

Načrtovanje logističnih procesov v procesni industriji s pomočjo simulacije diskretnih dogodkov

Hugo Zupan, Niko Herakovič

Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

Matjaž Jenko
Riko d.o.o.

POVZETEK

Pri načrtovanju kompleksnih logističnih sistemov, z veliko vhodov in izhodov v/iz sistema odpove klasičen sistem ocenjevanja (izračunavanja) pretočnosti in projektiranja »po občutku«. V prispevku je predstavljen učinkovit in preverjen pristop za načrtovanje kompleksnih logističnih sistemov in sicer s pomočjo uporabe uveljavljenega orodja za simulacije diskretnih dogodkov.

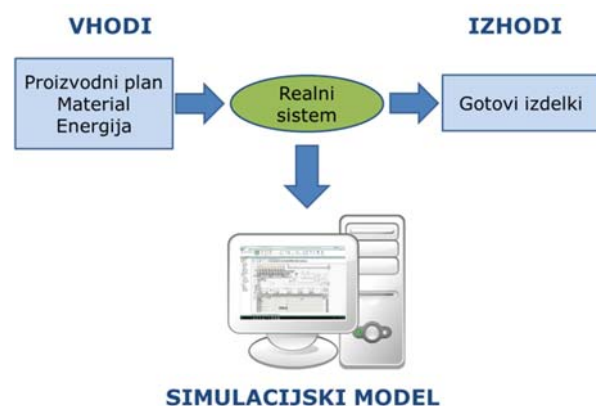
1. UVOD

Pri načrtovanju kompleksnih logističnih sistemov, z veliko vhodov in izhodov v/iz sistema, z veliko spremenljivkam odpove klasičen sistem ocenjevanja (izračunavanja) pretočnosti in projektiranja »po občutku«. Pri klasičnem projektiranju ne moremo točno zajeti vpliv posameznih naprav oz. izvorov in ponorov, kot jih lahko opišemo v simulacijskem modelu s statističnimi funkcijami, kot je na primer talni transport z viličarjem (eksponentna s.f.) ali različna delovna mesta (Gauss ali Erlangen s.f.). Vse to pa je možno z uporabo preverjenega pristopa, kot je npr. vnaprejšnja simulacija proizvodnih procesov. Področje računalniške simulacije in strojnega vida je dobro raziskano in praksa je pokazala, da se takšen pristop v industriji učinkovito uporablja na področju načrtovanja.

Računalniška simulacija nam nudi tudi obsežen izbor orodij za analizo, kot so analiza ozkih grl, statistike in nazoren prikaz z grafi, preko katerih ovrednotimo različne scenarije v proizvodni.

2. SIMULACIJA DISKRETNIH DOGODKOV

V simulaciji diskretnih dogodkov se preslika realni proizvodni sistem in proces z vsemi lastnostmi, omejitvami in resursi v virtualno okolje, modelira in postavi se digitalna tovarna. Rezultati simulacije proizvodne celice v virtualni tovarni nudijo podatke, ki so uporabni za hitre, zanesljive in pametne odločitve v zgodnjih fazah načrtovanja proizvodnje ter v fazi optimiranja oz. nenehnih izboljšav. Bistvena prednost uporabe simulacije z diskretnimi dogodki je, da se ne porablja realnega materiala, energije in sredstev, ampak samo podatke (Slika 1). Tako se lahko različne variante poteka proizvodnje oz. proizvodnih planov preizkuša vnaprej in išče optimalno rešitev.



Slika 1. Osnovni princip digitalne tovarne

Simulacija diskretnih dogodkov je tudi najboljše orodje za izvajanje različnih »kaj-če« scenarijev, saj upošteva vse lastnosti, omejitve, vhodne podatke in resurse, ki jih realni sistem ima (Slika 2).



Slika 2. Simulacija je najboljše orodje za izvajanje »kaj-če« scenarijev.

Pri našem raziskovalnem delu izdelave modelov in izvajanja simulacije se uporablja programski paket Tecnomatix Plant, katerega uporabljamo že dobro desetletje in pol.

2.1. Technomatix Plant Simulation

Program predstavlja vodilno programsko rešitev za modeliranje in simulacijo, ki temelji na teoriji diskretnih dogodkov in je objektno orientiran.

Lastnosti programa:

- omogoča izdelavo objektno usmerjenega modela s hierarhično strukturo,
- ima odprto arhitekturo z več standardnimi vmesniki,
- omogoča prilagajanje knjižnice in objektov,
- vgrajene optimizacijske vmesnike poganja genetski algoritem,
- omogoča samodejno analizo rezultatov simulacije,
- omogoča 2D ali 3D pogled, itd.

Prednosti uporabe simulacije:

- do 6 odstotkov prihranka pri začetnih investicijah,

- povečanje obstoječe storilnosti proizvodnega sistema za več kot 20 odstotkov,
- zmanjšanje investicij v proizvodni sistem za več kot 20 odstotkov,
- optimizacija porabe virov in ponovne uporabe le-teh,
- zmanjšanje zalog tudi do 60 odstotkov in
- zmanjšanje pretočnega časa tudi do 60 odstotkov.

2.2. Primeri modeliranja in simulacije

Pri gradnji modelov proizvodnih sistemov so modeli zasnovali tako, da je omogočena uporaba vhodnih podatkov dejanske proizvodnje. Modeli popisujejo vse bistvene značilnosti proizvodnega sistema. Podatki, ki jih poda digitalna tovarna, so uporabljeni osnova pri odkrivanju potrat, ozkih grl, optimiranju in odkrivanju novih lastnosti, ki jih o procesu še ne poznamo.

Vsi razviti modeli so parametrični, kar omogoča preverjanje različnih scenarijev in same rezultate simulacija izračuna v kratkem času. Modeli so zgrajeni po željah strank, so do uporabnika prijazni in grajeni modularno, kar omogoča potencialno dogradnjo ali nadgradnjo modelov.

3. RAČUNALNIŠKI MODEL

V podjetju, ki se ukvarja s procesno industrijo, načrtujejo postavitev novega proizvodnega obrata in novega visoko regalnega skladišča. Proizvodnja bo dograjena na obstoječi lokaciji in bo zajemala tudi segmente že obstoječe proizvodnje.

Z namenom ocene ustreznosti predvidenih proizvodnih kapacitet je laboratorij LASIM bil zadolžen, da izdelava študijo ustreznosti, kar vključuje tudi razvoj ustreznega modela ter izvedbo simulacije za različne scenarije.

3.1. Želje in cilji projekta

Skupaj s podjetjem smo pred začetkom projekta določili želje in cilje in sicer:

- Prvi cilj je bila simulacija celotnega proizvodnega in logističnega procesa nove tovarne,
- drugi cilj je bil določitev potrebnih kapacitet na posameznih segmentih proizvodnje,
- tretji cilj je bil določitev optimalne logistike v proizvodnji in
- narediti simulacijski model parametričen in da bo uporaben tudi nadaljnje optimiranje in načrtovanje proizvodnje.

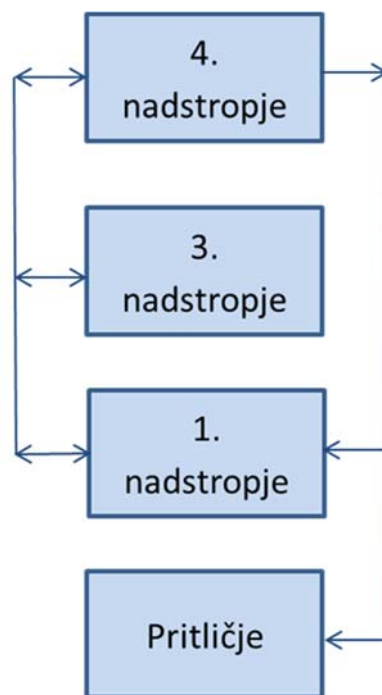
3.2. Vhodni podatki

Naša želja je bila simulacija samega pretoka palet v proizvodnji, tako da smo za visoko regalno skladišče simulirali samo kot ponor in izvor palet, vendar smo upoštevali omejitve in hitrosti dvigal.

Glede proizvodnje smo za vsako nadstropje upoštevali layout in vse lastnosti proizvodnih segmentov. Vseh etaž skupno je štiri in sicer:

- Pritličje, kjer poteka vhod palet končnih izdelkov in surovin, ki se transportirajo v visoko regalno skladišče (VRS). V pritličju je tudi komisionirnica, priprava palet na ovijanje in ovijanje končnih izdelkov.
- 1. Nadstropje, kjer tudi poteka transport v VRS in na tem nadstropju je tudi povezava do trenutnega visoko regalnega skladišča B. V 1. nadstropju poteka tudi tehtanje surovin in oskrbovanje surovin za vzorčenje v tretjem in četrtem nadstropju.
- 3. Nadstropje je namenjeno vzorčevalci surovin
- 4. nadstropje je namenjeno vzorčevalci surovin in vhod končnih izdelkov, ki se nato transportirajo v pritličje ali 1. nadstropje.

Nadstropja so med seboj povezana za dvema vertikalnima dvigalom in sicer en povezuje pritličje, 1. nadstropje in 4. nadstropje, drugo dvigalo pa povezuje 1., 3. in 4. Nadstropje (Slika 1).



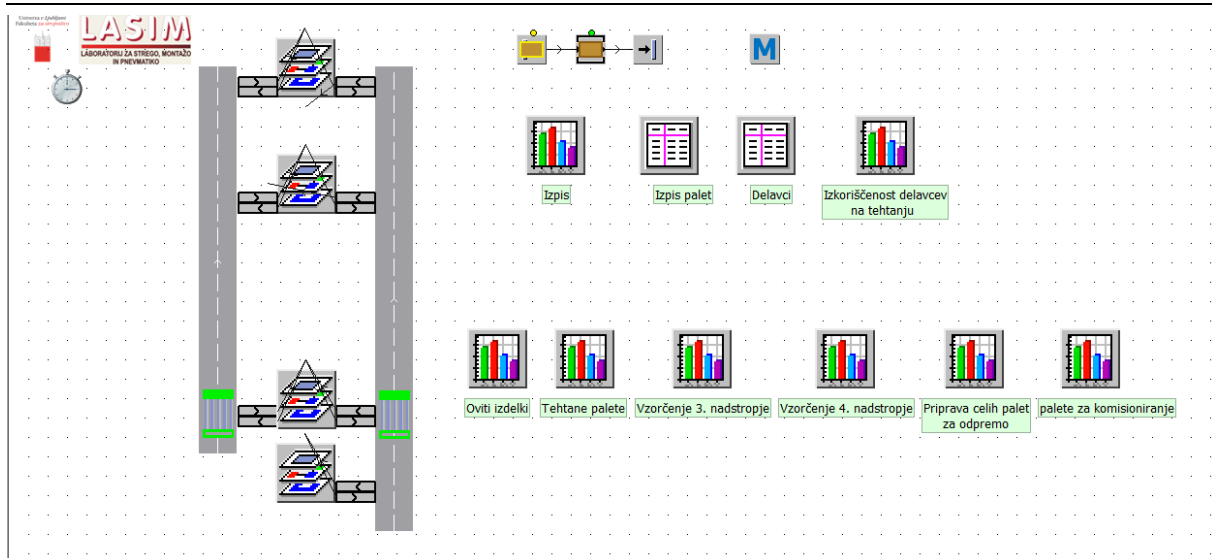
Slika 3. Logistične povezave med nadstropji.

Za vsako nadstropje smo dobili layout, logistične povezave, proizvodne čase proizvodnih segmentov in lastnosti ter omejitve posameznih segmentov.

Slike tlorisov smo vzeli za osnovo za posamezna nadstropja na katerih smo gradili modele.

3.3. Model in simulacija proizvodnje

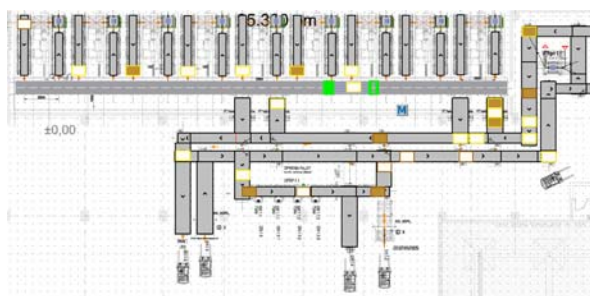
Simulacijski model natančno popiše proizvodnjo z vsemi omejitvami in lastnostmi. Model je sestavljen iz več kot 1000 standardnih objektov in več kot 3000 vrstic programske kode. Model je narejen parametrično in omogoča hitro in enostavno spreminjanje vhodnih podatkov in parametrov (Slika 4).



Slika 4. Izgled izdelanega modela tovarne v programskem paketu Plant Simulation.

3.4. Rezultati in optimiranje proizvodnje

Sam model smo sproti tudi optimirali, saj smo ugotovili da nekatere zelene rešitve ne bi bile primerne. Najbolj očitne spremembe smo naredili v layoutu pritličja in layoutu 1. nadstropja, saj smo ugotovili, da se lahko ustvarijo ozka grla, ki zablokirajo palete in se sistem lahko ustavi (Slika 5 predstavlja začetni layout v pritličju, Slika 6. predstavlja izboljšani layout v pritličju, ki zadovolji želenim proizvodnim kapacitetam.)



Slika 5. Začetni layout pritličja.

Do izboljšanega layouta smo prišli s pomočjo izvajanja različnih »kaj-če« scenarijev, ki se lahko zgodijo v proizvodnji. Dodajali in odzimali smo linije, delovna mesta in za vsako spremembo preverili ali nam to proces izboljša.



Slika 6. Optimirani layout pritličja.

Predn zaženemo model lahko v modelu nastavimo:

- Količino vhodnih palet na uro,
- Realne čase posameznih operacij (tehtanje, vzorčenje, komisioniranje, ovijanje, priprave),
- Število transportnih vozičkov,
- Logistika transportiranja palet med skladišči, med posameznimi elementi,
- Število resursov, itd.

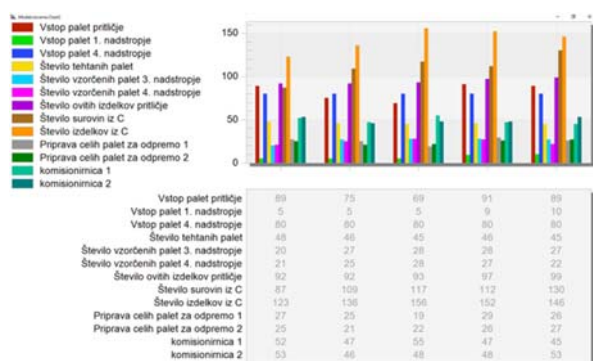
Ko zaženemo izvajanje simulacije in po uspešnem izvajanju simulacije pridobimo sledeče rezultate:

- V vsakem trenutku lahko vidimo stanje proizvodnje.
- Natančni pregled, ali lahko proizvodnja pri danih pogojih in nastavitvah uspe izvesti plan, brez da pride do zastoja,

- OEE za vsak segment proizvodnje (transportni vozički, transportne operacije, izkoriščenost delavcev,...)
- izhodne tabele, ki nam podajo vse podatke o številu palet na posameznih segmentih na vsako uro v opazovanem časovnem obdobju,
- Izhodno tabelo, ki nam poda izkoriščenost za vsakega delavca v tehtalnicah na urnem nivoju,
- Histograme, ki grafično ponazorijo izpise zelenih tabel

Z večkratnim izvajanjem simulacije in optimizacije smo tudi uspeli doseči želene proizvodne kapacitete v posameznih segmentih (Tabela 2).

Na Sliki 7 je prikazan histogram in izpis izhodne tabele.



Slika 7. Izpisi v obliki histograma in tabele.

En od namenov modela je tudi ugotoviti kaj se zgodi pri različnih »kaj-če« scenarijih.

Preverili smo, kaj pomeni, če nam VRS posluhuje v pritličju in prvem nadstropju samo en voziček namesto dveh. V Tabeli 1 vidimo lahko, da nam v tem primeru produktivnost pade tudi do 46 %.

Tabela 1. Primerjava med 1 in 2 vozičkoma.

Segment	Število palet na uro - 2 vozička	Število palet na uro - 1 voziček	Padeč produktivnosti [%]
tehtalnice	60	55	8
Vzorčevalnice 3	27	15	44
Vzorčevalnice 4	28	15	46
Oviti izdelki	97	85	12
Surovine iz VRS	108	97	10
Izdelki iz VRS	144	124	14
Priprava palet 1	29	21	28
Priprava palet 2	29	21	28
komisionirnica 1	52	40	23
komisionirnica 2	53	43	19

Segment	Želja	Rezultati pred optimizacijo	Rezultati po optimizaciji
Vstop palet pritličje	80	80	80
Vstop palet 4. nadstropje	80	80	80
Število tehtanih palet pri 9 tehtalnicah	nad 50	40**	56
Število vzorčenih palet 3. nadstropje	nad 25	12**	do 30
Število vzorčenih palet 4. nadstropje	nad 25	12**	do 30
Število ovitih izdelkov pritličje	100	80*	100
Priprava celih palet za odpremo	nad 40	35*	od 45 do 55
komisioniranje	nad 100	60*	do 110

* Pritličje se je po slabi uri zaustavilo.

** Prvo nadstropje se je lahko tudi zaustavilo.

4. UGOTOVITVE

Model proizvodne za procesno industrijo je dejanski posnetek realnega sistema. Uporabnost modela je predvsem v tem, da lahko hitro preverimo, kaj se zgodi s sistemom, če naredimo kakšno spremembo v sistemu.

S pomočjo modela smo v naprej določili (preden se bo realna proizvodna postavila) potrebne kapacitete na posameznih segmentih in tako zagotovili kar najbolj optimalno postavitev in optimalno število resursov.

Model je tudi popolnoma parametričen, kar pomeni, da lahko spreminjamo različne parametre zelo hitro in enostavno.

Model je tudi možno dograjevati z različnimi segmenti proizvodnje, ali pa z nadgradnjami obstoječih segmentov.

Model se lahko uporablja tudi za planiranje proizvodnje.