

SIMULACIJE U PLANIRANJU TOKOVA ROBE U OBJEKTU

SIMULATIONS IN MATERIAL FLOWS PLANNING IN WAREHOUSES

Jelena Maletić

Technical School GSB, Belgrade, Serbia

©MESTE

JEL Category: **C63, L52, M11**

Apstrakt

Kod modeliranja procesa rada a time i tokova robe i gotovih proizvoda (u daljem tekstu: roba) moguće je koristiti više pristupa. Uvek se pretpostavlja da roba polazi iz tačke A i da je sredstvo ili AGV (u daljem tekstu: sredstvo) prenosi u tačku B gde se dalje obrađuje. Modeliranje veza između tačaka A i B se može ostvariti na više načina. Kod uobičajenih simulacija, kao što su Siemens Plant simulation, Delmia Quest, Incontrol enterprise dynamics, itd., sredstvo se posmatra kroz direktan transport između dve tačke. Ako se udaljenost između tih tačaka promeni, vreme izvršavanja operacije se takođe menja. Kod savremenijih planiranja, kretanje sredstava za rad se modelira pomoću „fleksibilnih” putanja, koje uzimaju u obzir višenivosku strukturu objekta u delu koji se odnosi na više mogućih putanja kretanja sredstva koristeći Javu ili C++. Što je struktura objekta (skladišta ili industrijskog objekta) složenija, više je i mogućih putanja koje treba modelirati. Ovaj pristup je nepouzdan ukoliko se početni plan promeni, jer eksperti za simulacije moraju da izmene svaku moguću putanju sredstva za rad u skladu sa novom tehnologijom rada. Cilj ovog rada jeste prikaz metodologije koja bi smanjila promene (eventualno vremena) u modelu pri promeni lokacija tačaka u objektu. Dat je algoritam za planiranje kretanja, koji automatski određuje putanje sredstva, u zavisnosti od situacije, a da ne dođe do nezgoda sa drugim vozilima ili fiksnim elementima određenog objekta. Osnovna karakteristika ovog modela je to što je primenjiv, ne samo u jednonivoskim već u svim višenivoskim objektima bez obzira na broj etaža.

Ključne reči: Intralogistika, skladištenje, modeliranje, SVS, CAD Ava

Abstract

In modeling of the use of equipment, different approaches can be applied. It is always assumed that the material, or goods, is at the point A and that a forklift truck or AGV carry it to the point B for further processing. Modeling of connections between points A and B can be accomplished in several ways. In the conventional simulations, such as Siemens' Plant simulation, Delmia's Quest, InControl's Enterprise Dynamics, etc., the equipment is used in transportation for a direct transfer between these two points.

The disposition of the one level warehouse is not taken into consideration. In more modern planning, the movement of the working means is modeled using the "inflexible" paths, which

Adresa autora:

Jelena Maletić

jelenamaletic05@gmail.com

consider the multi-level structure of warehouse in the part relating to the forklift paths, using Java or C++. The more complex the structure is, the higher number of the possible paths need to be modeled. This approach is unreliable if the layout changes because the simulation experts must change the trajectories of every possible means according to the new applied technology. The aim of this paper is to present a methodology that can reduce the number of the changes in the model when the warehouse needs to be modified. Here is presented an algorithm for movement planning, which automatically determines the trajectories of the work means, depending on the current machines disposition, without colliding with other objects in the considered virtual warehouse. The basic feature of this model is that it is applicable not only in warehouses with a ground level but also in all multi-level warehouses regardless the number of floors.

Keywords: Intralogistics, Warehousing, Modeling, WMS, CAD, Java

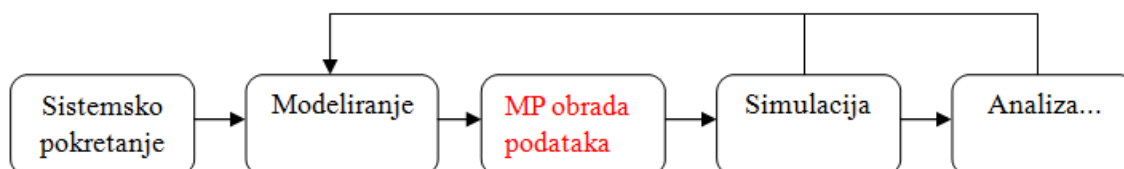
1 UVOD

Kod modeliranja sredstava za rad moguće je koristiti više pristupa modeliranja. Obično se posmatra tok robe kada roba kreće iz tačke A do tačke B gde se dalje obrađuje. Modeliranje toka između tačaka A i B se može ostvariti na više načina, kao što su simulacije Siemens Plant simulation (Siemens, 2011)¹, Delmia Quest (Salleh, Kasolang, Mustakim, & Kuzaimand, 2017)², Incontrol enterprise dynamics (InControl, 2017)³ itd, kod kojih sredstva za rad koriste direktan način prenosa robe između dve tačke (Davidović, 2016). Ako se udaljenost između tih tačaka promeni, menja se i vreme izvršenja operacije. Kretanje sredstava između dve tačke se

modelira najčešće pomoću „nefleksibilnih“ putanja po osnovi objekta.

Što je, više mogućih putanja složeniji je model simulacije. Takav pristup je prilično nepouzdan jer ukoliko se osnova promeni zbog izvesnih rekonstrukcija ili namene prostora, menjaju se moguće putanje što izaziva značajne promene u izvršenju tehnoloških operacija i samom simulacionom modelu (Letić & Davidović, 2014).

Cilj je prikazati metodologiju koja bi smanjila promene u upravljanju jer zahtevaju dosta vremena. Algoritam planiranja kretanja sredstva, koji automatski određuje putanje kretanja sredstava, je u zavisnosti od postojeće strukture objekta koji se koristi, bez obzira na broj etaža.



Slika 1. Tok radnje modeliranja, simulacije i analize

Izvor: (Chen, Szczerba, & Uhran, 1997)

Algoritam planiranja kretanja (MP)⁴ se sastoji iz nekoliko koraka: U prvom koraku obrađuju se podaci iz 3D prikaza simulacionog modela i sastavlja se struktura podataka koja se dalje koristi za automatsko izračunavanje mogućih putanja. Svaki put kada korisnik modifikuje simulacioni model, obrada statističkog prikaza

podataka se ponovo izračunava i ažurira, s obzirom da se i 3D nacrt takođe možda izmenio. Ova ponovna obrada – koja se zove MP obrada izvršava se prema algoritmu (slika 1.), (Chen, Szczerba, & Uhran, 1997).

U sledećem koraku, model izvršava proračune putanja sredstava koja se kreću. Sve promene se

¹ Siemens Plant simulation (Simensova simulacija postrojenja) je simulaciona metoda bazirana na diskretnim događajima, koji pomažu da se formira simulacioni model intralogističkog sistema, tako da se mogu iskazati karakteristike sistema i vršiti optimizacija njegovih performansi.

² Delmia's Quest (Delmia istraživanje) je kompletan 3D prikaz faktora okruženja za simulaciju toka materijala i

analizu pri čemu se obezbeđuje preciznost i profitabilnost. (Dassault Systemes, 2010)

³ Incontrol's Enterprise Dynamics je vodeća simulaciona softverska platforma za projektovanje i implementaciju kontrolu simulacionih rešenja u intralogistici.

⁴ MP (Motion Planning) - Osmišljeno kretanje, u daljem tekstu MP.

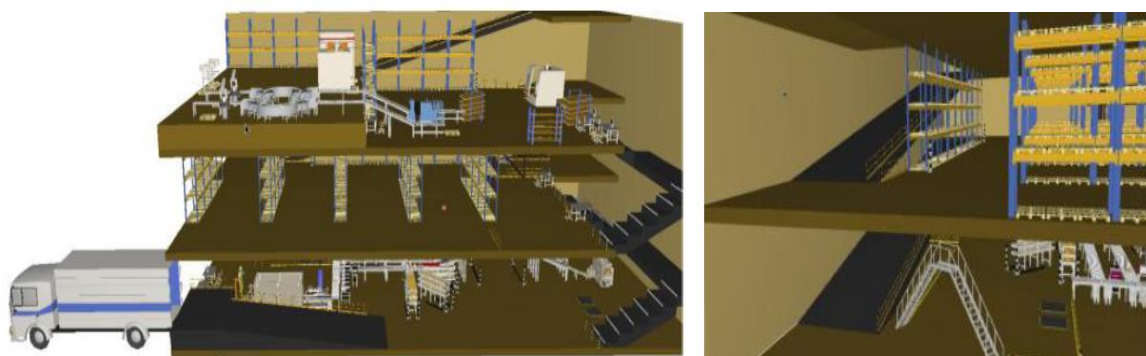
vrše tokom same simulacije. Kada je u simulaciji potrebno promeniti položaj sredstva ili radnika model automatski određuje putanje sredstava za rad.

Za demonstraciju primene ovog algoritma koristi se tri etažni objekat u kome se, na trećoj etaži, proizvodi neka vrsta robe (slika 2). Roba se potom privremeno odlaže na skladišni prostor na nekoj od nižih etaža. Na kraju se kao oblikovana teretna jedinica otprema drumskim vozilima, koje se postavlja ispred objekta (Dangelmaier & Laroque, 2008).

Algoritam upravlja 3D prikazom simulacionih modela objekta po etažama, od kojih je svaka

povezana stepenicama i rampama. Takođe, algoritam automatski nalazi putanje za kretanje sredstava preko rampi i daje prikaz o:

- kretanju vozila od početne do krajnje tačke po različitim etažama,
- potencijalnim mestima nezgoda sa fiksnim elementima objekta u smislu preventive,
- izračunatim površinama po etažama za kretanje koje se koriste za planiranje putanja,
- mestu i vremenu pretovara drumskog vozila, izračunatim površinama za prolaz sredstva sa teretom do mesta ostavljanja ili drumskog vozila i obratno i dr.



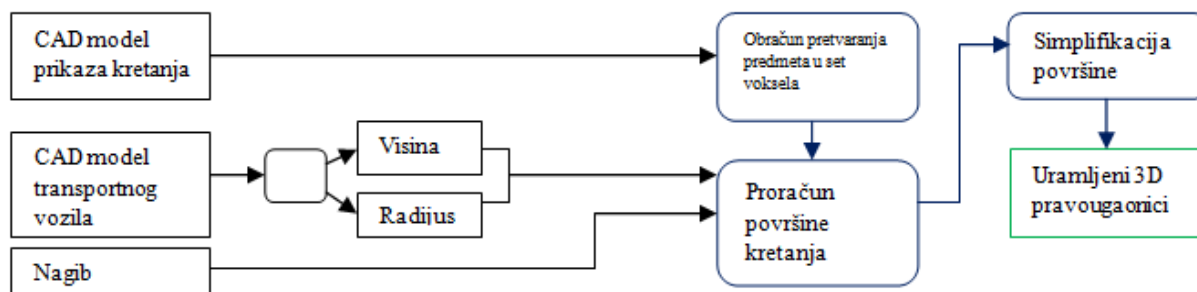
Slika 2. Prikaz 3D objekta u tri etaže sa rampama (Dangelmaier & Laroque, 2008)

2 PLANIRANJE KRETANJA SREDSTVA U 3D INTRALOGISTIČKOM OKRUŽENJU

Algoritam obrade automatskog MP prikaza počinje automatskim uproščavanjem složenih podataka vezanih za površine objekta. Ovo je potrebno iz razloga što su podaci dobijeni iz CAD⁵ programa obično previše složeni za dalju obradu

(slika 3). Zahtev je da se površine objekta pretvore, iz svojih stvarnih geometrijskih oblika, u set vokseli. Ovakav pristup teži da bude najpribližniji postojećoj geometriji objekta.

Određuje se površina za kretanje, koju sačinjavaju dve dvodimenzionalne površine unutar trodimenzionalnog prostora, gde su posmatrane sve moguće pozicije sredstva koje se kreće.



Slika 3. Struktura obrade MP prikaza

Izvor: (Dangelmaier & Laroque, 2008)

⁵ CAD (Computer Aided Design) - Upotreba računarskih sistema kao alat u stvaranju, modifikaciji,

analizi, ili optimizaciji dizajna intralogističkih procesa. U daljem tekstu CAD.

Rezultat obrade MP prikaza je struktura podataka nazvana „uramljeni 3D pravougaonici“. Koristi se za automatske proračune putanja kod planiranja kretanja.

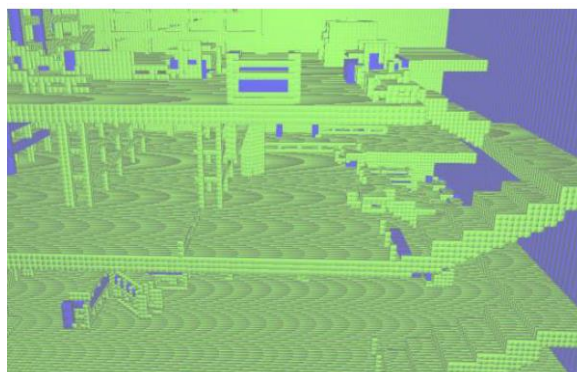
Za putanje kod planiranja kretanja, u okvirima simulacije, treba tačno odrediti početne i završne tačke nalaženja sredstva. Algoritam automatski nalazi način, kako da u simulaciji koristi ove podatke za izračunavanja vremena transporta.

2.1 Uprošćavanje i pretvaranje elemenata objekta u set voksel

Algoritam planiranja kretanja radi na osnovu podataka osnovnog 3D prikaza simulacionog modela. Kod složenih simulacionih modela poput velikih industrijskih postrojenja, izvezeni 3D podaci u nacrtu CAD sistema su izuzetno složeni, tako da je nemoguće smestiti sve elemente objekta u realan okvir vremena. Ipak, algoritam planiranja kretanja koristi ovu veliku količinu podataka kao osnovni unos za svoje proračune. Složenost podataka uzrokuje neke od sledećih problema:

- struktura koja obrađuje sve podatke je složena i mogu nastati problemi u pogledu čuvanja i toka izvršavanja,
- standardni algoritmi planiranja kretanja, npr. trapezoidne metode, računaju dosta trapezoida koji generišu nesigurne putanje na liniji kretanja.

U datom pristupu, ovaj specifičan problem rešava se najpre uprošćavanjem složenih podataka. Elementi objekta su pretvoreni iz svojih geometrijskih oblika u set voksel, koji nastoje da budu što približnije prikazani stvarnim stanjem u objektu (slika 4). Unapred se definiše veličina najmanjeg geometrijskog oblika i generiše se trodimenzionalni raster kockica za ceo prikaz (diskretizacija). Nakon toga, odlažu se sve kocke, koje odgovaraju pojavnom obliku. Sve prazne kocke se zanemaruju i set voksel se unosi u oktalno stablo kao bazna struktura podataka.



Slika 4. Pretvaranje predmeta u set voksel istog 3D prikaza

Izvor: (Dangelmaier & Laroque, 2008)

Prikazani su samo oni vokseli⁶ koji se podudaraju sa oblikom nekog elementa, npr. police, trakasti transporteri, zidovi, plafoni i dr.

2.2 Proračun površina kretanja

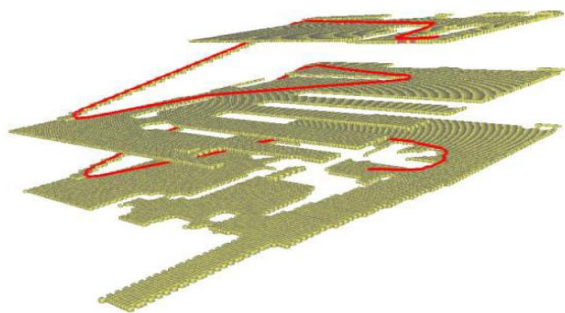
Sledeći korak obrade prikaza jeste proračun površine kretanja. Površina kretanja je dvodimenzionalna površina, koja povezuje sve dosežne tačke sredstava za rad koja se kreću. Sredstvo postavljeno u određen položaj na površini kretanja može dostići sve ostale položaje na površini kretanja. Sredstva za rad koja se kreću mogu ići uz i niz kose rampe, koje ne premašuju dozvoljeni nagib.

Algoritam, koji proračunava površine kretanja radi na sledeći način: istraživač definiše jednu tačku površine kretanja za neko sredstvo za rad, npr. mesto parkiranja sredstva. Na osnovu tog položaja, algoritam traži sve susedne voksele koji imaju istu visinu kao i "početni" voksel, čime su sve okolne tačke plana površine identifikovane. Algoritam takođe traži one okolne voksele koji su i dalje, viši ili niži od "početnog" voksel. U ovom slučaju, nagib između susednih voksel ne sme da premaši propisani nagiba rampe.

Identifikovana vozna površina je smeštena u strukturu podataka oktalnog stabla, sličnog kao kod prethodnog pretvaranja pojavnog oblika u set voksel.

⁶ Voksel (Voxel, od reči volumetric i pixel, u prevodu zapreminski piksel) u trodimenzionalnoj

grafici predstavlja najmanji deo trodimenzionalnog prostora nekog elementa za obradu ili prikaz.



Slika 5. Prikaz proračunate površine za kretanje sredstva (Dangelmaier & Laroque, 2008)

Kako bi se smanjilo čuvanje velike količine podataka po strukturi, površina za kretanje se rastavlja na pravougaonike. Umesto smeštanja svih voksela, samo se smeštaju ivični vokseli pravougaonika, dok se ostali unutar pravougaonika odbacuju, tako da se konačna struktura podataka površine za kretanje pojednostavljuje i doprinosi boljem prikazu same površine za kretanje (slika 5). Na svakom pravougaoniku su tačkastom zelenom bojom naznačene ivice. Generisani, 3D pravougaonici se koriste za proračun specifičnih putanja tokom izvođenja simulacije.

2.3 Automatski proračun putanja

Algoritam za automatske proračun pojedinačnih putanja se koristi tokom trajanja simulacije. Algoritam za nalaženje putanje se pokreće u okvirima simulacije, koja mora da poznaje početno i završno mesto sredstva ili AGVs. Obe pozicije moraju da se podudaraju sa proračunatom površinom za kretanje. Poznatim algoritmom Dijkstre određuju se najkraće putanje sredstava u objektu. Primer je dat crvenom linijom na slici 5. Ovako proračunata putanja povezuje početnu poziciju, koja je na trećem nivou, sa krajnjom pozicijom, koja je na prvom nivou. Simulacija koristi proračunatu putanju da odredi najkraće vreme transporta.

3 SIMULACIJA TOKA ROBE

Prethodno su dati neki osnovni koraci koji su neophodni za proračun putanje kroz trodimenzionalni, višespratni objekat. Složeni objekti se moraju kreirati od mnogo modula koji se mogu povezati da bi se definisao tok robe. Modul

kretanja je modeliran kao kontinualni proces koji pokreće robu od početne do krajnje tačke kretanja sredstva u objektu.

Nasuprot jednostavnim, kontinualnim procesom, moduli planiranja kretanja koriste diskontinualan proces kako bi opisali putanju i definisali algoritam za izračunavanje neophodnog vremena kretanja robe. Ovaj modul definiše transportnu vezu između dva udaljena modula. Postojeće više od jednog modula planiranja kretanja na jednom prikazu, koji će određivati različite transportne putanje.

3.1 Konfiguracija

Tokom kreiranja modula, očekuje se detaljna kontrola konfiguracije kako bi se sredstvo u transportu posmatralo u svim vezama. S toga postoje dva zasebna seta podataka (Chen, Szczerba, & Uhan, 1997):

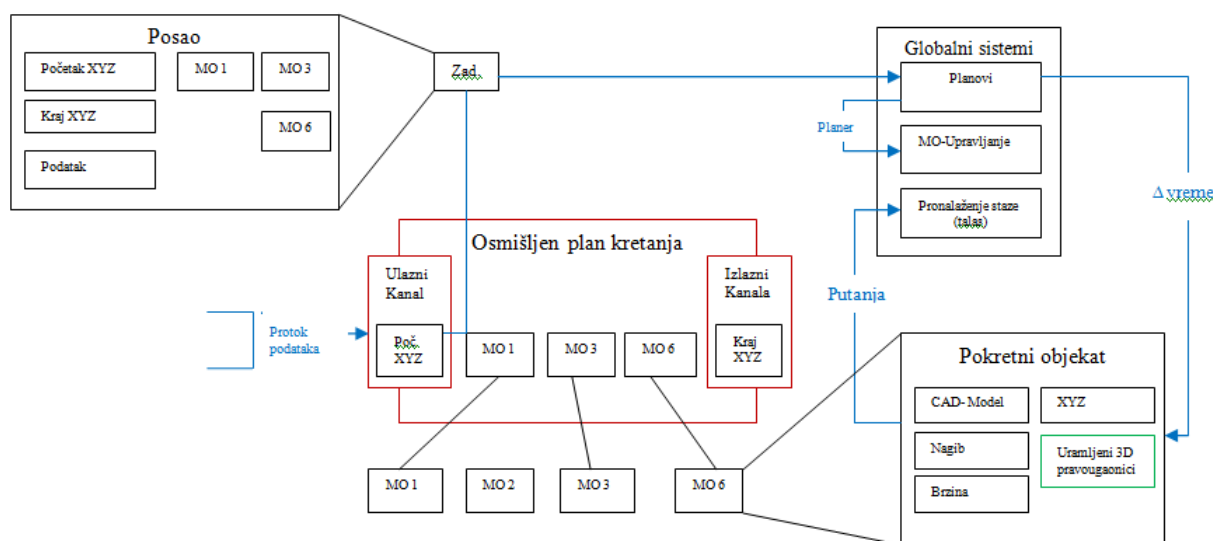
- sredstva koja se kreću i
- veze.

Konfiguracija omogućava "n-n" odnos između dva seta. To znači da sredstvo može da upravlja većim brojem veza i da nekoliko vozila može da upravlja jednom vezom. Kako bi se eliminisala mogućnost da postoji jedno sredstvo koje upravlja dvema vezama istovremeno, koristi se algoritam globalnog raspoređivanja kako bi se upravljalo obradom jedinica toka od strane vozila.

3.2 Tok izvođenja

Za planiranje kretanja u procesu formiranja modula, odabran je primer u kome se koriste četiri sredstva (MO1, MO2, MO3 i MO6) i jedan modul objekta. Modul je povezan sa tri od četiri sredstava, koja se kreću iz pozicije ulaznog i izlaznog kanala (zване Početak - XYZ i Kraj - XYZ) i podatak koji obrađuje novi zadatak (slika 6.). Tehnološki zahtevi su definisani unapred.

Istraživač treba da reši problem izbora zadataka sa već definisanim zahtevima. Kada postoji više različitih sredstva koja se kreću, istraživač će proveriti koliko sredstvu treba vremena da završi određeni zadatak. Sam objekat poprima krivudavu putanju u potrazi za algoritmom sa početnim i završnim tačkama uzimajući u obzir strukturu podataka njegovih povezanih i uramljenih 3D pravougaonika za potrebe putanje.



Slika 6. Primer konfiguracije (Dangelmaier & Laroque, 2008)

Dužina putanje poligona u odnosu sa brzinom kretanja sredstava određuje vreme dospeća robe koji je u transportu.

Algoritam koristi proračunata vremena da kreira organizacioni plan koji se kasnije obrađuje u procesu upravljanja (MO - Upravljanje na slici 6, iznad), koji se upućuje sredstvu, kada i koje sredstvo ulazi u proces. Treba izbegavati situacije gde jedno sredstvo za rad istovremeno deluje na dve veze.

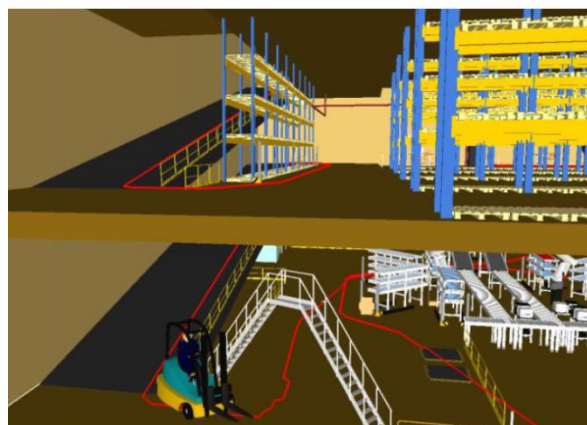
4 PRIMER NAVIGACIJE U VIŠEPRATNOM OBJEKTU

Primena algoritma identifikuje i simulira sledeće:

- roba se proizvodi na trećoj etaži nekim proizvodnim mašinama; sredstva prenose robu sa treće na drugu etažu koja sadrži police za skladištenje robe, gde ostaju do momenta dolaska vozila;
- vozila se postavljaju u prizemlju, koje ima čeonu rampu za utovar, koju mogu da koriste sredstva mehanizacije; prizemlje predstavlja prostor u kome sa i sa koga se vrši distribucija robe i sastoji se od trakastih transportera i nekoliko uređaja za pakovanje;
- sredstva prenose robu sa druge na prvu etažu (prizemlje);
- roba se pakuje i komisionira na prostoru za pakovanje u prizemlju;

Program za simulaciju toka je u stanju da odredi početnu i krajnju tačku kretanja robe unutar CAD modela, npr. „prenesi robu X koji je kod mašine 2,

na drugu etažu, a odatle do trakastog transportera 3 koji je u prizemlju“. Ova informacija je dostupna zahvaljujući tome što simulator zna gde su izvori podataka.



Slika 7. Prikaz sredstva kako se kreće duž rampe ka nižoj etaži (Dangelmaier & Laroque, 2008)

U datom sistemu, program za simulaciju mora samo da obezbedi početnu i krajnju tačku nalaženja sredstva i radnika. Početna i krajnja poziciona tačka su trodimenzionalni vektor. Algoritam plana kretanja automatski nalazi put tako da prikazani 3D sistem može da upravlja sredstvima, npr. sa druge etaže na prizemlje. Kao što je već navedeno, planiranje kretanja generiše putanju na osnovu 3D podataka virtuelnog prikaza. Na slici 7, crvena linija predstavlja optimalnu putanju, koja počinje od druge etaže i pruža se duž rampi koje povezuju etaže međusobno do prizemlja (Chen, Szczerba, & Uhran, 1997).

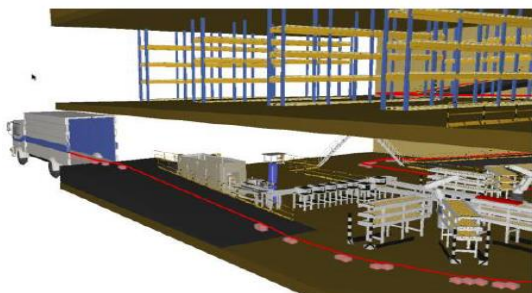
4.1 Kretanje vozila sa početnom i završnom pozicijom na različitim etažama

Putanja se automatski proračunava tako što se unesu početno i završno mesto nalaženja sredstva. Ne moraju se precizirati ni koja etaža je u pitanju niti položaji prepreka. Sve se proračunava na osnovu pravougaonika 3D prikaza jer su uzete u obzir sve prepreke. Ovo čini primenu metode jednostavnom i efikasnijom.

Proračunata putanje označena je crvenom linijom i predstavlja optimalnu putanju (slika 7). 3D prikaz koristi tu putanju za kretanje sredstva na različitim etažama. Proračunata putanja prikazana je od treće etaže i pruža se duž rampi koje povezuju etaže međusobno.

4.2 Prevencija nezgoda sa visokim elementima u objektu

Sledeća bitna karakteristika jeste prevencija nezgoda sredstva sa visokim elementima objekta koji ne premašuju visinu vozila koja se kreću ispod

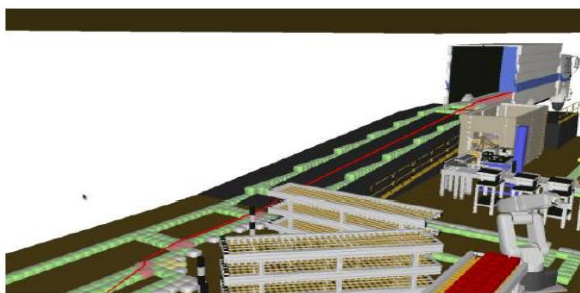


njih. Visoki predmeti, mogu biti: stepenaste merdevine ili cevi koje se nalaze ispod plafona, razni portali i dr. Algoritam plana kretanja uzima njihove visinske karakteristike i izračunava razliku visina. Tokom proračuna površine za kretanje, algoritam proverava prostor iznad voksel. Ukoliko je prostor niži od graničnih visina sredstva, voksel se izostavlja iz površine za kretanje. Time se nezgoda sa visokim predmetima izbegava.

4.3 Utovar drumskog vozila

Pored kretanja, algoritam podržava i utovar robe sa ulaskom ili ne sredstva u drumsko vozilo tokom trajanja simulacije. Planiranje kretanja prepoznaje ove izmene i ažurira svoju strukturu podataka u skladu sa tim. Za izmene strukture podataka neophodni su modifikovani 3D podaci.

U prizemlju objekta postoji rampa, preko koje se vrši utovar robe u drumsko vozilo. Simulacija kretanja sredstva koje se kreće do samog kraja rampe odnosno vozila je relativno jednostavan problem.



Slika 8. Prikaz putanje koja kreće od trećeg nivoa i prelaskom preko rampi stiže do prvog nivoa, i dalje do drumskog vozila (Dangelmaier & Laroque, 2008)

Ako se zahteva ulazak sredstva u vozilo neophodno je poznavati gabaritne karakteristike tovarnog prostora drumskog vozila. Za dati objekat može se primeniti sledeće: simulacioni model upravlja sredstvom do početka rampe, zatim algoritam kretanja prima izmenjene podatke od odgovarajućeg 3D prikaza u vezi karakteristika tovarnog prostora i proračunava površinu kretanja sredstva u vozilu, čime simulira kretanje sredstva duž tovarne površine drumskog vozila a zatim određuje putanju za čitav proces. Može se primetiti na slici 8 (desno) tovarna površina vozila je pravougaonik sa označenim zelenim ivicama i samim tim je deo dozvoljene površine za kretanje sredstva.

Moguća su i proizvoljna kretanja sa izmenama površina za kretanje. Sve ove izmene mogu se automatski vršiti bez posebno izmenjenih seta podataka u 3D prikazu.

5 ZAKLJUČAK

Modeliranje tehnoloških procesa uz primenu informatike je vrlo značajna mera ne samo radi brže obrade podataka i dobijanja pouzdanih informacija već zbog čitavog niza drugih prednosti, koje se mogu posmatrati, kroz:

- mogućnost primene u više etažnim objektima ili u objektima sa više prizemnih nivoa.
- polje primene nije ograničeno samo na automatsko upravljanje sredstvom koje ljudi

voze, već i za sva ostala, kao što su vozila sa automatskim upravljanjem (AGV). Moguće je i upravljanje radnicima koji se kreću stepenicama. Mogu se simulirati i drugi primeri, bilo koji vid transportnog sistema, npr. trakastog transportera za pakete i kretanje ljudi (hodanje).

- algoritmi planiranja kretanja znatno smanjuju posao oko modeliranja, tj. smanjuju promene u upravljanju npr. izmene u kretanju, dodavanju ili isključivanju sredstava za rad u i iz procesa rada, koja iziskuju dosta vremena u planiranju.
- određivanje optimalne putanje kretanja sredstva uz skraćanje vremena za izvršenje pretovarnih operacija a time i smanjenje ukupnog vremena distribucije.
- zahvaljujući korišćenju Jave kao programskog jezika, smatra se da će dalja optimizacija dozvoliti da se sprovedu kraća ažuriranja nacrti za manje od 5 sekundi (tj. samo ažuriranje delova na kojima dolazi do promena).

– i dr.

Pristup ima i izvesnih nedostataka, kao što su:

- za simulacione programe, koji koriste svoje sopstvene 3D modele, obrada korišćenih podataka 3D modela je itekako moguća. Međutim, unos i obrada 3D podataka proizvoljnih formata datoteka može uzrokovati probleme kod konvertovanja 3D formata datoteka.
- iskorišćenost memorije tokom obrade prikaza je problem jer oktalno stablo iziskuje dosta memorije, naročito zbog primene Jave. Da bi se umanjila iskorišćenost vremena za veće prikaze, planirano je uključanje ažurirane obrade, tako što će se ažurirati samo regije koje su podložne promenama. Zahvaljujući tome što je ovaj problem lokalne prirode i geometrijskoj podeli koju je oktalno stablo omogućilo, ovo se može lako ostvariti.

U svakom slučaju dalja primena veštačke inteligencije znatno će doprineti efikasnosti i ekonomičnosti u problematici TPS procesa.

CITIRANI RADOVİ

- Chen, D., Szczerba, R., & Uhan, J. J. (1997). A framed-quadtree approach for determining Euclidean shortest paths in a 2-D environment. *IEEE Trans. Robotics Automat.*, 13(5), 668-681.
- Dangelmaier, W., & Laroque, C. (2008). Immersive 3D-Ablaufsimulation von richtungsoffenen Materialflussmodellen zur integrierten Planung und Absicherung von Fertigungssystemen. *Leobener Logistik Cases - Management komplexer Materialflüsse mittels Simula*, 253-267. doi:10.1007/978-3-8349-9646-6_16
- Dassault Systemes. (2010). *DELMIA QUEST*. Retrieved from Tanoti technologies: http://www.tanoti.co.in/delfoi/delfoi_downloads/dassault/DELMIA-QUEST.pdf
- Davidović, B. (2016). *Modeliranje i vrednovanje u logističkim procesima*. Beograd: AGM knjiga.
- InControl. (2017). *Enterprise Dynamics*. Retrieved from Incontrol Simulation Solutions: <http://www.incontrolsim.com/product/enterprise-dynamics/>
- Letić, D., & Davidović, B. (2014). *Simulacija Monte Karlo : ekspozicije u Mathcadu*. Beograd: Vedes.
- Salleh, N. A., Kasolang, S., Mustakim, M. A., & Kuzaimand, N. A. (2017). The Study on Optimization of Streamlined Process Flow Based on Delmia Quest Simulation in an Automotive Production System. *Procedia Computer Science*, 191-196.
- Siemens. (2011). *Plant Simulation for Warehousing and Logistics*. Retrieved from PMC: http://www.pmc corp.com/Portals/5/_Downloads/plant-simulation-warehousing-and-logistics.pdf

Datum prve prijave: 16.04.2017.
Datum prijema korigovanog članka: 14.05.2017.
Datum prihvatanja članka: 08.06.2017.

Kako citirati ovaj rad? / How to cite this article?

Style – **APA Sixth Edition:**

Maletić, J. (2017, July 15). Simulacije u planiranju tokova robe u objektu. (Z. Čekerevac, Ed.) *FBIM Transaction*, 5(2), 67-75. doi:10.12709/fbim.05.05.02.07

Style – **Chicago Sixteenth Edition:**

Maletić, Jelena. "Simulacije u planiranju tokova robe u objektu." Edited by Zoran Čekerevac. *FBIM Transaction* (MESTE) 5, no. 2 (July 2017): 67-75.

Style – **GOST Name Sort:**

Maletić Jelena Simulacije u planiranju tokova robe u objektu [Journal] // *FBIM Transaction* / ed. Čekerevac Zoran. - Belgrade - Toronto : MESTE, July 15, 2017. - 2 : Vol. 5. - pp. 67-75.

Style – **Harvard Anglia:**

Maletić, J., 2017. Simulacije u planiranju tokova robe u objektu. *FBIM Transaction*, 15 July, 5(2), pp. 67-75.

Style – **ISO 690 Numerical Reference:**

Simulacije u planiranju tokova robe u objektu. **Maletić, Jelena**. [ed.] Zoran Čekerevac. 2, Belgrade - Toronto : MESTE, July 15, 2017, *FBIM Transaction*, Vol. 5, pp. 67-75.