stanovištu da se BIM modeli mogu tretirati ne samo kao statičke baze podataka, već kao dinamički sistemi čije se funkcionalne karakteristike mogu značajno unaprediti upotrebom vizuelnog programiranja. U tom kontekstu, automatizacija projektantskih i analitičkih procesa razmatra se kroz četiri međusobno povezana metodološka pristupa: parametarski pristup, *data-driven* pristup, *performance-driven* pristup i hibridni pristup.

Predstavljena klasifikacija omogućava struktuirano sagledavanje različitih nivoa integracije BIM tehnologije, alata za vizuelno programiranje i alata za analizu performansi zgrade.



Slika 1. Izgled skripte kreirane alatom za vizuelno programiranje Dynamo u BIM softveru Autodesk Revit

Svaki pristup na različit način sagledava upravljanje informacijama, proces evaluacije i donošenje projektantskih odluka.

Primena ovih metodoloških okvira omogućava sveobuhvatno razumevanje načina na koji vizuelno programiranje utiče na efikasnost evaluacije uticaja građevinskog fonda na životnu sredinu. Svaki pristup sagledan je kroz reprezentativne primere iz naučne literature, pri čemu je glavni fokus bio na praktičnoj primenljivosti, tehničkim zahtevima i mogućnosti unapređenja BIM procesa. Ovakav metodološki okvir pruža osnovu za sistematičnu analizu u nastavku istraživanja, gde su pomenuti pristupi predstavljeni, upoređeni i kritički razmotreni u kontekstu održivog projektovanja i procene ekoloških uticaja.

3. Klasifikacija pristupa automatizaciji BIM procesa putem vizuelnog programiranja

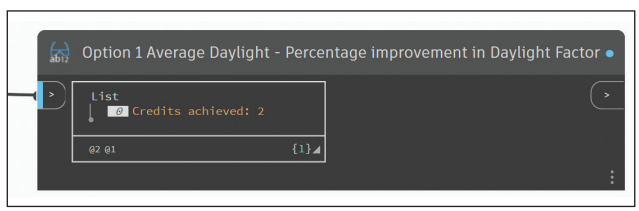
Klasifikacija pristupa automatizaciji BIM projektnih procesa pomoću vizuelnog programiranja izvršena je na osnovu analize relevantnih istraživanja. Za svaku kategoriju dat je po jedan reprezentativan primer.

3.1. Parametarski pristup

Parametarski pristup se zasniva na konceptu da su svi elementi BIM modela međusobno povezani nizom logičkih i matematičkih odnosa. U tom slučaju, vizuelno programiranje se koristi za definisanje i kontrolu tih odnosa, u cilju da automatski prilagodi *informacije* o trodimenzionalnom BIM modelu parametrima koji su u sistem (odnosno u skriptu kreiranu alatom za vizuelno programiranje) uneti iz spoljnih izvora.

Ovaj pristup je posebno efikasan u ranim fazama projektovanja, kada su izmene česte, a projektantske odluke imaju najveći uticaj na buduće performanse objekta. Parametarski modeli omogućavaju brzu evaluaciju više scenarija (npr. promenu materijala, orijentacije objekta) uz automatsko ažuriranje kvantitativnih i kvalitativnih pokazatelja. Prednost ovog pristupa je njegova transparentnost i visoka kontrola nad logikom modela.

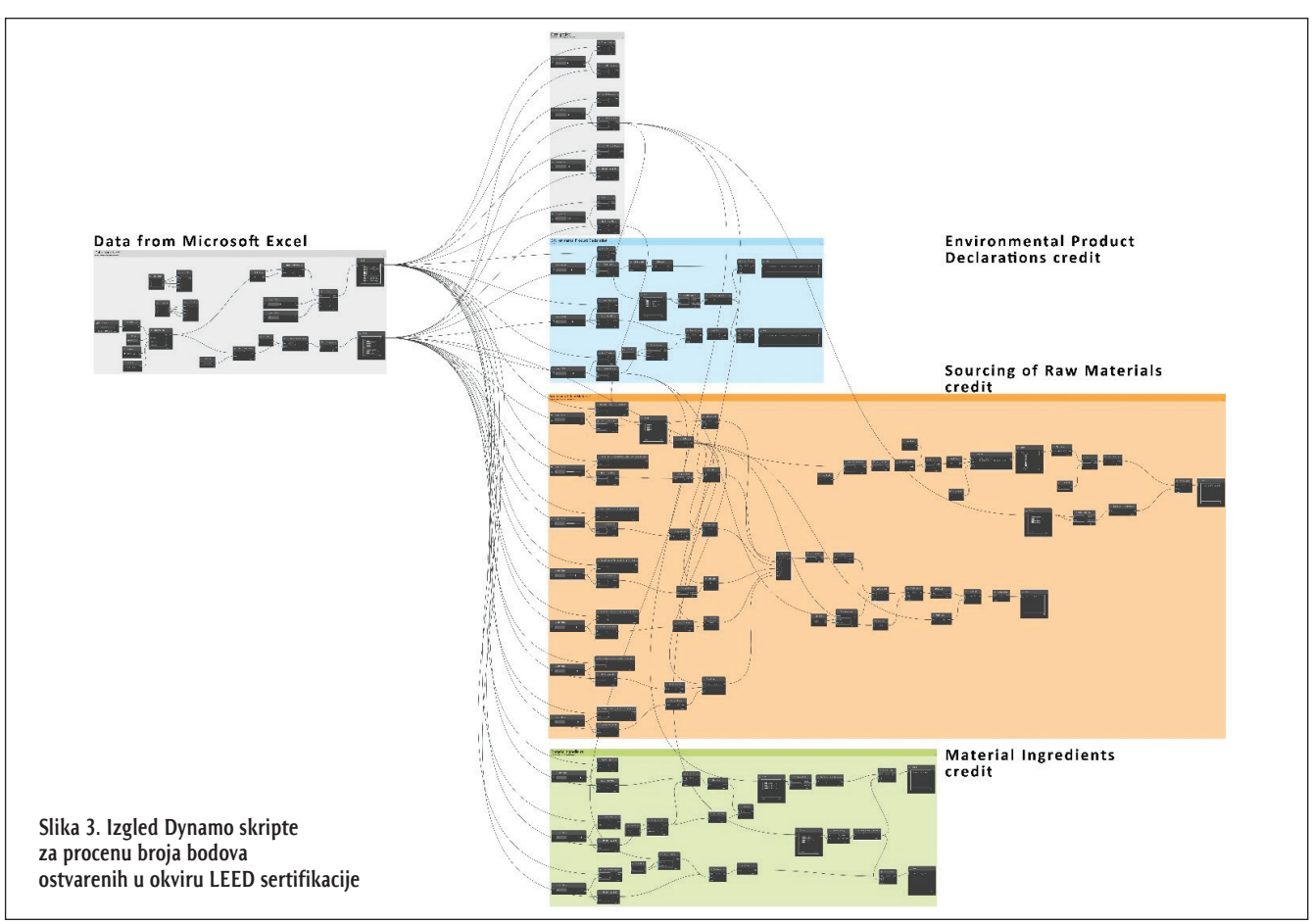
Primer za parametarski pristup predstavlja istraživanje [14] koje putem alata za vizuelno programiranje Dynamo uvodi parametrizovane zahteve za održivost zgrada koje nalaže BREEAM sertifikacioni sistem. U okviru ovog istraživanja BIM model zgrade, kreiran u softveru Autodesk Revit, se analizira uz pomoć integrisanog alata za evaluaciju performansi objekta (Insight) kada je neophodno izvršiti analizu dnevnog osvetljenja. Neophodne analize, kalkulacije, kao i parametrizacija zahteva odabranog sertifikacionog sistema, kreirane su upotrebom alata za vizuelno programiranje Dynamo. Dobijeni izlazni podaci o broju ostvarenih kredita (slika 2) se koriste za procenu usaglašenosti sa zahtevima održivosti definisanim BREEAM sistemom u procesu zelene sertifikacije građevinskog fonda.



Slika 2. Izlazni podaci Dynamo skripte o broju ostvarenih kredita

3.2. Data-driven pristup

Data-driven pristup, ili pristup zasnovan na podacima, zasniva se na pretpostavci da BIM trodimenzionalni model zgrade



Slika 3. Izgled Dynamo skripte za procenu broja bodova ostvarenih u okviru LEED sertifikacije

funkcioniše kao centralizovana baza podataka. Automatizacija u tom slučaju ima zadatak da poveže, filtrira i obradi te podatke u realnom vremenu. Vizuelno programiranje omogućava da se iz BIM modela ekstrahuju podaci (informacije o materijalima, količinama i sl.) i povežu sa eksternim izvorima kao što su baze podataka o materijalima, standardi energetske efikasnosti ili sistemi za ekološku klasifikaciju.

Data-driven pristup omogućava uvid u promene BIM modela u realnom vremenu, odnosno daje mogućnost integracije informacija koje dolaze iz različitih izvora u jedinstven sistem. Naposletku, to doprinosi interoperabilnosti i konzistentnosti procene uticaja na životnu sredinu.

Primer *data-driven* pristupa predstavlja istraživanje [15] koje primenom vizuelnog programiranja integriše u BIM okruženje spoljnu bazu podataka kreiranu u softveru Excel. Ova baza sadrži informacije o različitim građevinskim materijalima koje su preuzete iz odgovarajućih deklaracija o proizvodima (npr. *Environmental Product Declarations — EPD*). Rezultat ovog istraživanja jeste složena Dynamo skripta (slika 3) čiji je krajnji cilj procena broja bodova koje ostvaruje analizirani projekat zgrade u okviru sertifikacije LEED sistemom. Krediti koji su u fokusu ovog istraživanja podstiču upotrebu građevinskih materijala sa izraženom ekološkom odgovornošću i pozitivnim uticajem na tržište.

3.3. Performance-driven pristup

Performance-driven pristup, odnosno pristup zasnovan na performansama, zasniva se na optimizaciji projektantskih odluka u odnosu na performanse zgrade koje su definisane BIM modelom. Vizuelno programiranje se u ovom slučaju koristi kako bi se povezali parametri modela i algoritmi za analizu i optimizaciju, pri čemu se iterativno generišu i testiraju različite varijante projektantskih rešenja.

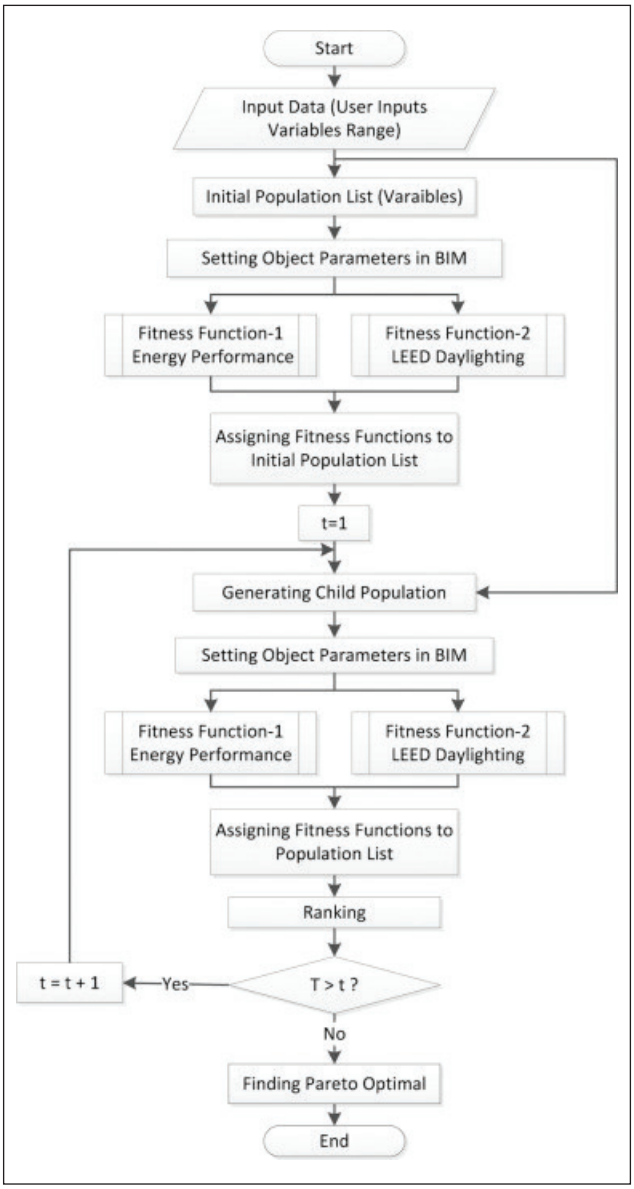
Performace-driven pristup automatizaciji u okviru evaluacije uticaja građevinskog fonda na životnu sredinu, omogućava identifikaciju optimalnih odnosa karakteristika objekta, u smislu energetskih performansi, prostorno-funkcionalnih pogleda, odabira materijala elemenata. Na primer, moguće je automatski analizirati različite varijante orijentacije objekta sa aspekta insolacije, tip spoljnih otvora ili debljine izolacije, pri čemu se generišu rezultati u vidu energetskih bilansa ili dijagrama emisija. Ovakav pristup u svojoj biti projektovanje sagledava kao proces optimizacije projektnog rešenja, a ne samo kao modelovanje. Ovakav pristup daje izuzetne rezultate, ali treba imati u vidu da njegova primena zahteva visoku tehničku spremnost projektnog tima.

Primer *performance-driven* pristupa predstavlja istraživanje koje prikazuje integrisani okvir koji omogućava projektantima da istraže različite alternative u toku projektovanja objekta koristeći alat za vizuelno programiranje u BIM okruženju (slika 4). Preciznije rečeno, pristup omogućava generisanje različitih modela potencijalnih projektnih rešenja, procenu ekoloških performansi objekta putem simulacija u oblaku i identifikaciju najpovoljnije varijante dizajna [16].

3.4. Hibridni pristup

Hibridni pristup predstavlja složeni oblik automatizacije BIM projektnog procesa, u kojem se kombinuju elementi parametarskog, *data-driven* i *performance-driven* pristupa u jedinstven integrisani pristup. Njegova suština je u povezivanju različitih nivoa automatizacije koja podrazumeva vizuelno programiranje i algoritme za analizu, ali i modele digitalnih blizanaca (engl. *digital twin*) koji omogućavaju dinamičku evaluaciju građevinskog fonda tokom njegovog celog životnog ciklusa.

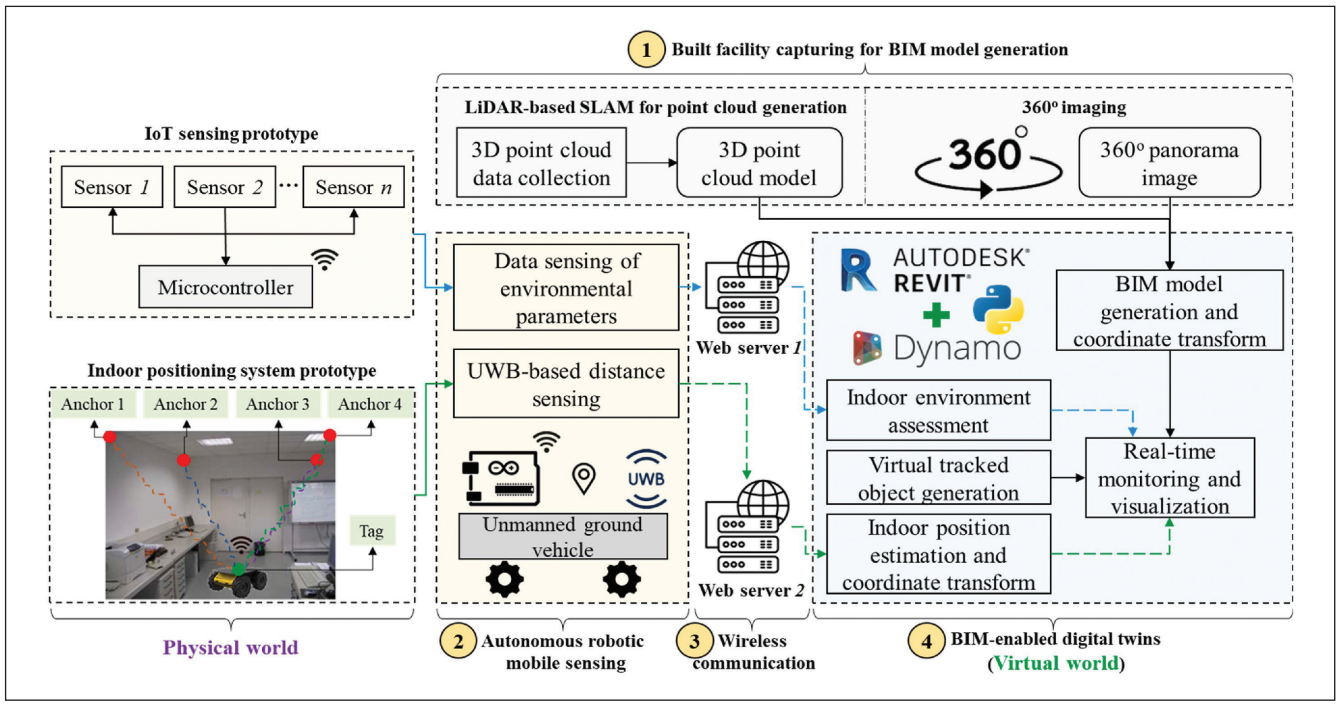
Hibridni pristupi najčešće kombinuju Autodesk Revit i Dynamo okruženje. U tom slučaju vizuelno programiranje obezbeđuje transparentnu logiku za automatizaciju i kontrolu nad modelom, a neretko se proširivanjem standardnih mogućnosti Dynamo skripti korišćenjem Python programskog jezika omogućava proširivanje funkcionalnosti i integracija sa spoljnim izvorima podataka i alatima za analizu održivosti. Na taj način se formira dvosmerni sistem koji povezuje projektantske parametre, analitičke modele i rezultate evaluacije performansi u realnom vremenu.



Slika 4. Proces korišćenja alata radi optimizacije energetskih performansi i dnevnog osvetljenja test zgrade [12]

U ovom kontekstu, digitalni blizanac je u osnovi napredni BIM model koji ne služi samo kao statička baza podataka, već kao aktivni sistem za simulaciju, praćenje i optimizaciju funkcionisanja objekta. Integracijom Revit modela sa alatima za praćenje energetskih performansi, senzorskim podacima i bazama informacija o materijalima, omogućava se kontinuirano praćenje uticaja projektantskih odluka i efikasno upravljanje resursima tokom faza planiranja, izgradnje i eksploatacije.

Primer hibridnog pristupa jeste istraživanje u kom su prikazani razvoj i validacija okvira digitalnog blizanca koji, kombinujući BIM softver i vizuelno programiranje sa IoT senzorima i tehnologijama za praćenje performansi zgrade u zatvore-



Slika 5. Pregled predloženog BIM podržanog okvira digitalnog blizanca za praćenje unutrašnjeg okruženja [13]

nom prostoru, omogućava automatsko prikupljanje i vizuelizaciju podataka o kvalitetu unutrašnjeg okruženja u realnom vremenu [17].

4. Diskusija

Predstavljena klasifikacija pristupa automatizaciji BIM procesa putem vizuelnog programiranja pokazuje da izbor metodološkog pristupa zavisi od ciljeva analize, složenosti modela i dostupnih alata. Parametarski pristupi nude jednostavnost i brzinu, *data-driven* pristupi obezbeđuju tačnosti i integraciju, a *performance-driven* i hibridni daju mogućnosti za različite vrste optimizacije i višekriterijumske procene. Analiza klasifikacije predstavljenih pristupa pokazuje da ni jedan od njih sam po sebi ne može u potpunosti zadovoljiti potrebe projektantske prakse, već se najbolji rezultati mogu postići njihovim kombinovanjem. Razumevanje odnosa navedenih pristupa ključno je za definisanje fleksibilnih metodologija automatizacije koje za cilj imaju podršku održivom projektovanju i proceni uticaja na životnu sredinu.

Rezultati sprovedene analize ukazuju na to da vizuelno programiranje ima veoma važnu ulogu u transformaciji načina upotrebe BIM tehnologije u procesima procene uticaja na životnu sredinu. Umesto da BIM model služi isključivo kao pasivni skup podataka o geometriji i materijalima, kroz primenu alata za vizuelno programiranje on postaje dinamičan alat za analitičko odlučivanje, sposoban da reaguje na promene i da automatski ažurira podatke relevantne za održivost.

Pored brojnih prednosti upotrebe vizuelnog programiranja u BIM okruženju, neizbežno je pomenuti ograničena njegove upotrebe. Korišćenje alata za vizuelno programiranje, kao što je na primer Dynamo, zahteva dodatno tehničko znanje projektanata, za čije sticanje je neophodno uložiti dodatno vreme i napor. Nedostatak sistematske edukacije u ovom domenu ograničava brzinu prihvatanja takvih alata u građevinskoj industriji. Takođe, imajući u vidu da je ovakav vid automatizacije još u povoju, mnoge metodologije rešavaju projektantske probleme parcijalno: pojedini koraci procesa su automatizovani, dok se drugi i dalje oslanjaju na manuelni unos i verifikaciju.

5. Pravci daljih istraživanja

Dalji razvoj vizuelnog programiranja u BIM okruženju uopšte, ali i sa aspekta procene uticaja građevinskog fonda na životnu sredinu, trebalo bi da ide u pravcu integracije sa veštačkom inteligencijom i prediktivnom analitikom. Takav spoj bi omogućio automatizovano prepoznavanje obrazaca u projektovanju, predviđanje posledica određenih odluka, odnosno kreiranje algoritama koji uče iz prethodnih projektantskih iteracija. Time bi BIM postao aktivni i inteligentni sistem, umesto da služi samo kao izvor informacija o modelu. Takođe, integracija sa alatima za procenu životnog ciklusa (engl. *Life Cycle Assessment – LCA*), energetsku simulaciju ili analizu ugljeničnog otiska, stvara prostor za razvoj metodologija koje bi omogućile evaluaciju projektantskih odluka u pogledu njihovog uticaja na održivost.

Važno pitanje jeste i standardizacija metodologija kreiranih upotrebom vizuelnog programiranja u okviru prakse održivog projektovanja. Definisanje smernica i preporuka doprinela bi većoj primeni ovih alata u inženjerskoj i arhitektonskoj praksi. Neophodno je raditi na osmišljavanju programa za edukaciju, kako na akademskom, tako i na praktičnom nivou, kako bi se unapredila digitalna pismenost i budućih i trenutnih stručnjaka.

Sprovedena analiza obuhvatila je metode automatizacije razvijene u softveru Revit uz upotrebu integrisanog vizuelnog programiranja kroz Dynamo okruženje. Kao logičan nastavak istraživanja nameće se razmatranje primene ovih principa u drugim BIM alatima koji imaju značajnu ulogu u industriji, poput ArchiCAD-a.

6. Zaključak

Rezultati analize različitih pristupa automatizacije BIM projektnog procesa sa aspekta procene uticaja na životnu sredinu ukazuju na potrebu redefinisanja uloge BIM tehnologije u procesu projektovanja. To bi podrazumevalo napredniju upotrebu BIM alata, koja ne bi bila ograničena samo na produkciju projektne dokumentacije, već bi uključivala i mogućnost sprovođenja analiza i donošenja informisanih odluka. Cilj redefinisanja uloge BIM tehnologije jeste da se omogući konti-

nuirano praćenje uticaja projektantskih odluka na održivost objekta, što bi doprinelo isporuci boljih i održivijih arhitektonskih i građevinskih rešenja.

Za projektantsku praksu, to bi značilo da timovi treba da se usmere na interdisciplinarni rad i razvoj internih biblioteka skripti, što bi omogućilo prilagođenu automatizaciju u skladu sa tipom projekta. Za naučnu zajednicu, stvoren je prostor za razvoj novih metodologija koje povezuju vizuelno programiranje sa mašinskim učenjem i veštačkom inteligencijom.

Vizuelno programiranje u BIM okruženju bi trebalo posmatrati ne samo kao tehnički alat, već kao platformu za suštinsku transformaciju projektovanja. U tom smislu, podaci postaju aktivni alat u donošenju održivih projektantskih odluka, dok skripte integrišu kreativnost i preciznost u jedinstveni sistem.

7. Zahvalnica

Izrada ovog rada realizovana je uz finansijsku podršku Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost Autonomne pokrajine Vojvodine, u okviru konkursa za finansiranje inovativnih projekata za 2025. godinu (rešenje broj: 003794300 2025 09418 003 000 000 001/1, od 27.10.2025. godine).

8. Reference

[1] **F. Jalaei, F. Jalaei, and S. Mohammadi**, "An integrated BIM-LEED application to automate sustainable design assessment framework at the conceptual stage of building projects," *Sustain Cities Soc*, vol. 53, p. 101979, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.SCS.2019.101979.

[2] **J. P. Carvalho, L. Bragança, and R. Mateus**, "A systematic review of the role of BIM in building sustainability assessment methods," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 13, Jul. 2020, doi: 10.3390/app10134444.

[3] **G. Nocerino and M. F. Leone**, "Computational LEED: computational thinking strategies and Visual Programming Languages to support environmental design and LEED credits achievement," *Energy Build*, vol. 278, p. 112626, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2022.112626.

[4] **S. Terzin and A. S. Anđelković**, "Projekat ventilacionog sistema metodologijom BIM za komercijalni objekat površine 580 m2," *KGH – Klimatizacija, grejanje, hlađenje*, vol. 53, no. 3, pp. 33–41, Sep. 2024, ISSN 2560-340X. Accessed: Jan. 22, 2026. [Online]. Available: https://izdanja.smeits.rs/index.php/kgh/article/view/8102

[5] **V. Korać**, "Izazovi gradnje novog stadiona Education City za fudbalsko prvenstvo FIFA 2022 u Qataru i put ka održivosti," *KGH – Klimatizacija, grejanje, hlađenje*, vol. 52, no. 2, pp. 37–43, Jul. 2023, doi: https://doi.org/10.24094/kghk.024.1.287.

[6] **V. Korać**, "Realization of a separate HVAC design, within the multi-purpose mega-project Doha Oasis in Qatar," in *Proceedings of the 55th International HVAC&R Congress and Exhibition*, SMEITS, Feb. 2025, pp. 287–303. doi: 10.24094/kghk.024.1.287.

[7] **R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz**, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, 3rd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2018.

[8] **S. Dubljević, B. Tepavčević, and A. S. Anđelković**, Doprinos tehnologije BIM u oblasti održive gradnje. *KGH – Klimatizacija, grejanje, hlađenje*, vol. 54, no. 1, pp. 91–94, Feb. 2025, ISSN 2560-340X. Accessed: Jan. 22, 2026. [Online]. Available: https://izdanja.smeits.rs/index.php/kgh/article/view/8176

[9] **Inc. Autodesk**, "Building information modeling for sustainable design," 2005, Accessed: Mar. 13, 2023. [Online]. Available: https://images.autodesk.com/latin_am_main/files/bim_for_sustainable_design_oct08.pdf

[10] **P. Spudys, A. Jurelionis, and P. Fokaides**, "Conducting smart energy audits of buildings with the use of building information modelling," *Energy Build*, vol. 285, p. 112884, Apr. 2023, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2023.112884.

[11] **V. Pereira, J. Santos, F. Leite, and P. Escórcio**, "Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review," *Energy Build*, vol. 250, p. 111292, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2021.111292.

[12] **T. E. Seghier, C. Khosakitchalert, Z. Liu, C. C. Ohueri, Y. W. Lim, and A. F. Bin Zainazlan**, "From BIM to computational BIM: A systematic review of visual programming application in building research," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 16, no. 1, p. 103173, Jan. 2025, doi: 10.1016/J.ASEJ.2024.103173.

[13] **L. F. Muta, A. P. Melo, and R. Lamberts**, "Enhancing energy performance assessment and labeling in buildings: A review of BIM-based approaches," *Journal of Building Engineering*, vol. 103, p. 112089, Jun. 2025, doi: 10.1016/J.JOBE.2025.112089.

[14] **S. Dubljević, B. Tepavčević, A. Stefanović, and A. S. Anđelković**, "BIM to BREEAM: A workflow for automated daylighting assessment of existing buildings," *Energy Build*, vol. 312, p. 114208, Jun. 2024, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2024.114208.

[15] **S. Dubljević, B. Tepavčević, B. Markoski, and A. S. Anđelković**, "Computational BIM tool for automated LEED certification process," *Energy Build*, vol. 292, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.enbuild.2023.113168.

[16] **M. Rahmani Asl, S. Zarrinmehr, M. Bergin, and W. Yan**, "BPOpt: A framework for BIM-based performance optimization," *Energy Build*, vol. 108, pp. 401–412, Dec. 2015, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2015.09.011.

[17] **X. Hu and R. H. Assaad**, "A BIM-enabled digital twin framework for real-time indoor environment monitoring and visualization by integrating autonomous robotics, LiDAR-based 3D mobile mapping, IoT sensing, and indoor positioning technologies," *Journal of Building Engineering*, vol. 86, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.jobe.2024.108901.

kgh