

UTICAJ IFC EVOLUCIJE NA PRIMENU BIM-A I STANDARDIZACIJU RAZMENE PODATAKA NA INFRASTRUKTURNIM PROJEKTIMA

Nikola Knežević¹, Nikola Milovanović², Željko Marinković³

¹ Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, nknezevic@grf.bg.ac.rs

² Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, nmilovanovic@grf.bg.ac.rs

³ Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, zmarinkovic@grf.bg.ac.rs

Rezime: Razvoj i primena Building Information Modelling (BIM-a) u infrastrukturnim projektima dugo su bili ograničeni nedostatkom otvorenih i neutralnih standarda za razmenu podataka. Industry Foundation Classes (IFC), ključni openBIM standard, svoj razvoj je započeo sa fokusom na visokogradnju, ali se kasnije njegova primena proširila i na oblast infrastrukturnih projekata. Ovaj rad analizira evoluciju IFC šeme, sa posebnim osvrtom na prelaz sa ograničenja verzije IFC 2x3 ka proširenjima uvedenim u IFC 4.3, kao i na konceptualne pravce razvoja IFC 5.0.

Rane implementacije zasnovane na IFC 2x3 bile su problematične za infrastrukturne projekte. Budući da šema nije sadržala izvorne entitete za elemente niskogradnje, postojao je gubitak semantičke preciznosti modela sa ograničenim mogućnostima automatizovane obrade.

U radu se dalje razmatra kako je IFC 4.3 unapredio primenu BIM-a na infrastrukturnim projektima, uvođenjem izvorne podrške za entitete infrastrukture. Kroz analizu ove evolucije, rad pruža uvid u to kako unapređenja IFC standarda doprinose stabilnijoj i šire prihvaćenoj primeni openBIM pristupa na velikim infrastrukturnim projektima.

Ključne reči: BIM, openBIM, IFC, Infrastruktura

IMPACT OF IFC EVOLUTION ON BIM IMPLEMENTATION AND DATA EXCHANGE STANDARDIZATION IN INFRASTRUCTURE PROJECTS

Nikola Knežević¹, Nikola Milovanović², Željko Marinković³

¹ Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, nknezevic@grf.bg.ac.rs

² Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, nmilovanovic@grf.bg.ac.rs

³ Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, zmarinkovic@grf.bg.ac.rs

Abstract: The development and application of Building Information Modeling (BIM) in infrastructure projects were long limited by the lack of open and neutral data exchange standards. Industry Foundation Classes (IFC), a key openBIM standard, began its development with a focus on vertical construction, but its application later expanded to the field of infrastructure projects. This paper analyzes the evolution of the IFC schema, with a special focus on the transition from the limitations of the IFC 2x3 version to the extensions introduced in IFC 4.3, as well as the conceptual directions of the development of IFC 5.0.

Early implementations based on IFC 2x3 were problematic for infrastructure projects. Since the schema did not contain native infrastructure entities, there was a loss of semantic precision in the models with limited possibilities for automated processing.

The paper further discusses how IFC 4.3 improved the application of BIM in infrastructure projects by introducing native support for infrastructure entities. Through the analysis of this evolution, the paper provides insight into how improvements to the IFC standard contribute to a more stable and wider acceptance of the openBIM approach in large-scale infrastructure projects.

Keywords: BIM, openBIM, IFC, Infrastructure

¹ Autor zadužen za korespondenciju: nknezevic@grf.bg.ac.rs

1 UVOD

Saobraćajna infrastruktura je kritična komponenta ekonomije jedne nacije. Da bi se održao korak sa porastom stanovništva i povećanim zahtevima, postoji velika potreba za efikasnijim i isplativijim tehnologijama za projektovanje i izgradnju novih objekata saobraćajne infrastrukture, kao i za održavanje i rekonstrukciju postojećih objekata [1]. Building Information Modeling (BIM) predstavlja digitalnu transformaciju koja nudi mogućnost da obuhvati ove aspekte. BIM predstavlja integrisani proces kreiranja i upravljanja informacijama na građevinskim projektima tokom njegovog životnog ciklusa, od inicijalnog koncepta i projektovanja, preko izgradnje, pa sve do faze eksploatacije i održavanja. BIM se često doživljava samo kao 3D model, ali zapravo on predstavlja kompleksnu digitalnu reprezentaciju koja u sebi objedinjuje geometrijske karakteristike sa semantičkim informacijama. U svojoj suštini predstavlja struktuiranu bazu podataka, što je ključno jer su na infrastrukturnim projektima informacije često fragmentisane i čuvane u različitim formatima [2]. Prava vrednost se stvara kada se model koristi kao jedinstveni izvor informacija, osiguravajući da svi učesnici na projektu u svakom trenutku raspolažu istim, ažuriranim i preciznim informacijama.

IFC (Industry Foundation Classes) predstavlja standardizovanu šemu za sistematično organizovanje i skladištenje podataka proizveden od strane buildSMART International. Kao otvoreni standard, on služi kao univerzalni jezik koji omogućava razmenu informacija između različitih softvera i učesnika tokom životnog ciklusa projekta. [3]

BIM je moguće primenjivati i bez IFC standarda kroz takozvani closedBIM pristup. On podrazumeva korišćenje softvera samo jednog proizvođača, što razmenu podataka čini jednostavnijom i pouzdanijom, ali ograničenom na taj specifičan ekosistem. Ali kako su građevinski projekti retko realizovani od strane jednog učesnika, primena otvorenih standarda je skoro pa neophodna. Ovo je naročito važno kod infrastrukturnih projekata koji najčešće finansira država. Primena otvorenih standarda, takozvani openBIM pristup, sprečava zaključavanje podataka unutar jednog softvera i omogućava slobodu izbora, tako da svaki učesnik može koristiti alat koji najbolje odgovara njegovim veštinama i specifičnim potrebama. Takođe, omogućava državi da raspiše tendere na kojima mogu učestovati svi ponuđači, bez obzira na to koji softver koriste, što će uskoro biti značajno u Srbiji jer će primena BIM-a uskoro postati zakonska obaveza [4]. Kada govorimo o fazi eksploatacije i održavanja objekata, za investitora je neekonomično da decenijama plaća skupe licence projektantskih softvera samo da bi povremeno pristupio informacijama o objektu. Podaci u otvorenom formatu ostaju čitljivi i dostupni bez obzira na izvorni softver u kojem su kreirani, čime se osigurava dugovečnost i održivost informacija.

Međutim, uprkos prednostima, primena IFC standarda u niskogradnji je duži vremenski period kaskala za visokogradnjom. Starije verzije standarda, prvenstveno IFC 2x3, bile su fokusirane na entitete koji opisuju zgrade, dok za infrastrukturnu nisu bili definisani.

Ključna prekretnica u evoluciji standarda desila se pojavom verzije IFC 4.3, koja po prvi put uvodi specifične definicije za puteve, železnice i mostove, bazirane na konceptu referenciranja prema stacionažama na osovini saobraćajnice (alignment). Upravo ova evolucija je omogućila da openBIM postane deo infrastrukturnih projekata. Ovaj rad će istražiti na koji način nove verzije IFC standarda rešavaju dosadašnje probleme u interoperabilnosti i kakve benefite to donosi.

2 PREGLED I EVOLUCIJA IFC STANDARDA

2.1 Koncept i evolucija IFC standarda

Pre detaljne analize primene standarda na infrastrukturnim projektima, neophodno je definisati šta IFC (Industry Foundation Classes) predstavlja. Iako se u praksi često doživljava samo kao format za razmenu fajlova (ekstenzija .ifc), on je suštinski otvorena i neutralna šema podataka koja omogućava da različiti softverski alati međusobno komuniciraju. Njegova uloga je da digitalni model građevinskog objekta ne bude samo crtež ili vizualizacija, već baza podataka u kojoj svaki element (zid, stub, šina ili cev) nosi informacije o svojoj geometriji, količinama, materijalu, ceni,...

Razvoj IFC-a nije bio linearan, već se prilagođavao potrebama tržišta koje je u početku bilo isključivo fokusirano na visokogradnju. U ovom radu se analizira verzija IFC 2x3 koja je bila dominantni standard u industriji. Iako je ova verzija tehnološki zastarela i razvijena primarno za zgrade, ona je postala zajednički jezik koji podržavaju svi BIM softveri, zbog čega se i danas najčešće koristi u praksi, uprkos nedostacima.

S druge strane, fokus ovog rada je na verziji IFC 4.3 jer on predstavlja prvi pravi odgovor na specifične zahteve infrastrukture. Dok su prethodne verzije poput IFC 4.0 donosile tehnička unapređenja, tek je verzija 4.3 uvela entitete za puteve, železnice, mostove i time transformisala standard iz "jezik za zgrade" u univerzalni jezik za celokupno građevinarstvo. Razmatranje ove dve verzije ključno je za razumevanje jaza koji trenutno postoji u digitalizaciji infrastrukturnih projekata.

Konačno, važno je napomenuti da se IFC standard neprestano razvija i svaka nova verzija teži ka tome da smanji gubitak informacija pri prenosu podataka između različitih softvera, što je ujedno i najveći izazov u realizaciji kompleksnih projekata gde postoji veliki broj učesnika iz različitih disciplina.

2.2 Problematika primene IFC 2x3 na infrastrukturnim projektima

Jedna od najznačajnijih prepreka u primeni IFC standarda na infrastrukturnim projektima je semantička praznina prilikom izvoza modela podataka. U praksi, ovo je značilo da inženjeri koji su primenjivali ovu verziju IFC-a prilikom izvoza modela poput putne ili železničke infrastrukture iz šeme su imali u ponudi samo generičke entiteta poput `IfcBuildingElementProxy` [5]. Ovaj entitet je ekvivalent praznoj kutiji, preuzima geometriju, ali ne nosi sa sobom nikakvo semantičko značenje. Usled nedostatka adekvatnih klasa, projektanti često pribegavaju semantičkoj analogiji, koristeći entitete rezervisane za visokogradnju kako bi uspostavili neku strukturu. Na taj način su infrastrukturne elemente maskirali u građevinske elemente koje su im po logici najbliži.

Softveri koji podržavaju IFC standard i nude mogućnost njegovog izvoza, ograničavaju korisnika na unapred definisane entitete unutar šeme, ipak postoji i mogućnost manuelnog mapiranja. Međutim, takva praksa upravo stvara problem koji ovaj standard pokušava da reši. Odstupanje od standarda vodi ka tome da bi jedna firma nazvala asfalt "Asphalt_layer", druga "Klovoz_sloj1", a treća "Road_Surface". Pored ovoga, treba napomenuti da entitete prate atributi po principu objektno-orijentisanog programiranja na kojem počiva IFC. Različite entitete prate i njihovi specifični atributi, gde zid (`IfcWall`) sadržati atribut koji govori da li je spoljašnji ili unutrašnji, dok ta informacija nema mnogo smisla kod infrastrukture.

U svetu BIM softvera, postoje mnogi koji isključivo rade sa IFC-om, sa alatima za kontrole samog modela. Jedna od takvih kontrola je primena IDS-a (Information Delivery Specification), koji služi kao standard za definisanje, deljenje i validaciju BIM podataka, gde se validacija može proveriti na automatizovan način. Primena ove kontrole zahteva da model koristi rečnik IFC šeme, u suprotnom kontrola je moguća samo manuelnim procesom pregledanja elemenata pojedinačno.

Pored semantike, najveća razlika je u načinu definisanja pozicije elemenata. Dok se zgrade oslanjaju na statični ortogonalni koordinatni sistem (X, Y, Z), infrastrukturni projekti zahtevaju linearno referenciranje. U verziji IFC 2x3, nedostatak izvornih entiteta za definisanje ose puta (Alignment) onemogućava uspostavljanje direktne veze između geometrije i stacionaže. Bez ove relacije promene podužnog nagiba, horizontalne krivine i vitoperenje kolovoza ne mogu se definisati kao čitljivi parametri i time otežavaju i manuelne provere u ovom pogledu.

2.3 IFC 4.3

Direktno prelazimo na IFC 4.3 iako sami razvoj standarda nije bio nagli skok, već postepen i organizovan proces koji je buildingSmart International vodio kroz više uzastopnih verzija. Razlog je jer rešenje nedostataka za infrastrukturne projekte dolazi sa verzijom IFC 4.3, koja predstavlja suštinski iskorak. Ključna promena leži u ekspanziji taksonomije, čime se konačno ukida potreba za semantičkom analogijom i maskiranjem infrastrukturnih elemenata. Umesto generičnih praznih kutija, šema sada nudi izvorne entitete poput `IfcRoad`, `IfcRailway`, `IfcBridge` i njihove specifične delove, od kolovoznog zastora (`IfcPavement`) i ivičnjaka, pa sve do pragova i šina kod železnice. Na taj način, svaki element modela dobija svoje pravo digitalno ime, čime se omogućava da alati za automatsku kontrolu, poput IDS-a, prepoznaju elemente bez ikakve sumnje ili manuelnog mapiranja.

Međutim, najznačajniji tehnički doprinos ove verzije je uvođenje entiteta `IfcAlignment`, koji služi kao geometrijska i logička osnova čitavog projekta. To znači da put više nije samo statični 3D oblik, već parametarski sistem definisan kroz svoju osovinu, podužni profil i šemu vitoperenja kolovoza. Ovaj pristup omogućava da se poprečni nagibi i krivine čitaju kao živi podaci, a ne kao puka vizuelna reprezentacija. Time se zatvara krug interoperabilnosti, jer model izvezen u ovom formatu zadržava svu inteligenciju potrebnu za proveru parametara i dugoročno održavanje infrastrukture na osnovu stacionaža.

Kroz grupu entiteta `IfcLinearElement` javljaju se podgrupe kao što su `IfcAlignmentHorizontal` i `IfcAlignmentVertical`. One direktno koreliraju sa objektima koji se tipično koriste u projektovanju saobraćajne infrastrukture. Primera radi, prema IFC šemi 4.3, osovina se sastoji od `HorizontalSegment` elemenata koji mogu biti enumeracije tipa `line`, `circulararc` ili `clothoid`. Shodno uobičajnoj praksi, kružni lukovi kao parametarski atribut sadrže radijus horizontalne krivine R, dok elementi koji se odnose na prelazne krivine

sadrže atribut parametra klotoide A. Za potrebe modeliranja vertikalnih krivina u podužnom profilu u šemi su takođe date kvadratne parabole, kao i mnoge druge ređe upotrebljavane geometrijske formulacije.

Ova tehnička unapređenja u strukturi IFC standarda daju praktičnu vrednost pogotovo u okviru zajedničkog informacionog okruženja, odnosno CDE (Common Data Environment). Najjednostavnije rečeno, CDE se može posmatrati kao specijalizovano Cloud rešenje, nalik na standardne servise za skladištenje podataka, ali prilagođeno građevinskim projektima kroz preporuke ISO standarda 19650. Njegova suština nije samo u čuvanju fajlova, već primena jasnih protokola kako se informacije kreiraju, imenuju, proveravaju, odobravaju i dele među učesnicima na projektu.

U infrastrukturnim projektima, koji su po svojoj prirodi linearni i često se protežu kroz različite regione, CDE predstavlja "jedinstveni izvor istine" (Single Source of Truth). On osigurava da svi akteri, od projekatanta trase u kancelariji do izvođača radova na mostu ili tunelu, u svakom trenutku imaju pristup poslednjoj odobrenoj verziji IFC modela. Bez ovakvog centralizovanog sistema, čak i najprecizniji IFC model gubi na značaju ukoliko se razmenjuje putem neadekvatnih kanala poput elektronske pošte, gde se lako gubi trag o revizijama.

U praksi, integracija IFC standarda u CDE okruženja menja način na koji inženjer pronalazi informacije. Umesto da inženjer na gradilištu troši vreme listajući stotine PDF fajlova kako bi pronašao neki detalj na 12. kilometru, on to može uraditi jednim klikom u digitalnom okruženju. Pošto CDE softver razume IFC entitete i njihovu poziciju relativno osovini (stacionažu), on automatski povezuje svu dokumentaciju, ateste i beleške sa konkretnim delom objekta. To znači ukoliko ste zainteresovani za određeni segment mosta u 3D modelu unutar CDE-a, sistem vam odmah nudi sve relevantne podatke vezane isključivo za taj segment. Ovim se eliminiše ručno razvrstavanje ogromne dokumentacije po folderima, jer sam sistem zna gde svaki podatak pripada. Na taj način, komunikacija između projekatanta i izvođača postaje direktna i precizna, bez rizika da neko koristi pogrešan crtež ili zastarelu informaciju.

2.4 Budući pravci razvoja – IFC 5

Trenutno, verzija IFC 4.3 predstavlja standard kada je u pitanju digitalizacija infrastrukture, dok buildingSMART uveliko postavlja temelje za narednu generaciju standarda – IFC 5. Razvoj ove verzije nije fokusiran samo na dopunama rečnika, već i na promenu same arhitekture skladištenja podataka.

Dosadašnji IFC standardi se oslanjaju na STEP format, što je tehnologija stara decenijama. Tu se posebno javlja problem monolitne strukture koje su problematične za obradu. Glavni cilj za IFC 5 je razbijanje ovog monolitnog bloka na manje, modularne delove. Ovaj pristup teži ka integraciji modernih web tehnologija. To podrazumeva primenu JSON formata, koji je prirodni jezik modernih web aplikacija i Cloud platformi.

U praksi, to znači da IFC model postati deo globalne mreže podataka. Na primer, podatak o senzoru ugrađenom u most moći će direktno da se poveže sa podacima o vremenskim uslovima ili senzorima u realnom vremenu, bez potrebe za konverzijama.

Budućnost koju donosi IFC 5 usmerena je i ka veštačkoj inteligenciji. Kada podaci postanu modularni i čitljivi kroz grafove znanja, alogirani mašinskog učenja će moći lako da analiziraju velike projekte. To otvara vrata za razne optimizacije jer će kontekst podataka biti razumljiviji na mnogo dubljem nivou.

3 DISKUSIJA

Posmatrajući lokalni kontekst u Srbiji i izmene Zakona o planiranju i izgradnji koje afirmišu BIM, standardizacija razmene podataka postaje pitanje od velikog značaja. Srbija ovim korakom sledi globalni trend, jer prema analizi Borkowski et al. [6], BIM je obavezan u Velikoj Britaniji od aprila 2016. godine za sve javne projekte, u Nemačkoj od januara 2017. Za projekte iznad 100 miliona evra, a od 2020. i za sve infrastrukturne projekte. U Španiji obaveza uvedena 2018. za javne projekte iznad 100 miliona evra, a u Rusiji od 2022. Za sve vladine projekte. Singapur je uveo obavezu 2015. za sve javne projekte površine veće od 5000 m², a Australija 2016. za sve velike infrastrukturne projekte finansirane od strane države. Skandinavske zemlje poput Norveške, Danske, Finske i Švedske prednjače u primeni otvorenih standarda i imaju obavezne primenu BIM-a za javne projekte već dugi niz godina.

Međutim, uvođenje obavezne primene BIM-a bez precizno definisanih IFC protokola može dovesti do ozbiljnih problema u komunikaciji između investitora, projektanta i izvođača. Dominacija zastarele verzije IFC2x3 u praksi nije uzrokovana njenim tehničkim kvalitetom, već inercijom tržišta.

U tom kontekstu, pouzdanost modela i njegove kontrole postaje ključna tačka razmatranja. Implementacija IDS-a i primena CDE okruženja gube smisao ukoliko model nije semantički čist. Automatizacija ne može da preozna elemente koji nose masku entiteta koji im ne pripadaju, time alogoritmima za proveru mogu pogrešne izveštaje. To primorava inženjere na dodatne manuelne provere, čime se direktno narušavaju osnovni ciljevi

BIM-a, poput smanjenja grešaka i uštede vremena. Umesto efikasnog procesa, dobijamo samo promenu oblika problema.

Takođe, važno je diskutovati o jazu između statičkih modela i potreba na terenu. Dok IFC 4.3 nudi rešenje za infrastrukturne projekte, i pored mana monolitne strukture koja nije jedinstvena za njih, moguće je izvršiti uspešnu BIM implementaciju.

Pravi izazov je zapravo u implementaciji, koja zavisi od dva ključna faktora, softvera i inženjera. Sa jedne strane softveri treba da imaju dobru implementaciju standarda, dok kod korisnika treba da se promeni svest gde ne gledaju na model kao vizualizaciju i zapravo ga tretiraju kao dinamičnu bazu podataka.

4 ZAKLJUČAK

Evolucija IFC standarda sa verzije 2x3 na 4.3 predstavlja prekretnicu koja omogućava da BIM u infrastrukturi prestane da bude improvizacija i postane precizan inženjerski proces. Rad je pokazao da bez semantičke preciznosti i izvorne podrške za infrastrukturne entitete, automatizacija kontrole podataka i efikasno upravljanje nije moguće.

Iako tehnologija napreduje, prioritet mora biti usvajanje novih standarda. U ovom trenutku IFC 4.3, dok uskoro i IFC 5. Samo na taj način, digitalni modeli mogu biti pouzdani izvor informacija tokom celog životnog ciklusa objekta, od projektovanja do održavanja

- [1] A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, and S. S. Chen, "Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations," *Autom. Constr.*, vol. 94, pp. 257–281, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.07.001.
- [2] L. Ding, K. Li, Y. Zhou, and P. E. D. Love, "An IFC-inspection process model for infrastructure projects: Enabling real-time quality monitoring and control," *Autom. Constr.*, vol. 84, pp. 96–110, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.029.
- [3] "buildingSMART International." Accessed: Mar. 15, 2026. [Online]. Available: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>
- [4] "Zakon o planiranju i izgradnji," ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon, 9/2020, 52/2021, 62/2023 i 91/2025). Accessed: Mar. 04, 2026. [Online]. Available: https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_planiranju_i_izgradnji.html
- [5] Y. Yu, S. Kim, H. Jeon, and B. Koo, "A Systematic Review of the Trends and Advances in IFC Schema Extensions for BIM Interoperability," Dec. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/app132312560.
- [6] A. S. Borkowski, W. Drozd, and K. Zima, "The Status of the Implementation of the Building Information Modeling Mandate in Poland: A Literature Review," Oct. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/ijgi13100343.