

ПРОЈЕКТОВАЊЕ САВРЕМЕНИХ СИСТЕМА ЗА КОМИСИОНИРАЊЕ

*Проф. др Јован Владић,
мр Драган Живанић,
мр Радомир Ђокић,*

*Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду*

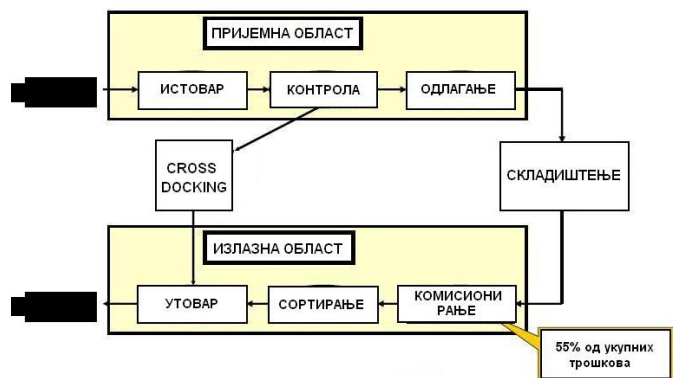
Резиме

Комисионирање представља активност у којој се из залиха једног складишта на основу налога узима одређена количина различитих производа (артикула), прикупља на једно место и даље упућује према наручиоцу. Системи односно технологије комисионирања у робно дистрибутивним центрима морају да обезбеде висок ниво продуктивности и капацитета, као и флексибилности за евентуалне адаптације у будућности. Кључни циљеви у пројектовању и избору система комисионирања су повећање продуктивности, смањење трајања циклуса и повећање тачности. Продуктивност се мери капацитетом протока, односно изузимања артикула. Под циклусом комисионирања се подразумева време које протекне од тренутка када се прими наруџбина, па до момента када компетирана наруџбина буде на претоварном месту спремна за утовар у транспортно средство спољњег транспорта. При пројектовању савремених система за комисионирање, важну улогу имају симулације токова материјала. Симулацијама је могуће предвидети рад и понашање система при задатим очекивањима, као и могућим екстремним условима. Такође је могуће приказати техничке предности и недостатке разматраних алтернатива, створити подлогу за техно економску анализу и избор одговарајуће опреме као и технологије комисионирања. У раду су приказани основни утицајни параметри и циљеви при пројектовању и одабиру, као и могућности симулација токова материјала у системима комисионирања.

Кључне речи: комисионирање, пројектовање, симулације

1. УВОД

Статистика и истраживања показују да се приближно 55% од стандардних трошкова у дистрибуционим центрима троши на комисионирање, слика 1. Типични дистрибуциони центри представљају изворе различитих производа који су запаковани у збирним паковањима, које је потребно током комисионирања разложити, односно узети онолико комада колико је потребно да се реализује поједина наруџбина. Извршење наруџбина може да буде реализовано на више различитих начина. Због свега наведеног је јасно да начин комисионирања у великој мери утиче на укупну ефикасност целог дистрибуционог центра.



Сл. 1. Основна структура дистрибуционог центра и место комисионирања

Успешно пројектовање система за комисионирање захтева одговоре на права питања, анализу валидних података и примену одговарајућих знања и вештина.

2. ПАРАМЕТРИ ПРИ ПРОЈЕКТОВАЊУ КОМИСИОНИХ СИСТЕМА

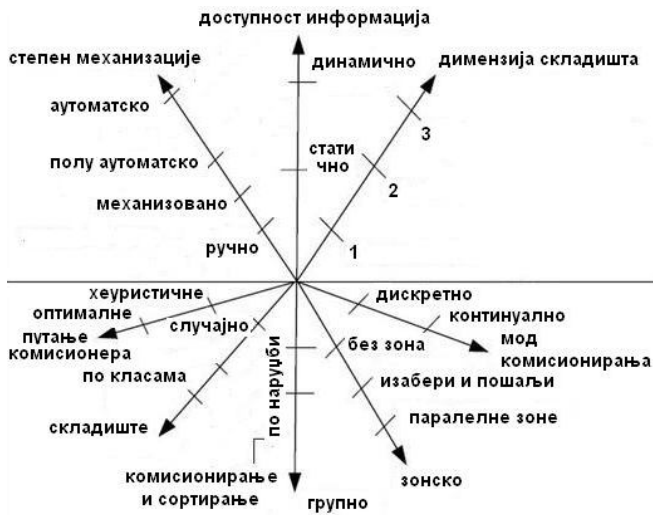
Пројектовање комисионих система је често врло компликовано, у складу са широким спектром унутрашњих и спољњих утицајних фактора.

У литератури постоји одређени број оперативних стратегија развијених у циљу повећања продуктивности комисионирања. Међутим, студије и научни радови који се односе на избор комисионих система су веома ретки. [6]

Спољњи фактори који утичу на избор комисионих система представљају маркетиншке канале, структуру и моделе захтева потрошача, снабдевање, моделе допуњавања и нивое инвентара артикула, укупне захтеве за производима и стање економије.

Унутрашњи фактори су карактеристике система, организација и оперативна стратегија комисионих система. Карактеристике система чине ниво механизације, доступност информација и димензија складишта. Одлуке које се односе на ове факторе морају бити донесене у фази пројектовања.

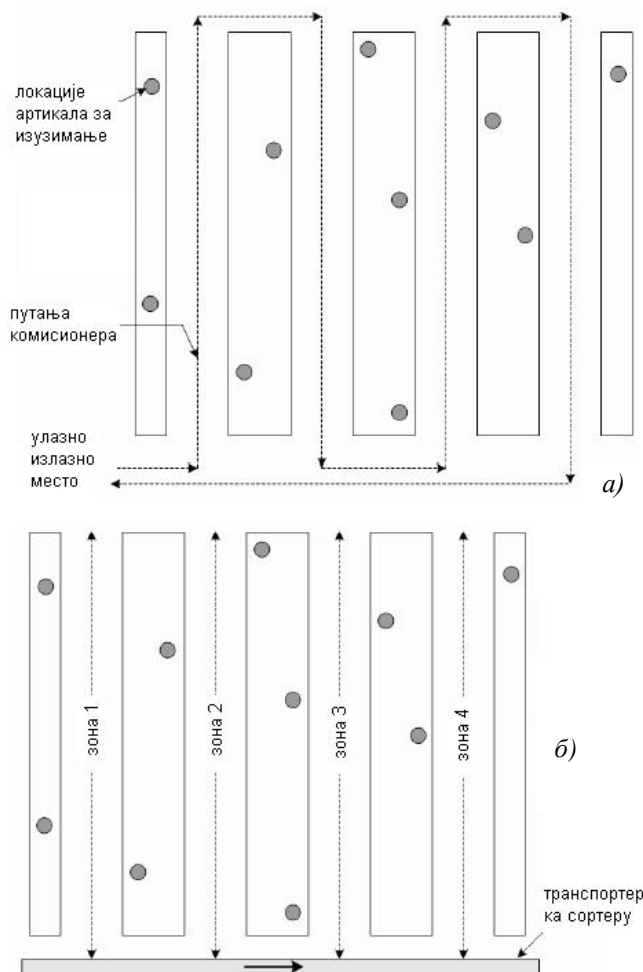
Слика 2 показује нивое комплексности комисионих система, мерених преко растојања од координатног почетка, за поједине набројане факторе.



Сл. 2. Комплексност система за комисионирање

Осим наведених спољњих и унутрашњих фактора, приликом одлучивања о систему комисионирања треба водити рачуна и о следећим ограничењима:

- оперативна стратегија за распоређивање и проналажење артикала у складишту, слика 3,



Сл. 3. Стратегија групног (а) и зонског (б) комисионирања

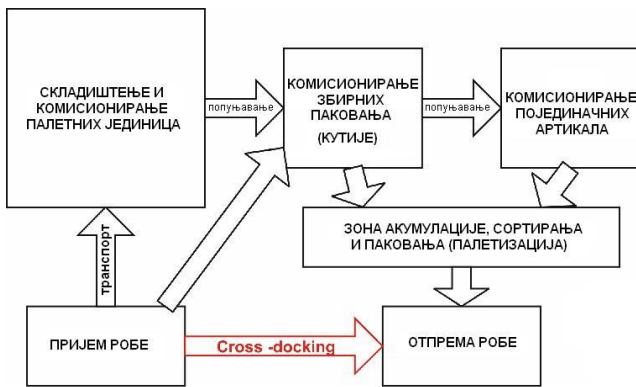
- економска ограничења која се односе на расположива средства и век трајања производа,
- ограничења окружења као што су расположиви простор у згради и безбедност запослених,
- системска ограничења (проток артикала, капацитет залиха, тачност,...),
- особине артикала са којим се рукује,
- количина промета података о артиклима,
- структура система,
- спецификација доступних и расположивих уређаја,

Вероватно једна од најбољих метода за повећање продуктивности комисионирања је планирање распореда односно размештаја артикала по полицама. У том смислу неопходно је придржавати се следећег:

- артикле са којима се због сличних карактеристика може исто руковати треба чувати у истим складишним средствима (кутије, палете, контејнери,...),
- артикле који су слично упаковани (имају сличну амбалажу), треба раширити (раштркати) по складишту да би се избегле грешке при комисионирању,
- теже артикле треба изузимати на почетку, како би наслагани формирали основу за слагање осталих артикала и како би се спречило оштећење лакших артикала,
- уравнотежити (избалансирали) брзине и времена извршења појединих наруџбина како би се смањило њихово нагомилавање, посебно обратити пажњу на артикле који се више траже,
- за ефикасније допуњавање, артикле који се више траже ставити ближе прихватном (пријемном) делу или складишту залиха: за ефикасније комисионирање артикле који се више траже ставити ближе месту отпреме робе,
- из ергономских разлога и повећања ефикасности, артикле који се више траже поставити у средњем делу регала, у тзв. "златној зони" у висини од 0,60 до 1,9 метара од пода: на тај начин се минимизује време тражења и узимања артикла као и напрезање (оптерећење) комисионера: из истих разлога теже артикле треба постављати у ниже зоне регала,
- обратити пажњу на структуру и величину ознака артикала како би се избегле грешке при читавању; пример:
4357 - сувише кратка ознака,
728930578909217 - сувише дугачка ознака,
45Д3А67ВТ35 - збуњујућа ознака,
ВТТ3781 - погодна ознака.

Током пројектовања комисионих система, пројектант мора да размотри следећа питања:

- колико је укупна дужина путање комисионера,
- колики је средњи укупан број изузимања по наруџбини,
- колика је средња запремина изузетих артикала по наруџбини,
- колико је средње време појединачног изузимања артикла, не рачунајући кретање комисионера,
- да ли се комисионирају појединачни комади, кутије (збирна паковања) или целе палете, или се јавља њихова комбинација, слика 4,



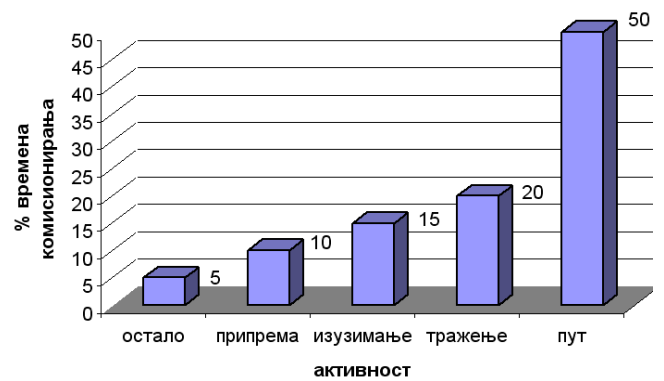
Сл. 4. Врсте комисионирања

- може ли постојећи контролни систем да реализује груписање наруџбина и уколико може, колико појединачних наруџбина се може истовремено извршавати,
- постоје ли физичке баријере између зона комисионирања,
- да ли постоји велика разлика у тежини и величини артикала,
- да ли комисионер користи механичка средства за транспорт већег броја наруџбина,
- да ли се путање комисионера секу током комисионирања,
- да ли се у комисионој зони користе транспортери,
- да ли постоји довољан простор да инсталисани транспортери у комисионој зони не ометају рад на попуњавању полица,
- колики је број различитих артикала који се чувају и изузимају.

Поред набројаних ограничења, услова и питања на која мора да одговори, пројектанту комисионог система је свакако основни циљ да максимизира проток артикала, а минимизира цену и простор комисионирања, као и време за извршење наруџбине. Остали циљеви који се постављају су и [3]:

- минимизирање времена и пута које комисионер прелази (постоји више концепата, методологија и технологија које минимизују набројане величине),
- минимизирање руковања артиклом – обезбедити да се што мањи број пута артикал помера,
- коришћење принципа златне зоне,
- коришћење динамичких радних зона или флексибилних комисионих зона (на пример, када је проток производа мањи, радна зона се може повећати и тада је потребан мањи број комисионера),
- коришћење савремених технологија комисионирања као што су *pick to light*, *pick to voice* или *RFID*.

Током комисионирања комисионер извршава одређене активности. Слика 5 приказује на шта се у просеку троши време током комисионирања у системима човек ка роби. [5]



Сл. 5. Типична дистрибуција времена комисионирања у системима човек ка роби

Одлуке које се доносе при пројектовању комисионих система могу да буду на тактичком или оперативном нивоу [5]. Најчешће одлуке на овим нивоима су:

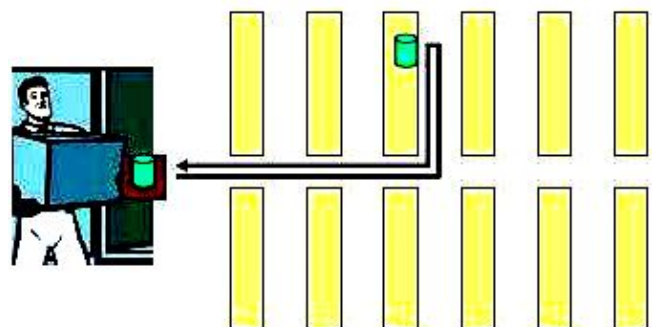
- пројектовање распореда опреме (layout) и димензионисање складишта (тактички ниво),
- додељивање складишних локација артиклима (тактички и оперативни ниво),
- разврставање наруџбина за групно комисионирање и формирање радних зона код зонског комисионирања (тактички и оперативни ниво),
- дефинисање путања комисионера (оперативни ниво),
- сортирање изузетих артикала по наруџбинама (оперативни ниво).

3. МЕТОДЕ КОМИСИОНИРАЊА

Приликом избора система комисионирања, пројектанту је на располагању већи број метода и технологија. О технологијама комисионирања је детаљније било речи у [4], а овде ће се нешто више рећи о методама за комисионирање.

Комисионирање појединих комада (*piece picking*)

Ово комисионирање подразумева руковање са појединим артиклима у свом основном облику (паковању), слика 6. Код ове врсте комисионирања се обично ради са већим артиклима са којима се рукује мануелно или механизовано, малој количини артикала по наруџбини и кратком времену циклуса комисионирања.



Сл. 6. Комисионирање појединих комада

Појединачно комисионирање (single order picking)

Представља основни метод комисионирања код кога при једном пролазу комисионер извршава једну наруџбину, при чему је код великих наруџбина неопходно више пролазака комисионера, што изазива повећану потрошњу времена. Међутим када се извршава појединачна наруџбина време за сортирање и слагање комада је мање. Појединачно комисионирање је идеално за случајеве када укупна запремина појединих наруџбина прелази корисну запремину опреме која се користи при комисионирању, као и за хитне и изненадне наруџбине.

Групно комисионирање (batch picking, cluster pick)

Комисионер истовремено, односно једним проласком, извршава више наруџбина чиме се смањује потрошња времена на кретаче. При томе комисионер користи колиџа на којима су смештене посуде у које се стављају артикли за појединачне наруџбине и на тај начин одмах разврстава артикле по наруџбинама (*cluster pick*) или све артикле ставља заједно па их накнадно сортира по наруџбинама (*batch pick*) [2]. Групно комисионирање се препоручује за случајеве када је укупна запремина појединих наруџбина знатно мања од корисне запремине опреме која се користи при комисионирању.

Комисионирање у таласима (wave)

Комисионер једним проласком кроз складиште узима онолико комада једног артикла колико је потребно да испуни већи број наруџбина. Ова метода се користи када је за испуњење наруџбина на располагању одређени временски период. За сваког комисионера се формира план и распоред извршења појединих задатака. Метода је погодна када се манипулише са кутијама и када се врши палетизација у циљу формирања наруџбине.

Систем изузимања (put system)

Код ове методе се пуне посуде са артиклима транспортују најчешће ваљкастим транспортерима и пролазе локације на којима се налазе комисионери, који изузимају онолико комада појединог артикла колико је потребно за одређену поруџбину. Код ове методе сваки комисионер извршава по једну поруџбину. Овај метод спада у ”роба ка човеку” системе [3].

Извршење поједине наруџбине може због своје обимности бити подељено на неколико зона. Тада се процес комисионирања може у основи одвијати на два начина:

Изабери и пошаљи (pick and pass - sequential pick across zones)

Појединачно и групно комисионирање може бити изведено у модулу изабери и пошаљи. То обухвата извршење једне или више наруџбина редом (секвенцијално) кроз више зона које су поређане у низу. Сваки комисионер испуњава одређени део наруџбине где спадају артикли у зони коју он покрива, након чега шаље посуду (ручно или транспортером) у коју је ставио изабране артикле, следећем комисионеру који покрива наредну зону итд. Ова метода комисионирања је приказана на слици 7.

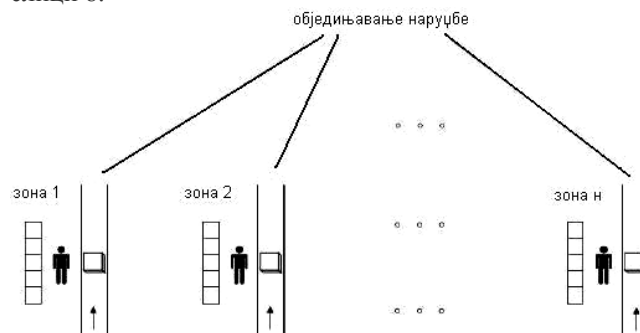


Сл. 7. Изабери и пошаљи зонско комисионирање

Код ове методе комисионирања је мали утросак времена уколико је корисна запремина опреме довољна да у једном пролазу прихвати све наруџбине. Време за обраду наруџбине је веће у односу на остале методе. За повећање ефикасности ове методе неопходно је коришћење транспортера или шина по којима би се кретала посуда, односно колиџа. Није погодна у случају великих удаљености између зона или недостатка брзих транспортних уређаја који повезују зоне. Неопходан је пролазак кроз све зоне, чак и у случајевима када из појединих зона нема артикала које је потребно узети. Извршење наруџбина коришћењем ове методе је врло ефикасно када су појединачне наруџбине равномерно (униформно) распоређене по зонама, односно када се из сваке зоне изузима подједнак број артикала. Коришћење ове методе захтева исту технологију комисионирања и сличну опрему у свим зонама.

Зонско комисионирање (parallel pick in zones - zone pick)

Зонско комисионирање подразумева извршење наруџбина истовременим изузимањем артикала из више паралелних зона. У овом случају нису неопходни транспортери или колиџа. Коришћење ове методе не захтева исту технологију комисионирања и исту опрему у свим зонама. Пгодно је у ситуацијама када су зоне међусобно удаљене, или када се манипулише са различитом амбалажом па се захтевају различити уређаји нпр. у некој зони се за палете користи виљушкар а у другој за кутије колиџа. Шема паралелног зонског комисионирања је приказана на слици 8.



Сл. 8. Шема паралелног зонског комисионирања

У случају када појединачне наруџбине нису равномерно, односно када су неуниформно распоређене

по зонама, што значи да се из сваке зоне изузима различит број артикала, ова метода комисионирања даје добре резултате. Код ове методе се по појединим зонама може користити појединачно или групно комисионирање. Постоји више варијанти зонског комисионирања.

Зонско комисионирање са сједињавањем на месту утовара (zone picking with aggregation on the shipping dock)

Из сваке зоне се транспортерима (ваљкастим или тракастим) шаљу кутије са артиклима за појединачну поруцбину које се слажу на палету и тако комплетирају поједину поруцбину. Ова врста зонског комисионирања се примењује код већих наруцбина, где постоји економска оправданост да једна наруцбина заузме минимално једну палету.

Зонско комисионирање са сједињавањем при паковању (zone picking with aggregation at packing)

Комисионер у својој зони извршава једну поруцбину. Затим се из сваке зоне транспортерима шаљу посуде са изузетим артиклима до места паковања, где се све кутије испразне, а затим се сви артикли упакују у једно збирно паковање и тиме се наруцбина комплетира. Ова врста зонског комисионирања се примењује када су димензије свих артикала приближно исте.

Зонско комисионирање без сједињавања (zone picking without aggregation)

Из сваке зоне се шаљу кутије са артиклима за појединачну поруцбину, и тако се, без сједињавања, утоварују у возила којима се испоручују.

Зонско комисионирање са сортирањем артикала (unit sortation)

Комисионери изузимају и шаљу групе артикала, којима је обухваћено више наруцбина, из зона које покривају, који се накнадно разврставају помоћу сортера, најчешће помоћу *tilt tray* или *cross belt* сортера, који је приказан на слици 9.



Сл. 9. Кружни "Cross belt double deck" сортер

4. СИМУЛАЦИЈЕ ТОКОВА МАТЕРИЈАЛА У КОМИСИОНИМ СИСТЕМИМА

Симулације представљају имитацију понашања реалног процеса или система током времена. У данашњим

условима симулације се доста користе при пројектовању система за транспорт материјала. Без обзира да ли се пројектује нови или модификује постојећи систем, симулацијама је могуће доћи до најповољнијег решења. Симулацијама је могуће студирати, анализирати и испитивати различита алтернативна решења.

За успешно спровођење процеса симулација потребне су праве одлуке, у правом тренутку, уз одговарајуће информације. Симулације пружају низ предности у односу на аналитичке или математичке моделе стварног система, као што су:

- могућност тестирања нових решења без улагања значајних средстава у њихову имплементацију,
- могућност рада на унапређивању тренутних решења без поремећаја у раду постојећег система,
- испитивање тока материјала и идентификација критичних места (уских грла) у систему,
- тестирање хипотеза о појави одређених негативних појава унутар система.

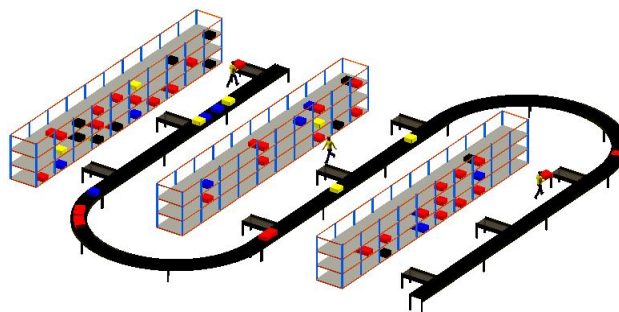
Симулације нам омогућавају контролу над временом, односно добијање резултата о дугорочном раду система за само неколико секунди или, са друге стране, успоравање рада система како би се одређена појава детаљно испитала.

Данас постоје комерцијални симулациони пакети који омогућају формирање и анализирање комплексних система. Тако су развијени *Flexsim*, *Enterprise Dynamics*, *AutoMod*, *ProModel*, *Witness*, ...

Помоћу *Flexsim*-а се могу градити тродимензионални компјутерски модели стварних система и проучавати њихове особине штедећи на времену и осталим ресурсима. Уз помоћ реалистичне графичке анимације и обимних извештаја о учинку, *Flexsim* омогућава да се проблем идентификује и направи процена алтернативних решења у најкраћем могућем времену.

Flexsim је, користећи техничке термине, класификован као софтверски програм који симулира дискретне догађаје. Ово значи да се њиме моделирају системи који мењају стања у дискретним тачкама у времену и то као резултат специфичних догађаја.

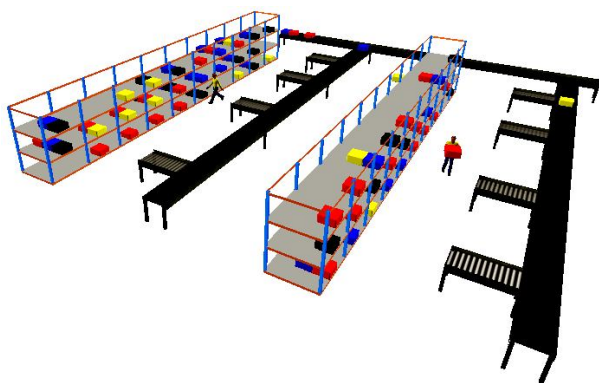
Компјутерски модели, формирани у *Flexsim*-у, различитих метода комисионирања су приказани на сл. 10 и 11.



Сл. 10. Компјутерски модел pick and sort система

Добијени резултати показују предности и значај програма за симулацију токова материјала јер је коришћењем истог могуће експериментисати са минималном ценом, понављати процес симулације без фактора ризика, предвиђати, варирати широк спектар

параметара у малом временском периоду, вршити тестове на непостојећим системима итд.



Сл. 11. Компјутерски модел zone pick система

5. ЗАКЉУЧАК

Модерна економија зависи од ефикасности токова материјала, почевши од токова сировина, преко токова у процесима финализације производа, па све до финалне испоруке готових производа крајњим корисницима. Ови токови се реализују кроз ланце снабдевања, чије су основне компоненте производни, транспортни и складишни системи.

Процеси у дистрибуционом центру обухватају више задатака од којих су основни: пријем робе, складиштење, прерада и отпрема. Посебно место у оквиру ових задатака припада преради, при чему је процес комисионирања његов најкомплекснији облик.

Област комисионирања представља интересантну тему за произвођаче опреме, практичаре и истраживаче. За ефикасно комисионирање је од кључног значаја складно функционисање свих његових целина.

Формирање рачунарских модела различитих метода комисионирања омогућује пројектанту комисионих система да пре усвајање одређене методе провери како у задатим условима функционише поједини систем и како се понаша у специфичним условима. На тај начин се ствара подлога за најповољнији избор комисионог система под условима који владају у разматраном дистрибуционом центру.

Ипак, и поред великих могућности симулационих софтвера и хардверске моћи рачунара, одлучујући фактор за успешно провођење процеса симулација и добијање валидних резултата јесте знање и креативност истраживача, односно инжењера.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ASHAYERI, J., GOETSCHALEK, M. *Classification and design of order picking*, Logistics Inf Manage 2, pp 99-106, 1989.,
- [2] ЖИВАНИЋ, Д., ГАЈИЋ, А., БОГДАНОВИЋ, В.: *Design of Modern Order Picking Systems*, The 6th International Symposium about Forming and Design in Mechanical Engineering KOD2010, pp. 261-264, Палић, 2010.,
- [3] ВЛАДИЋ, Ј., ЖИВАНИЋ, Д. *Технологије комисионирања у дистрибуционим центрима*,

Пословна логистика, Vol. III, No.17, стране 32-36, 2008.,

[4] ВЛАДИЋ, Ј., ЖИВАНИЋ, Д. *Оптimalан избор технологија комисионирања у транспортно-складишним системима*, Зборник радова треће српске конференције са међународним учешћем ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИКА – ТИЛ2008, Ниш, стране 21.1-21.8, 2008.,

[5] YOON, C.S., SHARP, G.P. *A structured procedure for analysis and design of order pick systems*, IIE Transactions 28 (5), pp 379-389, 1996.,

[6] MANZINI, R., GAMBERI, M., REGATTIERI, A. *Design and control of a flexible order-picking system (FOPS)*, Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 16 No. 1, pp. 18-35, 2005.

DESIGN OF MODERN ORDER PICKING SYSTEMS

*Prof. Dr. – Ing. Jovan Vladić, FTN – Novi Sad
M.Sc. Dragan Živanić, FTN – Novi Sad
M.Sc. Radomir Đokić, FTN – Novi Sad*

Summary

In warehouses and distribution centers products have to be picked from the specified storage locations on the basis of customer orders. Order picking is the activity by which a small number of goods are retrieved from a warehousing system to satisfy a number of independent customer orders. Key objectives in designing an order picking operation include increases in accuracy, reduction of cycle time and increases in productivity. Cycle time is the amount of time it takes to get an order from order entry to the shipping area. Productivity in order picking is measured by the pick rate. Whether designing a new order picking system or modifying an existing one, simulation makes it possible to study, analyze, and evaluate different alternative solutions. Simulation is one of the most powerful tools available to decision-makers responsible for the design and operation of complex processes and systems. It makes possible the study, analysis and evaluation of situations that would not be otherwise possible. The paper also includes some of the benefits of using simulation for analyzing material flow in a order picking systems.

Key words: order picking, design, simulation

Адреса за контакт:

Проф. др Јован Владић
Факултет техничких наука, Нови Сад
21000 Нови Сад,
Трг Доситеја Обрадовића 6
E-mail: vladic@uns.ac.rs