

**OPTIMIZACIJA MODELOVANJA OBJEKTA UZ POMOĆ POINT CLOUD PODATAKA
KORIŠĆENJEM BIM TEHNOLOGIJE****OPTIMIZATION OF OBJECT MODELING USING POINT CLOUD DATA WITH BIM
TECHNOLOGY**

Branko Drčelić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA

Kratak sadržaj – Ovaj rad istražuje razvoj i primenu poluautomatizovanog procesa za integraciju Point Cloud podataka u BIM modele, koristeći osnovne funkcije softvera Revit i dodatak Dynamo, uz podršku besplatnih ekstenzija. U okviru istraživanja analizirane su tehničke prednosti ovog pristupa, kao i njegov uticaj na poboljšanje preciznosti i efikasnosti u procesima projektovanja i izgradnje. Pored toga, izrađeni su i testirani algoritmi za modelovanje pravih zidova, čime je dodatno potvrđena funkcionalnost predloženog sistema.

Ključne reči: BIM, Revit, Dynamo, Point Cloud

Abstract – This paper explores the development and application of a semi-automated process for integrating Point Cloud data into BIM models, using the core functions of Revit software and the Dynamo plugin, with the support of free extensions. The research analyzes the technical advantages of this approach, as well as its impact on improving accuracy and efficiency in design and construction processes. Additionally, algorithms for modeling straight and curved walls were developed and tested, further confirming the functionality of the proposed system.

Keywords: BIM, Revit, Dynamo, Point Cloud

1. UVOD

BIM (Building Information Modeling) predstavlja sveobuhvatan pristup digitalnoj reprezentaciji i upravljanju podacima o objektima tokom njihovog životnog ciklusa. U ovom radu, fokus je na korišćenju Dynamo alata za automatizaciju modelovanja pravih zidova iz Point Cloud podataka u okviru BIM sistema, čime se poboljšava efikasnost i tačnost u procesu rekonstrukcije.

Ova integracija omogućava precizno generisanje zidova direktno iz laserski skeniranih podataka, pojednostavljajući radni proces u Revit-u. Jedan deo problema je pravilna klasifikacija tačaka Point Cloud-a u pogledu koji građevinski element predstavljaju i ovaj problem je bio tema naučnih radova kao što je [1]. Tema izrade zidova, podova i tavanica je obrađivana kao u primeru [2] gde je procenat preciznosti bio oko 90%. U literaturi postoje i radovi sa pristupom u kojem se vrši

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marko Lazić, red. prof.

klasifikacija građevinskih elemenata i nakon toga njihova rekonstrukcija u formatima čitljivim u BIM tehnologiji [3,4].

2. PREDUSLOVI ZA RAD ALGORITMA

Skeniranje i modelovanje postojećih zgrada pomoću BIM tehnologije predstavlja izazovan i složen proces. Tradicionalno, ovaj proces zahteva značajan manuelni rad, što je dugotrajno i zavisi od stručnosti operatera.

Point Cloud-ovi generisani laserskim skenerima pružaju detaljne informacije o postojećim strukturama, ali transformisanje tih podataka u korisne BIM modele često zahteva dugotrajnu ručnu obradu. Ovaj proces može biti frustrirajući i vremenski neefikasan, što značajno usporava projekte. Problem se dodatno komplikuje kada su delovi zgrada okluzirani ili kada nedostaju semantičke informacije u Point Cloud-ovima dobijenim laserskim skeniranjem. Automatizacija transformacije tih podataka u BIM modele ključna je za povećanje efikasnosti i tačnosti.

Savremeni pristupi generisanju BIM modela često uključuju lasersko skeniranje za dobijanje Point Cloud-ova, nakon čega sledi složena obrada podataka. Proces obrade obuhvata registraciju Point Cloud-ova, zamenu tačaka BIM objektima, dodeljivanje semantičkih odnosa i dodavanje dodatnih svojstava kao što su materijali. Istraživački naponi usmereni su na smanjenje ručnog rada kroz automatizaciju klasifikacije strukturnih elemenata. Cilj u izradi algoritma je razvoj metodologije koja omogućava automatsko izdvajanje i integraciju informacija iz Point Cloud-ova u BIM softvere. Ova metodologija obuhvata nekoliko ključnih aspekata:

- Automatizacija: Identifikacija zadataka koje je moguće automatizovati, uključujući 3D polu-automatsku rekonstrukciju.
- Prenosivost: Definisanje karakteristika zgrada koje se proučavaju kako bi se osigurala opšta primenljivost pristupa.
- Geometrijski kvalitet: Integracija kriterijuma kvaliteta i predlaganje indeksa kvaliteta za evaluaciju rezultata rekonstrukcije.

3. PRIMENJENI SOFTVERSKI ALATI I SKRIPTE

Tokom istraživanja, korišćeni su raznovrsni softverski alati i skripte kako bi se ostvario cilj ubrzavanja procesa modelovanja iz oblaka tačaka u BIM modele. Svaki alat je igrao ključnu ulogu u različitim fazama rada, od

prikupljanja podataka do finalne integracije u Revit. Korišćeni su sledeći programi:

- Revit: Glavni softver BIM-a, u kojem su svi podaci integrisani i gde se kreira krajnji BIM model.
- Dynamo: Vizuelno programiranje unutar Revita koje omogućava automatizaciju zadataka i kreiranje prilagođenih skripti za efikasnije modelovanje.
- Scene: Softver za učitavanje i spajanje podataka sa laserskih skenera. Scene je korišćen za procesiranje 360-stepenskih slika i za kreiranje početnog oblaka tačaka.
- Recap: Softver za obradu i prevođenje oblaka tačaka. Podaci iz Scene su uvoženi u Recap, gde su pripremani za izvoz u DWG ili direktno u Revit.

Nakon što su podaci prikupljeni i obrađeni, importovani su u Revit, gde je aktiviran Dynamo za dalju automatizaciju procesa. Unutar Dynamo-a, korišćeni su dodatni paketi kako bi se proširile mogućnosti skriptovanja i omogućilo napredno upravljanje podacima.

Ključni dodaci korišćeni u Dynamo skriptama uključivali su:

- Genius Loci: Ovaj paket je korišćen za geometrijsku manipulaciju i analizu, omogućavajući precizno pozicioniranje i transformacije geometrije u modelima.
- Dynamo IronPython 2.7: Omogućava integraciju Python skripti unutar Dynamo okruženja, pružajući dodatnu fleksibilnost i moćniju obradu podataka.
- Sastrugi: Od izuzetne važnosti za naše projekte, ovaj paket je korišćen za većinu kodova, omogućavajući naprednu manipulaciju oblacima tačaka, segmentaciju, klasifikaciju i druge složene operacije.

Kombinacija ovih alata i skripti omogućila je efikasno i precizno upravljanje podacima, automatsku segmentaciju i klasifikaciju elemenata zgrada, te njihovu integraciju u BIM modele. Ova integracija značajno je smanjila potrebu za ručnim radom i povećala tačnost krajnjih modela, doprinoseći celokupnoj efikasnosti i kvalitetu našeg istraživanja.

4. MODELOVANJE PRAVOG ZIDA

Modelovanje pravih zidova predstavlja važan i izazovan korak u kreiranju BIM modela na osnovu Point Cloud podataka. Iako su pravi zidovi relativno jednostavniji za identifikaciju u odnosu na zakrivljene, proces nosi određene izazove. Problemi kao što su preklapanje podataka zbog skeniranja iz različitih uglova i prisustvo drugih objekata, kao što su nameštaj ili instalacije, mogu ometati detekciju čistih ravni. Osim toga, pravi zidovi često nisu savršeno ravni, što zahteva dodatnu obradu Point Cloud podataka. Iako algoritmi u Dynamo olakšavaju proces, precizno modelovanje zahteva pažljivu obradu i definisanje zidova u skladu sa stvarnim stanjem objekta.

4.1. Priprema Point Cloud-a

Pre nego što se započne proces modelovanja pravih zidova, neophodno je očistiti Point Cloud od nepotrebnih tačaka koje ne pripadaju zidovima. Ovo podrazumeva uklanjanje podataka koji se odnose na nameštaj, opremu i

druge unutrašnje objekte, što će poboljšati preglednost i olakšati prepoznavanje ravnih površina zidova.

Za izdvajanje tačaka koje pripadaju zidovima, koristi se filtriranje tačaka po z-osi. Fokusirajući se na tačke u opsegu između 800 i 1000 milimetara visine, isključuju se podovi i plafoni. Nakon toga, kreira se pravougaonik koji obuhvata ove tačke, a zatim se zadebljava površina kako bi se formirala solidna geometrija za dalju obradu. Na kraju se formira ograničavajuća kutija koja omogućava lakšu identifikaciju zidova i eliminaciju nepotrebnih elemenata.

Ovaj pristup omogućava pouzdano prepoznavanje zidova, olakšavajući precizno modelovanje u narednim koracima (Slika 1).



Slika 1. Uklanjanje neželjenih elemenata Point Cloud-a

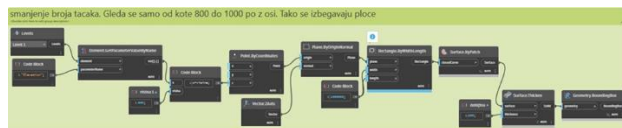
4.2. Pristup algoritmu

Kod za modelovanje pravih zidova u Dynamo-u sastoji se od nekoliko ključnih koraka koji omogućavaju identifikaciju i generisanje zidova iz Point Cloud podataka.

1. Smanjenje broja tačaka

Prvi korak u procesu je smanjenje broja tačaka koje posmatramo, što se postiže selekcijom tačaka koje se nalaze na određenoj visini od z-koordinate, između 800 mm i 1000 mm, kao što je prethodno opisano. Ovim pristupom izbegavamo tačke koje pripadaju podovima i plafonima, fokusirajući se isključivo na zidove (Slika 2). Selekcija visine: Određujemo visinu na kojoj posmatramo tačke, postavljajući granice od 800 mm do 1000 mm, čime se izbegava uključivanje tačaka sa podova i plafona. Kreiranje površine za selekciju: Na osnovu definisanih visina kreira se površina u xy ravni, koja će se koristiti za selekciju tačaka.

Generisanje granične kutije: Kutija koja obuhvata definisanu površinu koristi se za selekciju tačaka unutar tog opsega. Ovaj alat omogućava da selektujemo samo relevantne tačke unutar definisanih granica visine.



Slika 2. Algoritam za smanjenje broja tačaka

2. Selekcija tačaka

Identifikacija tačaka unutar definisanog opsega: Tačke koje se nalaze unutar granica visine selektuju se za dalju obradu, fokusirajući se na tačke koje odgovaraju zidovima.

Filtriranje relevantnih tačaka: Alat za selekciju osigurava da su sve tačke unutar određenih granica visine, uklanjajući one koje nisu relevantne za modelovanje zidova, kao što su tačke nameštaja i drugih unutrašnjih objekata (Slika 3).



Slika 3. Algoritam za selekciju tačaka

3. Testiranje tačaka

Sledeći korak je testiranje tačaka kako bismo osigurali da su u nivou gledanja, što se postiže filtriranjem tačaka koje imaju najmanje tri susedne tačke u radijusu od 40 mm (Slika 4).

Provera susednih tačaka: Proveravamo da li svaka tačka ima najmanje tri susedne tačke u radijusu od 40 mm, što nam pomaže u identifikaciji tačaka koje pripadaju zidu. Generisanje sfera za selekciju: Kreiramo sfere oko svake tačke sa radijusom od 40 mm i proveravamo koje tačke spadaju unutar tih sfera. Tačke koje imaju najmanje tri susedne tačke zadržavaju se za dalju obradu, čime se smanjuje broj tačaka koje nisu deo zidova i čini proces efikasnijim i preciznijim.



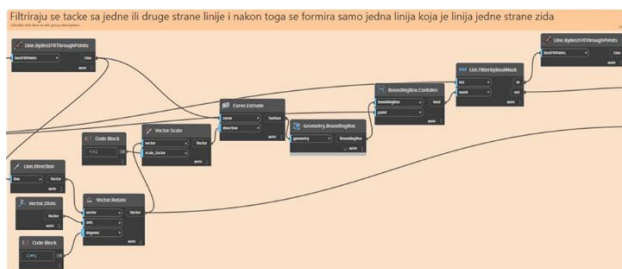
Slika 4. Algoritam za testiranje tačaka

4. Formiranje centralne linije zida

Kreiranje linije kroz tačke: Generišemo liniju koja prolazi kroz selektovane tačke, predstavljajući centralnu liniju zida.

Ekstruzija krive: Ekstruziramo krivu duž centralne linije da bismo generisali površinu koja će služiti kao osnova za zid. Ovo ekstruzija stvara trodimenzionalnu geometriju koja predstavlja zid.

Provera tačaka unutar površine: Filtriramo tačke koje spadaju unutar granica ekstruzirane površine kako bismo osigurali da su sve tačke deo zida, čime se dodatno potvrđuje tačnost modela (Slika 5).



Slika 5. Algoritam za formiranje centralne linije zida

5. Generisanje zida

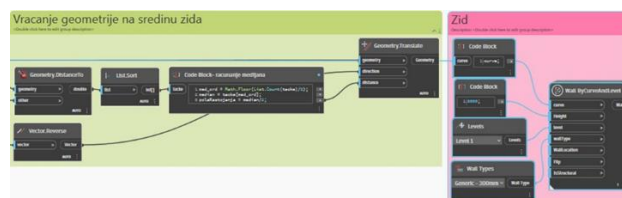
Na kraju, generišemo zid duž centralne linije i podižemo ga do visine sprata (Slika 6).

Računanje medijane: Računamo medijanu udaljenosti tačaka kako bismo odredili visinu zida, što omogućava precizno definisanje visine zida u skladu sa nivoima koji su prethodno podeljeni.

Pomeranje geometrije: Pomeramo geometriju kako bismo generisali zid na odgovarajućoj poziciji, osiguravajući tačnu postavku zida u prostoru.

Kreiranje zida: Uz pomoć alata za generisanje zida duž centralne linije na određenom nivou, zid se podiže do visine sprata koja je prethodno definisana.

Na ovaj način dobijamo trodimenzionalni model zida koji odgovara stvarnoj strukturi objekta.



Slika 6. Algoritam za generisanje zida

5. EFIKASNOST MODELOVANJA

Efikasnost i tačnost modelovanja pravih zidova u ovom procesu zavise od nekoliko faktora. Koristeći algoritme za selekciju i filtriranje tačaka, uspevamo da precizno identifikujemo tačke koje pripadaju zidovima, što značajno poboljšava tačnost modela.

Ovaj pristup omogućava izbegavanje uključivanja tačaka koje ne pripadaju zidovima, kao što su tačke sa podova i plafona. Selekcijom tačaka na određenim visinama, filtriranjem na osnovu susednih tačaka i formiranjem centralne linije zida, postizemo visoku preciznost u definisanju zidova (Slika 7).

Ipak, treba naglasiti da je trenutni kod još uvek u fazi istraživanja i nije u potpunosti optimizovan za modelovanje svih zidova istovremeno. Efikasnost se može dodatno poboljšati daljim razvojem i optimizacijom algoritama kako bi se omogućilo istovremeno modelovanje većeg broja zidova.



Slika 7. Finalni rezultat

6. ZAKLJUČAK

Modelovanje pravih zidova pomoću Dynamo-a i Point Cloud podataka pokazalo je veliki potencijal za ubrzanje procesa rekonstrukcije u BIM okruženju. Korišćenjem algoritama za selekciju i filtriranje tačaka, postignuta je visoka preciznost u identifikaciji zidova, čime se značajno smanjuje ručni rad. Iako trenutni kod nije potpuno optimizovan za istovremeno modelovanje svih zidova, rezultati pokazuju da je moguće značajno ubrzati proces, naročito kod jednostavnijih struktura.

Daljim razvojem i optimizacijom algoritama može se postići potpuna automatizacija i efikasnije modelovanje više zidova istovremeno. Point Cloud tehnologija se pokazala korisnom za rekonstrukciju, ali ostaje potreba za unapređenjem kako bi se rešili preostali izazovi u automatizaciji i preciznosti.

7. LITERATURA

- [1] Ntiyakunze, J., & Inoue, T. (2023). Segmentation of Structural Elements from 3D Point Cloud Using Spatial Dependencies for Sustainability Studies. *Sensors*, 23(4).
- [2] Anagnostopoulos, I., Pătrăucean, V., Brilakis, I., & Vela, P. (2016.). Detection of walls, floors and ceilings in point cloud data. Construction Research Congress 2016.
- [3] Macher, H., Landes, T., & Grussenmeyer, P. (2017). From point clouds to building information models: 3D semi-automatic reconstruction of indoors of existing buildings. *Applied Sciences*, 7(10).
- [4] Yang, F., Pan, Y., Zhang, F., Feng, F., Liu, Z., Zhang, J., Liu, Y., & Li, L. (2023). Geometry and Topology Reconstruction of BIM Wall Objects from Photogrammetric Meshes and Laser Point Clouds. *Remote Sensing*, 15(11).

Kratka biografija:



Branko Drčelić rođen je u Užicu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitekture – Optimizacija modelovanja objekta uz pomoć Point Cloud podataka korišćenjem BIM tehnologije odbranio je 2024.god.
kontakt: b.drcelic@gmail.com