

Ratko Zelenika *

Slavko Vukmirović **

Drago Pupovac ***

ISSN (0469 - 6255)

(191 - 198)

INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA U FUNKCIJI DINAMIČKE OPTIMALIZACIJE LOGISTIČKIH OPSKRBNIH LANACA INFORMATION TECHNOLOGY IN THE FUNCTION OF DYNAMIC OPTIMIZATION OF LOGISTICS SUPPLY CHAINS

UDK 007:330.34

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

“Vrijeme je dijete koje se igra kamenčićima” - Heraklit

Sažetak

Upravljanje logističkim operativnim lancima zbog fragmentiranosti i nekoordiniranosti logističkih aktivnosti dugo je vremena (kao i samo područje logistike) bilo zanemarivano. No, pozornost menadžmenta brojnih tvrtki zavrjeđuje zahvaljujući sve većim mogućnostima modeliranja, uz sve razvijeniju hardversku i softversku potporu te činjenici da tehnološka paradigma kreira put novoj logističkoj paradigmi.

U ovoj se raspravi posebna pozornost posvetila informatizaciji logističkih opskrbnih lanaca i oblikovanju suvremenoga metodološkoga okvira kao ključnoga čimbenika upravljanja, odnosno dinamičke optimalizacije logističkih opskrbnih lanaca. U nastavku su elaborirani čimbenici strategijskoga razvoja logističkih opskrbnih lanaca utemeljeni na objektivno orijentiranim metodama te prezentiran i testiran matematički model koji prikazuje sinergijski utjecaj čimbenika informatičke tehnologije na dinamičku optimalizaciju.

Ključne riječi: informacijska tehnologija, logistički opskrbni lanci, dinamička optimalizacija, tehnološka paradigma, logistička paradigma, informatizacija, metode, metodološki okvir, matematički model.

Summary

Management with logistics operation chains for fragmentation and uncoordination of logistics activities has been neglected for a long time, as well as the field of logistics itself. This management of logistics operation chains deserves a special attention of many firms' management thanks to greater possibilities of modelling, together with more developed hardware and software support and the fact that technological paradigm creates the way to a new logistics paradigm.

In this debate special attention has been paid to informatization of logistics supply chains and to design of modern methodological framework as a key factor in the management, or dynamic optimization of logistics supply chains. In addition the factors of strategic development of logistics supply chain based on object oriented technologies have been elaborated. Mathematical model presenting synergic influence of technology information factors upon dynamic optimization has also been presented and tested.

Key words: information technology, logistics supply chains, dynamic optimization, technological paradigm, logistics paradigm, informatization, methods, methodological framework, mathematical model.

* Dr. sc. Ratko Zelenika, redoviti profesor na Ekonomskom fakultetu u Rijeci

** Dr. sc. Slavko Vukmirović, viši asistent na Ekonomskom fakultetu u Rijeci

*** Dr. sc. Drago Pupovac, profesor Željezničko-tehničke škole u Moravicama

1. Uvod

Introduction

Tijekom osamdesetih godina, a može se reći i prije nego što su globalne konkurentske snage postale jasno vidljive, javlja se trend k sve fleksibilnijim organizacijskim oblicima, mijenjajući tako značajke poslovnih subjekata, odnosno gospodarskoga krajobraza. Novi ustrojbeni oblici koji se često nazivaju "mrežama", "partnerstvima", "alijansama" (...), stavljaju naglasak na partnerstvo između tvrtki i podjelu odgovornosti, čime se pred logističke menadžere postavljaju zahtjevi za preispitivanjem postojećega načina organiziranja logističkih aktivnosti, a naglasak stavlja na razvijanje dugoročnih odnosa s kupcima, dobavljačima, posrednicima, transportnim i skladišnim tvrtkama, kao i drugim logističkim tvrtkama koje imaju ili mogu imati značajniji utjecaj na povećanje efikasnosti i efektivnosti poslovanja tvrtke. Zbog toga što novi gospodarski krajobraz karakterizira sve veće i sve značajnije "topljenje" granica između različitih i brojnih sustava (političkih, gospodarskih, poslovnih, informacijskih ...), upravljanje informacijama i efikasna uporaba mogućnosti koje nudi suvremena informacijska tehnologija postaje *conditio sine qua non* stjecanja i osiguranja kontinuiranih prednosti tako formiranih mreža, saveza, alijansi u odnosu na stvarne i potencijalne konkurente. Brzina promjena suvremenih informacijskih tehnologija i sve duži popis logističkih aktivnosti na koje utječe ili može utjecati informacijska tehnologija, čine odluku o investiranju u informatizaciju logističkog opskrbnog lanca sve složenijom, a upravljanje logističkim opskrbnim lancima, odnosno dinamičkim i stohastičkim procesima koji se odvijaju unutar njega, sve neizvjesnijim. Tako logistička, informacijska i komunikacijska tehnologija postaju temeljnim čimbenikom dinamičke optimalizacije logističkih opskrbnih lanaca, odnosno dostizanja primjerene razine fleksibilnosti i adaptibilnosti logističkog opskrbnog lanca, kako bi se u što većoj mjeri iskoristili troškovni i tržišni potencijali, tj. osigurala dobit temeljem pravilno postavljenih i ostvarivanih stratejskih ciljeva. Sukladno tome, predmet istraživanja . stratejskog razvoja logističkog informacijskog sustava je upravljanje tokovima roba i informacija između sudionika logističkog opskrbnog lanca temeljem suvremenih informatičkih tehnologija i računalno podržanih metoda razvoja informacijskih sustava.

Iz takve problematike i problema istraživanja determinira se i predmet istraživanja: istražiti i odrediti relevantne značajke informacijske tehnologije, a posebice suvremene tehnološke pomake k novoj tehnološkoj paradigmi s ciljem dinamičke optimalizacije logističkih opskrbnih lanaca i iznalaženja mogućnosti za razvoj novih proaktivnih dimenzija, odnosno procesa poslovnog reinženjeringa unutar svih sudionika logističkog opskrbnog lanca.

Sukladno tome, postavljena je radna hipoteza: Znanstveno utemeljenim spoznajama o temeljnim obilježjima informacijskih tehnologija te važnosti informacijske tehnologije kao čimbenika dinamičke optimalizacije logističkih opskrbnih lanaca moguće je izravno i bitno utjecati na povećanje efikasnosti i efektivnosti unutar logističkog opskrbnog lanca i unutar pojedinačnih poslovnih pothvata, ali i temeljem objektno orijentiranih tehnologija potaknuti i radikalno izmijeniti poslovne procese i organizacijsku strukturu logističkih opskrbnih lanaca te postići značajna poboljšanja u kritičnim mjerama performanci (kvaliteti, kapitalu, uslugama, brzini, pouzdanosti, cijenama ...).

Rezultati istraživanja utjecali su na to da se cjelokupna tematika obradi u šest međusobno povezanih dijelova. Poslije uvoda, u drugom dijelu (Automatizacija ili informatizacija logističkog opskrbnog lanca), koncizno su obrazložene razlike između "automatizacije" i "informatizacije" s naglaskom na informacijske tehnologije i informacije kao temeljni resurs transformacije i učinkovitosti upravljanja logističkim opskrbnim lancima; u trećem dijelu (Međuodnos tehnološke i logističke paradigme), raspravljaju se neki od temeljnih pomaka ka novoj tehnološkoj paradigmi, a koji imaju ili mogu imati značajnije implikacije na novu logističku paradigmu; u četvrtom dijelu (Metodološki okvir informatizacije logističkog opskrbnog lanca), istražuju se i elaboriraju metode i temeljne sastavnice stratejskoga razvoja logističkih informacijskih sustava u razvijenim tržišnim gospodarstvima; u petom dijelu (Matematički model utjecaja ključnih čimbenika razvoja informatičke tehnologije na dinamičku optimalizaciju logističkog sustava), prezentiran je i testiran postavljeni model glede definiranja čimbenika razvoja informatičkih tehnologija i njihova utjecaja na dinamičku optimalizaciju; u posljednjem dijelu (Zaključku) dana je sinteza rezultata istraživanja kojima je dokazivana i dokazana postavljena hipoteza.

2. Automatizacija ili informatizacija logističkog opskrbnog lanca

Automation or informatization of logistics supply chain

Razliku između pojmova automatizacije i informatizacije logističkoga opskrbnog lanca, čini se primjerenom istaknuti ponajprije iz razloga što su računala i informacijske tehnologije omogućile "ubrzanje" obavljanja poslovnih aktivnosti i time postale važan čimbenik povećanja efikasnosti i efektivnosti poslovanja brojnih poslovnih pothvata te zbog porasta troškova i sofisticiranosti informatičke opreme. No, kako su mogućnosti informacijske tehnologije ne samo u području automatizacije ("ubrzanja") i administracije, već i u generiranju relevantnih i potrebitih informacija koje prate sve

aktivnosti unutar logističkog opskrbnog lanca, bitno je istaknuti da informatizacija logističkoga opskrbnog lanca znači njegovo dinamičko mijenjanje, povećanje njegove fleksibilnosti i adaptibilnosti, ukidanje inter i intra hijerarhijskih slojeva, supstituiranje pojedinačnih planova integrirajućim, pojedinačnoga menadžmenta integriranim, konkurencije partnerstvom, troškovne orijentacije poboljšanjem performanci, kontrole kooperacijom, pojedinačnoga rada timskim radom, podjele rada podjelom znanja, obilje informacija relevantnim informacijama, inženjeringa reinženjeringom, metode linearne optimalizacije dinamičkom optimalizacijom, strukturne metode orijentirane podacima objektnim metodama orijentiranim procesima (...).

Neprijeporna je činjenica da je automatizacija logističkoga opskrbnog lanca izravno pridonijela mogućnosti zajedničke obrade podataka, unapređenju efikasnosti pojedinih poslovnih aktivnosti, smanjenju troškova, uštedi vremena, smanjenju broja potrebnih djelatnika (...) te da u osnovi automatizacije logističkih opskrbnih lanaca jesu strukturne metode oblikovanja informacijskog sustava. Strukturne metode orijentirane podacima usmjerene su na opisivanje logističkog opskrbnog lanca i pretpostavljaju pasivnu ulogu informacijskog sustava. Razvijaju se tijekom šezdesetih i sedamdesetih godina XX. stoljeća, u vrijeme klasičnih sustava obrade podataka namijenjenih trajnom pohranjivanju podataka o poslovanju, zatim obračunavanju, kontroli, reviziji poslovanja (...). Temeljna zadaća strukturnih metoda orijentiranih podacima ogleda se u izvještavanju temeljem obrade podataka pohranjenih u jedinstvenoj bazi podataka, dok je upravljačka uloga informacijskih tehnologija u logističkom opskrbnom lancu zapostavljena. No, kako organizacijski preustroj, odnosno napuštanje razvoja po načelu "jedna tvrtka, jedno narodno gospodarstvo, jedna regija", uz odgovarajuću implementaciju postojećih i potencijalnih resursa informacijskih tehnologija, označava partnerstvo koje jamči konkurentsku prednost na prijelazu iz XX. u XXI. stoljeće, strukturne metode orijentirane podacima bivaju supstituirane objektnim metodama koje su orijentirane procesima unutar logističkog opskrbnog lanca. Informacijski sustav se tretira kao upravljački čimbenik logističkoga opskrbnog lanca i čimbenik koji utječe na oblikovanje organizacije. Objektne metode formaliziraju analizu, dizajn i implementaciju informacijskog sustava i stvaraju pretpostavke za izradu pouzdanih, prilagodljivih i lako izmjenljivih aplikacija uz minimiziranje razvojnoga ciklusa. Tako pravilno upravljanje informacijskom tehnologijom postaje katalizator sposoban za novo osmišljavanje poslovnog procesa logističkog opskrbnog lanca, potrebitog za reinženjering i ostvarenje konkurentne prednosti, tj. koristi.

Najznačajniji trendovi razvoja informacijskih sustava u funkciji računalno podržane dinamičke optimalizacije logističkog opskrbnog lanca su: objektna i hipermedijalna tehnologija, izvršni

informacijski sustavi i sustavi za potporu odlučivanju, strateški orijentirano informatičko obrazovanje, poslovni reinženjering, metode brzog razvoja aplikacija, temeljene na integraciji i prototipiranju, i razvoj međuorganizacijskih aplikacija. Informacijska tehnologija tako se proširuje od automatizacije poslovnih zadaća unutar logističkog opskrbnog lanca na informatizaciju poslovnih procesa koji prelaze granice pojedinih tvrtki, odnosno koji se zajednički izvode sa svim članicama. Velika moć mikroprocesora, razvoj tehnologije povezivanja i prijenosa i razvoj standarda omogućili su povezivanje "otoka s kopnom". Naime, unutar pojedinih tvrtki postojali su otoci personalnih računala, od kojih su samo pojedini bili povezani lokalnom mrežom, što im je omogućavalo zajedničko korištenje datoteka ili uređaja, kao što je pisac. Za razliku od automatizacije informatizacija omogućuje širem krugu korisnika pristup informacijama, aplikacijama i računalnim resursima, neovisno o tome gdje se nalaze i kako su povezani. Softver više nije vezan samo za jedno računalo već je instaliran "kooperativno" na više računala diljem mreže, a informacije i softver postaju prenosivi, odnosno primjenjivi na svakom hardveru neovisno o njegovoj vrsti i veličini. Tako tehnološka paradigma postaje potrebni temelj za kreiranje nove logističke paradigme.

3. Međuodnos tehnološke i logističke paradigme *Interlation between technological and logistics paradigm*

Razvoj logističkih opskrbnih lanaca nastaje kao produkt napuštanja narcisoidne zagledanosti u vlastito poslovanje te sve većih mogućnosti informacijskih tehnologija glede sinergetičkog upravljanja s tri temeljna toka unutar logističkoga lanca - toka proizvoda, informacijskoga toka i toka novca. Tehnološki pomaci, a koji čine novu tehnološku paradigmu nude mogućnost izgradnje strukture logističkog opskrbnog lanca utemeljene na timovima stručnjaka, mogućnost efikasnog funkcioniranja integriranog logističkog opskrbnog lanca uz puno uvažavanje autonomije njegovih pojedinih članova te mogućnost razvoja novih partnerskih odnosa sa svim relevantnim vanjskim subjektima (kupcima, javnošću, konkurencijom ...). Za takve poslovne promjene menadžeri koriste poznatu izreku tri "R": Reengineering – označava korištenje efekata nove tehnološke paradigme, Retooling – označava prijelaz tvrtki na informacijsku tehnologiju, Religne – označava povezivanje tvrtke s informacijsko tehnološkom i poslovnog motrišta.

Tranzicija u novu logističku paradigmu kao produkt nove tehnološke paradigme postaje sve očitijom u posljednjem desetljeću XX. stoljeća. Premda i jedna i druga još uvijek obolijevaju od "dječjih bolesti", vrlo su snažne, bogate mogućnostima, troškovno konkurentne i iznad svega temelj organizacijske u međuorganizacijsku

transformaciju te cjelokupnu promjenu načina poslovanja. Dinamička optimalizacija, u sprezi s objektivnim i hipermedijalnim tehnologijama elektroničkog povezivanja s poslovnim partnerima, omogućava razvoj složenih međuorganizacijskih informacijskih sustava s mogućnošću brze rekonfiguracije. Razvoj i fleksibilnost međuorganizacijskih logističkih aplikacija je temeljna pretpostavka dinamičke optimalizacije unutar i između sudionika logističkoga sustava. Dinamička optimalizacija logističkoga sustava omogućava učinkovito mijenjanje i poboljšanje logističkih aktivnosti uz istodobno prilagođavanje promjenama u okruženju. S marketinškog aspekta promatrana poanta tehnološke i logističke paradigme ogleda se u partnerskom približavanju kupcima na način razrješenja njihovih problema i prije nego što ih oni sami postanu svjesni. Tako se dolazi do novoga logističkoga opskrbnog lanca, koji je utemeljen na potrošačevom probitku.

Radi lakšega razumijevanja nove logističke paradigme u nastavku se daje usporedni pregled ključnih značajki tradicionalnoga i novoga logističkoga pristupa opskrbnim lancima (cf. tablicu 1).

Tablica 1. Usporedni pregled ključnih značajki tradicionalnog sustava s opskrbnim lancem

Table 1. Comparison of key characteristics of traditional systems with supply chain

Čimbenici	Tradicionalni pristup	Novi pristup
Upravljanje zalihama	Tvrtkom usredotočeno	Koordinacija unutar opskrbnog lanca
Tok zaliha	Isprekidan	nevidljiv/vidljiv
Troškovi	Minimiziranje unutar tvrtke	Krajnji troškovi
Informacije	Kontrolirane unutar tvrtke	Razdioba
Rizik	Tvrtkom usredotočen	Razdioba
Planiranje	Tvrtkom orijentirano	Timski pristup unutar opskrbnog lanca
Međuorganizacijski odnosi	Tvrtka usredotočena na što manje troškove	Partneri usredotočeni na krajnje troškove

Modificirali autori prema: Ellram i Cooper: Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, International of Logistics Management 4, no. 2 (1993).

4. Metodološki okvir informatizacije logističkog opskrbnog lanca

Methodological framework of informatization of logistics supply chain

Metodološki okvir dinamičke optimalizacije logističkoga opskrbnog lanca može se definirati kao skup načela, smjernica i pravila za usmjeravanje procesa uvođenja, izgradnje, modificiranja i uporabe informacijskog sustava u poslovanju aktivnih sudionika logističkih opskrbnih lanaca. Temeljna zadaća metodološkog okvira dinamičke

optimalizacije aktivnih sudionika logističkih opskrbnih lanaca ogleda se u povezivanju mogućnosti informacijskih podsustava s informacijskim potrebama. To je bitno naglasiti zbog toga što u brojnim poslovnim pothvatima ne postoje dostatne sposobnosti za iskorištenje potencijala postojećih informacijskih sustava premda glavnina poslovnih subjekata prikuplja veći broj informacija od potrebnih. Nadalje, zbog toga što bi metodološki okvir trebao poslužiti izvršnom i informatičkom menadžmentu aktivnih sudionika logističkoga opskrbnoga lanca, kao upravljački alat čini se primjerenim sagledati ključne čimbenike razvoja informacijske tehnologije u funkciji dinamičke optimalizacije logističkih sustava.

Najznačajniji trendovi razvoja informacijskih tehnologija u funkciji računalno podržane dinamičke optimalizacije logističkih sustava prema istraživanjima provedenim u SAD i vlastitim istraživanjima autora, zorno su predočeni u tablici 2.

Tablica 2. Ključni čimbenici razvoja informacijskih tehnologija u funkciji dinamičke optimalizacije logističkih sustava

Table 2. The key factors of development of information technologies in the function of dynamic optimization of logistics systems

Čimbenik	Istraživanje u SAD ¹		Vlastito istraživanje 2000. ²
	1989.	1994.	
Računalno podržane metode poslovnog planiranja	K	P	P
Elektronička razmjena podataka (EDI)	K	K	Z
Razvoj aplikacija na principu životnog ciklusa	K	K	P
Namjenski programi matematičke i statističke analize	K	K	Z
Sustavi za potporu odlučivanju i izvršni informacijski sustavi	K	K	K
CASE alati	N	K	Z
Računalno podržane metode poslovnog reinženjeringa	N	K	K
Objektne tehnologije	N	N	K
Razvoj aplikacija na principu prototipa	N	N	K
Računalno integrirani alati ekonometrijskog inženjeringa	N	N	K
Strateški orijentirano informatičko obrazovanje	N	N	K
Prošireni hipermedijalni jezici i vizualni mrežni programi	N	N	K

Redoslijed čimbenika u tablici 2. Naveden je prema razvojnem razdoblju u kojem se pojavljuju. Oznake u stupcima razvojnih razdoblja definiraju

¹ Istraživanje Centra za istraživanje menadžerskih informacijskih sustava pri Sveučilištu u Minesoti i Instituta za informatički menadžment. Kreirani anketni upitnici sadržavali su popis od 26 čimbenika razvoja informacijskih sustava te su distribuirani izvršnim menadžerima i menadžerima informacijskih službi kompanija u SAD.

² Vlastito istraživanje provedeno putem Interneta analiziranjem podataka na web stranicama logističkih tvrtki razvijenih zapadnih zemalja (www.freightworld.com/software).

značenje čimbenika. Oznaka K definira ključne čimbenike u razvojnim razdobljima (primjerice u razvojnom razdoblju 2000. objektne tehnologije su ključni čimbenik razvoja informatičke tehnologije u funkciji dinamičke optimalizacije). Prvi stupac u kojem se pojavljuje oznaka K za određeni čimbenik definira razdoblje u kojem se prvi puta pojavljuje taj čimbenik. Oznaka N označava da čimbenik nije postojao u relevantnom razvojnom razdoblju (primjerice u razvojnom razdoblju 1989. nisu se koristile objektne tehnologije). Oznaka P označava potporne čimbenike. U tablici se vidi da je većina potpornih čimbenika u novijim razdobljima imala značenje ključnih čimbenika u starijim razdobljima. Novi čimbenici uzrokovali su promjenu značenja tih čimbenika, ali ne na način da su čimbenici iz staroga razdoblja isključeni, nego da su postali potporni čimbenici novim ključnim čimbenicima. Oznaka Z označava zamjenjivanje starih čimbenika novim čimbenicima.

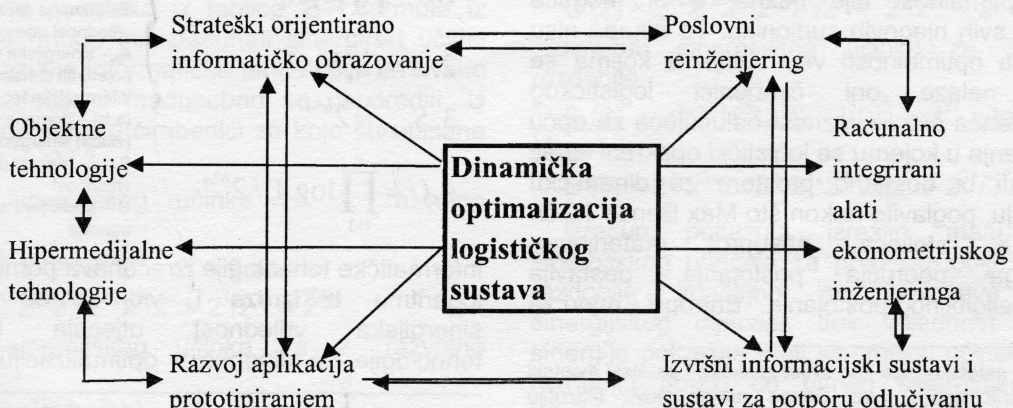
Razlike između istraživanja sustava ključnih čimbenika u studijama provedenim 1994. u SAD i vlastitih istraživanja čimbenika strategijskog razvoja logističkog informacijskog sustava u 2000. godini mogu se pojasniti činjenicama da se sve logističke aktivnosti mogu podržati aplikativnim softverom (npr. to u djelatnostima ugostiteljstva i metalurgije nije slučaj) te da je ubrzani razvoj informacijske tehnologije utjecao na promjenu konfiguracije čimbenika. Nadalje, konfiguracija čimbenika razvoja informacijskih sustava na temelju istraživanja pokazuje da se metodologija razvoja informacijskog sustava logističkog opskrbnog lanca treba usmjeriti na dinamičku optimalizaciju u funkciji razvoja fluidnog, fleksibilnog i adaptibilnog inter i intra logističkog informacijskog sustava sudionika logističkog opskrbnog lanca. Takav pristup je potrebit iz razloga što je upravljanje logističkim opskrbnim lancima vrlo zahtjevno. Naime, računalno podržana dinamička optimalizacija treba biti u stanju pronaći optimalnu strategiju za cijeli opskrbni lanac, neovisno o tome što se položaj pojedinih sudionika u

opskrbnom lancu može u kratkom roku promijeniti, kao posljedica pokušaja tvrtki da u kratkom roku odgovore na nove zahtjeve korisnika. Nadalje, računalno podržana dinamička optimalizacija u stanju je riješiti i probleme vezano uz "članstvo" pojedine tvrtke u više logističkih opskrbnih lanaca (npr. jedna čeličana može biti član opskrbnoga lanca za automobile, motore, bicikle, namještaj i sl.), rušeći granice između realnoga i nerealnoga. Tako se dinamička optimalizacija u složenom sustavu kao što je logistički opskrbni lanac određuje kao limes trenutka, odnosno ona je fiksna samo u prostoru lišenom dimenzije vremena. Sukladno tome, dinamička optimalizacija logističkoga opskrbnoga lanca ima za zadaću obuhvatiti sve čimbenike optimalizacije, te se tako nalazi na tragu Pitagorine ideje o harmoniji (skladu kretanja kozmičkih tijela).

U oblikovanju metodološkog okvira (cf. shemu 1), ključni čimbenici razvoja informacijske tehnologije u funkciji dinamičke optimalizacije logističkoga sustava trebaju biti prepoznati kao zaokružena cjelina u kojoj su oni čvrsto povezane komponente. Sinergijsko djelovanje objektnih i hipermedijalnih tehnologija stvara pretpostavke za brzi razvoj međuorganizacijskih aplikacija. Izvršni informacijski sustavi (Executive Information Systems) i sustavi za potporu odlučivanju (Decision Support Systems) su u dvosmjernim vezama s objektnom i hipermedijalnom tehnologijom. Hipermedijalna tehnologija podržava prikupljanje relevantnih podataka i informacija, a objektne tehnologije njihovu sistematizaciju i reorganizaciju s motrišta problemske situacije. Na temelju računalno podržanih metodoloških postupaka, prikupljanja, sistematiziranja i reorganiziranja podataka i informacija generira se model dinamičke optimalizacije u funkciji rješavanja relevantnih problemskih situacija koje se javljaju unutar i između subjekata logističkog sustava. Sukladno tome, treba istaknuti da suvremene informacijske tehnike i tehnologije ne treba koristiti radi njih samih, nego da trebaju služiti ciljevima (informacijskim potrebama)

Shema 1. Metodološki okvir razvoja informacijske tehnologije u funkciji dinamičke optimalizacije logističkog sustava

Scheme 1. Methodological framework of information development technologies in the function of dynamic optimization of logistics system



logističkoga sustava, od kojih se izdvajaju: minimiziranje troškova, maksimalizacija dobiti, maksimalizacija profita, minimiziranje vremena, minimiziranje zaliha, reduciranje broja sudionika u logističkom opskrbnom lancu, stjecanje i zadržavanje konkurentске prednosti, proaktivno reagiranje, decentralizacija, digitalna konvergencija, tehnološke prednosti (...).

Uporaba matematičkog programiranja ili tehnologije programiranja ograničenja pretpostavlja sposobnost izrade modela. Potrebno je integrirati visokospecijalizirana znanja o računalno podržanim metodama optimalizacije kao što su: generiranje matrica, priprema podataka za softver, matematičko programiranje, računalno-programski jezici koji podržavaju matematičko programiranje. Kontinuirani razvoj i povećanje kvalitete računalnih alata i programa za optimalizaciju i algoritamsku tehnologiju stvara pretpostavke za izradu sve bržih i složenijih softverskih rješenja problema koji se javljaju u logističkim opskrbnim lancima. Nova softverska generacija stvara preokret kojim se bitno smanjuje složenost i vrijeme izrade aplikacija. Primjerice, ove godine je uvedena generacija softverskih komponenti koje premošćuju jaz između linearnog programiranja i programiranja ograničenja na temelju generiranja automatskog koda.

Za logistički opskrbni lanac može se reći da je učinkovito organiziran kada postiže sljedeća tri temeljna cilja: prepoznaje razinu očekivanih usluga od strane krajnjih potrošača, može optimalno odlučiti gdje će se i u kojoj količini pozicionirati zalihe unutar opskrbnog lanca i razvija prikladnu politiku i procedure za upravljanje opskrbnim lancem kao jedinstvenim entitetom. Ključni problem upravljanja logističkim opskrbnim lancem je kompleksnost algoritama koji trebaju analizirati milijune varijabli i rješavati probleme čija je kompleksnost sve veća uz povećane zahtjeve za brzinom rješavanja. Znanje i sposobnost oblikovanja takvih algoritama također nije koncentrirano na jednom mjestu (unutar jedne tvrtke), već je disperzirano na više lokacija, odnosno između specijaliziranih softverskih tvrtki. Nadalje, logistički opskrbni lanci kao složeni, dinamički i stohastički sustavi u kojima se isprepleću suprotnosti vrlo brojnih i snažnih interesa, kao optimalno rješenje do sada su nametali ono rješenje koje je u najvećoj mjeri izmirivalo suprotne interese. Naime, tako za optimalnost nije nužna, a ni moguća optimalnost svih njegovih sudionika. To nikada nisu trajna stanja optimalnosti već stanja u kojima se istodobno nalaze oni čimbenici logističkog opskrbnog lanca čija je važnost odlučujuća za opću značajku stanja u kojemu se logistički opskrbni lanac nalazi. Rekli bi dostatno prostora za dinamičku optimalizaciju, poglavito nakon što Max Bense 70-tih godina XX. stoljeća, nasuprot materijalno-energetskoga područja postojanja, postavlja područje inteligibilnog postojanja.³ Entropiji - mjeri za

nered prisutnoj u prvoj, suprotstavlja negativnu entropiju – mjeru uređenosti pripadajuću drugoj. Sukladno tome, u nastavku se čini najprimjerenijim uspostaviti matematički model kojim će se izmjeriti utjecaj ključnih čimbenika informatičkih tehnologija na dinamičku optimalizaciju logističkoga sustava.

5. Matematički model utjecaja ključnih čimbenika razvoja informatičke tehnologija na dinamičku optimalizaciju logističkog sustava

The mathematical model of influence of key factors of information technologies development on dynamic optimization of logistics system

Na procese u sustavu utječe se upravljanjem, odnosno usmjerenim djelovanjem na varijable sustava da bi sustav prelazio iz jednog u drugo stanje. Pokrenuti procesi determiniraju ponašanje sustava. Upravljanjem i reguliranjem procesa u sustavu treba omogućiti ostvarivanje potrebnog ili željenog ponašanja sustava u skladu s postavljenim ciljevima. Svrha matematičkog modela je generiranje smjernica razvoja informatičke tehnologije u funkciji dinamičke optimalizacije logističkog sustava. Matematički model bi trebao definirati čimbenike razvoja informatičke tehnologije koji imaju najjači utjecaj na dinamičku optimalizaciju i način njihova utjecaja.

Matematički model prikazuje sinergijski utjecaj čimbenika informatičke tehnologije na dinamičku optimalizaciju. Skala i ocjena sinergijskog utjecaja informatičke tehnologije na funkcioniranje logističkog sustava može se definirati s motrišta relevantnog matematičkog modela. Moguće je definirati jednorazinsku skalu (od 0 do 1) ili finije višerazinske skale sinergijskog utjecaja (od 0 do n). Ocjena sinergijskog utjecaja utvrđuje se na temelju pozicije i funkcioniranja čimbenika u strukturi sustava čimbenika informatičke tehnologije. Sinergijski utjecaj informatičke tehnologije na dinamičku optimalizaciju logističkog sustava definira se izrazima 1. – 4.

Formule pokazuju da se sinergijski utjecaj

$$1. S = \prod_{i=1}^n \log A_i$$

$$2. A = (a, b)$$

$$3. S_{\max} = 2^{b \cdot n}$$

$$4. U = \prod_{i=1}^n \log A_i / 2^{b \cdot n}$$

Legenda uz izraze 1. – 4.

S – ukupna sinergijska vrijednost utjecaja
 A_i – sinergijska vrijednost pojedinih čimbenika razvoja informatičke tehnologije
 (a, b) – domena vrijednosti (skala) sinergijskog utjecaja
 S_{max} – maksimalna sinergijska vrijednost
 U – koeficijent sinergijskog utjecaja

informatičke tehnologije izračunava pomoću dualnog logaritma. Iz izraza 1. vidi se da se ukupna sinergijska vrijednost utjecaja informatičke tehnologije na dinamičku optimalizaciju logističkog

kompleksnosti C. Cf. više: Bense, M.: Estetika, u prijevodu Putar, R., Otakar Keršovani, Rijeka, 1978.

³ Promatrajući estetsko biće kao svijet znakova i estetski svjetski proces kao informaciju, Max Bense razvija novu filozofiju umjetnosti, polazeći od Birkhoffove definicije (1928.) estetske mjere umjetnosti M, kao količnika čimbenika reda O i

sustava izračunava kao umnožak sinergijskih vrijednosti pojedinačnih čimbenika informatičke tehnologije.

Izraz 2. pokazuje domenu sinergijske vrijednosti čimbenika razvoja informatičke tehnologije. U ovom modelu su definirane sinergijske vrijednosti čimbenika od 0 do 3. Vrijednost 0 označava da nema sinergijskog učinka. Vrijednost 1 označava sinergijski učinak na razini pojedinačnog čimbenika. Vrijednost 2 označava djelomični sinergijski učinak između čimbenika. Vrijednost 3 označava puni sinergijski učinak.

U izrazu 3. vidi se da je maksimalna sinergijska vrijednost informatičke tehnologije 2^n . Maksimalna sinergijska vrijednost se definira u funkciji izračunavanja sinergijskog koeficijenta (izraz 4.). Sinergijski koeficijent se definira u cilju mogućih uspoređivanja sinergijskog utjecaja informatičke tehnologija na dinamičku optimalizaciju logističkih sustava s motrišta različitih logističkih sustava i razvojnih razdoblja. Vrijednost 1 je maksimalna vrijednost sinergijskog koeficijenta i definira maksimalni sinergijski utjecaj informatičke tehnologije na dinamičku optimalizaciju logističkog sustava.

U tablici 3. čimbenici razvoja informatičke tehnologije sistematizirani su po funkcijskim područjima informatičke tehnologije. Za svako funkcijsko područje definirana su dva čimbenika: prvi-navedeni čimbenik na višoj razini razvoja i drugi (ispod) navedeni na nižoj razini razvoja. Prvi čimbenik može isključiti (zamijeniti) drugog čimbenika ili se može s njim nadopunjavati.

Oznaka N u prvom i drugom razdoblju označava čimbenik koji se ne pojavljuje u tim razvojnim razdobljima. Oznaka Z u trećem razvojnom razdoblju označava čimbenik koji je funkcionirao u ranijem razdoblju, ali je s motrišta utjecaja na dinamičku optimalizaciju, zamijenjen čimbenikom iz istog funkcijskog područja koji se na njega nadograđuje. Oznaka P označava čimbenik koji je bio ključni za dinamičku optimalizaciju u ranijem razdoblju, a u novom razdoblju nije zamijenjen, već je potpora novom čimbeniku koji se javlja na višoj razini razvoja. Vrijednost 0 označava da nema sinergijskog učinka. Vrijednost 1 označava sinergijski učinak na razini pojedinačnog čimbenika. Vrijednost 2 označava djelomični sinergijski učinak između čimbenika. Vrijednost 3 označava puni sinergijski učinak. U formulu se za svako razvojno razdoblje uvrštavaju ključni čimbenici.

Tablica 3. Pozicioniranje čimbenika razvoja informatičke tehnologije prema funkcijskim područjima informatičke tehnologije i razdobljima razvoja

Table 3. Positioning the factors of information technology development according to functional fields in information technology and periods of development

Sinergijski utjecaj po razdobljima	Sinergijski utjecaj po razdobljima	Razdoblja		
		1	2	3
Područja informatičke tehnologije	Čimbenici razvoja informatičke tehnologije			
Komunikacijski softver	Prošireni hipermedijalni jezici i vizualni mrežni programi Hipermedijalni jezici i EDIFACT	N 0	N 1	3 Z
Aplikativni softver	Razvoj aplikacija na principu životnog ciklusa Razvoj aplikacija na principu prototipa	0 N	1 N	P 3
Metode konceptualnog modeliranja	Objektne metode CASE tehnologija	N 0	N 1	3 Z
Metode optimalizacije	Računalno integrirani alati ekonometrijskog inženjeringa Namjenski programi matematičke i statističke analize	N 1	N 2	3 Z
Metode strategijskog razvoja informacijskog sustava	Poslovni reinženjering Poslovno planiranje	N 0	1 Z	3 P
Ljudski potencijali	Strateški orijentirano informatičko obrazovanje Sustavi za potporu odlučivanju i izvršni informacijski sustavi	N 0	N 1	3 3

Na temelju podataka iz tablice 2. i formule iz izraza 1. i 4. mogu se izračunati sinergijski učinci čimbenika razvoja informatičke tehnologije za svako razvojno razdoblje i međusobno se usporediti. U formulu se uvrštavaju čimbenici za koje su upisane vrijednosti 0, 1, 2 i 3.

Izračun sinergijskog učinka za 1. razvojno razdoblje

$$S(1) = 2^1 * 2^0 * 2^0 * 2^0 * 2^0 = 2^1 = 2 \text{ bita}$$

$$U(1) = 2^1 * 2^0 * 2^0 * 2^0 * 2^0 / 2^n = 2^1 / 2^{15} = 2^{-14}$$

Izračun sinergijskog učinka za 2. razvojno razdoblje

$$S(2) = 2^0 * 2^1 * 2^2 * 2^2 * 2^1 = 2^6 = 2^6 = 64 \text{ bita}$$

$$U(2) = 2^0 * 2^1 * 2^2 * 2^2 * 2^1 / 2^n = 2^6 / 2^{15} = 2^{-9}$$

Izračun sinergijskog učinka za 3. razvojno razdoblje

$$S(3) = 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 = 2^{21} \text{ bita} = 2 \text{ Mb} = 2 \text{ Megabita}$$

$$U(3) = 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 * 2^3 / 2^3 = 2^{21} / 2^{21} = 2^0 = 1$$

Izračun pokazuje izrazito malu vrijednost sinergijskog utjecaja za prvo razdoblje. U drugom razdoblju značajno se povećava vrijednost sinergijskog utjecaja, dok vrijednost koeficijenta sinergije pokazuje mali sinergijski učinak. U trećem razdoblju dolazi do punog sinergijskog utjecaja informatičkih tehnologija. Iz tablice 1. se vidi da se u

trećem razdoblju javljaju nove informatičke tehnologije na višoj razini razvoja koje omogućavaju puni sinergijski učinak na dinamičku optimalizaciju.

6. Zaključak / Conclusion

Logistički opskrbni lanci kao širi koncept fizičke distribucije i poslovne logistike, a čija je zadaća da putem planiranja, analiziranja i kontrole temeljnih tokova u logističkom lancu (proizvoda, informacija i novca) osiguraju prave inpute (sirovine, poluproizvode, opremu), njihovu efikasnu pretvorbu u finalne proizvode te njihovu distribuciju do krajnjih korisnika uz brojne popratne usluge koje osiguravaju dodatnu vrijednost proizvodima, premda ne predstavljaju izum posljednjeg desetljeća 20. stoljeća, svoju punu afirmaciju, rast i razvoj doživljavaju upravo u posljednje vrijeme, kad poslovnim pothvatima pružaju prigodu da putem ušteda u troškovima ostvare što veću efikasnost poslovanja, odnosno da putem superiornog servisa isporuke osiguraju dodatnu vrijednost proizvoda u očima potencijalnih korisnika i time značajno opredijele efektivnost poslovanja vlastite u odnosu na konkurentske tvrtke.

U globalnom i naglašeno dinamičkom poslovnom okruženju, vidljivi resursi (zgrade, strojevi, oprema...) sve više ustupaju mjesto "nevidljivim" resursima (informacije, znanje) logističkih opskrbnih lanaca, zaboravljajući pri tom orijentiranost na vlastite "feude" i birokratska carstva, uz istodobno usmjeravanje postojećih financijskih resursa i ljudskih potencijala zajedničkim, kontinuiranim i dinamičkim poslovnim procesom, kao jednim od najefikasnijih načina da se izbjegne odlazak s tržišta. "Usamljeni i nepovezani otoci" unutar i između različitih poslovnih pothvata, zahvaljujući informatizaciji odnosno informatičkim tehnologijama, sve više se međusobno povezuju i približavaju tvoreći fluidnije, fleksibilnije i adaptibilnije organizacijske oblike. Razvoj informatičke tehnologije razmjernan je sinergizmu djelovanja između funkcionalnih komponenti informatičke tehnologije – komunikacijskih tehnologija, aplikativnih programa, informacijske infrastrukture i ljudskih potencijala. Sinergijsko djelovanje komponenti informatičkih tehnologija jača sinergijsko odvijanje temeljnih informacijskih procesa prikupljanja, sistematiziranja, obrade i razmjene podataka i informacija. S obzirom na činjenice da su navedeni procesi i temeljni procesi logističkog sustava, kao i na usporedbu učinaka informatizacije logističkog sustava na dinamičku optimalizaciju u različitim razvojnim razdobljima, može se zaključiti da jačanje sinergizma čimbenika razvoja informatičke tehnologije razmjerno podržava i razvoj intenziteta i opsega difundiranja dinamičke optimalizacije u logističkom sustavu i da jača sinergizam učinaka postignutih na temelju dinamičke optimalizacije.

Računalno podržane metode upravljanja kvalitetom kontinuirano pridonose poboljšanju poslovnih procesa, dok metode poslovnog reinženjeringa preoblikuju postojeće procese na

učinkovitiji način i pronalaze nove procese koji dodaju novu vrijednost. Tako proces poslovnog reinženjeringa logističkog opskrbnog lanca istodobno označava početak novoga partnerstva: tehnološke i logističke paradigme. Računalno podržane metode optimalizacije se integriraju s komunikacijskim tehnologijama (prošireni hipermedijalni jezici i vizualno mrežno programiranje) i metodama konceptualnog modeliranja (objektne tehnologije). Integriranje navedenih komponenti omogućava širenje uporabe informatičke tehnologije od segmenta kvantitativnih analiza prema segmentima modeliranja (sistematizacije podataka) i komuniciranja (razmjene podataka) što stvara temeljne pretpostavke funkcioniranja dinamičke optimalizacije.

Metodološki okvir definira smjernice sinergijskog razvoja informatičke tehnologije u funkciji dinamičke optimalizacije. Na temelju istraživanja i uspoređivanja čimbenika razvoja informatičke tehnologije kroz tri različita razdoblja usporedno su analizirane značajke mogućih utjecaja informatičke tehnologije na dinamičku optimalizaciju logističkog sustava. Dokazano je da je informatička tehnologija ključna pretpostavka dinamičke optimalizacije i da proširuje procese optimalizacije u dvije osnovne dimenzije:

1. od namjenskih matematičkih i statističkih analiza prema računalno integriranom ekonometrijskom inženjeringu,
2. od aplikacija za kvantitativne analize (procesiranja) prema metodama modeliranja i komunikacijskim tehnologijama.

Matematički model omogućava kvantificiranje utjecaja razvoja informacijske tehnologije na dinamičku optimalizaciju logističkog sustava kako na razini pojedinih čimbenika, tako i skupno na razini sustava čimbenika. Rezultati pokazuju izrazito jači sinergijski utjecaj informatičke tehnologije u trećem razvojnom razdoblju u odnosu na prethodna dva razdoblja. Na temelju rezultata zaključuje se da čimbenici razvoja informatičke tehnologije koji su definirani u trećem (sadašnjem) razvojnom razdoblju 2000. godine stvaraju temeljne pretpostavke za dinamičku optimalizaciju logističkog sustava na svim razinama – operativnim, taktičkim, strateškim i međuorganizacijskim.

Literatura / References

- [1] Ellram i Cooper: Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, *International of Logistics Management* 4, no. 2, 1993.
- [2] Bense, M.: Estetika, u prijevodu Putar, R., Otakar Keršovani, Rijeka, 1978.
- [3] Tapscott, D., i Caston, A.: Paradigm Shift: The New promise of Information Tehnologija, Special Advertising section, *Business week*, 25. 10. 1993.
- [4] Brancheau, J. C., Janz, B., Wetherbe, J.C., Key issues in IS Management, US 1994-95, <http://www.colorado.edu/infos/jsb/key/us94sum.html>
- [5] www.freightworld.com/software
- [6] Lustig, I.J. (1999): Optimization: Achieving Maximum ROI within the Supply Chain, <http://lustig.ascet.com>.

Rukopis primljen: 23.3.2001.