

UNIVERZITET U BEOGRADU

SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Mladen D. Krstić

**MODELIRANJE STRUKTURE
TERMINALA INTERMODALNOG
TRANSPORTA**

doktorska disertacija

Beograd, 2019.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC
ENGINEERING

Mladen D. Krstić

**MODELLING THE STRUCTURE OF
INTERMODAL TRANSPORT
TERMINALS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2019.

Mentor:

Dr Slobodan Zečević, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Članovi komisije:

Dr Snežana Tadić, docent

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Dr Đurđica Stojanović, vanredni profesor

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Datum odbrane: _____

IZJAVA ZAHVALNOSTI

Zahvaljujem roditeljima i bratu za bezrezervnu podršku tokom čitavog školovanja, supruzi za razumevanje, pomoć i bodrenje i sinu za neizmernu motivaciju.

MODELIRANJE STRUKTURE TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

Rezime: Ekonomski razvoj, globalizacija, demografske promene, tehnološki razvoj, klimatske promene itd. generišu sve kompleksnije zahteve u oblastima logistike i transporta, kao jednog od podsistema logistike, i dovode do veoma raznovrsnih zahteva za transportom robe uz zadovoljenje visokih očekivanja svih učesnika, primenu savremenih tehnoloških rešenja i poštovanje načela održivog razvoja. Jedan od preduslova za zadovoljenje ovih zahteva jeste intenzivni razvoj i primena intermodalnog transporta, pri čemu je adekvatno planiranje i razvoj intermodalnih terminala, kao jednog od ključnih podsistema intermodalnog transporta, od presudnog značaja. Ovo je bio glavni motiv za izbor teme ove disertacije koja se bavi modeliranjem terminala intermodalnog transporta, procenom njihove efikasnosti i izborom efikasnih tipičnih struktura terminala u zavisnosti od širokog skupa zahteva, ciljeva i faktora. Cilj disertacije je bio dokazati da: efikasnost terminala intermodalnog transporta zavisi od različitih elemenata za definisanje strukture; adekvatno strukturiranje terminala zahteva analizu uticaja velikog broja različitih faktora koji opisuju društveno-privredno okruženje, zahteve logističkih tokova i razvojne karakteristike sistema; efikasnost terminala zavisi od faktora koji utiču na njihovo strukturiranje i koji su prisutni u različitim kombinacijama i sa različitim intenzitetom i obimom; postojeći modeli i metode za planiranje terminala intermodalnog transporta u obzir uzimaju samo pojedine aspekte strukturiranja i ne sagledavaju problem na sveobuhvatan način koji u obzir uzima različite uticaje i faktore; kombinovanjem elemenata za definisanje strukture terminala mogu se dobiti potencijalne strukture terminala, čija se efikasnost može odrediti na osnovu karakteristika veza koje postoje između elemenata strukture i identifikovanih tipičnih struktura.

U disertaciji su definisani i opisani sistem intermodalnog transporta i svi njegovi podsistemi, elementi za definisanje strukture terminala intermodalnog transporta, faktori

koji utiču na elemente za definisanje strukture, kao i zahtevi i ciljevi interesnih grupa koje učestvuju u intermodalnom transportu. Izvršeno je vrednovanje i rangiranje elemenata strukture i izbor ključnih elemenata na osnovu kojih su definisane tipične strukture terminala i izvršeno njihovo grupisanje. Na osnovu opsežnog istraživanja i prikupljenih podataka o 180 intermodalnih terminala u Evropi izvršen je izbor efikasnih tipičnih struktura. Na osnovu identifikovanih veza između elemenata strukture terminala i njihovih efikasnosti izvršeno je modeliranje potencijalnih struktura terminala i procena njihovih efikasnosti. Takođe je izvršena analiza lokacije intermodalnih terminala i izbor tehnologije podsistema, kao elemenata strukture terminala koji nisu izabrani kao ključni, ali imaju značajan uticaj na strukture intermodalnih terminala.

U disertaciji su potvrđene postavljene hipoteze čime su ispunjeni osnovni ciljevi. Glavni doprinosi disertacije su: sveobuhvatno sagledavanje elemenata za definisanje strukture intermodalnih terminala, identifikacija faktora koji utiču na ove elemente, kreiranje detaljne baze podataka o karakteristikama 180 intermodalnih terminala u Evropi i definisanje tipičnih struktura intermodalnih terminala, modeliranje potencijalnih struktura intermodalnih terminala, primena metodologija i novih hibridnih modela, fazi EDAS - AR DEA, fazi Delphi - fazi DANP - fazi DVIKOR i fazi SWARA - fazi BWM, za izbor efikasnih tipičnih struktura, lociranje i izbor tehnologije podsistema intermodalnih terminala, respektivno, odnosno potvrda njihove praktične primene kroz rešavanje studija slučaja i realnih primera.

Ključne reči: intermodalni transport, struktura terminala, faktor uticaja, efikasnost, višekriterijumsko odlučivanje, lociranje, tehnologija podsistema.

Naučna oblast: Saobraćajno inženjerstvo

Uža naučna oblast: Intermodalni transport, logistički centri i city logistika

UDK broj: 656.073:519.8(043.3)

658.286:519.8(043.3)

MODELLING THE STRUCTURE OF INTERMODAL TRANSPORT TERMINALS

Abstract: Economic development, globalization, demographic change, technological development, climate change, etc. generate increasingly complex requirements in the fields of logistics and transport, as one of the subsystems of logistics, and lead to very diverse requirements for the transport of goods while satisfying the high expectations of all participants, applying modern technological solutions and respecting the principles of the sustainable development. One of the preconditions for satisfying these requirements is the intensive development and application of the intermodal transport, whereby the planning and development of intermodal terminals, as one of the key intermodal transport subsystems, is crucial. This was the main motive for the choice of the topic of this dissertation dealing with the modeling of the intermodal transport terminals, the assessment of their efficiency and the selection of efficient typical terminal structures, depending on a wide set of requirements, goals and factors. The aim of the dissertation was to prove that: the efficiency of the intermodal transport terminal depends on different elements for defining the structure; adequate terminal structuring requires an analysis of the impact of a large number of different factors describing the socio-economic environment, the requirements of logistics flows and the developmental characteristics of the system; the efficiency of the terminal depends on the factors that influence their structuring, which are present in different combinations and with different intensities and volumes; existing models and methods for planning intermodal transport terminals take into account only certain aspects of structuring and do not perceive the problem in a comprehensive way that takes into account different influences and factors; by combining the elements for defining the structure of the terminal, potential terminal structures can be obtained, the efficiency of which can be determined based on the characteristics of the relationships that exist between the elements of the structure and the identified typical structures.

The dissertation defines and describes the system of intermodal transport and all its subsystems, elements for defining the structure of the intermodal transport terminal, the factors that influence the elements for defining the structure, as well as the requirements and objectives of the stakeholders participating in intermodal transport. The evaluation and ranking of the elements of the structure is performed, as well as the selection of the key elements on the basis of which the typical structures of the terminal were defined and their grouping was performed. Based on the extensive research and data collected on over 180 intermodal terminals in Europe, a selection of efficient typical structures was carried out. On the basis of identified connections between the elements of the terminal structure and their efficiency, modeling of potential terminal structures and estimation of their efficiency was performed. An analysis of the intermodal terminal location and the selection of the subsystem technology, as the elements of the terminal structure which were not selected as the key ones, but have a significant impact on the intermodal terminal structures, is also made.

The established hypotheses are confirmed in the dissertation, thereby fulfilling the basic goals. The main contributions to the dissertation are: a comprehensive overview of the elements for defining the intermodal terminal structure, the identification of factors that influence these elements, the creation of the detailed data base on the characteristics of 180 intermodal terminals in Europe and the definition of the typical intermodal terminal structures, modeling of potential intermodal terminal structures, the application of methodologies and new hybrid models, the fuzzy EDAS - AR DEA, the fuzzy Delphi - fuzzy DANP - fuzzy DVIKOR and the fuzzy SWARA - fuzzy BWM, for selecting efficient typical structures, locating and selecting the subsystem technology of the intermodal terminal, respectively, i.e. confirmation of their practical application through the solution of case studies and real life examples.

Key words: intermodal transport, terminal structure, influencing factor, efficiency, multi-criteria decision-making, locating, subsystems technology.

Scientific field: Transport and Traffic Engineering.

Scientific subfield: Intermodal transport, logistics centers and city logistics.

UDC number: 656.073:519.8(043.3)

658.286:519.8(043.3)

SADRŽAJ

LISTA SLIKA	v
LISTA TABELA	viii
SPISAK SKRAĆENICA	x
1. UVOD	1
2. SISTEM INTERMODALNOG TRANSPORTA	6
2.1. Intermodalna transportna jedinica	7
2.2. Transportna sredstva	10
2.3. Saobraćajna infrastruktura	12
2.4. Terminali/logistički centri.....	15
2.5. Mreža terminala	17
2.6. Organizacija transporta	18
2.7. Operateri/udruženja	20
2.8. Telematika	21
2.9. Logističke strategije.....	23
2.10. Regulativa	25
3. ELEMENTI ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA	27
3.1. Elementi organizacionog nivoa za definisanje strukture intermodalnog terminala	28
3.1.1. Osnivači i vlasnici terminala.....	28
3.1.2. Modeli upravljanja terminalom	30
3.1.3. Mesto i uloga terminala u mreži/lancu	33
3.2. Elementi operacionog nivoa za definisanje strukture intermodalnog terminala.....	38
3.2.1. Vrsta tereta/transportne jedinice	38

3.2.2.	Struktura funkcija i usluga terminala	40
3.2.3.	Korisnici terminala	43
3.3.	Elementi fizičkog i prostornog nivoa za definisanje strukture intermodalnog terminala	44
3.3.1.	Lokacija terminala	44
3.3.2.	Veličina terminala (obim i intenzitet tokova)	45
3.3.3.	Pokrivenost teritorije (gravitaciona zona).....	46
3.3.4.	Prostorna organizacija terminala - layout	47
3.4.	Elementi tehnološkog nivoa za definisanje strukture intermodalnog terminala.....	52
3.4.1.	Povezanost vidova transporta i tehnologije transportnih lanaca.....	52
3.4.2.	Struktura podsistema.....	55
3.4.3.	Tehnologije osnovnih podsistema	58
4.	INTERESNE GRUPE U PROCESU DEFINISANJA STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA	65
4.1.	Ciljevi osnivača/vlasnika i operatera za definisanje strukture intermodalnog terminala	66
4.2.	Ciljevi korisnika za definisanje strukture intermodalnog terminala.....	68
4.3.	Ciljevi administracije/uprave i stanovnika za definisanje strukture intermodalnog terminala	68
5.	FAKTORI KOJI UTIČU NA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA	70
5.1.	Unutrašnji faktori za definisanje strukture intermodalnog terminala	71
5.2.	Faktori zahteva logističkih tokova za definisanje strukture intermodalnog terminala	72
5.3.	Faktori okruženja za definisanje strukture intermodalnog terminala	74
6.	RANGIRANJE ELEMENATA ZA DEFINISANJE STRUKTURE TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA.....	78
6.1.	Hibridni fazi delphi-vikor model za rangiranje elemenata strukture intermodalnih terminala	78
6.2.	Primena hibridnog fazi delphi-vikor modela za rangiranje elemenata strukture intermodalnih terminala	85

7. TIPIČNE STRUKTURE TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA.....	88
7.1. Tipične strukture "malih" terminala intermodalnog transporta	90
7.2. Tipične strukture "srednjih" terminala intermodalnog transporta	92
7.3. Tipične strukture "velikih" terminala intermodalnog transporta	94
7.4. Tipične strukture "veoma velikih" terminala intermodalnog transporta.....	96
7.5. Tipične strukture "mega" terminala intermodalnog transporta.....	97
8. IZBOR EFIKASNIH TIPIČNIH STRUKTURA TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA	100
8.1. Hibridni fazi edas-ar dea model za izbor efikasnih tipičnih struktura intermodalnih terminala	100
8.2. Definisane <i>input</i> -ai <i>output</i> -a za procenu efikasnosti tipičnih struktura intermodalnih terminala	107
8.3. Primena hibridnog fazi edas-ar dea modela za izbor efikasnih tipičnih struktura intermodalnih terminala	111
8.4. Diskusija rezultata izbora efikasnih tipičnih struktura intermodalnih terminala	115
9. MODELIRANJE POTENCIJALNIH STRUKTURA TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA	118
9.1. Metodologija modeliranja potencijalnih struktura intermodalnih terminala	118
9.2. Modeliranje potencijalnih struktura intermodalnih terminala primenom predložene metodologije.....	120
10. IZBOR LOKACIJE TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA	137
10.1. Hibridni fazi delphi-danp-dvikor model za izbor lokacije intermodalnog terminala	138
10.2. Studija slučaja izbora lokacije intermodalnog terminala	144
10.2.1. Potencijalne lokacije intermodalnog terminala.....	145
10.2.2. Kriterijumi za ocenu potencijalnih lokacija.....	147
10.2.3. Primena predloženog modela za izbor lokacije intermodalnog terminala....	148
10.2.4. Diskusija i analiza rezultata izbora lokacije intermodalnog terminala	153

11. IZBOR TEHNOLOGIJE PODSISTEMA TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA	156
11.1. Hibridni fazi swara-bwm model za izbor tehnologije podsistema intermodalnog terminala	157
11.2. Studija slučaja izbora manipulativnog sredstva za intermodalni terminal.....	163
11.2.1. Primena predloženog modela za izbor manipulativnog sredstva.....	165
11.2.2. Diskusija i analiza rezultata izbora manipulativnog sredstva za intermodalni terminal	168
12. ZAKLJUČAK	170
LITERATURA	173
PRILOZI	205
BIOGRAFIJA AUTORA.....	213

LISTA SLIKA

Slika 1.1. Metodologija izrade disertacije	5
Slika 2.1. Podsystemi intermodalnog transporta (adaptirano iz: Zečević, 2005).....	6
Slika 3.1. Elementi za definisanje strukture intermodalnog terminala (adaptirano iz: Tadić i dr., 2019b)	27
Slika 3.2. Osnovni tipovi terminala u pomorskim lukama (Park i Medda, 2010).....	35
Slika 3.3. Osnovni tipovi kopnenih intermodalnih mreža (Woxenius, 1997).....	36
Slika 3.4. Osnovna podela tereta u terminalima (Middendorf, 1998).....	39
Slika 3.5. Kategorije intermodalnih terminala u odnosu na strukturu funkcija.....	43
Slika 3.6. Šematski prikaz layout-a za rečno/pomorsko-železničko-drumski terminal (adaptirano iz: Kemme, 2013).....	49
Slika 3.7. Šematski prikaz layout-a za rečno/pomorsko-drumski terminal (adaptirano iz: Zhang i dr., 2016c)	49
Slika 3.8. Šematski prikaz layout-a za rečno/pomorsko-železnički terminal (adaptirano iz: Wiese i dr., 2011)	50
Slika 3.9. Šematski prikaz layout-a za železničko-drumski terminal (adaptirano iz: de Villiers, 2015).....	51
Slika 3.10. Šematski prikaz načina organizacije skladišnih blokova (adaptirano iz: Wiese i dr., 2011)	52
Slika 3.11. Odnos rastojanja, kapaciteta i brzine za različite vidove transporta (adaptirano iz: de Villiers, 2015).....	54
Slika 3.12. Kategorije intermodalnih terminala u odnosu na strukturu podsystema.....	57
Slika 4.1. Oblast zajedničkih interesa za definisanje strukture IT.....	66

Slika 6.1. Predloženi hibridni fazi Delphi-VIKOR model VKO (Tadić i dr., 2019c).....	80
Slika 8.1. Predloženi hibridni fazi EDAS-AR DEA model (Tadić i dr., 2019a).....	103
Slika 9.1. Šematski prikaz metodologije modeliranja potencijalnih struktura IT-a (adaptirano iz: Tadić i dr., 2019b)	119
Slika 9.2. Provera slaganja sa raspodelom verovatnoća (Tadić i dr., 2019b).....	121
Slika 9.3. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁ (Tadić i dr., 2019b).....	122
Slika 9.4. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂	123
Slika 9.5. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₃	124
Slika 9.6. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₄	124
Slika 9.7. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₅	125
Slika 9.8. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₆	125
Slika 9.9. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₇	126
Slika 9.10. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₈	126
Slika 9.11. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₉	127
Slika 9.12. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₀	127
Slika 9.13. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₁	128
Slika 9.14. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₂	128
Slika 9.15. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₃	129
Slika 9.16. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₄	129
Slika 9.17. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₅	130
Slika 9.18. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₆	130
Slika 9.19. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₇	131
Slika 9.20. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₈	131
Slika 9.21. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₁₉	132
Slika 9.22. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₀	132

Slika 9.23. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₁	133
Slika 9.24. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₂	133
Slika 9.25. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₃	134
Slika 9.26. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₄	134
Slika 9.27. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₅	135
Slika 9.28. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₆	135
Slika 9.29. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS ₂₇	136
Slika 10.1. Predloženi hibridni fazi Delphi-DANP-DVIKOR model VKO (Zečević i dr., 2017a)	141
Slika 10.2. Skup potencijalnih lokacija terminala u Beogradu (Zečević i dr., 2017a)	145
Slika 10.3. Struktura evaluacijskog modela (Zečević i dr., 2017a)	149
Slika 11.1. Predloženi hibridni fazi SWARA-BWM model VKO (Krstić i dr., 2019a)	160

LISTA TABELA

Tabela 3.1. Osnovne karakteristike modela upravljanja.....	31
Tabela 3.2. Osnovne karakteristike pomorskih i kopnenih transportnih mreža	33
Tabela 3.3. Klasifikacija IT prema mestu u mrežama (adaptirano iz Park i Medda (2010) i Woxenius (1997)).....	37
Tabela 5.1. Povezanost faktora i elemenata strukture IT (Tadić i dr., 2019c)	70
Tabela 6.1. Lingvističke ocene značaja i fazi skala.....	81
Tabela 6.2. Izbor faktora za vrednovanje elemenata strukture IT (Tadić i dr., 2019c).....	86
Tabela 6.3. Ocene elemenata strukture IT u odnosu na faktore (Tadić i dr., 2019c)	86
Tabela 6.4. Rezultati primene fazi VIKOR metode (Tadić i dr., 2019c)	87
Tabela 7.1. Tipične strukture IT u odnosu na ključne elemente (Tadić i dr., 2019c).....	89
Tabela 8.1. Pregled korišćenih input-a i output-a u istraživanju efikasnosti terminala (Tadić i dr., 2019a)	108
Tabela 8.2. Lingvističke ocene input-a od strane interesnih grupa (Tadić i dr., 2019a)	111
Tabela 8.3. Matrica pozitivnih rastojanja od prosečne vrednosti (PDA) (Tadić i dr., 2019a).....	112
Tabela 8.4. Matrica negativnih rastojanja od prosečne vrednosti (NDA) (Tadić i dr., 2019a).....	112
Tabela 8.5. Rezultati određivanja granica input-a primenom fazi EDAS metode (Tadić i dr., 2019a).....	113
Tabela 8.6. Vrednosti input-a, output-a i efikasnosti za TS "malih" IT (Tadić i dr., 2019a)	114

Tabela 8.6. Vrednosti input-a, output-a i efikasnosti za TS "malih" IT (nastavak) (Tadić i dr., 2019a).....	115
Tabela 8.7. Pregled najefikasnijih tipičnih struktura.....	117
Tabela 9.1. Pregled potencijalnih struktura IT u odnosu na ključne elemente.....	122
Tabela 10.1. Kriterijumi za ocenu potencijalnih lokacija (Zečević i dr., 2017a).....	147
Tabela 10.1. Kriterijumi za ocenu potencijalnih lokacija (Zečević i dr., 2017a) (nastavak).....	148
Tabela 10.2. Ocene i izbor podkriterijuma za vrednovanje alternativa (Zečević i dr., 2017a).....	150
Tabela 10.3. Ocene poređenja parova NZ podkriterijuma u odnosu na C_1 (Zečević i dr., 2017a).....	150
Tabela 10.4. Jedinstvene ocene poređenja parova NZ podkriterijuma u odnosu na C_1 (Zečević i dr., 2017a).....	151
Tabela 10.5. Ocene potencijalnih lokacija sa aspekta interesnih grupa (Zečević i dr., 2017a).....	152
Tabela 10.6. Matrica vrednovanja potencijalnih lokacija u odnosu na podkriterijume (Zečević i dr., 2017a).....	152
Tabela 10.7. Rezultati primene fazi DVIKOR metode (Zečević i dr., 2017a).....	153
Tabela 11.1. Težine kriterijuma dobijene fazi SWARA metodom (Krstić i dr., 2019a).....	166
Tabela 11.2. Ocene alternativa u odnosu na C_1 i dobijene vrednosti (Krstić i dr., 2019a).....	166
Tabela 11.3. Optimalne fazi vrednosti alternativa (Krstić i dr., 2019a).....	167
Tabela 11.4. Konačni poredak alternativa (Krstić i dr., 2019a).....	167

SPISAK SKRAĆENICA

2PL	<i>Second Party Logistics</i> , niži oblik logističkog <i>outsourcing</i> -a.
3PL	<i>Third Party Logistics</i> , oblik logističkog <i>outsourcing</i> -a.
4PL	<i>Fourth Party Logistics</i> , viši oblik logističkog <i>outsourcing</i> -a.
5PL	<i>Fifth Party Logistics</i> , najviši oblik logističkog <i>outsourcing</i> -a.
ACP	<i>Panama Canal Authority</i> , uprava Panamskog kanala.
Ad.	<i>Administracija/uprava i stanovnici</i>
AFMS	<i>Advanced Fleet Management Systems</i> , sistem upravljanja vozilima.
AGV	<i>Automated-Guided Vehicle</i> , automatski vođena vozila (manipulativno sredstvo).
AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
ANP	<i>Analytical Hierarchy Process</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
AR DEA	<i>Assurance Region Data Envelopment Analysis</i> , neparametarsku metode za ocenu efikasnosti.
BACAT	<i>Barge on Catamaran</i> , tehnologija intermodalnog transporta.
BDA	<i>Big Data Analytics</i> , logistička strategija.
BI	<i>Business Intelligence</i> , logistička strategija.
BWM	<i>Best-Worst Method</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
CCR	<i>Charnes, Cooper and Rhodes</i> , osnovni model DEA metode.
CI	<i>Consistency Index</i> , indeks konzistentnosti.
ConRO	<i>Container i Roll-On-Roll-Off</i> , tehnologija intermodalnog transporta.

COPRAS	<i>COmplex PROportional ASsessment of alternatives</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
COPRAS G	<i>COmplex PROportional ASsessment of alternatives with Grey theory</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
CR	<i>Consistency Ratio</i> , stepen konzistentnosti.
CVO	<i>Commercial Vehicle Operations</i> , sistem upravljanja vozilima.
DANP	<i>Delphi based Analytical Network Process</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> , neparametarsku metode za ocenu efikasnosti.
DESTINY	<i>Deployment of Standards for Intermodal Efficiency</i> , projekat definisanja standarda u intermodalnom transportu.
DFT	<i>Department for Transport</i> , britanski sekretarijat za transport.
DG TREN	<i>Directorate-General for Transport and Energy</i> , Direktorat Evropske unije za transport i energiju.
DMU	<i>Decision Making Units</i> , jedinica odlučivanja u DEA metodi.
PS	<i>Potencijalna struktura intermodalnog terminala</i>
DVIKOR	<i>Delphi based Višekriterijumska Optimizacija i kompromisno Rešenje</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
DWH	<i>Data Warehousing</i> , logistička strategija.
EC	<i>European Commission</i> , Evropska komisija.
ECMT	<i>European Conference of Ministers of Transport</i> , Evropska konferencija ministara transporta.
EDAS	<i>Evaluation Based on Distance from Average Solution</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
EITU	<i>European Intermodal Transport Unit</i> , evropska intermodalna transportna jedinica.
EPRS	European Parliamentary Research Service

EU	<i>Evopska Unija.</i>
FLT	<i>Front Lift Tractor, čeoni viljuškar (manipulativno sredstvo).</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Services, informaciono-komunikacioni sistem.</i>
GPS	<i>Global Positioning System, informaciono-komunikacioni sistem.</i>
GSM	<i>Global System for Mobile communications, informaciono-komunikacioni sistem.</i>
IL	<i>Information Logistics, logistička strategija.</i>
IOT	<i>Internet of Things, informaciono-komunikacioni sistem.</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization, međunarodna organizacija za standardizaciju.</i>
ITIP	<i>Innovative Technologies for Inter-modal Transfer Points, projekat razvoja intermodalnih terminala.</i>
ITS	<i>Intelligent Transport Systems, informaciono-komunikacioni sistem.</i>
ITU	<i>Intermodal Transport Unit, intermodalna transportna jedinica.</i>
JIT	<i>Just In Time, logistička strategija.</i>
JPP	<i>Javno-privatno partnerstvo.</i>
Ko.	<i>Korisnici.</i>
LASH	<i>Lighter Aboard Ship, tehnologija intermodalnog transporta.</i>
LFPP	<i>Logaritmik Fuzzy Preference Programming, način rešavanje ANP metode.</i>
LO	<i>Logistics Outsourcing, logistička strategija.</i>
MH	<i>Mobile Harbour crane, pokretni lučki kran (manipulativno sredstvo).</i>
MOB	<i>Make Or Buy, logistička strategija.</i>
MS	<i>Manipulativno sredstvo.</i>
MTS	<i>Multi-Trailer System, auto-voz (manipulativno sredstvo).</i>
OHB	<i>Overhead Bridge crane, mosna dizalica (manipulativno sredstvo).</i>

Os.	<i>Osnivači/vlasnici i operateri.</i>
PTT	<i>Pošta Telefon Telegraf.</i>
QC	<i>Quay Crane</i> , kran za pretovar voda-obala (manipulativno sredstvo).
RI	<i>Random Index</i> , indeks slučajnosti.
RMG	<i>Rail Mounted Gantry crane</i> , dizalica na šinama (manipulativno sredstvo).
RO-LO	<i>Roll-On-Lift-Off</i> , tehnologija intermodalnog transporta.
RO-RO	<i>Roll-On-Roll-Off</i> , tehnologija intermodalnog transporta.
RS	<i>Reach Stacker</i> , teleskopski manipulator (manipulativno sredstvo).
RTG	<i>Rubber Tired Gantry crane</i> , dizalica na točkovima (manipulativno sredstvo).
SAD	<i>Sjedinjene Američke Države.</i>
SAIL	<i>Semitrailers in Advanced Intermodal Logistics</i> , projekat razvoja poluprikolice.
SAW	<i>Simple Additive Weighting</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
SC	<i>Straddle Carrier</i> , kontejnerski jahač (manipulativno sredstvo).
SCA	<i>Suez Canal Authority</i> , uprava Sueckog kanala.
SEOHIOPA	<i>Southeastern Ohio Port Authority</i> , uprava luke u Ohaju.
SL	<i>Side Loader</i> , bočni viljuškar (manipulativno sredstvo).
SLT	<i>Self-Loading Trailer</i> , samoutovarujuća poluprikolica (manipulativno sredstvo).
SPIN	<i>Strategies to Promote Inland Navigation</i> , strategija promovisanja rečnog transporta.
SS	<i>Ship to Shore crane</i> , kran za pretovar voda-obala (manipulativno sredstvo).
SWARA	<i>Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
TEN-T	<i>Trans-European Transport Network</i> , mreža evropskih koridora.

TEU	<i>Twenty foot Equivalent Unit</i> , dvadesetostopni kontejner koji se koristi kao mera kapaciteta.
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, metoda višekriterijumskog odlučivanja.
TQM	<i>Total Quality Management</i> , logistička strategija.
TRIMOTRANS	<i>Development of new intermodal loading units and dedicated adaptors for the trimodal transport of bulk materials in Europe</i> , projekat razvoja intermodalnih jedinica.
TRKC	<i>Transport Research Knowledge Centre</i> , holandski centar za istraživanje transporta.
TS	<i>tipične strukture intermodalnog terminala</i> .
TT	<i>Truck-Trailer</i> , sistem šasija (manipulativno sredstvo)
UIRR	<i>Union International Rail Route</i> , međunarodno udruženje prevozlaca
ULD	<i>Unified Load Devices</i> , kontejneri za vazdušni transport
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> , informaciono-komunikacioni sistem.
UNECE	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i> , Ekonomska komisija Ujedinjenih nacija za Evropu.
VAL	<i>Value Added Logistics</i> , logističke funkcije koje dodaju vrednost proizvodu.
VIKOR	<i>VIšeKriterijumska Optimizacija i kompromisno Rešenje</i> , metoda višekriterijumskog odlučivanja.
VKO	<i>Višekriterijumsko odlučivanje</i> .
WIM	<i>Weight In Motion</i> , sistem upravljanja vozilima.
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> , informaciono-komunikacioni sistem.
ZOBS	<i>Zakon o bezbednosti saobraćaja</i> .

1. UVOD

Danas su u svim oblastima ljudskog delovanja primetni savremeni svetski trendovi, kao što su globalizacija, demografske promene, tehnološki razvoj, klimatske promene itd., koji menjaju ustaljene obrasce poslovanja i generišu potrebu za stalnim prilagođavanjem novim uslovima na tržištu. U oblastima logistike i transporta, kao jednog od podsistema logistike, ovi trendovi dovode do veoma raznovrsnih zahteva za transportom robe uz zadovoljenje visokih očekivanja svih učesnika ovih procesa, primenu savremenih tehnoloških rešenja i poštovanje načela održivog razvoja. Da bi se ovi zahtevi ispunili potrebno je razvijati široko rasprostranjene i funkcionalne logističke mreže, u kojima logistički centri predstavljaju glavne čvorove između kojih je potrebno uspostaviti adekvatne veze. Jedan od ključnih faktora za postizanje visokog nivoa efikasnosti ovih veza i mreža uopšte jeste primena intermodalnog transporta, a samim tim i intermodalnih terminala (IT) kao jednog od tipova logističkih centara koji se pojavljuju kao čvorovi u ovakvim mrežama.

Intermodalni transport podrazumeva *"transport robe u jednoj te istoj tovarnoj jedinici ili vozilu uz primenu više vidova transporta, pri čemu ne dolazi do pretovara robe pri promeni vida transporta"* (ECMT,2001). Osnovni cilj je primena različitih vidova transporta u cilju smanjenja ukupnih troškova i poboljšanja kvaliteta usluga. Uštede u energiji, troškovima i vremenu, manje zagađenje životne sredine i ostali pozitivni efekti primene intermodalnog transporta privlače sve više pažnje u razvijenim evropskim zemljama. Evropska Unija je postavila ciljeve da se do 2030 godine prebaci 30% drumskog transporta na rastojanjima dužim od 300 km na ekološke vidove transporta (železnički, vodni), odnosno 50% do 2050. godine (EC, 2011). Ovi ciljevi mogu biti postignuti jedino intenzivnijim razvojem intermodalnog transporta.

Sa porastom svesti o značaju i prednostima, raslo je i interesovanje za istraživanja različitih oblasti sistema intermodalnog transporta. Caris i dr. (2013) su izvršili

klasifikaciju istraživanja intermodalnog transporta prema sledećim temama: politička podrška (npr. Iannone, 2012), dizajn mreže terminala (npr. Sorensen i dr., 2012), dizajn intermodalnih usluga (npr. Caris i dr., 2012), intermodalno rutiranje (npr. Verma i dr., 2012), operacije odvoza i dovoza kontejnera (npr. Escudero i dr., 2011), primena inovativnih informacionih i komunikacionih tehnologija (npr. Dotoli i dr., 2010). U literaturi se osim toga mogu naći i primeri razmatranja i rešavanja problema u vezi pretovarnih tehnologija (npr. Truschkin i Elbert, 2013), analize troškova (npr. Hanssen i dr., 2012), transportnih jedinica (npr. Bruns i Knust, 2012) itd. Dosta pažnje u istraživanjima intermodalnog transporta su privukli problemi vezani za intermodalni terminal.

Intermodalni terminali, kao jedan od osnovnih podsistema intermodalnog transporta, predstavljaju *"mesta za skladištenje i pretovar intermodalnih transportnih jedinica između različitih vidova transporta"* (UNECE, 2009). IT imaju značajnu ulogu u postizanju socio-ekonomske i ekološke održivosti, a njihov razvoj utiče na poboljšanje konkurentске prednosti na tržištu. Mogu imati različitu strukturu sa aspekta funkcija, usluga, podsistema, korisnika, primenjenih tehnologija i sl. Sa druge strane, njihova struktura zavisi od zahteva i velikog broja privrednih, društvenih, ekoloških, logističkih i drugih faktora. Veliki broj različitih struktura i faktora koji imaju različite uticaje na strukturiranje terminala, definišu široko polje istraživanja. Dosadašnja istraživanja uglavnom su se bavila samo pojedinim aspektima definisanja strukture terminala i u obzir su uzimala samo pojedine faktore, što ostavlja prostor za sveobuhvatno definisanje faktora i njihovih skupova, kao i istraživanje njihovih uticaja na definisanje strukture terminala.

Uzevši u obzir prethodno navedeno, kao i činjenicu da je budućnost transporta direktno uslovljena razvojem intermodalnog transporta, predmet ove disertacije su intermodalni terminali, odnosno modeliranje njihove strukture na način koji će omogućiti sveobuhvatno sagledavanje svih aspekata problema i projektovanje terminala u skladu sa potrebama svih interesnih grupa. Predmet je i definisanje i analiza uticaja šireg skupa faktora na strukturu terminala. Definisana tema je aktuelna, višestruko značajna i doprinosi otvaranju novih pitanja i prostora za istraživanje u ovoj oblasti. Osim aktuelnosti i značaja razvoja intermodalnih/logističkih mreža i terminala kao ključnih

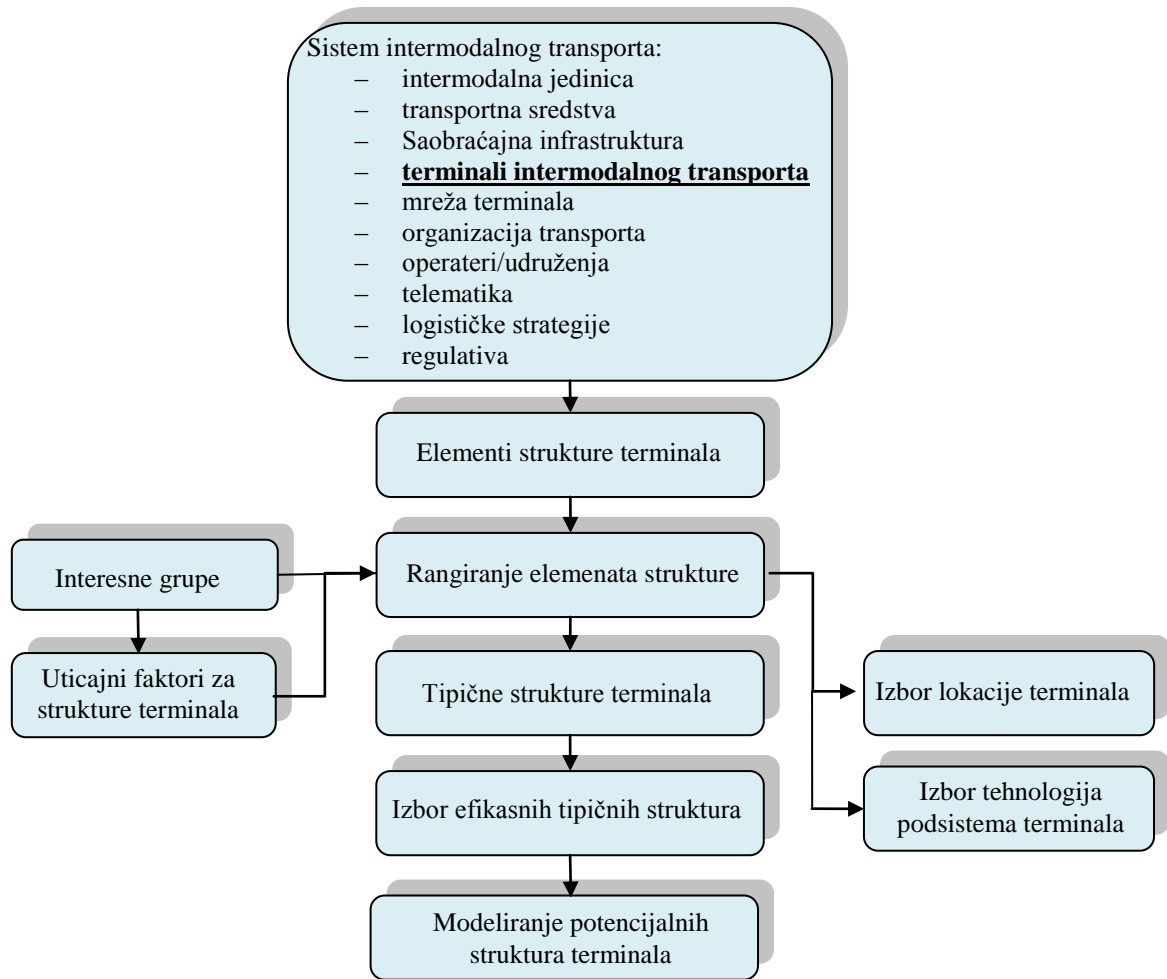
elemenata u mreži, osnovni motivi izbora teme bili su istraživanja načina i stepena uticaja različitih faktora, kao što su: privredna struktura, prostorni i razvojni planovi, stepen razvoja logističkih sistema, različiti društveno-socijalni faktori, infrastrukturne karakteristike, zakoni, ekološki uticaji itd., na definisanje i izbor različitih struktura IT.

Naučni cilj disertacije je sveobuhvatno definisanje elemenata za formiranje struktura IT, definisanje grupa tipičnih struktura terminala i faktora koji utiču na ove strukture, bez obzira na njihove izmeritelje, kao i razvoj nove metodologije za istraživanje uticaja faktora na strukturu IT, odnosno izbor efikasnih tipičnih struktura u datim uslovima. Cilj je i primena novih modela koji se zasnivaju na kombinacijama različitih metoda višekriterijumskog odlučivanja, neparametarskih metoda, fazi teorije, simulacije itd., a koji su korišćeni za rangiranje elemenata za definisanje struktura terminala, prioritizaciju uticajnih faktora, izbor efikasnih tipičnih struktura, modeliranje potencijalnih struktura, izbor lokacije i tehnologija podsistema terminala koje će osigurati njegovo efikasno funkcionisanje itd.

Prilikom izrade disertacije krenulo se od nekoliko hipoteza. Prva je da efikasnost IT zavisi od različitih elemenata za definisanje strukture kao što su: funkcije, usluge, podsistemi, tehnologije, korisnici i sl. Sa druge strane, adekvatno strukturiranje terminala zahteva analizu uticaja velikog broja različitih faktora koji opisuju društveno-privredno okruženje, zahteve logističkih tokova i razvojne karakteristike sistema. Naredna hipoteza je da su IT deo stohastičko-dinamičkog okruženja, pa njihova efikasnost zavisi od faktora koji utiču na njihovo strukturiranje i koji su prisutni u različitim kombinacijama i sa različitim intenzitetom, obimom, i imaju različite kvantitativne ili kvalitativne izmeritelje. Jedna od hipoteza je i da se postojeći modeli i metode za planiranje IT bave samo pojedinim aspektima strukturiranja i ne sagledavaju problem na sveobuhvatan način koji u obzir uzima različite društveno-privredne, tehničko-tehnološke, ekološke i druge uticaje i faktore. Postavljena je i hipoteza da se kombinovanjem elemenata za definisanje strukture terminala mogu dobiti potencijalne strukture, čija se efikasnost može odrediti na osnovu karakteristika veza koje postoje između elemenata strukture i identifikovanih tipičnih struktura. Za potvrdu postavljenih hipoteza sprovedeno je opsežno istraživanje prema metodologiji koja je opisana u nastavku (Slika 1.1).

U nastavku (poglavlje 2) je najpre definisan sistem intermodalnog transporta sa svim podsistemima koji ga čine. Definisane su osnovne karakteristike podсистema i istaknut njihov značaj za funkcionisanje celokupnog sistema. Takođe je dat pregled literature o dostignućima i trendovima u istraživanjima koja su se bavila ovim podsistemima. Nakon toga (poglavlje 3) su identifikovani elementi za definisanje struktura IT koji su razvrstani u četiri nivoa: organizacioni, operacioni, fizičko/prostorni i tehnološki. Svaki od elemenata je opisan uz navođenje mogućih varijanti i karakteristika IT u odnosu na njih. U nastavku disertacije (poglavlje 4) su identifikovane interesne grupe, kao i njihovi potencijalni pripadnici, koje su uključene u proces procene efikasnosti struktura terminala i njihovo modeliranje. Takođe su definisani i opisani ciljevi i zahtevi identifikovanih interesnih grupa. Naredni deo disertacije (poglavlje 5) se bavi faktorima koji utiču na elemente za definisanje struktura terminala, a koji su u odnosu na prirodu i vrstu uticaja razvrstani u tri grupe: unutrašnji faktori, faktori zahteva logističkih tokova i faktori okruženja. Faktori su zatim (poglavlje 6) rangirani u skladu sa zahtevima interesnih grupa kako bi se utvrdio stepen uticaja na elemente za definisanje struktura terminala i identifikovali ključni faktori za definisanje tipičnih struktura IT. Na osnovu ključnih faktora, u nastavku (poglavlje 7) su definisane tipične strukture IT i izvršeno njihovo grupisanje u odnosu na osnovne karakteristike. Za svaku od tipičnih struktura identifikovani su reprezentivi u vidu realnih IT u Evropi koji su poslužili kao uzorak za izbor efikasnih tipičnih struktura u nastavku. Za svaku od definisanih grupa tipičnih struktura izvršen je izbor efikasnih tipičnih struktura (poglavlje 8) na osnovu *input*-a i *output*-a dobijenih istraživanjem karakteristika realnih IT u Evropi. U ovom procesu su uočene zakonitosti u vezama između elemenata za definisanje struktura i identifikovanih tipičnih struktura, koje su poslužile kao osnova za modeliranje potencijalnih struktura terminala koje su opisane u narednom delu disertacije (poglavlje 9) i određivanje njihovih efikasnosti. U procesu rangiranja, pored ključnih izdvojili su se i neki elementi koji nisu uzeti u obzir prilikom definisanja tipičnih struktura. To su: lokacija terminala i tehnologije podсистema, koji su detaljnije obrađeni u poslednjim delovima disertacije (poglavlja 10 i 11). Predložene metodologije određivanja lokacije i izbora tehnologija podсистema IT demonstrirane su rešavanjem studija slučaja za planirani intermodalni terminal u Batajnici u Beogradu. Na kraju disertacije su data

zaključna razmatranja i diskusija o potvrđenosti postavljenih hipoteza, kao i glavni doprinosi i pravci budućih istraživanja i primene modela definisanih u disertaciji.

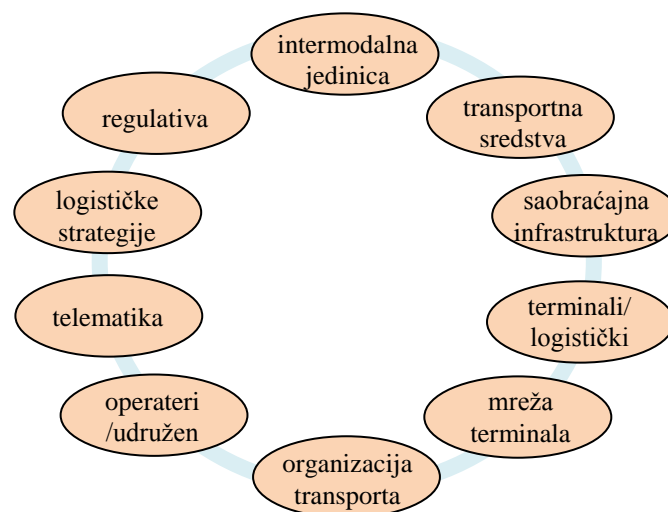


Slika 1.1. Metodologija izrade disertacije

2. SISTEM INTERMODALNOG TRANSPORTA

Intermodalni transport predstavlja kompleksan sistem koji se sastoji od skupa međusobno povezanih podsistema koji čine jedinstvenu celinu i imaju za cilj pružanje efikasne usluge transporta tereta. U literaturi nema puno radova u kojima je izvršena klasifikacija podsistema intermodalnog transporta. Lun i dr. (2010) identifikuju deset podsistema intermodalnog transporta: infrastruktura, upravljanje kontejnerima, nove tehnologije, operacije u kontejnerskim terminalima, transportni operateri, deregulacija tržišta, karakteristike poslovnog okruženja, dostupnost logističke usluge, regionalna lokacija i logistička bezbednost. U projektu SAIL (EU-DG TREN, 2002) definisano je osam podsistema intermodalnog transporta: procesi pretovara, tehnologije drumskog transporta, drumski transport, tehnologije železničkog transporta, železnički transport, tržište, usluge i regulativa.

Za potrebe disertacije je usvojena klasifikacija podsistema koja je za razliku od prethodno navedenih obuhvatnija i u obzir uzima kako fizičke tako i organizacione komponente sistema intermodalnog transporta (Slika 2.1) (Zečević, 2005).



Slika 2.1. Podsistemi intermodalnog transporta (adaptirano iz: Zečević, 2005)

Prema ovoj klasifikaciji sistem intermodalnog transporta obuhvata podsysteme: intermodalna transportna jedinica, transportna sredstva, saobraćajna infrastruktura, terminali-logistički centri, mreža terminala, organizacija transporta, operateri/udruženja, telematika, logističke strategije i regulativa. U nastavku su detaljnije opisane osnovne karakteristike svakog od podsystema i dati su pregledi literature o najznačajnijim aspektima i trendovima u istraživanjima definisanih podsystema.

2.1. INTERMODALNA TRANSPORTNA JEDINICA

Trenutno se u intermodalnom transportu širom sveta koristi veliki broj različitih intermodalnih transportnih jedinica (eng. *Intermodal Transport Unit - ITU*), međutim pod intermodalnom transportnom jedinicom se najčešće podrazumevaju tri najzastupljenija koncepta: kontejneri, poznati i kao ISO (eng. *International Organization for Standardization*) kontejneri, izmenljivi transportni sudovi (eng. *Swap-Body*), poznati i kao evropske intermodalne transportne jedinice (eng. *European Intermodal Transport Unit – EITU*), i delovi vozila (poluprikolice i prikolice) ili cela vozila. Ove jedinice se međusobno razlikuju u odnosu na dimenzije, stabilnost, način rukovanja, pretovara, transporta, punjenja i pražnjenja itd (Klingender i Jursch, 2011). Svaka od njih ima glavno polje primene u kojoj je najefikasnija za transport tereta, međutim nijedna od ovih jedinica nije razvijena sa fokusom na intermodalni transport (Sennewald i dr., 2013).

Kontejner je sud pravougaonog preseka, nepromočiv, koji se primenjuje za transport i skladištenje određenog broja tovarnih jedinica denčanih pošiljki ili robe u rasutom (tečnom ili gasovitom) stanju, štiti njegovu sadržinu od kvarenja i gubitaka, može se odvojiti od transportnog sredstva, kojim se može manipulirati kao jednom jedinicom tovarjenja i može se pretovariti bez istovremenog istovara robe (ISO 830, 1999). Kontejneri se mogu transportovati svim vidovima transporta u što je i njihova najveća prednost za primenu u intermodalnom transportu. Standardizacija osnovnih karakteristika u poslednjih 50 godina omogućila je efikasno rukovanje i troškovno efikasne intermodalne operacije. Njihova funkcionalnost u intermodalnim transportnim lancima je dokazana zbog čega čine ubedljivo najčešće korišćenu ITU u svetu. Stabilnost i mogućnost slaganja jedinica jedne na drugu obezbeđuju efikasne

transportne i pretovarne procese (Klingender i Jursch, 2011). Još neke prednosti kontejnera jesu to što obezbeđuje relativno bezbedan transport i rukovanje robom koja se u njemu nalazi, relativno su jeftini (dovoljno jeftini da opravdaju široku primenu), jednostavno se montiraju i pričvršćavaju za transportna sredstva (Vasiliauskas i Bazaras, 2006). Jedan od glavnih nedostataka kontejnera je to što u poređenju sa EITU i poluprikolicama pružaju manje korisnog utovarnog prostora i što, iako podležu ISO standardima, nisu adekvatno prilagođeni najčešće korišćenim standardizovanim paletama, naročito u Evropi (Dragu i Burciu, 2008). Osim toga kontejneri ne koriste dovoljno efikasno maksimalna dozvoljena opterećenja u drumskom transportu, zbog čega u drumskom transportu učestvuju veoma malo u ukupnim tona-vozilima (Klingender i Jursch, 2011), odnosno pretežno se koriste za pomorski transport (Dragu i Burciu, 2008).

Izmenljivi transportni sud je transportna jedinica čija konstrukcija omogućava višestruku upotrebu ali ne i slaganje jedne na drugu kada su natovarene teretom, i koja je dizajnirana za intermodalni transport u kome se barem jedan deo puta prelazi drumskim vidom transporta (UNECE, 2002). Predstavljaju posebno konstruisane transportne jedinice, projektovane u skladu sa metričkim sistemom mera kako bi bolje odgovarale standardima paleta i pakovanja u Evropi i isključivo se koriste u drumskom i železničkom transportu (Klingender i Jursch, 2011). Za razliku od kontejnera nemaju gornje fitinge, iako postoje i varijante sa fitinzima koje međutim nisu široko prihvaćene (Dragu i Burciu, 2008), zbog čega se moraju zahvatati preko ojačane donje strane. Takođe su opremljeni sklopivim nogama čime je olakšan utovar/istovar sa drumskih transportnih sredstava. Glavna prednost EITU-a je povećanje kapaciteta tovarnog prostora, u odnosu na kontejnere, koje je ostvareno zahvaljujući prilagođavanju EITU-a dimenzijama standardnih euro-paleta i ograničenjima koja postoje u drumskom transportu (Dragu i Burciu, 2008; Vasiliauskas i Bazaras, 2006). Najveći nedostatak EITU-a je to što ne može da se koristi za vodni (rečni i pomorski) transport zbog nemogućnosti slaganja jedinica jedne na drugu (Vasiliauskas i Bazaras, 2006). Iako postoje određena rešenja koja bi omogućila slaganje jedinica, među operaterima vlada mišljenje da bi ovakvi EITU postali adekvatni za vodni transport ali bi bili manje atraktivni za drumski i železnički transport zbog veće težine. Osim toga mnoga plovila pomorskog i rečnog transporta su opremljena posebno konstruisanim ćelijama za

slaganje kontejnera zbog čega ova plovila ne bi mogla da se koriste za EITU-e (Vasiliauskas i Bazaras, 2006). Jedan od problema je i velika raznovrsnost EITU-a, od dimenzija do tehničkih karakteristika kao što su fitinzi i mesta zahvatanja (Klingender i Jursch, 2011), što znatno otežava manipulisanje i zahteva stalno prilagođavanje ili promenu zahvatnih naprava (Dragu i Burciu, 2008).

Poluprikolice se kao transportne jedinice uglavnom koriste u drumskom vidu transporta, mada su prisutne i u različitim intermodalnim tehnologijama transporta vozilo-vozilo (Dragu i Burciu, 2008). U poređenju sa kontejnerima i EITU-ima karakteriše ih veća fleksibilnost, naročito po pitanju korišćenja tovarnog prostora. U procesima odvoznodovoznog rada su fleksibilnije zbog jednostavne manipulacije, kačenja i otkaćinjanja od transportnog sredstva (Klingender i Jursch, 2011). Međutim za razliku od kontejnera i EITU-a, poluprikolice su samo delimično primenljive kao transportne jedinice u intermodalnom transportu jer nemaju mogućnost slaganja jedne na druge i zahtevaju posebnu opremu za manipulisanje. Poluprikolice se zastupljene kao transportne jedinice u intermodalnom transportu u svega 5% svih tokova (EC, 2017).

Analizom trenutne upotrebe intermodalnih transportnih jedinica za sve vidove transporta mogu se primetiti određeni trendovi koji se tiču korišćenja jedinica većeg kapaciteta i standardizacije dimenzija i karakteristika kako bi se povećala efikasnost manipulativnih procesa (Zanuy i dr., 2011). Raznovrsnost jedinica koje se trenutno koriste i nedostatak standardizacije generišu potrebu za realizacijom različitih manipulativnih procesa i korišćenjem različitih manipulativnih sredstava i opreme, čime manipulativne operacije postaju neefikasne po pitanju vremena, energije i troškova (EC, 2004). Nedostatak standardizacije intermodalnih transportnih jedinica takođe otežava povezivanje različitih vidova transporta (Klingender i Jursch, 2011). Sa druge strane troškovi transporta se mogu smanjiti korišćenjem jedinica velikog kapaciteta kakve su npr. „*high-cube*“ (eng.) kontejneri, izmenljivi transportni sudovi sa bočnim stranama od cerade ili sa pokretnim krovom, „*mega-trailer*“ (eng.) ili „*jumbo*“ (eng.) poluprikolice itd. Međutim takva rešenja se mogu koristiti samo pod posebnim uslovima i zahtevaju specijalne tehnologije, transportna i manipulativna sredstva i tako generišu dodatne troškove (Jursch i dr., 2010).

Jedan od najvećih problema u intermodalnom transportu je nedostatak interoperabilnosti između različitih vidova transporta koja dovodi do nedovoljnog iskorišćenja postojećih transportnih kapaciteta. Kako bi se ovaj problem rešio potrebno je ukloniti tehnološke prepreke koje postoje između vidova transporta, a kako su intermodalne transportne jedinice jedan od ključnih faktora za postizanje interoperabilnosti potrebno je posvetiti dosta pažnje njihovom daljem razvoju (Vasiliauskas i Bazaras, 2006). Razvoj novih transportnih jedinica postaje neophodan jer postojeće jedinice samo delimično odgovaraju kombinovanom i intermodalnom transportu (Solvay i dr., 2016).

U skladu sa identifikovanim trendovima u literaturi se istraživanja u vezi ITU uglavnom bave standardizacijom (DESTINY, 2012), rešenjima za proširenje kapaciteta postojećih jedinica (Dragu i Burciu, 2008; Vasiliauskas i Bazaras, 2006) i dizajnom novih jedinica (Solvay i dr., 2016; Klingender i Jursch, 2011; Jursch i dr., 2010; TelliBox, 2008; TRIMOTRANS, 2007).

2.2. TRANSPORTNA SREDSTVA

U intermodalnom transportu se pretežno koriste za ovu namenu konstruisana transportna sredstva. Što se tiče pomorskog vida transporta mogu se pojaviti kontejnerski brodovi različitih generacija, definisanih kapacitetom brodova: I generacije do 2.000 TEU-a (eng. *Twenty foot Equivalent Unit*, dvadesetostopni kontejner koji se koristi kao mera kapaciteta), II generacija do 3.000 TEU-a, III generacija do 4.000 TEU-a, IV generacija do 5.000 TEU-a, V generacija do 9.000 TEU-a, VI generacija do 15.000 TEU-a, VII generacija do 18.000 TEU, VIII generacija preko 18.000 TEU-a (do 22.000 TEU-a). Kontejnerski brodovi se mogu podeliti i u odnosu na ograničenja koja diktiraju kanali i moreuzi (npr. Panamski i Suecki kanal, Malajski moreuz itd.) pa tako postoje: panamax brodovi (najveći brodovi koji su mogli proći kroz Panamski kanal do 2016. godine) kapaciteta do 5000 TEU-a, novi panamax brodovi (najveći brodovi koji mogu proći kroz Panamski kanal nakon proširenja koje je završeno 2016. godine) kapaciteta do 13.000 TEU-a, post panamax brodovi (brodovi koji su veći od najvećih brodova koji mogu proći kroz Panamski kanal) kapaciteta preko 13.000 TEU-a (ACP, 2014), suezmax brodovi (najveći brodovi koji mogu proći kroz Suecki kanal) kapaciteta do 15.500 TEU-a, post suezmax brodovi (brodovi veći od suezmax brodova) kapaciteta

preko 15.500 TEU-a (SCA, 2015) itd. Pored specijalizovanih kontejnerskih brodova u terminalu se mogu pojaviti i RO-RO (eng. *Roll-On-Roll-Off*) brodovi, kao i hibridne kombinacije brodova za RO-RO i kontejnerski transport, kroz tehnološka rešenja kao što su ConRO (eng. *Container and Roll-On-Roll-Off*) i RO-LO (eng. *Roll-On-Lift-Off*) (www.ship-technology.com). Takođe postoje i specijalna pomorska plovila koja se koriste za transport drugih manjih plovila, najčešće rečnih barži. Postoji nekoliko ovakvih tehnologija koje se razlikuju samo po veličini i nosivosti brodova. Brodovi u LASH (eng. *Lighter Aboard Ship*) tehnologiji imaju nosivost do 43.000 tona, u *Sea Bee* (eng.) tehnologiji do 27.500 tona, a u BACAT (eng. *Barge on Catamaran*) tehnologiji do 2.700 tona (Babicz, 2015).

Za transport unutrašnjim plovnim putevima koriste se specijalizovani kontejnerski brodovi/barže različitih dimenzija, koje su uslovljene ograničenjima kao što su visine mostova, dubine gaza, vodostaja, širine plovnog puta itd., kao i RO-RO rečne barže. Rečna plovila za transport kontejnera se generalno mogu podeliti na samopogonjena i nepogonjena plovila (nemaju sopstveni pogon već se potiskuju ili tegle). Kapaciteti samopogonjenih plovila u Evropi se kreću od 80 do 392 TEU-a (SPIN, 2003), a nepogonjenih do maksimalno 706 TEU-a. U SAD-u (Sjedinjene Američke Države) je maksimalni kapacitet samopogonjenih plovila 375 TEU-a, a nepogonjenih od 96 do 750 TEU-a (SEOHIOPA, 2008).

Od železničkih transportnih sredstava u intermodalnom transportu se mogu pojaviti specijalizovana železnička kola za transport kontejnera i druga specijalna kola. Što se tiče specijalizovanih železničkih kola u Evropi su najčešće u upotrebi kola serije S kapaciteta 3 TEU-a (3 kontejnera od 20 ft, 2 kontejnera od 30 ft ili 1 kontejner od 40 ft i jedan od 20ft), i serija K, L i R kapaciteta 2 TEU-a. Postoje i železnička kola većih kapaciteta, do čak 5 TEU-a, ali se ona znatno ređe koriste (KombiConsult GmbH, 2013). U SAD-u se za transport kontejnera koriste i tzv. *double stack* (eng.) železnička kola koja imaju mogućnost slaganja kontejnera u dva nivoa po visini i kapacitet od 4 TEU-a (2 kontejnera od 40 ft ili 2 kontejnera od 20 ft u donjem redu i jedan od 40 ft u gornjem). Što se tiče specijalnih železničkih kola za transport ostalih ITU-a osim kontejnera, pretežno u tehnologijama drumsko-železničkog transporta, pojavljuju se rešenja kao što su: kola sa "klackalicom" (nem. *wippenwagen*), kola sa "džepom" (nem.

taschenwagen), kola sa "korpom" (nem. *korbwagen*) (Wenger, 2001), *mega II* vagoni za velike zapremine (KombiConsult GmbH, 2013), kola u obliku "kičme" (eng. *spine wagon*), *Moda Lohr* železnička kola za prevoz poluprikolica (Rushton i dr., 2010), *Megaswing* železnička kola za prevoz poluprikolica (Wiesław i dr., 2016), ili specijalna železnička kola za kopneno-rečno-pomorski transport, *ferrywagon* (eng.) (Rushton i dr., 2010) itd.

Od drumskih transportnih sredstava u intermodalnom terminalu se uz tegljače pojavljuju specijalizovane plato poluprikolice za transport kontejnera i izmenljivih transportnih sudova. Kapacitet jedne poluprikolice je 2 TEU-a, a u izuzetnim slučajevima se mogu pojaviti transportni sastavi od 3, ili čak 4 TEU-a, uglavnom samo u unutrašnjem transportu. Pored navedenih sredstava za intermodalni transport se koriste i specijalne drumske poluprikolice (eng. *Road Railer*) u tehnologiji D drumsko-železničkog transporta, koje se pomoću specijalnih železničkih postolja mogu prevoziti železničkim vidom transporta. Osim drumskih transportnih sredstava koja se koriste za intermodalni transport u terminalima se pojavljuju i sredstva za nekontejnerizovani teret. Ova transportna sredstva mogu biti različitih dimenzija, kapaciteta i nosivosti, od malih tzv. pick-up vozila nosivosti 0,5 t do velikih drumskih transportnih sredstava nosivosti do 48 t.

Trendovi u istraživanju transportnih sredstava svih vidova transporta se uglavnom kreću u pravcu razvoja novih i efikasnijih sredstava koja bi imala veći kapacitet (Im i dr., 2017; Prokopowicz i Berg-Andreassen, 2016; Bruckmann i dr., 2016; Bergqvist i Behrends, 2011), bila autonomna, inteligentna i primenjivala različita savremena rešenja informacionih tehnologija (Im i dr., 2018; Flämig, 2016; Bahnes i dr., 2016) i koja bi bila u skladu sa načelima održivog razvoja i korišćenja obnovljivih izvora energije (Geertsma i dr., 2017; Arvidsson i Browne, 2013; Macharis i dr., 2013; Macharis i dr., 2007).

2.3. SAOBRAĆAJNA INFRASTRUKTURA

Saobraćajnu infrastrukturu kao podsistem intermodalnog transporta čine putevi, u najširem smislu reči, kojima se odvija saobraćaj svih vidova transporta. U drumskom vidu transporta to su kolovozi kojima se kreću drumska vozila, u železničkom pruge

kojima se kreću železničke kompozicije, a u rečnom unutrašnji plovni putevi (plovne reke i kanali) kojima se kreću rečni brodovi. Pomorski vid transporta je po pitanju infrastrukture specifičan jer nije fizički ograničen na kretanje određenim putanjama, iako izvesna fizička ograničenja postoje (kao što su moreuzi, kanali, luke itd).

Što se tiče drumskog vida transporta, kolovoz se definiše kao deo puta namenjen prvenstveno za kretanje vozila (ZOBS, 2018). Generalno ne postoji jedinstvena klasifikacija puteva. Svaka zemlja samostalno vrši klasifikaciju i kategorizaciju puteva, ali bez obzira na različite nazive, oznake, sisteme klasifikacije i kategorizacije putevi se mogu klasifikovati kao: autoputevi, magistralni, regionalni i lokalni putevi (Eppell i dr., 2001; DFT, 2012). *"Autoput je državni put namenjen isključivo za saobraćaj motocikala, putničkih vozila, teretnih vozila i autobusa, sa ili bez priključnih vozila, sa fizički odvojenim kolovoznim trakama za saobraćaj iz suprotnih smerova, sa najmanje dve saobraćajne trake po smeru i jednom zaustavnom trakom za svaki smer, bez ukrštanja u nivou sa drugim putevima i železničkim ili tramvajskim prugama, sa potpunom kontrolom pristupa, na koji se može uključiti ili isključiti samo određenim i posebno izgrađenim javnim putem i kao takav obeležen propisanim saobraćajnim znakom"* (ZOBS, 2018). Služi za povezivanje velikih geografskih oblasti na internacionalnom, kontinentalnom nivou. Magistralni putevi povezuju autoputeve sa putevima nižeg ranga, odnosno povezuju različite oblasti, regione, unutar jedne države ili granične regione susednih država. Regionalni putevi služe za povezivanje magistralnih i lokalnih puteva unutar jednog regiona. Lokalni putevima se realizuje saobraćaj unutar manjih lokalnih područja, naselja, industrijskih i drugih privrednih zona. Što se tiče ograničenja kretanja transportnih sredstava po putevima, na autoputevima i magistralnim putevima ih gotovo nema, dok na regionalnim i lokalnim putevima kretanje velikih teretnih vozila može biti ograničeno visinom nadvožnjaka, podvožnjaka, dozvoljenim opterećenjem itd. Istraživanja u oblasti drumske infrastrukture prate aktuelne trendove i uglavnom se baziraju na unapređenje bezbednosti drumskih saobraćajnica u cilju sprečavanja nezgoda (npr. Persia i dr., 2016), privatizaciji drumske infrastrukture kao novog modela vlasništva nad infrastrukturom (npr. Özcan, 2018), primenu savremenih inteligentnih transportnih sistema sa ciljem zaštite drumske infrastrukture (npr. Janušová i Čičmancová, 2016) i razvoj tzv. „pametnih“ puteva koji omogućavaju povezivanje sa inteligentnim i

autonomnim vozilima (npr. Sun i dr., 2018), razvoj tzv. „zelenih“ puteva, odnosno puteva razvijenih u skladu sa načelima održivog razvoja (npr. Wu i dr., 2015) itd.

Železnički saobraćaj se odvija na prugama koje se u funkcionalnom smislu mogu klasifikovati na sličan način kao i putevi u drumskom saobraćaju, na koridorske koje povezuju velike geografske oblasti na međunarodnom nivou, magistralne, regionalne i lokalne. Najveća ograničenja i problemi u železničkom saobraćaju, čiji je uzrok infrastruktura, tiču se veoma velike raznolikosti po pitanju širine koloseka i dimenzija svetlosnog profila, naročito u Evropi. Najšire rasprostranjena širina koloseka je 1435 mm, ali se mogu sresti i koloseci manje (od 600 do 1000 mm) i veće širine (od 1500 do 2150 mm). Slično kao i u slučaju drumske infrastrukture, trendovi i istraživanja u oblasti železničke infrastrukture se uglavnom odnose na primenu savremenih inteligentnih transportnih sistema sa ciljem zaštite železničke infrastrukture (npr. Janušová i Čičmancová, 2016) i stvaranja sistema za upravljanje železničkim transportom (npr. Franklin i dr., 2013), primenu savremenih informacionih tehnologija u cilju digitalizacije infrastrukture (npr. Love i dr., 2018), razvoj tzv. „zelenih“ pruga u cilju smanjenja negativnih efekata železničkog transporta na životnu sredinu (npr. Blair i dr., 2017) itd.

Rečni transport se odvija na mreži unutrašnjih plovnih puteva koje čine plovne reke i kanali. U Evropi su svi plovni putevi klasifikovani u 7 kategorija definisanih dimenzijama plovila (maksimalna dužina, širina, dubina gaza, težina) koje mogu proći njima (ECMT, 1992). Tako su npr. maksimalne dužine plovila za ovih sedam definisanih kategorija plovnih puteva: klasa I: 38.5 – 41 m; klasa II: 50 – 70 m; klasa III: 67 – 80 m; klasa IV: 80 – 85 m; klasa V: 95 – 185 m; klasa VI: 185 – 285 m (ECMT, 1992). Ograničenja plovne mreže posledica su: širine plovnog puta, broja plovnih dana, visine vodostaja, zamrznutosti rečnog puta tokom zime, visine mostova i sl. Istraživanja u oblasti infrastrukture unutrašnjih plovnih puteva se uglavnom odnose na unapređenje prohodnosti plovnih puteva (npr. Harlacher, 2016) i primenu savremenih informacionih i komunikacionih tehnologija za razvoj raznih sistema daljinskog nadgledanja i navigacije plovila (npr. Yang, 2018) ili razmene informacija između različitih učesnika u rečnom transportu (npr. TRKC, 2010) itd.

Što se tiče pomorskog saobraćaja, ograničenja su prisutna u vidu širine i dubine moreuza ili kanala koji se nalaze na ustaljenim pomorskim rutama, kao što su Suecki i Panamski kanali, Malajski prolaz itd. Trendovi u ovoj oblasti se odnose na izgradnju novih kanala i proširenje postojećih, kako bi se omogućio prolaz sve većih brodova koji se razvijaju kao posledica globalizacije i sve intenzivnijih robnih tokova. Neka od novijih istraživanja koja govore u prilog ovom trendu jesu istraživanja o izgradnji kanala u Nikaragvi (Yip i Wong, 2015) i analize uticaja proširenja Panamskog kanala na intenzitet tokova na globalnim pomorskim rutama (Martinez i dr., 2016). Predmet istraživanja su i izbor ruta u zavisnosti od prohodnosti različitih kanala (Shibasaki i dr., 2017), kao i analiza uticaja novih ruta koje se otvaraju u Severnom ledenom okeanu kao posledica globalnog otopljanja (Wang i dr., 2018; Zhang i dr., 2016a).

Pored razvoja pojedinačnih vidova transporta za intermodalni transport je od ključnog značaja i razvoj multimodalnih koridora koji stvaraju preduslove za uspostavljanje veza između intermodalnih terminala i razvoj mreža intermodalnog transporta. U Evropi je veoma značajna politika razvoja i širenja tzv. TEN-T (eng. *Trans-European Transport Network*) mreže evropskih multimodalnih koridora (EC, 2013). Ova mreža obuhvata devet multimodalnih koridora koji povezuju čitav kontinent drumskim, železničkim i unutrašnjim plovnim putevima. Uspostavljanje i razvoj intermodalnih koridora i procena njihove efikasnosti poslednjih godina privlači sve veću pažnju istraživača (de Langen i dr., 2017; Saeedi i dr., 2017a; Monios i Lambert, 2013a; Monios i Lambert, 2013b; Regmi i Hanaoka, 2012; Wilmsmeier i dr., 2011).

2.4. TERMINALI/LOGISTIČKI CENTRI

Ekonomski razvoj i globalizacija su doprineli značajnom povećanju obima robnih tokova između proizvođača i potrošača, a samim tim i potrebe za planiranjem i projektovanjem logističkih mreža kojima će se ovi tokovi na najefikasniji način realizovati. U ovom procesu potrebno je doneti brojne odluke koje se tiču čvorova u mreži (logističkih centara), alokacije korisnika i robe učesnicima u mreži, vidova transporta i transportnih sredstava koja se koriste, tj. svih faktora koji utiču na tokove u mreži (Adenso-Díaz i dr., 2016). Više reči o mrežama će biti u narednom podpoglavlju, dok će ovde biti opisana osnovna uloga logističkih centara, odnosno terminala.

Logistički centri, kao čvorovi koji povezuju sve ostale učesnike i različite vidove transporta, predstavljaju osnovne karike mreže. Logistički centar, kao jedan od najznačajnijih elemenata mreže, predmet je brojnih istraživanja koja se tiču njihovog broja i lokacije (npr. Ming-Bao i dr., 2007), strukture funkcija (npr. Rimienè i Grundey, 2007), načina povezivanja (npr. Peng i Zhong, 2008) itd. Prema vrsti robe, pripadnosti vidu saobraćaja, tehnologiji transporta, strukturi funkcija i podсистema, mestu i ulozi u realizaciji robnih tokova, veličini i intenzitetu tokova, vlasničkoj strukturi, stepenu kooperacije i dr., logistički centri se mogu klasifikovati kao robni terminali, robno-transportni centri, *city* logistički terminali, distributivni centri, slobodne zone, *hub* terminali, *dry port* terminali itd. (Higgins i dr., 2012, Zečević, 2006). Zbog sveukupnog doprinosa funkcionisanju logističke mreže, terminali intermodalnog transporta imaju poseban značaj.

IT imaju značajnu ulogu u postizanju socio-ekonomske i ekološke održivosti, a njihov razvoj utiče na poboljšanje konkurentске prednosti na tržištu. Mogu imati različitu strukturu sa aspekta funkcija, usluga, podсистema, korisnika, primenjenih tehnologija i sl. o čemu će biti više reči u narednom poglavlju disertacije. Dosta pažnje u istraživanjima intermodalnog transporta su privukli problemi vezani za IT. Mogu imati različite strukture sa aspekta: funkcija, usluga, podсистema, tehnologija, mogu biti različitih dimenzija i imati različite obime tokova, mogu se nalaziti na različitim lokacijama itd. Pregledom literature uočeno je da su se različiti autori bavili istraživanjem i rešavanjem određenih problema, elemenata strukture terminala. Tako se mogu naći radovi koji se bave utvrđivanjem i optimizacijom komponenti (podсистema) i dizajnom terminala (npr. Stojković i Twrđy, 2015; Rodrigue, 2011; Bergqvist i dr., 2010; Stahlbock i Voß, 2007), planiranjem rasporeda vezova u terminalu (npr. Zhang i dr., 2016b), vrednovanjem i izborom tehnologija podсистema (npr. Krstić i dr., 2019a; Ricci i dr., 2016; Barysienè, 2012; Baldassarra i dr., 2010), osnovnih karakteristika i različitih tipova IT (npr. Sirikijpanichkul i Ferreira, 2005), ocenjivanjem logističkih performansi za izbor vida transporta u IT-u (npr. Kunadhamraks i Hanaoka, 2005), merenjem performansi terminala (npr. Wang, 2016), analizom tržišta terminala i opisom najznačajnijih interesnih grupa (npr. Wiegmans i dr., 1999), modeliranjem operacija (npr. Ferreira i Sigut, 1995), problemima odlaganja kontejnera (npr. Nishimura i dr., 2009; Zhang i dr., 2003), optimizacijom prostornog rasporeda podсистema, *layout-a*

(eng.), terminala (npr. Lee i Kim, 2013), lociranjem terminala intermodalnog transporta (npr. Zečević i dr., 2017a; Pekin i dr., 2013; Sorensen i dr., 2012; Macharis i dr., 2011; Vidović i dr., 2011, Kayikci, 2010; Macharis i dr., 2009) itd. Međutim, u literaturi ne postoje primeri rešavanja problema definisanja strukture intermodalnog terminala na sveobuhvatan način, u skladu sa svim faktorima okruženja, tržišta, tokova i sistema terminala što će biti urađeno u ostatku ove disertacije.

2.5. MREŽA TERMINALA

Razvoj logističkih mreža na nacionalnom, regionalnom i svetskom nivou, u kojima terminali intermodalnog transporta igraju ključnu ulogu, predstavlja imperativ u savremenim privrednim, društvenim i ekološkim trendovima razvoja. Usled rastuće konkurencije na globalnom tržištu adekvatno planiranje logističkih procesa od presudne je važnosti za definisanje uspešnih poslovnih strategija. Sa druge strane planiranje logističkih procesa nije moguće bez široko rasprostranjenih i funkcionalnih logističkih mreža čiji učesnici mogu biti snabdevači, proizvođači, distributeri, logistički provajderi, veleprodaje i maloprodaje, korisnici, logistički centri itd.

U fizičkom smislu mreža intermodalnog transporta predstavlja sistem koji se sastoji od čvorova i veza (lukova). Čvorovi predstavljaju mesta pokretanja i odredišta robnih tokova, a pored terminala intermodalnog transporta, čvorovi mogu biti i proizvodni pogoni (fabrike), skladišta, trgovinski objekti itd. (Janic, 2007). Veze između čvorova ostvaruje transportna infrastruktura različitih vidova transporta koja omogućava kretanje robno-transportnih tokova kroz mrežu (Janic, 2007). Efikasnost veza zavisi od karakteristika infrastrukture različitih vidova transporta, obima tokova, kvaliteta usluge itd. Klasifikacija intermodalnih transportnih mreža, kao i terminala u zavisnosti od pripadnosti mrežama, će detaljnije biti opisana u podpoglavlju 3.1.3.

Mreže terminala su predmet brojnih istraživanja pa se tako mogu naći primeri rešavanja problema izbora vida transporta i strukture usluge u intermodalnim mrežama (Bierwirth i dr., 2012), istraživanja strukture tržišta na nivou intermodalnih mreža (Saeedi i dr., 2017a), analiza rastojanja, vremena transporta (Saeedi i dr., 2017b) i strukture usluga (Yamada i dr., 2009) u mreži kao faktora za konkurentnost intermodalnog transporta, analiza i modeliranje troškova u intermodalnim mrežama (Ambrosino i dr., 2016; Janic,

2007), ali svakako najveću pažnju istraživača privlače problemi planiranja i projektovanja mreže intermodalnih terminala (Mostert i dr., 2017).

Problemi planiranja i projektovanja intermodalnih mreža su rešavani primenom različitih pristupa od kojih su najčešće korišćeni (Mostert i dr., 2017): objektno orijentisani modeli (Sirikijpanichkul i dr. 2007), modeli zasnovani na GIS-u (Geografski Informacioni Sistem) (Meers i Macharis 2014; Zhang i dr. 2013; Macharis i dr. 2010; Macharis i Pekin 2009), i modeli matematičkog programiranja (Zhang i dr. 2015; Santos i dr. 2015; Bouchery i Fransoo 2015; Lin i dr. 2014; Sorensen i Vanovermeire 2013; Sorensen i dr. 2012; Ishfaq i Sox 2011; Racunica i Wynter 2005; Arnold i dr. 2004). Većina istraživanja o planiranju i projektovanju intermodalnih mreža se fokusira na minimizaciju operativnih troškova mreže kao glavni cilj koji mreža treba da postigne (Ghane-Ezabadi i Vergara 2016; Sorensen i dr. 2012; Ishfaq i Sox 2011; Racunica i Wynter 2005; Arnold i dr. 2004). Neka istraživanja se fokusiraju i na generalizovane troškove transporta (Santos i dr. 2015; Zhang i dr., 2015; Zhang i dr. 2013), troškove korisnika i operatera u mreži (Sorensen i Vanovermeire, 2013), minimizaciju emisije štetnih gasova i maksimizaciju korišćenja ekološki prihvatljivijih vidova transporta (Bouchery i Fransoo, 2015), minimizaciju broja pokretanja transportnih sredstava i vremena čekanja na pretovar (Chen i dr., 2013) itd.

Većina istraživanja se bavi intermodalnim mrežama koje koriste samo dva vida transporta, najčešće drumski i železnički (Santos i dr. 2015; Sorensen i dr. 2012; Ishfaq i Sox 2011; Limbourg i Jourquin 2009; Racunica i Wynter 2005; Arnold i dr., 2004), dok su istraživanja koja se bave mrežama za više od dva vida transporta znatno ređa (Meers i Macharis 2014; Macharis i dr. 2010; Macharis i Pekin 2009).

2.6. ORGANIZACIJA TRANSPORTA

Intermodalni transportni lanac povezuje pošiljaoca i primaoca u realizaciji tzv. usluge „od-vrata-do-vrata“ i u opštem slučaju obuhvata nekoliko faza: prihvatanje robe u početnim tačkama lanca i transport na kratkim rastojanjima, najčešće drumskim vidom transporta, do otpremnog IT lociranog u blizini pošiljaoca, pretovar u otpremnom terminalu sa drumskog na transportno sredstvo železničkog, rečnog, pomorskog ili vazdušnog saobraćaja, transport na velikim rastojanjima od otpremnog do prijemnog IT

koji se nalazi u blizini primaoca, pretovar u prijemnom terminalu na drumsko transportno sredstvo, krajnja distribucija od prijemnog IT do primaoca (Janic, 2007; Crainic i Kim, 2006; EC, 2000). Transport obično realizuje više različitih prevozioca. Organizacija transporta podrazumeva analizu, planiranje, realizaciju, usklađivanje i sinhronizaciju svih procesa i učesnika u transportnom lancu u cilju neometane i efikasne realizacije usluge transporta i zadovoljenje zahteva učesnika. Svi transportni procesi u intermodalnom transportnom lancu se mogu podeliti u dve osnovne grupe, procesi odvoznog-dovoznog transporta (eng. *drayage* ili *short-haul*) i procesi daljinskog transporta (eng. *long-haul*) (Bontekoning i dr., 2004). Upravo su ove dve grupe transportnih procesa najčešći predmet istraživanja u vezi organizacije intermodalnog transporta.

Odvoznog-dovozni transport podrazumeva početno-završne procese koji se realizuju na kratkim rastojanjima, u okviru užih gravitacionih zona IT. Glavni zadaci ovih procesa su doprema punih kontejnera do IT od pošiljaoca, otprema punih kontejnera od IT do primaoca i premeštanje praznih kontejnera između terminala, kontejnerskih depoa, pošiljaoca i primaoca (Braekers i dr., 2014). Najčešće se realizuju drumskim vidom transporta. Bez obzira na kratka rastojanja koja se prelaze, u odnosu na daljinski transport, učestvuju sa 25 do 40% u ukupnim troškovima transporta (Escudero i dr., 2013; Bontekoning i dr., 2004). Ovako visoki troškovi odvoznog-dovoznog transporta značajno utiču na profitabilnost i konkurentnost intermodalnog transporta, a najveći problem predstavljaju prazne vožnje i repositioniranje praznih kontejnera (Braekers i dr., 2014). Zbog toga se najveći broj istraživanja u ovoj oblasti bavi različitim aspektima planiranja odvoznog-dovoznog transporta sa ciljem smanjenja troškova, što se može postići adekvatnim dispečiranjem (Marković i dr., 2014), odnosno raspoređivanjem vozila i posade na operacije sakupljanja i dostave kontejnera, alociranjem praznih i punih kontejnera terminalima, terminiranjem vožnji (Rivera i Mes, 2017), adekvatnim rutiranjem (Braekers i dr., 2014), povećanjem iskorišćenja praznih kontejnera u povratnim vožnjama (Nordsieck i dr., 2017), korišćenjem većih transportnih sredstava (Meers i dr., 2016), uvođenjem sistema za rezervisanje resursa (infrastrukture, termina, manipulativne opreme itd.) (Huynh i Walton, 2011), uvođenjem sistema za dinamičko upravljanje procesima u realnom vremenu (Escudero i dr., 2013), itd.

Daljinski transport podrazumeva transport na relativno velikim rastojanjima, između IT i najčešće se realizuje železničkim, rečnim ili pomorskim vidom transporta, ili bilo kojom kombinacijom pomenutih vidova transporta (Crainic, 2002). Kao i u slučaju odvožno-dovoznog transporta, kao problemi se mogu pojaviti rutiranje (Chang, 2007), alociranje i raspoređivanje transportnih zahteva (Muñuzuri i dr., 2016), dispečiranje (Chen i Schonfeld, 2016), itd. Međutim uzimajući u obzir rastojanja koja se prelaze i veći kapacitet transportnih sredstava, u daljinskom transportu su mnogo izraženiji problemi repozicioniranje praznih kontejnera na mreži (Kolar i dr., 2018) i pronalaženja dovoljne količine tereta u povratnim vožnjama koji su mogu rešiti predviđanjem pojave zahteva za daljinskim transportom (Rivera i Mes, 2016) ili konsolidacijom tokova, odnosno sabiranjem zahteva u vremenu i prostoru (Kumar i dr., 2014). U oblasti daljinskog transporta su, za razliku od dovožno-odvoznog transporta, znatno zastupljeniji i problemi izbora vidova transporta koji će se koristiti u transportnom lancu (Qu i dr., 2008).

2.7. OPERATERI/UDRUŽENJA

Operateri predstavljaju učesnike intermodalnog transporta, pretežno pravna lica, koji se u zavisnosti od aktivnosti koje realizuju mogu podeliti u nekoliko tipova: operateri odvožno-dovoznog transporta, intermodalnog terminala, mrežni i intermodalni operateri (Caris i dr., 2008; Macharis i Bontekoning, 2004). Operateri odvožno-dovoznog transporta se bave planiranjem, raspoređivanjem i realizacijom transporta drumskim transportnim sredstvima između pošiljaoca/primaoca i IT. Operateri IT realizuju operacije pretovara između transportnih sredstava različitih vidova transporta i ostale procese manipulisanja ITU u terminalu. Mrežni operateri se bave planiranjem infrastrukture i organizacijom i realizacijom daljinskog transporta. Intermodalni operateri se mogu posmatrati i kao korisnici intermodalne infrastrukture i usluga i zaduženi su za organizaciju i koordinaciju procesa isporuke robe kroz celu intermodalnu mrežu.

Operateri se na različitim nivoima i sa različitim ciljevima mogu udruživati, kako međusobno tako i sa drugim učesnicima u intermodalnom transportu, i formirati udruženja. Tako mogu postojati nacionalna udruženja za pojedine vidove transporta,

npr. železnička i transportna udruženja, u okviru kojih se mogu oformiti i specijalne firme koje se bave intermodalnim transportom, npr. Transfracht (Nemačka), Intercontainer (Španija), Hupac (Švajcarska) itd., ili udruženja multimodalnih transportnih operatera koja obuhvataju špeditere, vozare, lučke firme, specijalizovana preduzeća davaoca usluga itd. Na međunarodnom nivou rad nacionalnih udruženja koordinira Međunarodna unija za eksploataciju drumsko železničkog transporta (eng. *Union International Rail Route – UIRR*).

Radovi iz ove oblasti se uglavnom bave istraživanjem: troškova i načina formiranja cena usluga intermodalnih operatera (Li i dr., 2015), uticaja atributa isporuke robe, kao što su vreme transporta, tačnost isporuke, rizik od gubitka/oštećenja robe itd., na izbor vida transporta od strane intermodalnih operatera (Bergantino i dr., 2013), veze između organizacionih sposobnosti intermodalnih operatera i zadovoljenje zahteva korisnika (Lun i dr., 2015), veze između potreba i zahteva operatera sa jedne strane, i korisnika usluge i administracija/uprave sa druge (Pronello i dr., 2017), kooperacije operatera, načina za postizanje konsenzusa oko različitih odluka, osnovnih oblika (formi) kooperacije (Gonzalez-Feliu i dr., 2013), načina udruživanja intermodalnih operatera u cilju realizacije tzv. „sinhromodalnog“ transporta, koji predstavlja koncept rezervisanja usluge transporta nezavisno od vida transporta i omogućava trenutni izbor raspoloživih vidova transporta u realnom vremenu tokom same realizacije procesa transporta (Li i dr., 2016) itd.

2.8. TELEMATIKA

Mobilnost robno-transportnih tokova koja se postiže proširivanjem i unapređenjem fizičkih resursa (infrastrukture i vozila) je ograničena finansijskim, prostornim i prirodnim resursima (Xu, 2000). Dalja izgradnja i modernizacija infrastrukture nije više dovoljna da se nosi sa sve većim transportnim zahtevima i brojnim problemima koje oni stvaraju (Crainic i dr., 2009). Zbog toga se sve češće rešenje traži u boljoj organizaciji i upravljanju postojećom infrastrukturom primenom savremenih tehničkih i tehnoloških rešenja, što omogućuje primena telematike, kao kombinacije telekomunikacija i informatike u transportu (Xu, 2000). Još jedan termin koji se koristi kao sinonim za telematiku je inteligentni transportni sistemi (eng. *Intelligent Transport Systems - ITS*).

Ovi sistemi podrazumevaju integrisanu primenu savremenih rešenja iz raznih oblasti: tehnoloških rešenja u vezi infrastrukture i vozila, elektronike, telekomunikacija, sistema za pozicioniranje, naprednu obradu podataka, sofisticiranih operacionih i metoda planiranja itd. (Crainic i dr., 2009).

Osnovu ITS-a čini komunikaciona infrastruktura koja obuhvata satelitske i zemaljske sisteme komunikacije, fiksne i mobilne uređaje, radio odašiljače i razne druge dvosmerne komunikacione sisteme za razmenu podataka, video i glasovnog materijala itd. (Xu, 2000). Neki od ovih sistema su sistem globalnog pozicioniranja (eng. *Global Positioning System* – GPS), globalni sistem mobilne komunikacije (eng. *Global System for Mobile communications* – GSM), sistem za razmenu podataka u mobilnim mrežama (eng. *General Packet Radio Services* – GPRS), univerzalni mobilni telekomunikacioni sistem (eng. *Universal Mobile Telecommunications System* - UMTS), lokalna mreža bežične komunikacije (eng. *Wireless Local Area Network* – WLAN), internet stvari (eng. *Internet of Things* – IOT) itd. (Matschek i dr., 2012).

Telematika, odnosno ITS, se mogu primeniti u svim vidovima transporta, a neki od efekata koji se njihovom primenom mogu ostvariti su: unapređenje mobilnosti uz povećanje bezbednosti saobraćaja i smanjenje zagušenja, povećanje informisanosti vozača i korisnika i unapređenje dostupnosti usluge, optimizacija saobraćaja u uslovima postojeće transportne infrastrukture, unapređenje upravljanja transportom i povećanje brzina transporta, povećanje efikasnosti operacija sa teretom i voznim parkom, smanjenje negativnih ekoloških uticaja, promocija ekonomskog rasta itd. (Xu, 2000). Tipovi informacija za koje se ITS najčešće koriste su informacije u vezi (Mirzabeiki, 2013): saobraćaja i infrastrukture, lokacije vozila i tereta, stanja tereta, zahtevima tereta, skladišnim operacijama i zalihama, identifikacije transportnih sredstava itd.

Crainic i dr. (2009) klasifikuju ITS u dve opšte grupe: sistemi za operacije sa komercijalnim transportnim sredstvima (eng. *Commercial Vehicle Operations* - CVO) koji se koriste na širem, nacionalnom, regionalnom ili kontinentalnom nivou; i napredni sistemi za upravljanje flotom transportnih sredstava (eng. *Advanced Fleet Management Systems* - AFMS) koji se primenjuju na nivou određene kompanije ili grupe kompanija. Agrawala i Kallianpur (2009) su dali pregled literature o primeni različitih CVO sistema u transportu, dok se pregled literature o korišćenim AFMS sistemima može naći u radu

Crainic i dr. (2009). Qureshi i Abdullah (2013) ITS klasifikuju kao sisteme za upravljanje: informacijama, saobraćajnicama, tranzitnim tokovima, teretom, incidentima i hitnim situacijama. Mirzabeiki (2013) klasifikuje ITS na sisteme: kontrole i nadgledanja saobraćaja, kretanja tereta (eng. *Weight In Motion* - WIM), rezervisanja prostora za isporuku, lociranja vozila i nadgledanja uslova transporta, planiranja rute, nadgledanja i kontrole ponašanja vozača, sprečavanja nezgoda, nagledanja lokacije tereta i nadgledanja stanja tereta. Istraživanja u ovoj oblasti se uglavnom baziraju na neke od prethodno navedenih klasa ITS sistema i analize značaja i uticaja ovih sistema na transport, i logistiku uopšte, jer oni predstavljaju jedan od ključnih faktora njihovog savremenog razvoja (Janecki, 2017).

2.9. LOGISTIČKE STRATEGIJE

Logističke strategije predstavljaju modele realizacije poslovnih procesa i upravljanja logističkim aktivnostima u kompanijama koje su davaoci ili korisnici logističkih usluga. Logističke strategije definišu okvir i filozofiju poslovanja kompanije i podrazumevaju orijentaciju i angažovanje svih sektora ka primeni strategije u cilju unapređenje efikasnosti poslovanja kompanije. Svaka kompanija u zavisnosti od delatnosti, osnovnih karakteristika, uslova i sredine u kojoj posluje itd. može definisati sopstvenu logističku strategiju. Međutim, kompanije češće usvajaju neku od postojećih i dokazano primenljivih logističkih strategija od kojih su najpoznatije „tačno na vreme“ (eng. *Just In Time* – JIT), „proizvedi ili kupi“ (eng. *Make Or Buy* – MOB) koja se poistovećuje sa strategijom „logističkog outsorsinga“ (eng. *Logistics Outsourcing* - LO), „upravljanje totalnim kvalitetom“ (eng. *Total Quality Management* – TQM) itd.

JIT predstavlja strategiju koja se zasniva na sinhronizaciji poručivanja sa procesima proizvodnje, sa ciljem unapređenja efikasnosti i smanjenja zaliha i svih troškova koji se dovode u vezu sa zalihama. U ovoj strategiji roba, sirovine, poluproizvodi itd. se isporučuju tačno onda kada su potrebni, što zahteva veoma precizno prognoziranje tražnje. U literaturi se mogu naći različiti primeri primene JIT strategije u logistici, pri čemu se detaljnije analiziraju problemi povezanosti sigurnosnih zaliha i logističkih performansi (npr. Chung i dr., 2018), uticaja primene strategije na logističke troškove (npr. Ghasimi i dr., 2014), uticaja na konkurentnost i organizacione performanse

kompanije (npr. Green Jr. i dr., 2014), mogućnosti razvoja novih pristupi za dalji razvoj strategije (npr. Amasaka, 2014) itd.

MOB predstavlja strategiju u kojoj je potrebno doneti odluku da li proizvesti logističku uslugu, samostalno realizovati logističke aktivnosti, što se još naziva i *insourcing* (eng.) ili kupiti logističku uslugu od specijalizovanog logističkog provajdera, što se naziva *outsourcing* (eng.). Kompanije se opredeljuju za logistički *outsourcing* ukoliko nisu u mogućnosti da samostalno proizvedu logističke usluge, ili nisu u stanje da ih proizvedu jeftinije nego što to nudi logistički provajder. U literaturi ima puno radovi koji se bave različitim aspektima primene logističkog *outsourcing*-a od kojih su neki: izbor logističkog provajdera (npr. Li i dr., 2018), primena u povratnoj logistici (npr. Tavana i dr., 2015), procena rizika pri primeni strategije (npr. El Mokrini i dr., 2016), analiza faktora koji utiču na performanse (npr. Zailani i dr., 2015) itd.

TQM predstavlja strategiju koja obezbeđuje dugoročno uspešno poslovanje kompanije kroz zadovoljenje zahteva korisnika. TQM strategija u logistici podrazumeva učešće svih sektora kompanije u cilju unapređenju procesa i proizvodnje najbolje moguće usluge. U literaturi su analizirani različiti aspekti primene TQM strategije, a neki od primera su analiza uticaja na: unapređenje logističkih procesa u lancima snabdevanja (npr. Zimon, 2016), performanse logističkih kompanija (npr. Brah i Lim, 2005) i logističkih procesa uopšte (npr. Bellah i Zelbst, 2013), logističke troškove (npr. Chen i dr., 2014) itd.

Pored navedenih, najčešće korišćenih logističkih strategija, sve se više razvijaju strategije zasnovane na informatici i analizi podataka. Ove strategije su univerzalno primenljive u različitim oblastima poslovanja pa su tako našle široku primenu i u logistici. Neke od primena ovih strategija u logistici su: strategija „informacione logistike“ (eng. *Information Logistics* - IL) (Dinter, 2013), strategija „analize velikih podataka“ (eng. *Big Data Analytics* – BDA) (Wu i Lin, 2018), „poslovna inteligencija“ (eng. *Business Intelligence* – BI) (Chen i dr., 2012), „skladištenje podataka“ (eng. *Data Warehousing* – DWH) (Grabara i dr., 2014) itd.

2.10. REGULATIVA

Regulativa podrazumeva skup pravnih zakona koje propisuju zakonodavni organi i definiše pravni okvir, odnosno norme i pravila kojima se uređuju društveni odnosi. U skladu sa tim, regulativa kao podsistem intermodalnog transporta obuhvata skup zakona kojima se uređuju odnosi između svih učesnika intermodalnog transportnog lanca. Predmet zakona u oblasti intermodalnog transporta mogu biti sve aktivnosti i procesi koje obuhvataju prethodno navedeni podsistemi sa posebnim naglaskom na definisanje odgovornosti, dokumentacije koja prati procese, obezbeđenje i osiguranje robe, ljudi, sredstava itd. (Eftestöl-Wilhelmsson i dr., 2014; Degirmenci i Sakar, 2012). Zbog kompleksnosti intermodalnog transporta koji povezuje veliki broj učesnika i različite vidove transporta, najčešće na međunarodnom nivou, regulativa u ovoj oblasti se susreće sa velikim izazovima. Među glavnim problemima jeste nepostojanje zakona, njihova raznolikost, kompleksnost i međusobno preklapanje (Eftestöl-Wilhelmsson i dr., 2014; Nikaki, 2013; EPRS, 2018).

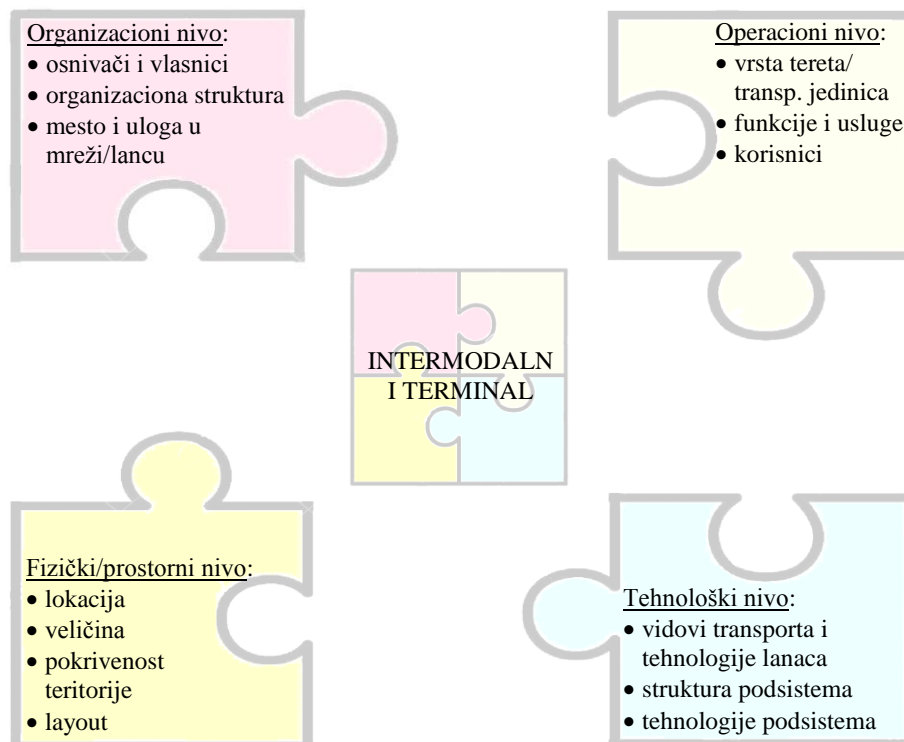
Nepostojanje zakona podrazumeva da u pojedinim zemljama preko kojih se planira realizacija transportnog lanca nisu usvojeni zakoni koji regulišu oblast intermodalnog transporta, ili pojedine segmente ove oblasti. Sa druge strane problem može predstavljati i mnoštvo zakona koji se međusobno preklapaju i višestruko uređuju neku oblast, što ostavlja prostor za različita tumačenja. Jedan od problema je i velika kompleksnost zakona koja podrazumeva veoma komplikovanu primenu i često rezultira neadekvatnom primenom ili neefikasnošću realizacije aktivnosti. Međutim svakako najveći problem regulative u intermodalnom transportu je veoma velika raznolikost i neusklađenost zakona. Osim toga što postoji neusklađenost zakona između različitih zemalja, postoji i neusklađenost između zakona koji se bave različitim vidovima transporta u okviru jedne zemlje.

Neki od načina za rešavanje opisanih problema jesu definisanje i usvajanje novih zakona (Eftestöl-Wilhelmsson i dr., 2014), pojednostavljenje postojećih (EPRS, 2018) i međunarodna harmonizacija (Vassallo, 2013; Eftestöl-Wilhelmsson i dr., 2014) koja podrazumeva usaglašavanje i ujednačavanje zakona različitih zemalja. Međutim, na ovaj način se navedeni problemi samo delimično rešavaju, zbog čega istraživanja u ovoj oblasti sve češće imaju fokus na uniformizaciji, odnosno stvaranju jedinstvenog

međunarodnog pravnog okvira za realizaciju intermodalnog transporta koji bi u obzir uzeo sve specifičnosti ovog načina transporta. Prvi pokušaji da se izvrši uniformizacija regulative intermodalnog transporta su napravljeni još 1960. godine, međutim do danas nisu dali željene rezultate (Nikaki, 2013). Prvi međunarodni pravni instrument kojim je pokušana uniformizacija bila je *"Konvencija Ujedinjenih nacija o međunarodnom multimodalnom transportu robe"*, donesena 1980. godine. Međutim Konvencija još uvek nije počela da se primenjuje i malo je verovatno da će se ikada primeniti. Još jedan međunarodni instrument, pod nazivom *"Konvencija Ujedinjenih nacija o ugovorima za međunarodni transport robe delimično ili u potpunosti pomorskim transportom"* (poznata i kao *"Roterdamska pravila"*), kojim je pokušano regulisanje međunarodnog intermodalnog transporta uspostavljen je 2008. godine. Problem kod ove Konvencija je to što je ograničena samo na deo intermodalnih transportnih operacija koje se tiču međunarodnih ugovora za transport robe kombinacijom pomorskog i bilo kog drugog vida transporta (Nikaki, 2013). Još neka istraživanja koja su se bavili pitanjem uniformizacije jesu Magklasi (2018), Djadjev (2017), Nikaki (2014), Carbone i La Mattina (2013), Faria (2011), Faghfour (2006) itd. Kako proces uniformizacije nije ni izbliza završen, gotovo je sigurno da će biti predmet budućih istraživanja u ovoj oblasti.

3. ELEMENTI ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Terminali intermodalnog transporta predstavljaju dinamične i kompleksne sisteme, koji se mogu razlikovati sa aspekta funkcija, usluga, podsistema, korisnika, primenjenih tehnologija i sl. Prethodno navedene karakteristike predstavljaju elemente čijom se kombinacijom, u različitim okruženjima i pod različitim uslovima, dobijaju različite strukture terminala intermodalnog transporta. Krenuvši od nekih ranijih pokušaja klasifikacije ovih elemenata (Bichou i Gray, 2005) u ovoj disertaciji su elementi za definisanje strukture terminala razvrstani u četiri nivoa: organizacioni, operacioni, fizički i prostorni i tehnološki nivo (Slika 3.1.) (Krstić i dr., 2019b).



Slika 3.1. Elementi za definisanje strukture intermodalnog terminala (adaptirano iz: Tadić i dr., 2019b)

3.1. ELEMENTI ORGANIZACIONOG NIVOVA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

U ovom delu su opisani elementi za definisanje strukture intermodalnog terminala koji pripadaju organizacionom nivou, a to su (Krstić i dr., 2019b): osnivači i vlasnici terminala (E_1), organizaciona struktura (E_2) i mesto i uloga terminala u mreži/lancu (E_3).

3.1.1. Osnivači i vlasnici terminala

Osnivači i vlasnici terminala zapravo predstavljaju investitore, odnosno vlasnike kapitala koji se koristi za izgradnju novih ili kupovinu postojećih terminala IT.

U literaturi postoje razni pokušaji klasifikacije modela finansiranja ali je zajedničko za sve podela finansiranja kapitalom koji je u vlasništvu javnog sektora ili privatnog sektora. U skladu sa tim Beth (1985) definiše tri moguća oblika vlasništva od strane: državnih vlasti, lokalnih vlasti i privatnih firmi. Sličnu klasifikaciju vlasništva je predložio i Alderton (1999), kao: državno, autonomno, gradsko i privatno vlasništvo. Za potrebe ove disertacije usvojena je opšta klasifikacija osnivača i vlasnika kao pripadnika javnog i privatnog sektora, u skladu sa čim su definisati tri osnovna modela finansiranja: javno, privatno i na bazi javno-privatnog partnerstva, pri čemu poslednje može biti sa dominantnim uticajem javnog ili privatnog sektora (Cullinane i Song, 2002).

Privatne firme se prilikom investiranja u IT susreću se određenim problemima i rizicima. Svesne su da privredni rast u nekoj oblasti ne garantuje pozitivno poslovanje i u budućnosti, zbog čega je bitno realno prognozirati obim tokova koji se može očekivati jer u suprotnom terminal može pretrpeti značajne finansijske gubitke. Osim toga često se dešava da se projektovanje i izgradnja terminala odlaže, najčešće zbog nemogućnosti usaglašavanja sa različitim državnim ili gradskim zakonima i regulativama. Povrh svega operativni troškovi terminala, naročito u početnim fazama razvoja, mogu biti toliki da terminal posluje negativno, odnosno da ima veće troškove od prihoda (Rodrigue, 2014). Sa druge strane osnivanje terminala od strane javnog sektora može dovesti do problema izgradnje većeg broja terminala nego što je potrebno ili njihovo neracionalno lociranje, usled nastojanja da privredno razviju određeni region (Rodrigue i dr., 2010). Problem kod javnog finansiranja je i nedostatak iskustva i stručnog kadra koji bi upravljao

poslovanjem terminala nakon njegove izgradnje. Zbog prethodno navedenog, u praksi se IT najčešće osnivaju na bazi javno-privatnog partnerstva (JPP).

JPP predstavlja poslovni aranžman između privrednih subjekata iz javnog i privatnog sektora kojim se stvaraju uslovi za projektovanje, izgradnju, upravljanje ili finansiranje infrastrukture (Tadić & Zečević, 2010). Pružaju širok opseg različitih mogućnosti po pitanju alociranja resursa i nivoa učešća. JPP se osniva kada učesnici (interesne grupe) nemaju interes da samostalno finansiraju terminal. Tada jedan od učesnika (najčešće institucija iz javnog sektora) inicira sklapanje partnerstva, stvarajući na taj način uslove za podelu obaveza, odgovornosti, potrebnih resursa i koristi u procesu osnivanja i rada terminala, pri čemu je interes svih uspešno poslovanje terminala. Javnom sektoru zbog razvoja privrede, socijalne i ekološke zaštite, političke stabilnosti itd., a privatnom zbog ostvarivanja profita. U ovom poslovnom aranžmanu pripadnici javnog sektora su uglavnom zaduženi za ispunjenje uslova iz regulatorno-pravne oblasti i davanje subvencija koje omogućavaju pozitivno poslovanje u početnim fazama razvoja, dok su subjekti iz privatnog sektora zaduženi za projektovanje, izgradnju i rukovođenje terminalom. U nastavku su opisani neki od najčešćih oblika JPP koji se sreću u praksi (Rodrigue, 2014).

Projektovanje-tender-izgradnja. U prvoj fazi sklapa se ugovor sa projektantskom firmom koja definiše jasne smernice po pitanju mogućih troškova, materijala i opreme neophodne za realizaciju projekta. Zatim se pozivaju privatne firme koje se na tenderu nadmeću za dobijanje posla izgradnje, a postupak nadgleda i ocenjuje javni subjekat. Privatna firma koja dobije tender realizuje izgradnju a nakon toga javni sektor preuzima obavezu održavanja i upravljanja terminalom. Sve korake finansira javni sektor.

Projektovanje-izgradnja. Slično prethodnom obliku, pri čemu je razlika da se svi poslovi dogovaraju u okviru jednog ugovora. I ovde je javni sektor vlasnik infrastrukture i odgovoran je za finansiranje, održavanje i upravljanje terminalom.

Usluge privatnog sektora po ugovoru. Sklapa se ugovor po kome javni sektor prebacuje odgovornost za realizaciju određenih specifičnih usluga firmama iz privatnog sektora. Radi se o specijalizovanim firmama koje pružanje usluga održavanja, razvoja, unapređenja poslovanja, upravljanja terminalom itd.

Izgradnja-upravljanje-transfer. Javni sektor je odgovoran za finansiranje infrastrukture, dok privatni subjekat realizuje izgradnju, upravlja terminalom, odnosno koristi ga određeni vremenski period. Nakon isteka tog perioda javni sektor preuzima terminal i može ga dati na upravljanje istom ili drugom privatnom subjektu ali nakon raspisivanja tendera.

Projektovanje-izgradnja-finansiranje-upravljanje. Odgovornost za projektovanje, izgradnju, finansiranje i upravljanje terminalom je u rukama privatnog sektora, ali terminal ostaje u javnom vlasništvu. Postoji mogućnost da određeni deo finansiranja snosi javni sektor kroz subvencije ili u naturi. U ovom obliku finansiranja se očekuje da privatni subjekat povрати uložena sredstva kroz buduće prihode od korišćenja terminala.

Izgradnja-vlasništvo-upravljanje. Projektovanje, razvoj, finansiranje, izgradnja, upravljanje i održavanje je u potpunosti u rukama privatnog subjekta koji se smatra i vlasnikom terminala ali na ograničeni vremenski period koji je obično veoma dug (koncesija). Uloga javnog sektora je isključivo regulatorna i njihov zadatak je da kontrolišu da li se poštuju uslovi ugovora.

U svim opisanim načinima finansiranja terminala prepliće se vlasništvo i upravljanje terminalom. Iako su ove dve stvari veoma povezane, između njih postoje jasne razlike. Privredni subjekti koji su vlasnici terminala ne moraju njime i da upravljaju. Zbog toga su u nastavku opisani različiti modeli upravljanja terminalom.

3.1.2. Modeli upravljanja terminalom

Upravljanje terminalom podrazumeva širi proces distribucije nadležnosti, alociranja resursa i upravljanja odnosima, ponašanjem i aktivnostima u terminalu kako bi se postigao željeni rezultat poslovanja. U literaturi je dokazano da su modeli upravljanja ključni za uspešan razvoj intermodalnih usluga od strane operatera, u zavisnosti od njegove sposobnosti za kooperaciju, integraciju, konsolidaciju i planiranje. (Monios, 2015) Modeli upravljanja terminalom mogu da zavise od orijentacije terminala (lokalni, regionalni, globalni), davaoca usluga, vlasnika infrastrukture i superstrukture (javni, privatni, JPP), od toga ko angažuje radnu snagu itd. (Vieira i Neto, 2016). Podela na infrastrukturu i superstrukturu nije uvek precizno definisana, a za potrebe ove disertacije je usvojena klasifikacija Svetske Banke (World Bank, 2000) prema kojoj se

infrastruktura odnosi na zemljište, unutrašnje i spoljne saobraćajnice svih vidova transporta (puteve, železničke koloseke, kanale), vezove, dokove, prelaznice, platoe za odlaganje transportnih jedinica itd., a superstruktura na sve delove terminala koji mogu biti promenljivi i može se podeliti na fiksnu (skladišni objekti i oprema, administrativni objekti, cisterne za snabdevanje gorivom itd.) i pokretnu (tovarno-manipulativna oprema i sredstva unutrašnjeg transporta) (World Bank, 2000). Ovom temom bavili su se Vieira & Neto (2016), Monios (2015), Bichou & Gray (2005) i dr., a posebno je interesantna klasifikacija modela upravljanja koja se bazira na odnosu između vlasnika i operatera terminala, odnosno na tome ko angažuje radnu snagu, ko je vlasnik infrastrukture, a ko superstrukture i ko njima upravlja, odnosno ko donosi operativne odluke (Krstić i dr., 2019b).

Tabela 3.1. Osnovne karakteristike modela upravljanja

	Direktno	"Ćerka" firma	Instrumentalno	Lizing	"Stanodavac"
Vlasništvo infrastrukture i superstrukture	Jedan subjekat je vlasnik infrastrukture i superstrukture	Jedan subjekat je vlasnik infrastrukture i superstrukture	Jedan subjekat je vlasnik infrastrukture i superstrukture	Jedan subjekat je vlasnik infrastrukture i superstrukture	Jedan subjekat je vlasnik infrastrukture a drugi superstrukture
Personal	Vlasnik infrastrukture i superstrukture zapošljava personal	"Ćerka" firma zapošljava personal	Vlasnik infrastrukture i superstrukture zapošljava personal	Subjekt - korisnik lizinga zapošljava personal	Vlasnik superstrukture zapošljava personal
Operativno upravljanje	Vlasnik infrastrukture i superstrukture upravlja operacijama	"Ćerka" firma upravlja operacijama	Vlasnik infrastrukture i superstrukture upravlja operacijama	Subjekt - korisnik lizinga upravlja operacijama	Vlasnik superstrukture upravlja operacijama
Realizacija aktivnosti	Vlasnik infrastrukture i superstrukture realizuje sve aktivnosti	"Ćerka" firma realizuje sve aktivnosti	Vlasnik realizuje deo aktivnosti, a deo realizuju drugi subjekti	Subjekt - korisnik lizinga realizuje sve aktivnosti	Vlasnik superstrukture realizuje sve aktivnosti

Model direktnog upravljanja. Podrazumeva da jedan privredni subjekat koji je vlasnik celokupne infrastrukture i superstrukture direktno upravlja svim operacijama, funkcijama terminala, razvojem terminala i drugim operativnim aktivnostima i zapošljava personal. Prednost ovog modela je koncentracija celokupne odgovornosti u jednom subjektu, najčešće pripadniku javnog sektora (Vieira i Neto, 2016), što podstiče koheziju. Nedostaci mogu biti neefikasna administracija, nedovoljno inovacija i nedovoljna orijentisanost usluga korisnicima i tržištu.

Model upravljanja preko "ćerke" firme. Vlasnik kompletne infrastrukture i superstrukture, obično privredni subjekat iz javnog sektora, osniva "ćerku" firmu koja se bavi donošenjem operativnih odluka. Personal je zaposlen u "ćerki" firmi, a privredni subjekat ima funkciju nadzora. Ovaj model je sličan prethodnom, ali značajno smanjuje njegove nedostatke kroz nadzor od strane vlasnika.

Instrumentalni model upravljanja. Karakteriše ga podjela operativnih aktivnosti. Jedan privredni subjekat, obično pripadnik javnog sektora, je vlasnik infrastrukture i superstrukture i zapošljava personal, dok su drugi privredni subjekti, obično manji operateri, zaduženi za aktivnosti kao što su pretovar, transport, skladištenje itd. (Bichou i Gray, 2005). Prednosti ovog modela su izbjegavanje dupliranja investicija jer vlasnik obezbeđuje svu potrebnu infrastrukturu i superstrukturu. Slabosti su podjela odgovornosti pri rukovanju teretom, što dovodi do konflikata između operatera i vlasnika ili između samih operatera, rizik od nemogućnosti povraćaja investicija i otežan razvoj privatnih operatera.

Model lizinga. Zasniva se na tome da je jedan privredni subjekat vlasnik infrastrukture i superstrukture ali je daje u dugoročni zakup drugom privrednom subjektu (operateru) koji nezavisno upravlja terminalom, donosi odluke i zapošljava personal. Prednost je što operater nema početna ulaganja, a ima potpunu autonomiju u donošenju odluka i razvoju poslovanja. Nedostatak je što operater nije vlasnik infrastrukture i superstrukture i bilo kakve aktivnosti po pitanju izgradnje i popravke objekata, zamene i kupovina nove opreme itd. zahtevaju saglasnost vlasnika.

Model "stanodavca" (izdavanja/zakupa). Jedan privredni subjekat je vlasnik infrastrukture i on se stara o njenom održavanju, dok je drugi privredni subjekat (ili više njih) vlasnik superstrukture koji vlasniku infrastrukture plaća određenu nadoknadu za korišćenje. Vlasnik superstrukture samostalno donosi operativne odluke i zapošljava sopstveni personal. Prednost je to što vlasnik opreme njome i rukuje, što olakšava planiranje i prilagođavanje uslovima na tržištu. Problem može nastati ukoliko se pojavi više takvih subjekata što može dovesti do preopterećenja kapaciteta terminala. Takođe može doći do dupliranja resursa i promotivnih aktivnosti da bi se privukli tokovi, a problem može biti i usklađivanje marketinških aktivnosti i planiranje aktivnosti jer se u obzir moraju uzeti zahtevi svih učesnika.

3.1.3. Mesto i uloga terminala u mreži/lancu

Terminali predstavljaju čvorove logističkih, transportnih mreža u kojima se realizuju procesi , pretovara, promene transportnih sredstava i vidova transporta, skladištenja, konsolidacije, sortiranja i dr., au zavisnosti od mesta i uloge u mreži (Tadić & Zečević, 2012). Ovi čvorovi se u najopštijem slučaju mogu klasifikovati kao izvorni, odredišni i tranzitni čvorovi (Woxenius, 1997). Transportne veze koje se uspostavljaju između izvornih i odredišnih čvorova, pri čemu neke mogu prolaziti kroz jedan ili više tranzitnih čvorova, formiraju fizičku transportnu mrežu (Woxenius i Lumsden, 1996) kroz koju se realizuju transportni lanci. Čvorovi u ovim mrežama predstavljaju terminale koji se u zavisnosti od mesta i uloge mogu klasifikovati na različite načine.

Za potrebe ove disertacije IT su podeljeni na dve osnovne grupe: terminali u pomorskim lukama i kopneni terminali. Predstavljaju delove istih globalnih mreža, međutim njihova pripadnost podmrežama definiše njihove karakteristike, funkcije, zone opsluživanja itd

Park i Medda (2010) dele intermodalne transportne mreže u dve grupe: pomorske i kopnene (Tabela 3.2). Pomorske luke predstavljaju kapije, odnosno tranzitne tačke koje povezuju pomorske mreže i kopnene mreže. Preko pomorskih mreža povezuju se sa drugim pomorskim lukama, dok se preko kopnenih mreža putem drumskog, železničkog ili rečnog transporta povezuju sa terminalima u unutrašnjosti kopna.

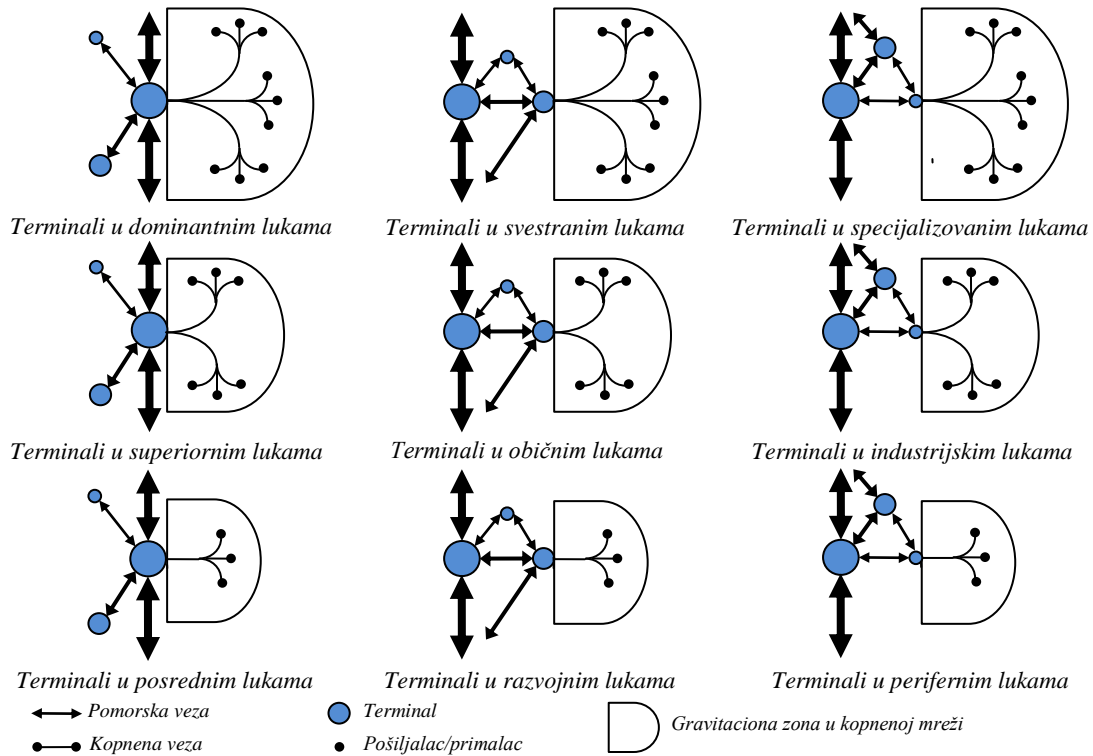
Tabela 3.2. Osnovne karakteristike pomorskih i kopnenih transportnih mreža

Tip mreže	Pokrivenost teritorije/ gravitaciona zona	Veličina terminala koji ostvaruju vezu	Tip veze
<i>Kontinentalna pomorska</i>	Globalna	Mega	Direktna pomorska
<i>Regionalna pomorska</i>	Regionalna (uža), globalna (šira)	Mega, veoma veliki	Indirektna pomorska (mega), direktna pomorska (veoma veliki)
<i>Fider pomorska</i>	Regionalna	Veoma veliki, veliki	Indirektna pomorska
<i>Multifunkcionalna kopnena</i>	Regionalna	Veoma veliki, veliki	Direktno i indirektno kombinacijom drumskog, železničkog, rečnog i pomorskog transporta
<i>Intermodalna kopnena</i>	Nacionalna (uža), regionalna (šira)	Veliki, srednji	Direktno i indirektno kombinacijom drumskog, železničkog i rečnog
<i>Prosta kopnena</i>	Nacionalna (šira), lokalna (uža)	Mali	Direktno drumskim, direktno železničkim

Pomorske mreže se mogu klasifikovati kao: kontinentalne, regionalne i fider (eng. *feeder*) (Park i Medda, 2010). "**Kontinentalne pomorske mreže**" povezuju terminale koji se nalaze u lukama na različitim kontinentima između kojih postoje direktne veze. "**Regionalne pomorske mreže**" povezuju terminale u lukama koje se nalaze u istom regionu između kojih postoje direktne veze, ili terminale koji se nalaze na različitim kontinentima ali putem indirektnih veza. U "**fider mrežama**" terminali se nalaze u manjim lukama koje su povezane sa drugim lukama u regionu, regionalnog ili kontinentalnog značaja, ali putem indirektnih veza. Kopnene mreže se takođe mogu klasifikovati kroz tri osnovna tipa: multifunkcionalne, intermodalne i proste (Park i Medda, 2010). "**Multifunkcionalne kopnene mreže**" obuhvataju veoma veliku gravitacionu zonu u zaleđu luka koja se može prostirati i na celom kontinentu, a koja je povezana sa lukom svim raspoloživim vidovima transporta i njihovim kombinacijama (drumski, železnički, rečni, pomorski na kratkim relacijama). "**Intermodalne kopnene mreže**" imaju nešto manju gravitacionu zonu koja je povezana sa terminalom uglavnom kombinacijom drumskog, železničkog i rečnog transporta. "**Prosta kopnena mreža**" ima malu gravitacionu zonu (uglavnom teritorija jedne države ili par susednih država u okruženju) koja je povezana sa terminalom isključivo direktno drumskim ili železničkim vidom transporta. U skladu sa definisanom tipologijom mreža Park i Medda (2010) definišu devet osnovnih tipova terminala (Slika 3.2).

"**Terminali u dominantnim lukama**" povezuju međukontinentalne, globalne, pomorske mreže sa multifunkcionalnim kopnenim mrežama i imaju veoma veliku gravitacionu zonu, odnosno pristup globalnim, megatržištima (Sujatha, 2002). "**Terminali u superiornim lukama**" povezuju globalne pomorske mreže sa ograničenim intermodalnim kopnenim mrežama. "**Terminali u posrednim lukama**" sa jedne strane imaju direktne veze sa globalnim lukama ali sa druge strane imaju veoma ograničene jednostavne kopnene mreže koje opslužuju malu gravitacionu zonu. "**Terminali u svestranim lukama**" povezuju regionalne pomorske mreže sa veoma razgranatim multifunkcionalnim kopnenim mrežama u zaleđu luka. "**Terminali u običnim lukama**" ostvaruju vezu između regionalnih pomorskih mreža i intermodalnih kopnenih mreža i predstavljaju najrasprostranjeniji tip terminala. "**Terminali u razvojnim lukama**" predstavljaju vezu između regionalnih pomorskih mreža i prostih kopnenih mreža. "**Terminali u specijalizovanim lukama**" su sa jedne strane povezani sa fider pomorskim

mrežama a sa druge strane sa multifunkcionalnim kopnenim mrežama. "**Terminali u industrijskim lukama**" ostvaruju vezu između fider mreža i intermodalnih kopnenih mreža. "**Terminali u perifernim lukama**" su najjednostavniji terminali koji imaju veoma malu zonu uticaja i povezuju fider mreže sa prostim kontinentalnim mrežama. Klasifikacija pomorskih IT prema mestu u mreži je prikazana u tabeli 3.3 (Park i Medda, 2010).

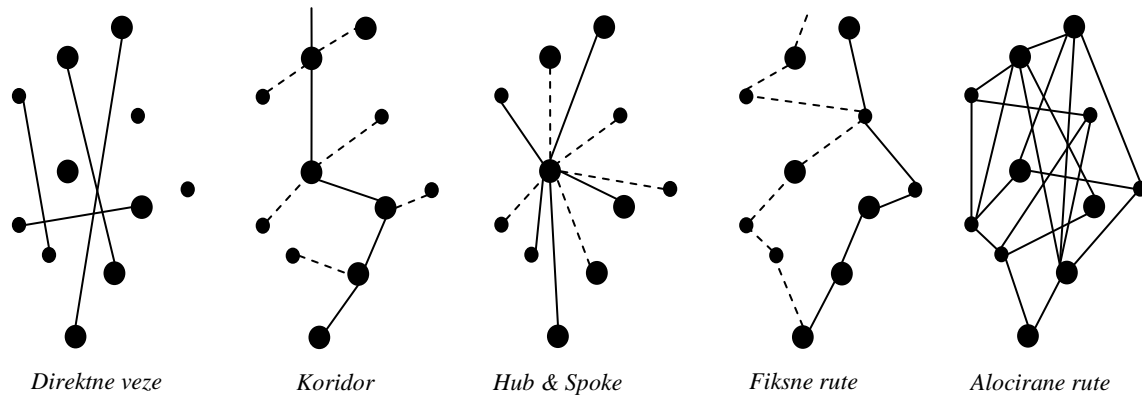


Slika 3.2. Osnovni tipovi terminala u pomorskim lukama (Park i Medda, 2010)

Za identifikovane tipove kopnenih mreža (Park i Medda, 2010), može se utvrditi pet osnovnih načina njihove organizacije, na osnovu kojih se kopneni IT mogu klasifikovati kao terminali za (Woxenius, 1997): direktne veze, koridore, *hub & spoke* mreže, fiksne rute i alocirane rute (Slika 3.3 i Tabela 3.3).

"**Prosta kopnena mreža**" se može organizovati kao transportni sistem u kom ne postoji centralni terminal, već se operacije realizuju u terminalima koji se nalaze u blizini pošiljaoca i primaoca, a između kojih su uspostavljene direktne veze drumskim ili železničkim vidom transporta. **Terminali sa direktnim vezama** imaju malu gravitacionu

zonu (lokalnu ili nacionalnu) i u njima ne dolazi do sabiranja zahteva u vremenu i prostoru.



Slika 3.3. Osnovni tipovi kopnenih intermodalnih mreža (Woxenius, 1997)

"**Intermodalna kopnena mreža**" se može organizovati kao mreža koridora, mreža sa fiksnim ili alociranim rutama. Sve mreže pokrivaju nacionalnu ili regionalnu gravitacionu zonu. Mreže koje se zasnivaju na koridorima podrazumevaju sa jedne strane povezivanje **terminala duž transportnih koridora** (najčešće železničkog ili rečnog vida transporta), a sa druge povezivanje svakog od njih sa više manjih satelitskih, fider terminala, koji ih "pothranjuju" robnim tokovima (najčešće drumskim vidom transporta). **Terminali u mreži sa fiksnim rutama** se nalaze na jednoj ili više transportnih ruta, koje se realizuju različitim vidovima transporta. Do sabiranja tokova dolazi samo između terminala na zajedničkim rutama. Mogu biti različite veličina pa se oni koji generišu veći obim tokova istovremeno mogu naći u više različitih ruta. **Terminali u mrežama sa alociranim rutama** dinamički, u realnom vremenu, postaju deo rute kao posledica stvarnih zahteva. Moguće su direktne veze između terminala različite veličine, ali kao i kod terminala na fiksnim rutama, oni koji generišu veći obim tokova imaju veći značaj i biće češće uključeni u rute.

"**Multifunkcionalna kopnena mreža**" se može organizovati kao *hub & spoke* mreža (eng. *hub & spoke*) u kojoj svi transportni tokovi prolaze kroz **centralni terminal - hab** (naziv asocira na glavčinu točka, eng. *hub*), koji je različitim vidovima transporta povezan sa velikim brojem satelitskih terminala različite veličine (veze podsećaju na žbice točka, eng. *spoke*). *Hub* je mesto najveće koncentracije tokova i najšire ponude

logističkih usluga (Zečević, 2006). Svi tokovi prolaze kroz *hub*, čak i ako su pošiljalac i primalac međusobno blizu.

Tabela 3.3. Klasifikacija IT prema mestu u mrežama (adaptirano iz Park i Medda (2010) i Woxenius (1997))

Kopnena mreža/ pomorska mreža	Multifunkcionalna	Intermodalna	Prosta
Kontinentalna	Terminali u dominantnim lukama	Terminali u superiornim lukama	Terminali u posrednim lukama
Regionalna	Terminali u svestranim lukama	Terminali u običnim lukama	Terminali u razvojnim lukama
Fider	Terminali u specijalizovanim lukama	Terminali u industrijskim lukama	Terminali u perifernim lukama
/	<i>Hub</i> terminali (u kopnenim <i>hub & spoke</i> mrežama)	Terminali za koridore	Terminali za direktne veze
/	/	Terminali za fiksne rute	/
/	/	Terminali za alocirane rute	/

Ukoliko se posmatra isključivo mesto, uloga i status terminala u mreži, bez obzira na dimenzije, lokaciju, obim tokova itd., IT mogu imati ravnopravni, podređeni ili dominantni položaj. Terminali sa ravnopravnim položajem se mogu povezati sa bilo kojim drugim terminalom u mreži, najčešće ne realizuju sabiranje zahteva, odnosno u njima se niti nakupljaju niti otpremaju tokovi radi nakupljanja u drugim terminalima. Iz terminala sa podređenim položajem se tokovi otpremaju ka terminalima sa dominantnijim položajem radi sabiranja sa tokovima iz drugih podređenih terminala. Ovi terminali se u literaturi najčešće nazivaju satelitski ili fider terminali. Terminali sa dominantnim položajem, tzv. *hub* terminali, su terminali u kojima se vrši sabiranje tokova iz više podređenih terminala. Terminal može biti *hub* za različite delove mreže, odnosno podmreže, ili za mrežu u celosti. Poseban tip *hub*-a predstavlja gejtvej (eng. *gateway*) terminal koji predstavlja vezu između različitih sistema, odnosno kapiju sistema. Gejtvej terminal uglavnom predstavlja obodni *hub* preko kog robni tokovi ulaze, odnosno napuštaju posmatranu mrežu ili određeni prostor (Zečević, 2006).

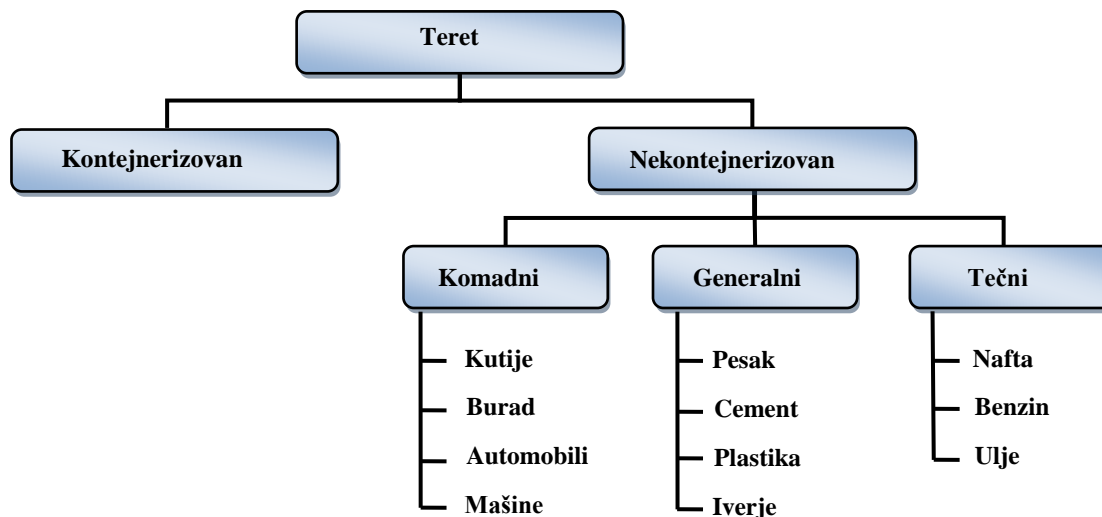
3.2. ELEMENTI OPERACIONOG NIVOVA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Elementi operacionog nivoa za definisanje strukture terminala obuhvataju elemente od kojih direktno zavisi broj, vrsta, učestalost, intenzitet i način realizacije procesa, aktivnosti i operacija u terminalu. Elementi koji pripadaju ovom nivou su (Krstić i dr., 2019b): vrsta tereta/transportnih jedinica (E_4), struktura funkcija i usluga terminala (E_5) i korisnici terminala (E_6), a detaljnije su opisani u nastavku.

3.2.1. Vrsta tereta/transportne jedinice

U intermodalnom terminalu se mogu pojaviti različite vrste tereta. Iako se prema definiciji u IT manipuliše ITU-ima, u praksi se pojavljuju različite vrste tereta i transportnih jedinica. Svi tereti se u najopštijem smislu mogu podeliti na kontejnerizovane i nekontejnerizovane (na Slici 3.4 je data osnovna podela tereta) (Middendorf, 1998). Nekontejnerizovani tereti se mogu podeliti u tri osnovne grupe: komadni (eng. *breakbulk*), generalni (eng. *dry bulk*) i tečni (eng. *liquid bulk*). Komadni tereti podrazumevaju teret koji se prevozi u kutijama, vrećama, buradima, balama, buntovima, na paletama i drugim tovarnim jedinicama, kao i ostale neupakovane terete kojima se pojedinačno rukuje, npr.: automobili, razne mašine, koilsi, balvani, bandere itd. Dakle komadni teret se odnosi na sve nekontejnerizovane terete koji se prevoze i kojima se manipuliše kao zasebnim jedinicama. Generalni tereti podrazumevaju suve rasute ili granularne materije koji se transportuju neupakovani, u rinfuzi. Najčešće se radi o žitaricama, različitim vrstama građevinskog materijala (npr. pesak, cement, šljunak, kreč itd.), sirovinama za proizvodnju (npr. plastične i gumene granule, drveno iverje itd.). Tečni tereti podrazumevaju transport neupakovanih tečnosti. Najčešće se radi o sirovoj nafti, prerađevinama nafte (npr. ulje, benzin), jestivim uljima itd. Posebnu kategoriju tereta čine kontejnerizovani tereti, odnosno transport različitih roba i materijala u transportnim jedinicama čiji se sastav tokom transporta ne menja. Pojam kontejnerizovan ne mora isključivo da znači da se kao ITU koristi kontejner (Notteboom i Rodrigue, 2009). Kao što je već opisano u poglavlju 2.1, iako su kontejneri najzastupljeniji oblik ITU-a, terminali mogu biti opremljeni ili specijalizovani za manipulisanje drugim ITU-ima kao što su: izmenljivi transportni sudovi, delovi vozila (sedlaste poluprikolice, železnička kola) ili čitava vozila

(drumskog, železničkog ili vodnog vida transporta). Vrsta tereta i ITU-a utiče na tehnologiju i strukturu podsistema, a samim tim i na celokupnu strukturu IT-a. Zbog toga su u nastavku navedene osnovne vrste i kategorije najčešće korišćenih ITU-a.



Slika 3.4. Osnovna podela tereta u terminalima (Middendorf, 1998)

U kontejnerima različitih tipova i dimenzija može se transportovati sve od džakova cementa do visoko tehnološke robe i od prehrambenih proizvoda do opasne robe i hemikalija. U zavisnosti od konstrukcije, odnosno tipa kontejnera u njima se mogu transportovati i sve prethodno pomenute kategorije tereta. Kontejneri se mogu razvrstati prema različitim kriterijumima (<https://www.containerhandbuch.de>, Vasiliauskas i Bazaras, 2006). Prema nameni kontejneri mogu biti univerzalni, koji se najčešće i koriste, i specijalni za robe koje zahtevaju posebne uslove prevoza (npr. za transport opasnih materija, oružja i sl.). Prema vrsti robe mogu biti za komadne, rasute i tečne terete, tzv. kontejneri cisterne. Prema veličini, odnosno nosivosti, mogu biti mali, srednji i veliki. Što se tiče dimenzija kontejnera, pojavljuju se u različitim dužinama od 10, 20, 30, 40, 45, 48 i 53 ft, širinama od 8 ft, 8 ft 3 in i 8 ft 6 in, i visinama od 8 ft, 8 ft 6 in i 9 ft 6 in. Kontejner dužine 20 stopa se koristi kao osnovna merna jedinica u intermodalnom transportu i označava se kao TEU (eng. *Twenty foot Equivalent Unit*). Prema konstrukciji mogu biti klasični, sklapajući, rasklapajući, samoistovarajući, zatvoreni, otvoreni, tzv. *open-top* (eng.) kontejneri itd. Prema vrsti materijala od kog su napravljeni mogu biti drveni, metalni, gumeni, plastični, od raznih legura itd. Prema mestu korišćenja mogu biti za prevoz unutar jedne zemlje ili za internacionalni prevoz.

Prema načinu prevoženja mogu biti kontejneri za direktan prevoz ili za kombinovani prevoz. Prema vrstama uređaja kojima su opremljeni mogu biti izotermički i kontejneri sa rashladnim uređajima, tzv. *frigo* (eng.) kontejneri. Prema mogućnosti pretovara mogu biti opremljeni točkićima i valjcima, tzv. kotrljajući (eng. *roll*) kontejneri ili sa specijalnim osloncima. Prema mogućnosti upotrebe najčešće su za višestruku upotrebu ali ima i onih koji su za jednokratnu upotrebu.

Većina navedenih klasifikacija za kontejnere važi i za izmenljive transportne sudove. Razlike se javljaju kod podele izmenljivih transportnih sudova na one koji se ne mogu slagati jedni na druge, koji čine veliku većinu, i one koji mogu, kao i kod dimenzija (Vasiliauskas i Bazaras, 2006). U odnosu na dimenzije postoje tri osnovna tipa izmenljivih transportnih sudova: A dužine od 12.192 do 13.600 mm, B dužine od 9.000 do 9.200 mm, i C dužine od 7.150 do 7.820 mm. Širine svih tipova su 2.550 mm, a visine 2.670 mm.

Sedlaste poluprikolice, železnička kola i kompletna transportna sredstva različitih vidova transporta se mogu koristiti kao transportne jedinice u različitim tehnologijama drumsko-železničkog, železničko-drumskog, rečno-pomorskog i kopneno-rečno-pomorskog transporta vozilo-vozilo, o kojima će biti više reči u nastavku.

3.2.2. *Struktura funkcija i usluga terminala*

Terminali intermodalnog transporta u zavisnosti od veličine, obima i intenziteta tokova, zahteva korisnika i drugih uticaja mogu imati različitu strukturu funkcija i usluga. Terminali u odnosu na dominantnu funkciju, odnosno kao tačke prelamanja distributivnih tokova, mogu biti sabirni, distributivni, sabirno-distributivni i tranzitni (Zečević, 2006). Sabirna funkcija podrazumeva povezivanje tokova mikrodistribucije sa tokovima makrodistribucije. Distributivna funkcija omogućava povezivanje tokova makrodistribucije i mikrodistribucije, sabirno-distributivna podrazumeva povezivanje tokova mikrodistribucije i mikrodistribucije, a tranzitna tokova makrodistribucije i makrodistribucije.

Što se tiče ostalih funkcija i usluga intermodalnih terminala različiti autori ih definišu i grupišu na različite načine i u skladu sa tim formulišu različite strukture terminala. Wiegmans i dr. (1999) funkcije IT klasifikuju kao centralne povezane i preusmerene. U

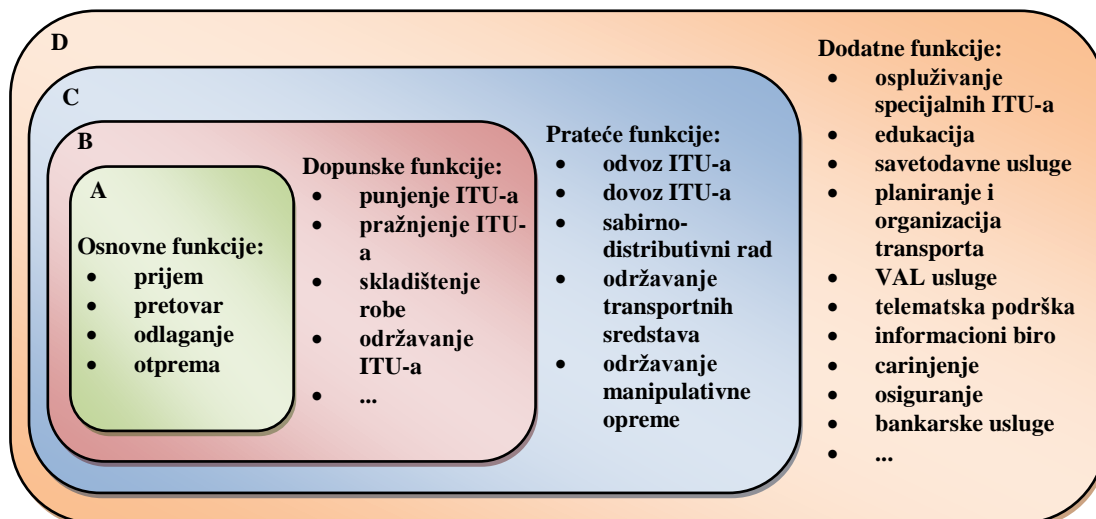
centralne funkcije ubrajaju utovar i istovar, direktan pretovar bez skladištenja, skladištenje i sabiranje zahteva. U povezane funkcije ubrajaju rukovanje (punjenje i pražnjenje transportnih jedinica i sl.), sakupljanje i isporuku, transport, praćenje i nadgledanje tereta i inteligentan transport (uz primenu informacionih tehnologija). U preusmerene funkcije ubrajaju proizvodnju, iznajmljivanje, zakup podсистema i prodaju drugih (nelogističkih) usluga, odnosno funkcije koje nisu direktno povezane sa delatnošću logistike. IT mogu imati različite kombinacije pomenutih funkcija. De Villiers (2015) definiše tri grupe funkcija: osnovne, VAL (eng. *Value Added Logistics* – logističke funkcije koje dodaju vrednost proizvodu) i komercijalno-finansijske funkcije, i u skladu sa tim tri osnovna tipa terminala pri čemu prvi tip realizuje samo osnovne funkcije, drugi osnovne i VAL funkcije, a treći realizuje sve tri grupe funkcija. U osnovne funkcije on ubraja: promenu vida transporta, pretovar, punjenje i pražnjenje transportnih jedinica i ostale manipulacije sa teretom, skladištenje komadnog, generalnog i tečnog tereta, skladištenje specijalnih vrsta robe (opasne, lako kvarljive robe itd.) i distribuciju robe. Pod VAL funkcijama podrazumeva: nakupljanje robe, kontrolu kvaliteta, pakovanje, inspeksijski nadzor, konsolidaciju, špeditorske i agencijske usluge, carinske usluge, osiguranje tereta, parkiranje transportnih sredstava, održavanje i servisiranje transportnih sredstava, pretovarne mehanizacije i transportnih jedinica, snabdevanje gorivom i informaciono-komunikacione usluge. U komercijalno-finansijske funkcije ubraja: usluge finansijskih institucija, usluge obezbeđenja, usluge smeštaja i ishrane i zdravstvene usluge.

Za potrebe ove disertacije je definisana klasifikacija funkcija po uzoru na klasifikaciju predloženu od strane Zečevića (2006), koja ima sličnosti sa klasifikacijom de Villiers-a (2015), ali je u odnosu na nju sveobuhvatnija i bolje sistematizovana. Zečević (2006) klasifikuje funkcije kao: osnovne, dopunske, pomoćne, upravno-informacione i tehničko-bezbednosne.

Osnovne funkcije obuhvataju transport, skladištenje i pretovar. Funkcija transporta podrazumeva unutrašnji transport kontejnera između pojedinih podсистema terminala kao što su pretovarni frontovi za različite vidove transporta, plato za odlaganje punih ITU-a, plato za odlaganje praznih ITU-a itd. Skladištenje se odnosi na vremenski ograničeno odlaganje ITU-a na za to predviđene površine u cilju usklađivanja

vremenske neusaglašenosti realizacije pojedinih faza transportnih lanaca. Pretovar podrazumeva prebacivanje ITU-a između transportnih sredstava različitih vidova transporta ili transportnih sredstava i platoa za odlaganje punih/praznih ITU-a. Dopunske funkcije mogu biti za transportna sredstva, pretovarno-transportnu mehanizaciju, transportne jedinice, teret i personal. Dopunske funkcije za transportna sredstva i pretovarno-transportnu mehanizaciju obuhvataju: parkiranje, negu, pripremu, održavanje i popravku; za transportne jedinice: punjenje i pražnjenje, održavanje, čišćenje i popravku; za teret: sortiranje, komisioniranje, preradu, doradu, pakovanje, obeležavanje, nakupljanje; i za personal: usavršavanje i obučavanje, ishranu, odmor, spavanje, rekreaciju, lečenje itd. Pomoćne funkcije se odnose na carinjenje, osiguranje, sanitarne usluge, usluge snabdevanja gorivom, vodom, energijom i ostalim potrošnim materijalima, PTT (Pošta Telefon Telegraf) i bankarske usluge. Upravno-informacione funkcije su funkcija razvoja, izdavanje i zakup sistema, organizacija transporta, telematska podrška, informacioni biro, edukacija itd. U tehničko-bezbednosne funkcije spada priprema i održavanje stabilnih sistema, obezbeđenje i uređenje prostora i objekata, održavanje infrastrukture i kontrola i obezbeđenje sistema.

U skladu sa opisanom klasifikacijom funkcija izvršena je i kategorizacija IT. Svi terminali imaju osnovne funkcije, a u zavisnosti od njihove uloge i značaja u sistemu intermodalnog transporta funkcije se proširuju, dopunjavaju tako da se terminali mogu podeliti u četiri kategorije: A, B, C i D. Slično kao i kod de Villiers (2015), svaka sledeća kategorija u ovom nizu je dopunjena u pogledu strukture funkcija (Zečević, 2006). Terminali kategorije A realizuju osnovne funkcije (prijem, pretovar, odlaganje i otprema transportnih sredstava i ITU-a), B realizuju osnovne i dopunske funkcije (npr. punjenje i pražnjenje ITU-a, skladištenje robe, održavanje ITU-a itd.), C pored pomenutih realizuju i prateće funkcije (npr. odvoz-dovoz ITU-a, sabirno-distributivni rad sa nekontejnerizovanom robom, održavanje voznog parka i manipulativne opreme itd.), i D pored svih prethodno pomenutih realizuju i dodatne funkcije, a u cilju dostizanja kompletne strukture logističkih usluga (npr., opsluživanje specijalnih ITU-a, edukativne i savetodavne usluge, planiranje i organizacija transportnih lanaca "od vrata do vrata", VAL (eng. *Value Added Logistics*) usluge itd.).



Slika 3.5. Kategorije intermodalnih terminala u odnosu na strukturu funkcija

3.2.3. Korisnici terminala

Korisnici terminala intermodalnog transporta predstavljaju interesnu grupu koja ima veliki uticaj na definisanje strukture terminala i od koje zavisi konkurentska prednost terminala. Vrsta i broj korisnika su u uzročno-posledičnoj vezi sa ostalim elementima za definisanje strukture terminala, a ta veza je najjača sa strukturom funkcija i usluga terminala. Sa jedne strane potencijalni korisnici terminala diktiraju strukturu funkcija i usluga, jer terminali (vlasnici, osnivači, operateri) kroz definisanje širokog spektra funkcija i usluga pokušavaju da ostanu konkurentni u odnosu na druge terminale ili druge načine i vidove transporta (npr. u odnosu na direktan drumski transport). Sa druge strane struktura funkcija i usluga diktira vrstu i broj korisnika koje će terminal uspeti da privuče. Odnosi između korisnika, vlasnika i operatera terminala kao različitih interesnih grupa će detaljnije biti opisani u nastavku.

Pod korisnicima terminala podrazumevaju se kupci usluga koje terminal pruža, koji mogu biti fizička ili pravna lica (češće pravna lica), vlasnici ili organizatori robno-transportnog toka koji prolazi kroz IT (Zečević, 2006). U odnosu na osnovnu delatnost mogu se podeliti na one kojima je osnovna delatnost logistika i organizacija transporta robe i one kojima to nije osnovna delatnost (Krstić i dr., 2019b; Wiegmans i dr., 1999). Korisnici kojima je logistika i organizacija transporta osnovna delatnost se mogu pojaviti kao vlasnici ili operateri IT-a. Korisnici kojima logistika i organizacija

transporta nije osnovna delatnost mogu biti industrijske, trgovačke i druge kompanije. Što se tiče vrste i broja korisnika, IT se mogu pojaviti u različitim varijantama, od varijanti sa jednim korisnikom, preko varijanti sa nekoliko korisnika iste vrste do varijanti koje podrazumevaju veliki broj različitih vrsta korisnika. Detaljnija struktura korisnika kao interesne grupe u procesima razvoja i funkcionisanja terminala, kao i njihovih zahteva i ciljeva će detaljnije biti opisani u nastavku (poglavlje 4.2).

3.3. ELEMENTI FIZIČKOG I PROSTORNOG NIVOVA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

U nastavku su prikazani elemenati koji utiču na fizičke i prostorne karakteristike terminala, kao što su (Krstić i dr., 2019b): lokacija (E_7), veličina (E_8), pokrivenost teritorije (E_9) i prostorna organizacija - *layout* (eng.) terminala (E_{10}).

3.3.1. Lokacija terminala

Efikasnost IT u velikoj meri zavisi od lokacije jer je većina faktora, karakteristika, aktivnosti, procesa i operacija u terminalu pod uticajem lokacije (Zečević i dr., 2017a). Najopštiji lokacijski aspekt razgraničenja podrazumeva definisanje položaja terminala u odnosu na makro i mikro okruženje. U odnosu na makro okruženje lokacija je zavisi od mesta i uloge terminala u mreži, pa se u skladu sa tim može izvršiti osnovna podela na terminale locirane u priobalnim oblastima i terminale u unutrašnjosti kopna, kao i podela na terminale locirane u urbanim sredinama, što je najčešće slučaj, i terminale u ruralnim sredinama (Teye, 2017). U odnosu na mikro okruženje lokacija terminala u najvećoj meri zavisi od: potreba i zahteva različitih interesnih grupa, položaja u odnosu na transportne koridore, logističke čvorove i povezanosti sa njima, ali i urbanih planova, geografije terena, sastava zemljišta, zaštićenih područja itd. Teoretski lokacija terminala u urbanim sredinama može imati široku disperziju, od najužih gradskih područja do periferije urbanih sredina, dok su u odnosu na saobraćajnu infrastrukturu moguće situacije od toga da su slabo tehnološki povezani sa transportnim čvorovima i magistralnim saobraćajnicama do toga da se nalaze u samim transportnim čvorovima i na magistralnim saobraćajnicama različitih vidova transporta. U praksi se međutim, sa aspekta mikro okruženja, IT najčešće lociraju u industrijskim i trgovačkim kompleksima, teretnim železničkim stanicama, lukama, aerodromima i robno-

transportnim centrima (Zečević, 2006). Kombinovanjem različitih aspekata lokacije dobijaju se različite tipične varijante lokacija IT. Lokacija terminala će detaljnije biti razmotrena u okviru poglavlja 10.

3.3.2. Veličina terminala (obim i intenzitet tokova)

Veličina IT se može iskazati primenom različitih izmeritelja. Notteboom i Rodrigue (2009) navode da se dimenzija IT može izraziti kroz obim tokova ili površinu zemljišta koju zauzima. Takođe navode da postoji jaka veza između veličine i funkcija terminala i da se veličina terminala može izraziti u odnosu na strukturu funkcija i usluga koje terminal realizuje. Sa druge strane Wiegmans i dr. (1999) definišu veličinu IT u odnosu na prisutne vidove transporta, obim tokova, , površinu koju zauzima, saobraćajnu infrastrukturu i resurse kojima raspolaže (broj transportno-manipulativnih sredstava). U odnosu na ove izmeritelje definišu pet osnovnih veličina terminala (Wiegmans i dr., 1999): XXL, XL, L, M i S: *XXL terminale* karakteriše veliki obim tokova, visok nivo iskorišćenja raspoloživih kapaciteta i mogućnost direktnog povezivanja sa pomorskim, železničkim, rečnim i drumskim transportom. Ostvaruju godišnji promet veći od 500.000 ITU-a, imaju u proseku više od dvadeset železničkih koloseka, oko 15 unutrašnjih drumskih transportnih linija i sopstvenu operativnu obalu. Imaju površinu veću od 40 ha i više od 4 ramnih ili mosnih dizalica. *XL terminali* takođe imaju mogućnost direktnog povezivanja sa pomorskim, železničkim, rečnim i drumskim vidovima transportom, ali imaju manji obim tokova, od 100.000 do 500.000 ITU-a godišnje. Mogu imati od 3 do 12 železničkih koloseka, površinu od 10 do 50 ha i 2 do 4 ramne ili mosne dizalice. *L terminali* imaju mogućnost direktnog povezivanja sa železničkim, rečnim i drumskim vidovima transporta, imaju godišnji obim tokova od 30.000 do 100.000 ITU-a, 3 do 4 železničkih koloseka, površinu od 10 do 30 ha i 1 do 2 mosne ili ramne dizalice. *M terminale* karakteriše znatno manji obim tokova u odnosu na prethodne, od 10.000 do 30.000 ITU-a godišnje. Imaju mogućnost direktnog povezivanja sa drumskim i železničkim ili drumskim i rečnim vidovima transporta. Najčešće imaju od 1 do 3 železničkih koloseka, površinu od oko 9 do 10 ha i samo jednu mosnu ili ramnu dizalicu. *S terminali* su najmanji terminali koji su najčešće direktno povezani jedino drumskim vidom transporta, uz mogućnost uspostavljanja indirektnih veza sa železničkim ili rečnim vidom transporta. Postoji mogućnost da se u

terminalu pojavi i direktna železnička veza ali najčešće se tada radi samo o jednom železničkom koloseku. Imaju godišnji obim tokova manji od 10.000 ITU-a, površinu manju od 9 ha i najčešće nemaju nijednu mosnu ili ramnu dizalicu.

U okviru projekta ITIP (2001) izvršena je klasifikacija IT prema povezanosti vidova transporta i godišnjem obimu tokova. *Drumsko-železnički terminali* za kontejnere, izmenljive transportne sudove i poluprikolice svrstavaju se prema veličini u tri grupe u kojima je obim tokova: manji od 20.000 ITU/god., između 20.000 i 100.000 ITU/god. i veći od 100.000 ITU/god. *Rečno-drumski terminali* za kontejnere mogu se svrstati u dve grupe u kojima je obim tokova: manji od 30.000 ITU/god. i veći od 30.000 ITU/god.. *Rečno-železničko-drumski terminali* za pretovar kontejnera mogu se svrstati u dve grupe u kojima je obim tokova: manji od 50.000 ITU/god. i veći od 50.000 ITU/god.. *Pomorski kontejnerski terminali sa drumsko-železničkom vezom* imaju obim tokova: manji od 100.000 ITU/god. i veći od 100.000 ITU/god.. *Pomorski kontejnerski terminali sa vezom na drumski, železnički i rečni transport* mogu imati obim tokova: manji od 200.000 ITU/god., između 200.000 i 500.000 ITU/god. i veći od 500.000 ITU/god.. *Drumsko-železnički bimodalni terminali* za pretovar specijalnih drumskih poluprikolica koje se pomoću posebnih postolja mogu koristiti i u železničkom vidu transporta imaju mali obim tokova od prosečno 10.000 ITU-a godišnje. *Železničko-železnički terminali* sa različitim elementima organizacije i prometa mogu imati obim tokova: manji od 300.000 ITU/god. i veći od 300.000 ITU/god. (Zečević, 2006). Kako se obim tokova pojavljuje kao najčešći izmeritelj za definisanje veličine terminala, u ovoj disertaciji je predložena klasifikacija na "male" IT, kapaciteta do 100.000 TEU/god, "srednje", kapaciteta 100.000 do 200.000 TEU/god, "velike", kapaciteta 200.000 do 400.000 TEU/god, "veoma velike", kapaciteta 400.000 do 1.200.000 TEU/god i "mega" IT, kapaciteta preko 1.200.000 TEU/god.

3.3.3. Pokrivenost teritorije (gravitaciona zona)

Gravitaciona zona je prostor sa kog se pokreću robno-transportni tokovi koji u jednoj fazi svog kretanja prolaze kroz IT (Zečević, 2006). Jedan terminal može imati različite zone privlačenja za različite robno-transportne tokove, tehnologije transportnih lanaca i različite vrste usluga (Zečević, 2006). Veličinu gravitacione zone terminala definišu različiti faktori, a najvažniji su (Notteboom & Rodrigue, 2009; Zečević, 2006): veličina

IT, struktura sistema i usluga terminala, struktura korisnika, struktura i intenzitet robno-transportnih tokova, geopolitički položaj regiona u kom se nalazi terminal, prisustvo i blizina transportnih koridora, saobraćajno-transportna povezanost terminala sa potencijalnim korisnicima, mesta i uloge terminala u mreži i gustina mreže itd.

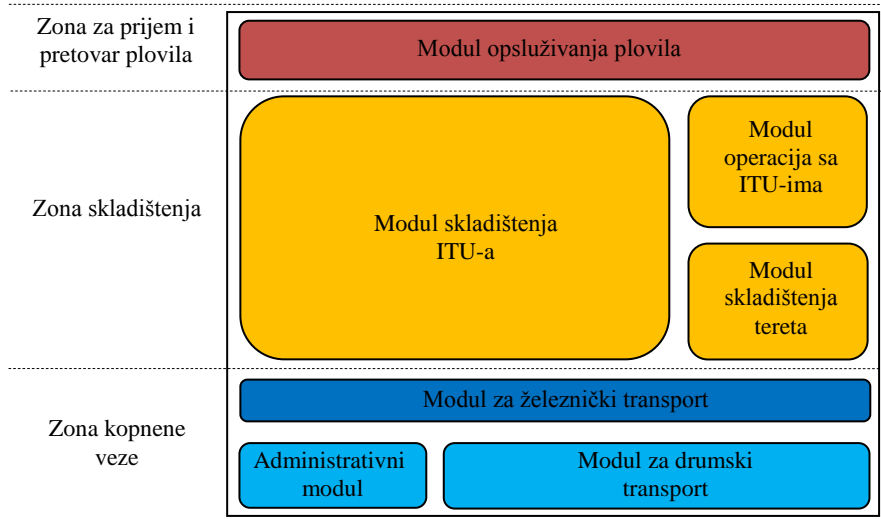
Prema veličini dominantne gravitacione zone terminali se mogu podeliti na: lokalne, nacionalne, međunarodne i mega svetske (Zečević, 2006). Dominantna gravitaciona zona lokalnih terminala obuhvata teritoriju grada, metropolitenskog područja ili pokrajine u kojoj se terminal nalazi. Nacionalni terminali privlače tokove sa teritorije cele države, a međunarodni teritorije više zemalja, regiona, dela ili celog kontinenta. Dominantna gravitaciona zona mega svetskih terminala je globalnog karaktera i može da pokriva bilo koju teritoriju na svetskom nivou. Pomenute grupe terminala mogu imati uticaj i u područjima užim od svoje dominantne gravitacione zone, pa je bitno razlikovati šire i uže gravitacione zone, pri čemu dominantna gravitaciona zona odgovara široj gravitacionoj zoni terminala. Tako npr. uža gravitaciona zona nacionalnog terminala može biti lokalno područje u kom se terminal nalazi, odnosno može se poklapati sa dominantnom gravitacionom zonom terminala lokalnog karaktera, uža gravitaciona zona međunarodnog terminala može biti teritorija zemlje u kojoj se terminal nalazi, odnosno može se poklapati sa dominantnom (široj) gravitacionom zonom terminala nacionalnog karaktera, a uža gravitaciona zona mega svetskog terminala može biti region ili čitav kontinent na kome se terminal nalazi, odnosno može odgovarati dominantnoj (široj) gravitacionoj zoni terminala međunarodnog karaktera. Odnos između terminala, gravitacione zone i mesta i uloge terminala u mreži, koja zavisi od ovog odnosa, je detaljnije opisana u poglavlju 3.1.3.

3.3.4. Prostorna organizacija terminala - layout

Intermodalni terminali se u odnosu na prostornu organizaciju i raspored podsistema mogu pojaviti u velikom broju različitih varijanti. Prilikom planiranja u obzir se moraju uzeti brojni parametri i potencijalne stohastičke interakcije između podsistema, potencijalnih tehnologija, obima i strukture tokova, prisutnih vidova transporta itd. Osim toga na mestu izgradnje terminala mogu postojati razna ograničenja, kao što su varijacije u kvalitetu zemljišta, nagib terena, različita topologija terena, oblik parcele za izgradnju itd., ali i postojanje infrastrukturnih elemenata, kao što su dalekovodi,

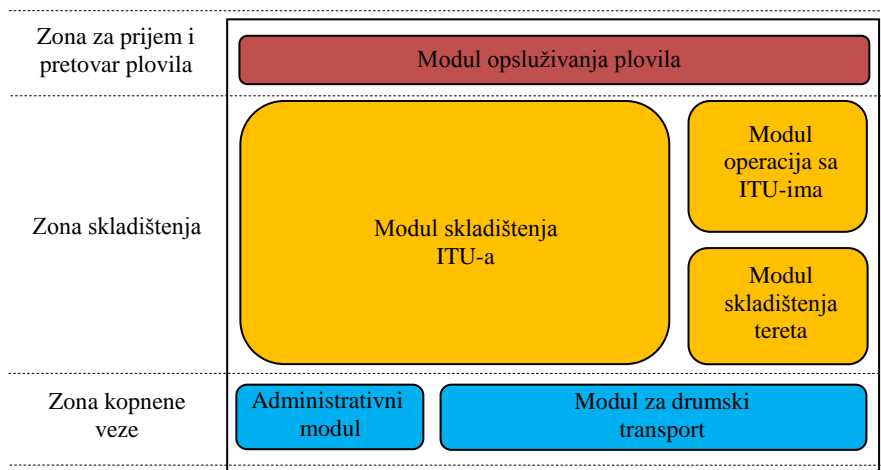
gasovodi i sl. Zbog svega navedenog proces izrade *layout* plana (plana prostorne organizacije podsistema) predstavlja veoma kompleksan proces. (Roy i de Koster, 2013) Međutim bez obzira na pomenute aspekte problema, većina terminala ima uporedive *layout-e*, koji se mogu svrstati u jedan od tipova prostornog rasporeda podsistema, a prema prisutnim vidovima transporta: *layout* za rečno/pomorsko-železničko-drumski terminal, *layout* za rečno/pomorsko-drumski terminal, *layout* za železničko-drumski terminal i *layout* za rečno/pomorsko-železnički terminal. Svaki od tipova terminala ima tipičnu strukturu zona, koje su definisane u odnosu na dominantne funkcije koje se u njima realizuju. Svaka zona se sastoji od modula, odnosno organizacionih jedinica koje mogu obuhvatati jedan ili više podsistema ili delove pojedinih podsistema (struktura podsistema će biti detaljnije opisana u poglavlju 3.4.2).

Terminali koji povezuju vodni, železnički i drumski vid transporta imaju sličan prostorni raspored podsistema, bez obzira da li se nalaze u rečnoj ili pomorskoj luci. Zona za prijem i pretovar plovila se nalazi uz samu operativnu obalu gde se primenom kranova vrši utovar/istovar kontejnera sa rečnih ili pomorskih brodova. U nastavku ove zone se nalazi zona za privremeno skladištenje ITU-a. Ova zona pored modula za skladištenje ITU-a (punih ili praznih kontejnera, univerzalnih, specijalnih ili frigo kontejnera), ima i modul za operacije sa kontejnerima (punjenje i pražnjenje kontejnera, održavanje, popravka i čišćenje kontejnera) i modul za skladištenje tereta (komadnog, generalnog, tečnog) u otvorenim ili zatvorenim skladištima. Na skladišnu zonu se nadovezuje tzv. zona kopnene veze u kojoj dominiraju funkcije povezane sa železničkim i drumskim transportom. U ovoj zoni se nalaze moduli kao što su železnički terminal, pri čemu on može biti odvojen u okviru zasebne zone, modul za drumski transport (unutrašnje drumske saobraćajnice i manipulativne površine), kao i administrativni modul (službe za realizaciju upravno-informacionih, tehničko-bezbednosnih i drugih funkcija, kontrolni punkt, kapija itd.). Zone međusobno povezuje prostor namenjen horizontalnom transportu u kom se realizuje transport punih i praznih kontejnera između zona za prijem i pretovar plovila i kopnene veze sa jedne strane i skladišne zone sa druge, primenom odgovarajućih transportno-manipulativnih sredstava. Šematski prikaz *layout-a* za rečno/pomorsko-železničko-drumski terminal je dat na slici 3.6 (Kemme, 2013).



Slika 3.6. Šematski prikaz layout-a za rečno/pomorsko-železničko-drumski terminal (adaptirano iz: Kemme, 2013)

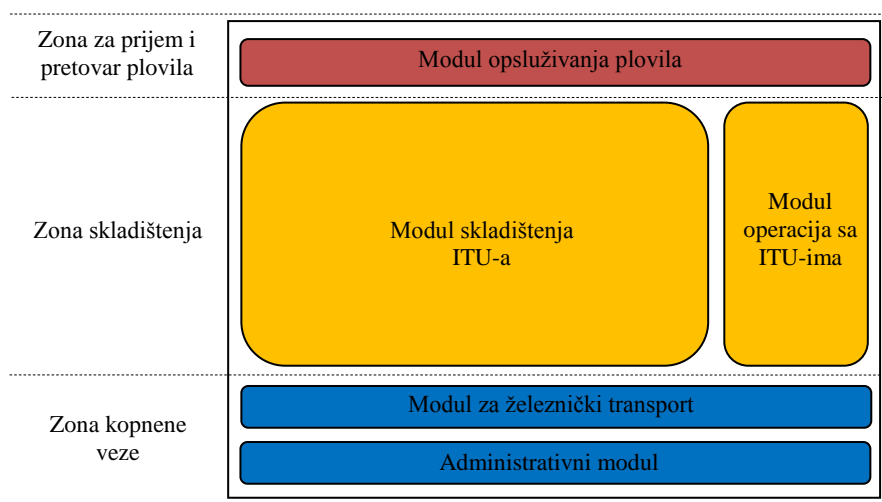
Terminali koji povezuju vodni i drumski vid transporta imaju jednostavniji oblik layout-a od prethodno opisanog. Za razliku od prethodnog nema modula za železnički transport, odnosno jedina kopnena veza se ostvaruje drumskim vidom transporta. Šematski prikaz ovog tipa layout-a je dat na slici 3.7.



Slika 3.7. Šematski prikaz layout-a za rečno/pomorsko-drumski terminal (adaptirano iz: Zhang i dr., 2016c)

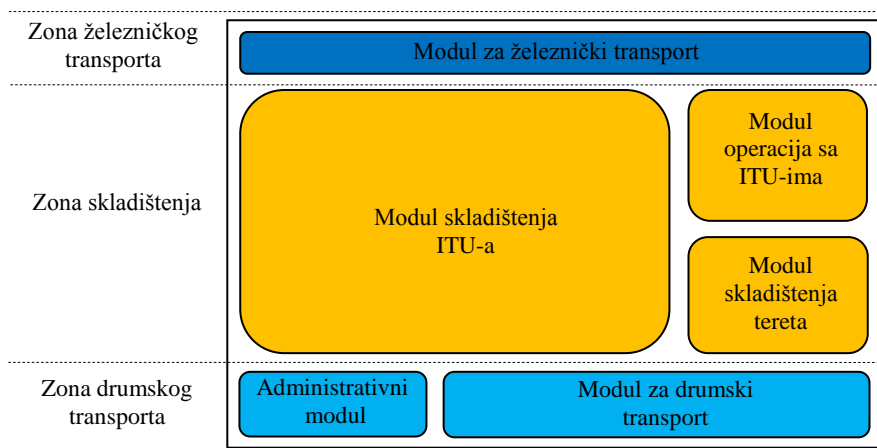
Kao i prethodni, layout za terminal koji povezuje vodni i železnički vid transporta predstavlja jednostavniju varijantu layout-a za rečno/pomorsko-železničko-drumski terminal. Ova tip layout-a se koristi isključivo za pretovarne terminale u kojima se

realizuje samo promena vida transporta sa pomorskog ili rečnog vida transporta na železnički vid transporta (Wiese i dr., 2011). To zapravo znači da u zoni skladištenja ne postoji modul za skladištenje (dekontejnerizovanog) tereta, a modul operacija sa ITU-ima ne obuhvata funkcije punjenja i pražnjenja kontejnera, već samo održavanje, popravku i čišćenje kontejnera. Upravno-informaciono-administrativni modul takođe obavlja manji broj funkcija jer su zahtevi za različitim kontrolama znatno manji. Šematski prikaz ovog tipa *layout*-a je dat na slici 3.8.



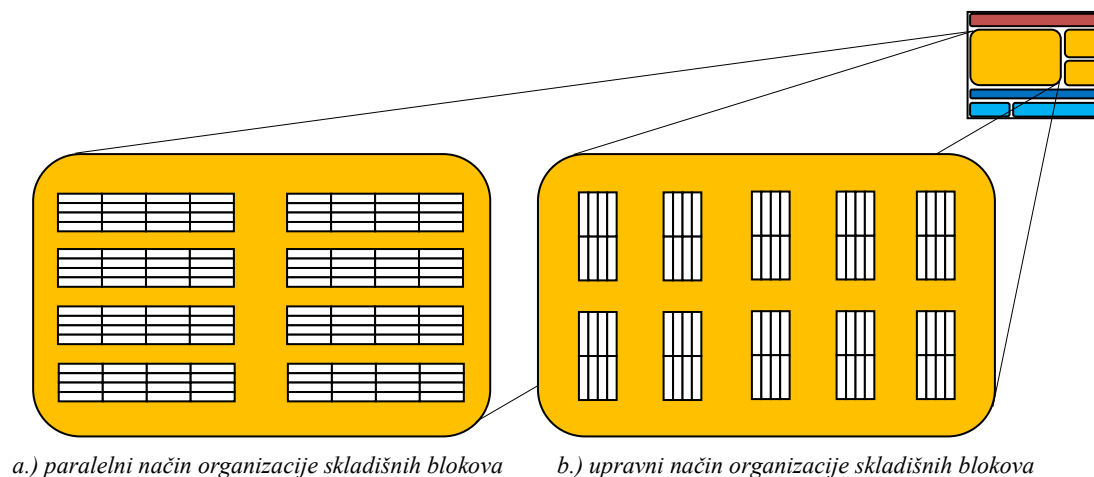
Slika 3.8. Šematski prikaz layout-a za rečno/pomorsko-železnički terminal
(adaptirano iz: Wiese i dr., 2011)

Layout-a terminala koji povezuje železnički i drumski transport karakteriše razdvojenost zona za drumski i železnički transport, između kojih se nalazi zona skladištenja. Šematski prikaz ovog *layout*-a je dat na slici 3.9. Ovaj tip *layout*-a se može pojaviti i u varijanti u kojoj se modul skladištenja delom ili u potpunosti nalazi u zoni drumskog transporta.



Slika 3.9. Šematski prikaz layout-a za železničko-drumski terminal (adaptirano iz: de Villiers, 2015)

Kako u *layout*-u svakog IT dominira prostor za skladištenje ITU-a i kako ovaj prostor u velikoj mjeri utiče na definisanje prostornog rasporeda ostalih podsistema (Wiese i dr., 2011) u nastavku je više pažnje posvećeno tom segmentu problema. Prostor za skladištenje ITU-a obuhvata skladišne blokove koji mogu imati različitu strukturu (u zavisnosti od vrste i veličina ITU-a), orijentaciju, dimenzije itd., i radnih prolaza između ovih blokova (Wiese i dr., 2011). Ovaj prostor zapravo obuhvata više različitih podsistema, kao što su plato za odlaganje punih kontejnera, plato za odlaganje praznih kontejnera, plato za odlaganje izmenljivih transportnih sudova i poluprikolica itd., o kojima će više reći biti u nastavku. Međutim bez obzira na to koje se jedinice skladište, prostor za skladištenje ITU-a se može organizovati na nekoliko tipičnih načina u zavisnosti od rasporeda skladišnih blokova i radnih prolaza, pri čemu oni mogu biti različitih dimenzija (dužina i širina, za blokove i visina). Brinkman (2011) navodi dva tipična načina organizacije skladišnih blokova, paralelno i upravno, mada se u praksi sreću i primeri kombinacije ova dva načina organizacije (Wiese i dr., 2011). Šematski prikaz paralelnog i upravnog načina organizacije skladišnih blokova je prikazana na slici 3.10 (a. paralelno, b. upravno). Kod paralelnog načina organizacije skladišni blokovi su paralelni sa operativnom obalom ili železničkim kolosekom, a kod upravnog blokovi su upravni na operativnu obalu ili kolosek.



Slika 3.10. Šematski prikaz načina organizacije skladišnih blokova (adaptirano iz: Wiese i dr., 2011)

3.4. ELEMENTI TEHNOLOŠKOG NIVOVA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

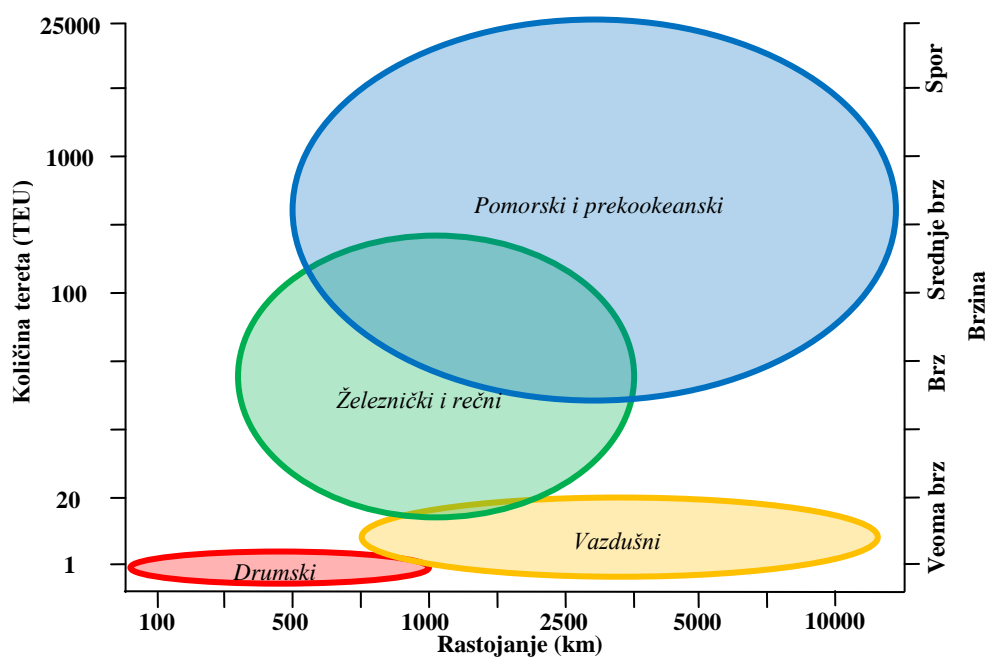
U ovom delu detaljnije su opisani tehnološki elementi za definisanje strukture IT (Krstić i dr., 2019b): povezanost vidova transporta i tehnologije transportnih lanaca (E_{11}), struktura podsistema (E_{12}) i tehnologije osnovnih podsistema terminala (E_{13}).

3.4.1. Povezanost vidova transporta i tehnologije transportnih lanaca

Vidovi transporta koji se mogu pojaviti u IT jesu vodni, železnički, drumski i ređe vazdušni. Što se tiče vodnog vida transporta on se može dalje podeliti na preookeanski (tzv. *deep-sea*, eng.), pomorski (tzv. *short-sea*, eng.) i transport na unutrašnjim plovnim putevima, rekama i plovnim kanalima (tzv. *inland waterway*, eng.) (Nazari, 2005). Preookeanski transport podrazumeva transport na velikim rastojanjima između luka koje se nalaze na različitim kontinentima. Realizuje se transportnim sredstvima, brodovima, velikog kapaciteta (i do preko 20.000 TEU-a) koji uglavnom saobraćaju na linijama između Evrope, Severne Amerike, Južne Amerike, Bliskog i Dalekog Istoga. Pomorski transport podrazumeva transport na kraćim pomorskim rastojanjima, uglavnom između zemalja na istom kontinentu. Obično transportna sredstva, brodovi, za pomorski transport imaju znatno manji kapacitet, od par stotina do par hiljada TEU-a. Transport na unutrašnjim plovnim putevima podrazumeva transport plovnim rekama i

kanalima u unutrašnjosti kopna. Rečna plovila za transport tereta, barže, imaju kapacitet od par desetina (80 TEU-a u Evropi, 96 TEU-a u Sjedinjenim Američkim Državama) do nekoliko stotina TEU-a (maksimalno 706 TEU-a u Evropi, 750 TEU-a u Sjedinjenim Američkim Državama). Železnički transport je glavni konkurent transportu na unutrašnjim plovnim putevima i jedini je kopneni vid transporta koji omogućava transport veće količine tereta u jednoj vožnji. Maksimalni kapacitet železničke kompozicije je do 90 TEU-a u Evropi i do 400, u nekim slučajevima čak i do 600 TEU-a u SAD-u. U skladu sa osnovnim karakteristikama, cenom, kapacitetom, fleksibilnošću itd., drumski vid transporta se uglavnom koristi za realizaciju odvožno/dovoznih operacija (transport od pošiljaoca do terminala i od terminala do primaoca). Drumski transportna sredstva imaju kapacitet od 2 TEU-a, mada su moguća i rešenja sa kapacitetom do 4 TEU-a ukoliko nema zakonskih ograničenja. Vazdušni transport je najmanje zastupljen vid u intermodalnom transportu zbog veoma visoke cene i malog kapaciteta. Transportna sredstva, avioni, koji se koriste za transport tereta imaju kapacitet od maksimalno 250 t. U vazdušnom transportu se ne mogu koristiti standardni kontejneri, već se koriste specijalni ULD (eng. *Unified Load Devices*) kontejneri, ali ukoliko bi se njihov kapacitet izrazio preko TEU-a dobio bi se kapacitet ekvivalentan 22 TEU jedinice. Osnovne karakteristike vidova transporta, koje utiču na njihov izbor za realizaciju određenih delova intermodalnog transportnog lanca, jesu rastojanje koje se njima može preći, kapacitet i brzina. Na slici 3.11 je prikazan dijagram odnosa ove tri veličine za pomenute vidove transporta.

Jasno je da drumski transport treba koristiti za brži transport manjih količina tereta na kraćim rastojanjima, vazdušni za veoma brz transport manjih količina tereta na srednjim do većim rastojanjima, železnički i rečni za transport velike količine tereta osrednjim brzinama na srednjim i dužim rastojanjima, pomorski i preokookeanski za sporiji transport velikih i veoma velikih količina tereta na srednjim (u slučaju pomorskog transporta), velikim i veoma velikim (u slučaju preokookeanskog transporta) rastojanjima (de Villiers, 2015).



Slika 3.11. Odnos rastojanja, kapaciteta i brzine za različite vidove transporta
(adaptirano iz: de Villiers, 2015)

U odnosu na broj prisutnih vidova transporta IT se mogu podeliti na unimodalne, bimodalne i trimodalne. *Unimodalni terminali* podrazumevaju da je u terminalu prisutan samo jedan vid transporta. Iako bi u IT, prema definiciji intermodalnog transporta, trebalo da budu prisutna najmanje dva vida transporta u praksi postoje terminali koji opslužuje transportna sredstva samo jednog vida transporta (drumskog, železničkog, vodnog). Osnovna uloga ovih terminala je konsolidacija tokova, tj. sabiranje zahteva u vremenu i prostoru, odnosno pretežno se radi o fider terminalima. *Bimodalni terminali* mogu povezivati bilo koja dva vida transporta ali se u praksi najčešće radi o pomorsko-drumskim, rečno-drumskim i železničko-drumskim terminalima, i ređe pomorsko-železničkim, rečno-železničkim i vazdušno-drumskim. *Trimodalni terminali* mogu povezivati bilo koja tri vida transporta, ali se u praksi najčešće pojavljuju pomorsko-železničko-drumski i rečno-železničko-drumski. U trimodalnim terminalima ne mora da postoji mogućnost povezivanja svih mogućih parova vidova transporta. U Evropi se na primer u trimodalnim terminalima najčešće ostvaruje veza između vodnog i drumskog, i železničkog i drumskog, a znatno ređe između vodnog i železničkog vida transporta (Notteboom i Rodrigue, 2009).

Osim vidova transporta bitno je razmotriti i tehnologije intermodalnih transportnih lanaca jer one značajno utiču na tehnologije podsistema u terminalu, naročito tehnologije pretovara i skladištenja. Najzastupljenija je tehnologija kontejnerskog transporta, u kojoj se kao transportna jedinica koristi kontejner. Pored ove tehnologije prisutne su i tehnologije u kojima se kao transportne jedinice pojavljuju delovi vozila ili cela vozila, a razlikuju se (Zečević, 2006): drumsko-železničke, železničko-drumске, kopneno-rečno-pomorske i rečno-pomorske. *Drumsko-železničke tehnologije transporta* podrazumevaju transport celih ili delova drumskih transportnih sredstava železničkim transportnim sredstvima. Mogu se podeliti u dve podgrupe: tehnologije praćenog prevoza (tehnologija A, pokretne autostrade) i nepraćenog prevoza (tehnologije B, C i D). Tehnologija A podrazumeva transport čitavog drumskog transportnog sredstva, najčešće tegljača sa poluprikolicom, a naziva se praćenom jer vozilo tokom železničkog transporta prati vozač. Tehnologija B podrazumeva transport sedlastih poluprikolica, a tehnologija C transport izmenljivih transportnih sudova železničkim kolima. Tehnologija D podrazumeva transport specijalnih poluprikolica na posebnim železničkim postoljima. *Železničko-drumске tehnologije transporta* podrazumevaju transport železničkih kola drumskim poluprikolicama, najčešće usled nedostatka koloseka na određenim deonicama puta. *Kopneno-rečno-pomorske tehnologije transporta* podrazumevaju transport čitavih vozila ili delova vozila drumskog ili železničkog vida transporta (mogu se transportovati i kontejneri ali na specijalnim postoljima-trejlerima) rečnim baržama ili pomorskim brodovima. Ove tehnologije se još nazivaju i RO-RO tehnologije jer se pretovar vrši horizontalnim kretanjem delova ili čitavih vozila. *Rečno-pomorske tehnologije transporta* podrazumevaju transport rečnih barži sredstvima pomorskog transporta, ali ova tehnologija nije interesantna sa aspekta strukture terminala jer se pretovar vrši izvan njih.

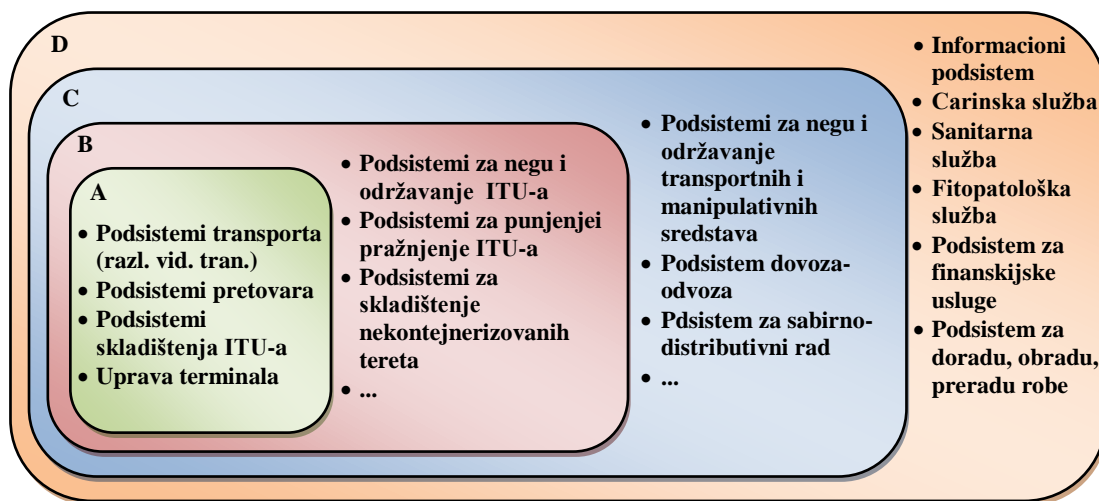
3.4.2. *Struktura podsistema*

IT je kompleksan sistem u kome se realizuje veliki broj međusobno povezanih funkcija, operacija i aktivnosti. Kako bi terminal kao sistem uspešno funkcionisao moraju uspešno da funkcionišu svi njegovi delovi, podsistemi . Podsistemi terminala predstavljaju funkcionalno zaokružene jedinice koje su zadužene za delimičnu ili potpunu realizaciju jedne ili više funkcija.

U literaturi se mogu naći primeri strukturiranja IT koje, bez obzira na određene razlike i različite nazive podsistema, imaju istu osnovu. Prema ovim podelama sistem IT se deli na podsysteme vodne veze, skladištenja i kopnene veze (Kemme, 2013; Brinkmann, 2011; Steenken i dr., 2004). Svi autori definišu da je podsystem vodne veze zadužen za realizaciju funkcija prijema/otpreme i pretovara transportnih sredstava vodnog transporta, ali različito definišu preostala dva podsistema. Prema Kemme (2013) podsystem skladištenja realizuje, funkcije skladištenja ITU-a i nekontejnerizovanih tereta, kao i funkcije punjenja i pražnjenja, održavanja i popravke ITU-a, odlaganje i popravka praznih tovarno-manipulativnih jedinica (paleta) itd., a podsystem kopnene veze funkcije prijema/otpreme i pretovara drumskih i železničkih transportnih sredstava kao i sve administrativne funkcije. Prema Böse (2011) i Brinkmann (2011) funkcije skladištenja nekontejnerizovanih tereta, punjenja i pražnjenja kontejnera, održavanja i popravke kontejnera, odlaganje i popravka praznih tovarno-manipulativnih jedinica itd. se realizuju u podsystemu kopnene veze umesto u podsystemu skladištenja. Razlika je i u tome što Kemme (2013) kao poseban podsystem izdvaja podsystem horizontalnog transporta, dok se kod Böse (2011) i Brinkmann (2011) funkcija horizontalnog transporta obavlja u svim podsystemima. Međutim, ove klasifikacije su previše uopštene, podsystemi su glomazni i obuhvataju veliki broj različitih funkcija, a pretežno se odnosi na terminale u pomorskim lukama pa nije univerzalno primenljiva.

Kako na strukturu podsistema u najvećoj meri utiče struktura funkcija (poglavlje 3.2.2), podsysteme IT možemo podeliti na one za realizaciju: osnovnih, dopunskih, pratećih i dodatnih funkcija. Grupu *podsistema za realizaciju osnovnih funkcija* čine podgrupe podsistema: prisutnih vidova transporta, skladištenja ITU-a, pretovara i uprave terminala. U podgrupu podsistema transporta ubrajaju se podsystemi drumskog transporta: unutrašnje drumske saobraćajnice, parking za teretna vozila, ulazno/izlazni kontrolni punkt, *checkpoint* (eng.) itd.; podsystemi železničkog transporta: železnički koloseci za pretovar kontejnera i izmenljivih transportnih sudova, za pretovar *huckepack* (nem.) jedinica itd.; podsystemi vodnog transporta: operativna obala i vezovi za rečne barže i pomorske brodove; podsystemi za vazdušni transport: piste i manipulativne površine za teretne avione. U podgrupu podsistema skladištenja ITU-a ubrajaju se: platoi za odlaganje punih, praznih, oštećenih kontejnera itd.. U podgrupu podsistema pretovara spadaju: manipulativne površine (platoi za odlaganje kontejnera u

zoni dejstva pretovarnog krana), pretovarna postrojenja (transportno-manipulativna mehanizacija), sistemi za direktan pretovar između različitih vidova transporta (npr. drum-železnica, drum-vodni, železnica-vodni). U grupu *podсистема za realizaciju dopunskih funkcija* spadaju podсистemi za: punjenje i pražnjenje, pranje i čišćenje, popravku, negu i održavanje kontejnera, skladištenje nekontejnerizovanih tereta, odnosno razna otvorena i zatvorena skladišta. U grupu *podсистема za realizaciju pratećih funkcija* spadaju podсистemi za: negu i održavanje transportnih sredstava i transportno-manipulativne mehanizacije, odvoz i dovoz kontejnera, realizaciju sabirno-distributivnog rada. Grupa *podсистема za realizaciju dodatnih funkcija* obuhvata: podсистeme za opsluživanje specijalnih kontejnera (plato za odlaganje *frigo* i drugih specijalnih kontejnera), informacioni podсистem, tehnička služba, podсистem dorade, prerade i drugih dopunskih funkcija za robu, carinska služba, carinsko skladište, sanitarna služba, fitopatološka služba, podсистem snabdevanja gorivom i drugim potrošnim materijalima, službe za pružanje finansijskih usluga itd. U skladu sa opisanom strukturom podсистema definisane su 4 kategorije IT: A, B, C i D (Slika 3.12).



Slika 3.12. Kategorije intermodalnih terminala u odnosu na strukturu podсистema

Struktura podсистema je definisana sa funkcionalnog aspekta, a u fizičkom smislu se različiti podсистemi mogu naći u okviru istog objekta ili jedan podсистem može biti prostorno podeljen pri čemu se delovi mogu nalaziti u različitim objektima. Primeri za prvi slučaj su podсистemi uprave terminala, carinske službe, informacioni podсистem itd. koji se fizički mogu nalaziti u okviru jednog objekta (npr. upravnoj zgradi), ili platoi za

odlaganje punih, praznih, specijalnih, frigo, oštećenih ITU-a koji se mogu fizički nalaziti na jednoj površini. Primer za drugi slučaj su pretovarna postrojenja koja se jednim delom mogu nalaziti na manipulativnim površinama a drugim delom u podsistemima za skladištenje.

Fizički aspekt podsistema je bitno sagledati i u odnosu na definisane tipične prostorne rasporede podsistema - *layout-e* (opisane u poglavlju 3.3.4), odnosno detaljnije objasniti vezu između modula i podsistema. Modul opsluživanja plovila obuhvata podsysteme operativne obale i vezova za rečne barže i pomorske brodove, kao i delove podsistema pretovara i manipulativnih površina. Modul za železnički transport obuhvata železničke koloseke za kontejnere, izmenljive transportne sudove i *huckepack* jedinice, kao i delove podsistema pretovara i manipulativnih površina. Modul za drumski transport obuhvata podsysteme unutrašnjih drumskih saobraćajnica, parkinga za teretna vozila, podsystem održavanja vozila itd., kao i delove podsistema pretovara i manipulativnih površina. Modul skladištenja ITU-a obuhvata podsysteme za skladištenje ITU-a (plateo za pune, prazne, frigo i druge kontejnere) i delove podsistema pretovara i manipulativnih površina. Modul operacija sa ITU-ima obuhvata podsysteme punjenja i pražnjenja kontejnera, nege i održavanja kontejnera i deo podsistema pretovara. Modul za skladištenje tereta obuhvata skladišta za nekontejnerizovane terete, carinsko skladište, deo pretovarnog podsistema itd. Administrativni modul obuhvata podsysteme kao što su uprava terminala, razne službe (carinska, sanitarna, fitopatološka itd.), informacioni podsystem itd.

3.4.3. Tehnologije osnovnih podsistema

Svaki od podsistema podrazumeva prisustvo različitih tehnoloških elemenata koji omogućavaju realizaciju odgovarajućih funkcija podsistema. Tehnologije osnovnih podsistema (transporta, skladištenja i pretovara) u najvećoj meri utiču na ostale elemente strukture IT. U skladu sa tim u ovom poglavlju će detaljnije biti opisane osnovne karakteristike tehnologija ovih podsistema.

Tehnologija transporta. Podsystem transporta realizuje prijem i otpremu transportnih sredstava prisutnih vidova transporta u i iz IT, kao i unutrašnji horizontalni transport između ostalih podsistema. Tehnologija podsistema transporta u najvećoj meri zavisi od

prisutnih vidova transporta, ali i od mesta i uloga terminala u mreži, pokrivenosti teritorije, tehnologije transportnih lanaca, vrsta transportnih jedinica, *layout*-a itd. Tehnologija ovog podsistema obuhvata procese, aktivnosti i tehnološke zahteve, kao i način i redosled njihove realizacije i razlikuje se za svaki terminal. Međutim mogu se definisati određeni procesi i zahtevi koji su opšti i zajednički svim terminalima i oni su opisani u nastavku.

Transportni procesi u terminalu se mogu podeliti na procese povezane sa spoljnim i unutrašnjim transportom. Procesu u vezi spoljnog transporta podrazumevaju prijem i otpremu sredstava različitih vidova transporta, opisanih u poglavlju 2.2, koja dopremaju/otpremaju robu do/iz terminala. Za sve vidove transporta zajedničko je da se po prispeću transportnog sredstva realizuju administrativne, bezbednosne, kvantitativne i kvalitativne provere. Što se tiče vodnog (pomorskog ili rečnog) transporta, po prispeću brodova u terminal (luku) vrši se dodeljivanje priveza (veza) na kome će se izvršiti pretovar. Nakon toga, ukoliko je potrebno, posebno opremljena plovila (remorkeri) vrše usmeravanje i pozicioniranje brodova na dodeljene vezove i započinje proces pretovara. U železničkom transportu čitava železnička kompozicija ulazi u terminal, ukoliko terminal raspolaže kolosecima dovoljno velike dužine i ukoliko se na svim železničkim kolima nalazi roba koja je upućena u terminal. U suprotnom kompozicija se zaustavlja u najbližoj ranžirnoj stanici gde se izdvajaju železnička kola koja se upućuju u terminal. Kod drumskog vida transporta vozila ulaze u terminal, kreću se unutrašnjim drumskim saobraćajnicama i upućuju na mesto pretovara ukoliko ima slobodnih pretovarnih mesta, ili na parking dok se ne oslobodi pretovarno mesto. Procesu transporta robe drumom se mogu realizovati i na relaciji terminal-železnička teretna stanica ili terminal luka u slučajevima kada terminal ne ostvaruje direktnu vezu sa železničkim ili vodnim vidom transporta a nalazi se u njihovoj neposrednoj blizini. U ovakvim slučajevima ovi procesi se mogu posmatrati i kao unutrašnji transport.

Što se tiče unutrašnjeg transporta istovareni kontejneri se transportuju transportno-manipulativnim sredstvima, koja imaju mogućnost horizontalnog transporta, do platoa za odlaganje (skladištenje) kontejnera, ili u obrnutom smeru u slučaju otpreme kontejnera (Steenken i dr. 2004). Takođe se mogu realizovati procesi unutrašnjeg transporta ukoliko su unutar terminala odvojeni platoi za skladištenje punih i praznih

kontejnera ili između platoa za skladištenje kontejnera i podsistema za punjenje, pražnjenje, servisiranje i održavanje kontejnera, kao i transport robe do skladišta dekontejnerizovane robe, ukoliko ono postoji. Glavni cilj prilikom realizacije ovih procesa jeste efikasan, neometan i brz transfer kontejnera između mesta pretovara i skladištenja (Nazari, 2005). Kako bi se postigao ovaj cilj moraju se doneti prave odluke po pitanju izbora tipa i broja transportno-manipulativnih sredstava, njihovog rasporeda korišćenja i ruta kretanja (Vis i de Koster, 2003). Transportno-manipulativna sredstva se mogu razlikovati po pitanju kapaciteta, fleksibilnosti, brzine kretanja, stepena automatizacije i drugim karakteristikama. Međutim za transportno-manipulativna sredstva koja se koriste za horizontalni transport najznačajnija karakteristika je mogućnost zahvatanja i podizanja kontejnera. Ukoliko sredstva nemaju mogućnost samostalnog zahvatanja i podizanja ona se moraju pretovariti u zonama dejstva pretovarnih kranova, ili su neophodna neka dodatna transportno-manipulativna sredstva za utovar/istovar kontejnera na/sa njih. U tom slučaju, kako bi se obezbedila produktivnost čitavog terminala, neophodna je dobra koordinacija ovih sredstava. Sa druge strane ukoliko transportno-manipulativna sredstva imaju mogućnost samostalnog zahvatanja i odlaganja nisu potrebna dodatna transportno-manipulativna sredstva što pruža određen nivo fleksibilnosti i nezavisnosti pojedinih podsistema (Kempe, 2013; Saanen 2007; Steenken i dr. 2004; Meersmans i Dekker 2001). Transportno-manipulativna sredstva koja se mogu koristiti za horizontalni unutrašnji transport biće navedena u nastavku.

Za transportno-manipulativna sredstva koja se koriste za horizontalni transport se mogu definisati različiti transportni ciklusi i alokacijske šeme. Sredstva mogu biti isključivo dodeljena jednom pretovarnom kranu („posvećena šema“) ili većem broju kranova („objedinjena šema“). Osim toga sredstva mogu funkcionisati u jednofaznom ciklusu ili dvofaznom ciklusu. U jednofaznom ciklusu sredstva transportuju ITU-e od mesta pretovara do mesta uskladištenja ili u suprotnom smeru, dok u dvofaznom ciklusu sredstva realizuju transport ITU-a u oba smera. Uglavnom je jednofazni ciklus povezan sa „posvećenom šemom“ alociranja, dok je dvofazni ciklus povezan sa „objedinjenom šemom“ alociranja (Steenken i dr. 2004). Osim ovoga postoje razlike koje se tiču smera transporta ITU-a. Prilikom transporta kontejnera u smeru od mesta pretovara do mesta skladištenja ne mora se voditi računa o redosledu, dok se u suprotnom smeru mora

striktno voditi računa o redosledu dovoženja kontejnera jer se mora ispoštovati redosled utovara kontejnera na sredstvo spoljnog transporta. Zbog toga se unutrašnji transport od mesta skladištenja do mesta pretovara mora pažljivo planirati kako ne bi došlo do zagušenja i kašnjenja (Kemme, 2013; Steenken i dr. 2004).

Tehnologija pretovara. Podsystem pretovara realizuje procese istovara i utovara ITU-a na i sa transportnih sredstava različitih vidova transporta, uskladištenje i iskladištenje ITU-a, kao i manipulacije u podsystemima punjenja, pražnjenja, servisiranja, održavanja itd. Kao i u slučaju transportnog podsystema, opis tehnologije bi podrazumevao opis svih aktivnosti i procesa koji su specifični za svaki konkretan terminal, zbog čega su u nastavku opisani procesi i tehnološki elementi zajednički svim terminalima.

Najbitniji proces podsystema pretovara jeste utovar i istovar ITU-a na/sa transportnog sredstva bilo kog vida transporta. Ovaj proces otpočinje određivanjem broja i vrste transportno-manipulativnog sredstva koje će se dodeliti vozilu. Što se tiče vodnog vida transporta za manje brodove se obično dodeljuju jedno do dva transportno-manipulativna sredstva, dok se za veće brodove najčešće dodeljuje četiri do šest, a nekada i više (Steenken i dr. 2004). Za železničke kompozicije je to obično jedno, do dva transportna-manipulativna sredstva u zavisnosti od dužine koloseka, odnosno kompozicije, dok drumska transportna sredstva najčešće pretovara jedno. Redosled istovara i utovara ITU-a na transportna sredstva je najpažljivije potrebno planirati za brodove jer se njima transportuje veliki broj ITU-a. Plan istovara kontejnera sadrži informacije koje kontejnere treba istovariti i u kom se delu broda oni nalaze, dok plan utovara kontejnera pored ovih sadrži i informacije kojim redosledom kontejnere treba utovariti (Kemme, 2013). Vrlo često se procesi utovara i istovara kontejnera realizuju istovremeno. Osnovni cilj prilikom realizacije ovih procesa jeste minimizacija vremena zadržavanja broda (Steenken i dr. 2004). Nakon izvršenih procesa pretovara vozila se otpremaju. Nakon istovara i horizontalnog unutrašnjeg transporta realizuje se proces uskladištenja kontejnera na odgovarajući plato, što će detaljnije biti opisano u nastavku. Prilikom otpreme kontejnera procedura je obrnuta.

Što se tiče vrste transportno-manipulativnih sredstava, u zavisnosti od dominantnih funkcija koje realizuju mogu se podeliti na sredstva sa dominantnim horizontalnim dejstvom i dominantnih vertikalnim dejstvom. Sredstva sa dominantnim horizontalnim

deјstvom se isključivo koriste za unutrašnji transport između podsistema u terminalu, dok se sredstva sa dominantnim vertikalnim deјstvom pretežno koriste za pretovar transportnih sredstava i procese uskladištenja/iskladištenja ITU-a. Sredstva sa dominantnim horizontalnim deјstvom se dalje mogu podeliti na aktivna, koja imaju mogućnost samostalnog zahvatanja i odlaganja ITU-a, i pasivna koja nemaju tu mogućnost i koja zahtevaju pomoć sredstava sa dominantnim vertikalnim deјstvom za realizaciju ovih aktivnosti. Najčešće korišćena aktivna sredstva sa dominantnim horizontalnim deјstvom su: kontejnerski jahač (eng. *Straddle Carrier* – SC) i samoutovarujuća poluprikolica (eng. *Self-Loading Trailer* – SLT), a pasivna: sistem šasija (eng. *Truck-Trailer* – TT), automatski vođena vozila (eng. *Automated-Guided Vehicle* – AGV) i auto-voz (eng. *Multi-Trailer System* – MTS). Što se tiče transportno-manipulativnih sredstava sa dominantnim vertikalnim deјstvom najčešće korišćena su: teleskopski manipulator (eng. *Reach Stacker* – RS), čeoniljičkar (eng. *Front Lift Tractor* – FLT), bočniljičkar (eng. *Side Loader* – SL), dizalica na točkovima (eng. *Rubber Tired Gantry crane* – RTG), dizalica na šinama (eng. *Rail Mounted Gantry crane* – RMG), mosna dizalica (eng. *Overhead Bridge crane* – OHB), kran za pretovar voda-obala (eng. *Ship to Shore crane* – SS ili *Quay Crane* - QC), pokretni lučkil kran (eng. *Mobile Harbour crane* – MH), itd. (Kemme, 2013; Brinkmann, 2011) Od navedenih transportno-manipulativnih sredstava za pretovar pomorskih i rečnih plovila koristi se SS i MH, za pretovar drumskih i železničkih transportnih sredstava SC, RS, RTG, RMG, TT (samo za drumska), FLT i SL, za horizontalni transport RS, FLT, SLT, TT, SC, AGV, MTS i SL, za uskladištenje/iskladištenje ITU-a SC, RTG, RMG, OHB i RS.

Prisutnost određenih transportno-manipulativnih sredstava u IT pored toga što zavisi od prisutnih vidova transporta i tehnologija transportnih lanaca, zavisi i od veličine terminala, odnosno intenziteta tokova. Svako od navedenih sredstava ima različite karakteristike po pitanju kapaciteta, odnosno broja ITU-a koje može da opsluži u određenom vremenskom periodu, pa se u terminalima sa većim intenzitetom tokova koriste sredstva kao što su: RTG, RMG, OHB, SS i MH, a u terminalima sa manjim intenzitetom sredstva: SC, RS, TT, FLT, SL, AGV, MTS i SLT. To ne znači da se u terminalima sa većim intenzitetom tokova ne pojavljuju sredstva manjeg kapaciteta u svojstvu ispomoći drugim sredstvima, niti da se u terminalima sa manjim intenzitetom

tokova ne može pojaviti sredstvo većeg kapaciteta. Na izbor sredstava pored kapaciteta utiče i cena, brzina, visina podizanja i druge tehno-eksploatacione karakteristike, a ovo će detaljnije biti obrađeno u okviru poglavlja 11.

Pored navedenih transportno-manipulativnih sredstava u IT su prisutna i sredstva za manipulaciju nekontejnerizovanim teretima, odnosno sredstva za realizaciju procesa punjenja i pražnjenja ITU-a, uskladištenja i iskladištenja tereta itd. Za realizaciju ovih operacija se koriste različiti tipovi paletnih kolica, viljuškara, kareta itd.

Tehnologija skladištenja. Podsystemi skladištenja ITU-a predstavljaju dominantnu grupu podsystema IT, kako u prostornom tako i u funkcionalnom smislu. Većina operacija u terminalu počinje ili se završava u podsystemima skladištenja a efikasnost operacija zavisi od primenjenih transportno-manipulativnih sredstava, *layout*-a, kao i operativnih odluka poput raspoređivanja kontejnera i rutiranja sredstava. Tehnologija podsystema skladištenja podrazumeva opis aktivnosti uskladištenja, skladištenja i iskladištenja ITU-a i ostale nekontejnerizovane robe. Za realizaciju aktivnosti uskladištenja i iskladištenja se koriste sredstva koja su već navedena a samo skladištenje se može realizovati primenom različitih tehnoloških rešenja.

Ukoliko se ITU dovozi do platoa za skladištenje sredstvima koja nemaju mogućnost samostalnog zahvatanja i odlaganja ITU-a, za uskladištenje/iskladištenje i slaganje ITU-a potrebno je angažovati dodatna sredstva. Ukoliko se pak koriste sredstva sa mogućnošću samostalnog zahvatanja i odlaganja ITU-a, ona sama realizuju ove procese.

ITU-i se skladište na platoima, uređenim otvorenim površinama, koje u zavisnosti od vrste kontejnera mogu biti opremljene dodatnom opremom, npr. priključcima na električnu energiju za *frigo* kontejnere. Postoje dve osnovne tehnologije skladištenja ITU-a. Prva podrazumeva skladištenje na šasijama koje omogućavaju direktan pristup svakom ITU-u. Druga je blok tehnologija skladištenja kod koje se ITU-i skladište na podlozi i slažu jedan na drugi u više nivoa po visini. Kod ove tehnologije nije moguć direktan pristup svakom ITU-u, odnosno potrebne su dodatne manipulacije i premeštanje gornjih jedinica kako bi se došlo do jedinice koja se nalazi na dnu. Kako je u većini terminala cilj da se na što manjem prostoru skladišti najveći broj ITU-a, u praksi se mnogo češće koristi tehnologija blok skladištenja koja omogućava bolje

iskorišćenje površine od tehnologije skladištenja na šasijama. Tehnologija skladištenja na šasijama se pretežno koristi u nekim terminalima u SAD-u (Kalmar, 2011). Kod tehnologije blok skladištenja, pored odvajanja blokova za različite vrste i tipove kontejnera (na način opisan u poglavlju 3.4.2) pri čemu svaki od tih blokova može predstavljati poseban podsistem, blokovi mogu biti podeljeni i u odnosu na dimenzije kontejnera, vrsti robe u njima, masu itd.

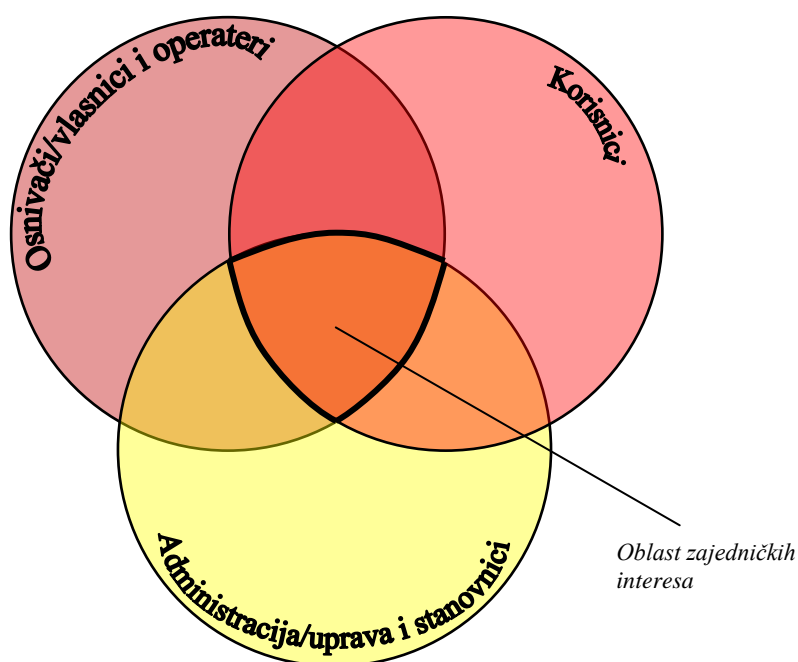
Pored navedenih tehnologija skladištenja ITU-a, u IT se može skladištiti i nekontejnerizovani tereti primenom različitih tehnologija, kao što su: blok skladištenje, različite tehnologije regalskog skladištenja (selektivni, visoki, prolazni, *push-back* i drugi), skladištenje u silosima za rasutu robu, u rezervoarima i tankovima za tečnu robu itd.

4. INTERESNE GRUPE U PROCESU DEFINISANJA STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Definisanje strukture IT je složen proces u čiju realizaciju su uključeni brojni učesnici koji imaju različite zahteve, ciljeve, interese itd. i u odnosu na koje se oni mogu grupisati, odnosno formirati interesne grupe. Najopštiju definiciju interesne grupe dao je Freeman (1984), prema kojoj se ona definiše kao "grupa učesnika neke organizacije koja može da bude pod uticajem, ili da utiče na postizanja ciljeva te organizacije". Uključivanje interesnih grupa u projekte zahteva dosta vremena i novca tako da nivo uključenosti zavisi od raspoloživih resursa za realizaciju projekta. Može se desiti da neke od interesnih grupa nisu u mogućnosti ili nisu spremne da se uključe u određene projekte, pa čak i da njihovo uključivanje ne bude poželjno od strane pojedinaca ili organizacija koje realizuju projekat ili njime upravljaju (Macharis, 2005). Međutim uprkos svemu, prilikom realizacije velikih i vrednih projekata, naročito infrastrukturnih, kakav je i planiranje i izgradnja IT, veoma je bitno pažljivo identifikovati i uključiti u projekat sve interesne grupe i sagledati njihove ciljeve i zahteve jer u suprotnom može doći do posledica koje se u kasnijim fazama razvoja terminala ne mogu ispraviti.

Interesne grupe koje se moraju uključiti u proces definisanja strukture IT jesu: osnivači i vlasnici, odnosno operateri; korisnici; administracija/uprava i stanovništvo. Veoma je bitno adekvatno identifikovati ciljeve i zahteve interesnih grupa jer oni mogu biti, i veoma često jesu u konfliktu, odnosno ispunjenje zahteva i ciljeva jedne interesne grupe može dovesti do nemogućnosti ispunjenja ciljeva druge interesne grupe. Takođe je bitno je naglasiti da se u okviru iste interesne grupe mogu pojaviti međusobno konfliktni zahtevi i ciljevi. Npr. cilj administracije i stanovnika može biti ekonomski razvoj regiona podstaknut uspešnim poslovanjem terminala sa jedne strane, a sa druge minimizacija negativnih uticaja terminala i aktivnosti koje on generiše na život i zdravlje ljudi i životne sredine. Takođe se može desiti da se pojedini učesnici pojave u

različitim interesnim grupama ili da različite interesne grupe imaju iste ciljeve. Npr. logistički provajderi se mogu pojaviti kao osnivači, vlasnici ili operateri terminala, a mogu se pojaviti i kao korisnici terminala, gradske i državne vlasti mogu biti u grupi administracije a mogu se pojaviti i kao osnivači i vlasnici terminala itd. Iz svega navedenog proizilazi da je osnovni cilj identifikacije i analize interesnih grupa, i njihovih zahteva i ciljeva, pronalaženje kompromisnih rešenja za različite probleme u procesu definisanja strukture terminala. Šematski prikaz oblasti zajedničkih interesa u kom se nalazi rešenje za definisanje strukture IT je dat na slici 4.1, a u nastavku su opisane pomenute interesne grupe.



Slika 4.1. Oblast zajedničkih interesa za definisanje strukture IT

4.1. CILJEVI OSNIVAČA/VLASNIKA I OPERATERA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Kao što je opisano u poglavljima 3.1.1 i 3.1.2 osnivači i vlasnici intermodalnog terminala mogu istovremeno biti i operateri terminala, ali to ne mora uvek biti slučaj. Međutim bez obzira ko su osnivači i vlasnici terminala a ko operateri, oni pripadaju istoj interesnoj grupi jer imaju zajedničke interese i ciljeve. Osnivači/vlasnici i operateri terminala se mogu podeliti na dve osnovne vrste, kao privredni subjekti koji pripadaju javnom i privatnom sektoru.

Osnivači ili vlasnici koji pripadaju privatnom sektoru se dalje mogu podeliti na firme kojima je logistika primarna delatnost poslovanja, kao što su: operateri različitih vidova transporta (drumski prevozioci, brodarske kompanije, železničke kompanije itd.), logistički provajderi (2PL, 3PL, 4PL), špediterske kompanije, kurirske službe itd., i firme kojima logistika nije primarna delatnost, kao što su firme iz oblasti: trgovine (veliki trgovinski lanci), industrije, nekretnina, finansija (banke, investicioni fondovi) itd. Što se tiče javnog sektora, kao osnivači ili vlasnici se mogu pojaviti: državne, regionalne ili gradske vlasti, carinske uprave, državne transportne kompanije itd. Posebnu grupu osnivača/vlasnika i operatera terminala predstavljaju klasteri, odnosno udruženja različitih privrednih subjekata iz javnog ili privatnog sektora, a to mogu biti: nacionalna železnička i transportna udruženja, specijalne firme u okviru udruženja, udruženja intermodalnih/multimodalnih transportnih operatera, nacionalne, regionalne ili gradske privredne komore itd.

Osnovni cilj ove interesne grupe jeste maksimizacija profita, odnosno finansijske koristi kao rezultat uspešnog poslovanja terminala. Finansijska korist se prati kroz pokazatelje kao što su neto sadašnja vrednost, interna stopa rentabilnosti, period povraćaja sredstava itd. Ostvarivanju primarnog cilja doprinosi veliki broj sekundarnih ciljeva kao što su: minimizacija troškova logistike, optimizacija pozicije u logističkom lancu, sinergija sa postojećim aktivnostima, sinergija sa spoljnim strateškim inicijativama, maksimizacija mogućnosti širenja i iskorišćenja kapaciteta raspoložive infrastrukture itd. (Zečević, 2006; Macharis, 2005; Dooms i dr., 2004). Minimizacija troškova logistike podrazumeva efikasnu realizaciju usluge uz minimalne troškove transporta, skladištenja, pretovara, zaliha itd. Optimizacija pozicije u logističkom lancu/mreži se odnosi na unapređenje statusa terminala kako bi se maksimizirala njegova konkurentska prednost u odnosu na druge terminale u mreži. Sinergija sa postojećim logističkim i privrednim aktivnostima i spoljnim strateškim inicijativama podrazumeva usaglašavanje strategija i planova razvoja i poslovanja terminala sa trendovima, inicijativama i projektima u cilju postizanja sinergijskog efekta, odnosno udruživanje sa drugim privrednim subjektima i učesnicima intermodalnog transporta u cilju unapređenja efikasnosti poslovanja. Pod maksimizacijom mogućnosti širenja se podrazumeva širenje uticaja terminala na zone ekonomski razvijene privrede kroz širenje strukture funkcija, usluga, podсистema, kao i prostorno širenje terminala.

4.2. CILJEVI KORISNIKA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Kao što je već navedeno u poglavlju 3.2.3 korisnici su subjekti koji kupuju usluge terminala. Neki od pripadnika ove interesne grupe, kao što su transportni operateri, logistički provajderi, špediteri i firme iz oblasti industrije i trgovine, se već pojavljuju kao pripadnici osnivača/vlasnika i operatera, ali sa različitim ciljevima. Kao pripadnici grupe korisnika oni se mogu podeliti na (Wiegmans i dr., 1999): prevoziocce (u koje spadaju transportni operateri) i posrednike (u koje pored logističkih provajdera i špeditera spadaju i subjekti koji se bave organizacijom pretovara, kupovinom i prodajom transportnog kapaciteta za treća lica - transportni brokeri, razni agenti itd.). Njihovi ciljevi kao pripadnika grupe korisnika su opisani u nastavku.

Osnovni cilj ove interesne grupe jeste dobijanje kvalitetne usluge uz razumnu cenu. Bez obzira da li je logistika i organizacija transporta primarna delatnost korisnika, kvalitetna usluga je od presudnog značaja za efikasnost njihovog poslovanja, dok cena direktno utiče na mogućnost ostvarivanja profita. Odgovarajući kvalitet usluge se postiže kroz realizaciju sekundarnih ciljeva kao što su: kraće vreme transporta, pouzdanost, fleksibilnost, mogućnost povezivanja, integracija sa drugim vidovima transporta, dostupnost usluga, dobar geografski položaj itd. Doprinos IT ispunjenju navedenih ciljeva se ogleda u efikasnoj realizaciji procesa i aktivnosti, povezanosti više vidova transporta, strukturi funkcija i usluga, primenjenim tehnologijama podsistema i realizacije transportnih lanaca, položaju terminala u mreži itd. Odgovarajuća cena se postiže kroz realizaciju sekundarnih ciljeva kao što su: niski troškovi transporta, skladištenja, pretovara, zaliha itd. Može se primetiti da postoje određena preklapanja ciljeva korisnika i osnivača/vlasnika i operatera terminala.

4.3. CILJEVI ADMINISTRACIJE/UPRAVE I STANOVNIKA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Interesna grupa administracije/uprave i stanovnika obuhvata dve podgrupe učesnika. Prvu podgrupu čine pripadnici različitih nivoa vlasti, od lokalne (mesne zajednice, opštine i gradske vlasti), preko regionalne (pokrajinske vlasti) i državne (državne, savezne ili federalne vlade) do međunarodne (npr. Evropska Unija, Evroazijski

ekonomski savez itd.). Neki od pripadnika ove podgrupe se mogu pojaviti i kao pripadnici grupe osnivača/vlasnika i operatera terminala, ali sa različitim ciljevima, što je već opisano u poglavlju 4.1. Drugu podgrupu čine stanovnici na čiji život u velikoj meri utiče funkcionisanje IT, uzimajući u obzir da se u najvećem broju slučajeva lociraju u urbanim sredinama. Stanovnici su ljudi koji žive, rade, kupuju u gradu u kom se nalaze terminali, voze se javnim prevozom ili na drugi način učestvuju u saobraćaju, kao pešaci ili vozači itd. Za njih su kamioni koji prolaze kroz uže ili šire gradsko područje, pa čak i izvan gradova, na auto-putevima i magistralnim saobraćajnicama, nepoželjni (Zečević i Tadić, 2006). Svoje ciljeve i interese stanovnici izražavaju i realizuju preko administracije/uprave pa se u tom smislu posmatraju kao jedinstvena interesna grupa.

Generalno se ciljevi pripadnika ove interesne grupe mogu podeliti na ekonomske i strateške ciljeve (Macharis, 2005). Osnovni ekonomski cilj je privredni razvoj sredine (grada, regiona, države) u kojoj se terminal nalazi. Privredni razvoj se može posmatrati na užem, lokalnom nivou, gde se ogleda u razvoju lokalne privrede grada, otvaranje novih radnih mesta, dodavanje vrednosti, odnosno rast cene zemljišta u okruženju terminala, pokretanje drugih privrednih aktivnosti itd. Takođe može imati i širi kontekst i podrazumevati razvoj regiona ili cele države kroz uključivanje u međunarodne robne tokove i mreže, privlačenje investicija itd. Osnovni strateški cilj je održivi razvoj koji se može posmatrati kroz očuvanje životne sredine, unapređenje mobilnosti i dostupnosti, smanjenje zagušenja saobraćaja, smanjenje saobraćajnih nezgoda itd. Očuvanje životne sredine podrazumeva smanjenje emisije štetnih gasova, buke, vibracija, vizuelno uklapanje u okruženje itd. Unapređenje mobilnosti i dostupnosti se odnosi na poboljšanje uslova saobraćaja i olakšanje kretanja i mogućnosti pristupa različitim oblastima, delovima grada, zonama itd. Smanjenje zagušenja saobraćaja i saobraćajnih nezgoda se postiže usled rasterećenja drumske saobraćajne mreže i manjeg broja drumskih transportnih sredstava. Svi ovi ciljevi se postižu kroz prebacivanje značajnog dela transporta sa drumskog na druge, ekološki prihvatljivije vidove transporta a kao posledica intenzivnije primene intermodalnog transporta. Bitno je naglasiti da uprava zbog svog uticaja na ostale učesnike može imati i bitnu ulogu u rešavanju konflikta između ostalih interesnih grupa (Zečević i Tadić, 2006).

5. FAKTORI KOJI UTIČU NA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Kao što je navedeno u poglavlju 3 strukturu terminala definišu različite kombinacije elemenata. Kombinacije nastaju dejstvom brojnih faktora koji se na osnovu karaktera i vrste uticaja mogu klasifikovati kao (Tadić i dr., 2019c): unutrašnji, faktori zahteva logističkih tokova i okruženja. Faktori definišu i oblikuju osnovne zahteve koje terminal određene strukture mora da realizuje. Faktori mogu uticati na jedan ili više elemenata strukture i u skladu sa tim mogu imati različit značaj. Na osnovu pregleda literature (Heljedal, 2013; Bergqvist i dr., 2010; Roso, 2008; Zečević, 2006) u nastavku su navedeni i opisani faktori u zavisnosti od grupe kojoj pripadaju i uspostavljena je veza između svih faktora i elemenata strukture na koje utiču (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Povezanost faktora i elemenata strukture IT (Tadić i dr., 2019c)

	Osmivači i vlasnici	Organizac. struktura	Mesto u mrež./lanac.	Vrsta tereta/t.j.	Funkcije i usluge	Korisnici	Lokacija	Veličina	Pokrivenost teritori.	Layout	Vidovi transporta	Strukt. podсистема	Tehnolo. podсистема
Tehnološke performanse				•	•					•	•	•	
Prostorne performanse							•	•		•	•	•	
Finansijske performanse	•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	
Lokacijske performanse			•			•	•	•	•	•			
Vlasničko-organizacione performanse	•	•	•			•							
Logističke strategije	•	•	•		•	•	•	•			•		
Karakteristike tokova			•				•	•	•		•		
Zahtevi kvaliteta			•		•	•	•	•	•	•	•	•	
Karakteristike tereta				•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Karakteristike mreža/tr. lanaca			•		•	•	•	•	•	•	•	•	
Prostorno-privredni planovi						•	•	•	•		•		
Privredno-organizacione karakteristike	•	•	•			•	•	•	•				
Zakoni	•	•					•	•			•		
Društveno-socijalni faktori	•	•		•	•		•	•			•		
Geografske karakteristike							•	•		•	•	•	
Infrastrukturne karakteristike							•	•	•	•	•	•	
Saobraćajno-logističke karakteristike			•		•	•	•	•	•		•	•	
Geološke karakteristike							•	•	•				
Klimatska obeležja				•			•		•	•		•	
Ekološki faktori				•			•		•	•		•	

5.1. UNUTRAŠNJI FAKTORI ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Unutrašnji faktori obuhvataju određene performanse terminala (tehnološke, prostorne, finansijske, lokacijske i vlasničko-organizacione) koje definišu zahteve za uređenje i funkcionisanje određenih struktura (Tadić i dr., 2019c).

Tehnološke performanse (F₁) podrazumevaju osnovne karakteristike tehnologija podsistema koje se izražavaju kroz vrednosti indikatora performansi kao što su: kapacitet skladištenja, vreme realizacije procesa uskladištenja/iskladištenja, brzina i intenzitet pretovara, broj manipulacija sa ITU-ima, broj različitih tipova i dimenzija ITU-a koje se mogu opsluživati, vreme punjenja/praznjenja kontejnera, vreme zadržavanja transportnih sredstava u sistemu, vreme komisioniranja u skladištima za nekontejnerizovanu robu itd. Utvrđivanjem ciljnih (željenih) vrednosti performansi definišu se zahtevi koje terminal odgovarajuće strukture mora da ispuni kako bi efikasno realizovao procese i aktivnosti. Tehnološke performanse najviše utiču na definisanje strukture podsistema (E₁₂) i izbor njihovih tehnologija (E₁₃). Osim toga imaju značajan uticaj i na vidove transporta i tehnologije lanaca (E₁₁), vrste tereta i transportnih jedinica (E₄), funkcije i usluge terminala (E₅) i *layout* terminala (E₁₀).

Prostorne performanse (F₂) podrazumevaju fizičke karakteristike prostora i površina u terminalu, kao što su: dimenzije, oblik, geometrija, pozicija i orijentacija, mogućnost povezivanja, dostupnost, izloženost raznim uticajima (klimatskim, hidrološkim, ekološkim itd.). Utvrđivanje ovih karakteristika utiče na definisanje strukture terminala, pre svega njegovih fizičkih komponenti koje se moraju adekvatno uklopiti u određeni prostor i omogućiti efikasno opsluživanje i kretanje tokova transportnih sredstava, ITU-a, robe, ljudi itd. Pored najočiglednijih veza ovog faktora i veličine (E₈) i *layout*-a terminala (E₁₀), ovaj faktor ima uticaj i na lokaciju terminala (E₇), strukturu (E₁₂) i tehnologije podsistema terminala (E₁₃).

Finansijske performanse (F₃) se odnose na definisanje potrebnih investicija, izvora i načina finansiranja, kao i procenu isplativosti i efikasnosti investicija na osnovu pokazatelja kao što su: neto sadašnja vrednost, indeks rentabilnosti, interna stopa rentabilnosti, diskontovani, prosečni i recipročni period povraćaja sredstava itd. Svaki

podsystem terminala zahteva određene investicije, generiše troškove i omogućava prihode, a njegova opravdanost je u interakciji sa velikim brojem promenljivih veličina u okruženju (Zečević i dr., 2006). Performanse finansijske opravdanosti utiču na većinu strukturnih elemenata terminala. Najviše utiče na osnivače i vlasnike (E_1) i organizacionu strukturu (E_2), nešto manje na mesto i uloga u lancu/mreži (E_3), lokaciju (E_7) i veličinu terminala (E_8), pokrivenost teritorije (E_9), funkcije i usluge terminala (E_5), a najmanje na struktura korisnika terminala (E_6), vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E_{11}) i tehnologije podsistema (E_{13}).

Lokacijske performanse (F_4) obuhvataju parametre položaja, udaljenosti i povezanosti potencijalnih makro i mikro lokacija u odnosu na bitne privredne, saobraćajne, socijalne i druge sadržaje u široj i užoj gravitacionoj zoni terminala. Na osnovu njih se definišu osnovni uslovi koje izabrana lokacija terminala treba da zadovolji kako bi ispunila zahteve svih interesnih grupa. Ovaj faktor ima najveći uticaj na lokaciju terminala (E_7), i nešto manji na mesto i ulogu terminala u mreži/lancu (E_3), veličinu terminala (E_8), pokrivenost teritorije (E_9), *layout* (E_{10}), strukturu korisnika (E_6), vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E_{11}).

Vlasničko-organizacione performanse (F_5) podrazumevaju karakteristike potencijalnih investitora, vlasnika i operatera terminala, kao što su: pripadnost javnom ili privatnom sektoru, delatnost, vlasnička i organizaciona struktura, raspoloživi kapital, iskustvo i reference itd., na osnovu kojih se određuju njihovi međusobni odnosi i vrši podela odgovornosti i nadležnosti prilikom izbora modela i oblika finansiranja, upravljanja i organizacije terminala. Ovaj faktor u najvećoj meri utiče na osnivače i vlasnike (E_1) i organizaciona struktura terminala (E_2), ali može uticati i na strukturu korisnika (E_6) i mesto i ulogu terminala u mreži/lancu (E_3).

5.2. FAKTORI ZAHTEVA LOGISTIČKIH TOKOVA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Faktori zahteva logističkih tokova podrazumevaju zahteve koje generišu robni i transportni tokovi koji u toku svoje realizacije prolaze kroz terminal kao i zahteve učesnika u tim tokovima. Ovoj grupi faktora pripadaju: logističke strategije,

karakteristike tokova, zahtevi kvaliteta, karakteristike tereta, karakteristike mreža i transportnih lanaca (Tadić i dr., 2019c).

Logističke strategije (F₆) podrazumevaju filozofiju poslovanja i pomažu donosiocima odluka u koordinaciji i planiranju logističkih aktivnosti i određivanju poslovne politike. Njihova implementacija i primena utiče na način funkcionisanja podsistema terminala i definisanje njegove strukture. Neke od najčešće primenjivanih logističkih strategija su: "make or buy" (eng.), "just in time" (eng.), "total quality management" (eng.), "information logistics" (eng.), "big data analytics" (eng.), "business intelligence" (eng.), "data warehousing" (eng.) (poglavlje 2.9). Ovaj faktor, u zavisnosti od strategije koja se primenjuje, može uticati na osnivače i vlasnike (E₁), organizacionu strukturu (E₂), strukturu funkcija i usluga terminala (E₅), korisnike terminala (E₆), mesto i ulogu terminala u mreži/lancu (E₃), lokaciju terminala (E₇), pokrivenost teritorije (E₉) i vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁).

Karakteristike tokova (F₇) podrazumevaju vrste i kategorije tokova, zakone nastanka tokova, mesta i vremena početka i završetka tokova, vremena trajanja realizacije tokova, specifične zahteve pri realizaciji tokova, kao i osnovna obeležja koja bliže opisuju tokove stacionarnost i nestacionarnost, determinističnost i stohastičnost, kontinualnost i diskontinualnost, homogenost i heterogenost, zavisnost i nezavisnost itd. Utvrđivanjem potencijalnih i postojećih tokova koji bi prolazili kroz terminal, kao i njihovih osnovnih karakteristika, definišu se zahtevi koje terminal određene strukture treba da realizuje. Ovaj faktor utiče na: mesto i ulogu terminala u mreži/lancu (E₃), lokaciju (E₇) i veličinu terminala (E₈), pokrivenost teritorije (E₉) i vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁).

Zahtevi kvaliteta (F₈) podrazumevaju parametre kao što su: pouzdanost, fleksibilnost, dostupnost, raspoloživost, tačnost, informisanost, sposobnost rešavanja spornih situacija i reklamacija, kompetentnost, dokumentovanost, funkcionalnost, trajnost itd., koji se koriste kao izmeritelji i pokazatelji kvaliteta realizacije aktivnosti i procesa, odnosno pružanja usluga. Definisanjem vrednosti navedenih parametara formiraju se zahtevi za realizacijom usluge željenog kvaliteta koje terminal odgovarajuće strukture treba da pruži. Ovaj faktor najviše utiče na funkcije i usluge terminala (E₅) i strukturu korisnika (E₆), ali ima značajan uticaj i na mesto i ulogu terminala u mreži/lancu (E₃), lokaciju

(E₇) i veličinu terminala (E₈), pokrivenost teritorije (E₉), *layout* (E₁₀), vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁), strukturu (E₁₂) i tehnologije podsistema (E₁₃).

Karakteristike tereta (F₉) obuhvataju različita obeležja tereta, kao što su: vrsta, pojavni oblik, količina, agregatno stanje, stepen opasnosti, kvarljivosti i osetljivosti tereta itd, kao i obeležja ITU-a, kao što su: vrsta, dimenzije, materijal izrade, konstruktivne karakteristike, specijalna oprema i nadogradnja (npr. rashladni uređaj, napajanje, otvori za provetravanje itd.) itd. Analizom karakteristika tereta i ITU-a koji se mogu pojaviti u terminalu definišu se zahtevi koje određeni strukturni elementi treba da realizuju. Ovaj faktor najviše utiče na vrstu tereta/transportnih jedinica (E₄), ali i na: lokaciju (E₇) i veličinu terminala (E₈), *layout* (E₁₀), strukturu funkcija i usluga (E₅), strukturu korisnika (E₆), vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁), strukturu (E₁₂) i tehnologije podsistema (E₁₃).

Karakteristike mreža i transportnih lanaca (F₁₀) obuhvataju obeležja kao što su: veličina i razgranatost mreže, odnosno broj čvorova (logističkih centara i terminala) u mreži i uspostavljenih veza (linija) između njih, raspoloživi vidovi transporta, kvalitet infrastrukture, odnosno opremljenost i stanje logističkih centara, terminala i saobraćajne infrastrukture svih vidova transporta itd. Karakteristike mreže i željeni status terminala u njoj generišu zahteve koje terminali moraju da ispune kako bi se omogućilo njihovo efikasno funkcionisanje i opsluživanje različitih vidova transporta. Ovaj faktor najviše utiče na mesto i ulogu terminala u mreži/lancu (E₃) i vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁), a može uticati i na lokaciju (E₇) i veličinu terminala (E₈), pokrivenost teritorije (E₉), strukturu funkcija i usluga (E₄), korisnika (E₅) i podsistema (E₁₂), kao i na tehnologije podsistema (E₁₃).

5.3. FAKTORI OKRUŽENJA ZA DEFINISANJE STRUKTURE INTERMODALNOG TERMINALA

Faktori okruženja predstavljaju spoljne faktore koji mogu da utiču na strukturu terminala a koji prema karakteru mogu biti regulativno-socijalni, kao što su: prostorno-privredni planovi, privredno-organizacione karakteristike, zakoni i društveno-socijalni faktori; i fizički, kao što su: geografske, infrastrukturne, saobraćajno-logističke i geološke karakteristike, klimatska obeležja i ekološki faktori (Tadić i dr., 2019c).

Prostorno-privredni planovi (F₁₁) se odnose na urbanističke planove, planove prostornog planiranja, planove generalne i detaljne regulacije, strategije privrednog razvoja itd. Oni definišu okvir za planiranje trenutnih i budućih aktivnosti uređenja prostora i razvoja privrede, na nivou naselja, opštine, grada, pokrajine, države, regiona itd., i na taj način generišu uslove koje terminal mora da ispuni. Mogu imati značajan uticaj na različite elemente strukture terminala, pre svega na lokaciju (E₇), veličinu (E₈) i *layout* terminala (E₁₀), ali i na pokrivenost teritorije (E₉), korisnike terminala (E₆) i vidove transporta (E₁₁).

Privredno-organizacione karakteristike (F₁₂) se odnose na broj i udaljenost jakih privrednih sistema iz oblasti logistike, menadžmenta, informacionih tehnologija itd. u neposrednom okruženju terminala, stavove i spremnost menadžmenta tih sistema da se uključe u planiranje, izgradnju, upravljanje i korišćenje terminala, kao i postojanje privrednih komora i drugih organizacija na lokalnom, regionalnom i nacionalnom nivou. Ove karakteristike imaju značajan uticaj na obim i strukturu robnih i transportnih tokova i kreiranje poslovne klime u okruženju terminala, i na taj način utiču na njegovu strukturu. Najviše utiču na lokaciju terminala (E₇), pokrivenost teritorije (E₉) i strukturu korisnika (E₆), ali je značajan i uticaj na osnivače i vlasnike terminala (E₁), organizacionu strukturu (E₂), mesto i ulogu u lancu/mreži (E₃) i veličinu terminala (E₈).

Zakoni (F₁₃) iz oblasti saobraćaja i transporta, prostornog planiranja i izgradnje, finansiranja i upravljanja privrednim subjektima, rada i socijalne zaštite itd. definišu pravni okvir u kom se terminal može planirati, graditi i funkcionisati. Mogu značajno da utiču na strukturu terminala preko elemenata kao što su: osnivači i vlasnici (E₁), organizaciona struktura (E₂), lokacija terminala (E₇), vidovi transporta (E₁₁) itd.

Društveno-socijalni faktori (F₁₄) obuhvataju parametre kao što su blizina naseljenog područja, broj stanovnika i gustina naseljenosti u neposrednom okruženju terminala, kao starosnu, obrazovnu i ekonomsku strukturu stanovnika itd. Ovi parametri definišu uslove po pitanju razvoja i načina funkcionisanja terminala kroz uticaje koji imaju na strukturne elemente, pre svega na lokaciju terminala (E₇), strukturu funkcija i usluga (E₅), veličinu (E₈) vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁), , ali i na osnivače i vlasnike (E₁), organizacionu strukturu terminala (E₂) i vrstu tereta (E₄).

Geografske karakteristike (F₁₅) se odnose na reljef zemljišta, topologiju i nagib terena, raspored i karakteristike saobraćajnica, karakteristike katastarskih parcela (oblik, dimenzije), blizinu rečnih tokova itd. Ove karakteristike definišu prostorno-fizičke uslove koji se moraju uzeti u obzir prilikom planiranja i izgradnje terminala, odnosno konstrukcije objekata i površina u terminalu. Najviše utiču na lokaciju (E₇) i veličinu terminala (E₈), *layout* (E₁₀), vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁), a može uticati i na tehnologije podsistema (E₁₃).

Infrastrukturne karakteristike (F₁₆) se odnose na stepen izgrađenosti i stanje komunalne infrastrukture, kao što je elektromreža, vodovod, kanalizacija, gasovod, optički kablovi, telefonske linije itd., na mikrolokaciji terminala. Utiču na definisanje potrebnih resursa za izgradnju, opremanje i puštanje u rad terminala, kao i njegovo kasnije funkcionisanje. Infrastrukturne karakteristike utiču na lokaciju (E₇) i veličinu (E₈), *layout* (E₁₀) i tehnologije podsistema terminala (E₁₃).

Saobraćajno-logističke karakteristike (F₁₇) prvenstveno se odnose na karakteristike saobraćajne infrastrukture različitih vidova transporta, kao što su stepen njihove izgrađenosti, gustina mreže saobraćajnica, stanje, odnosno kvalitet infrastrukture itd., kao i prisustvo i stanje logističkih sistema kao što su skladišta, platoi, manipulativne površine, privezi za brodove itd. Ove karakteristike definišu uslove priključivanja saobraćajnoj mreži, pristupa magistralnim saobraćajnim pravicima i koridorima različitih vidova transporta i privođenja postojećih logističkih sistema potrebnoj nameni. Utiču na sledeće elemente strukture: mesto i uloga terminala u mreži/lancu (E₃), lokacija (E₇) i veličina terminala (E₈), pokrivenost teritorije (E₉), korisnici (E₆), struktura funkcija i usluga (E₅), vidovi transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁) i tehnologije podsistema (E₁₃).

Geološke karakteristike (F₁₈) se odnose na osnovne karakteristike zemljišta kao što je: sastav zemljišta, eroziju tla, prisustvo krasa, klizišta, nivo podzemnih voda itd. Kao i geografske, ove karakteristike definišu prostorno-fizičke uslove planiranja i izgradnje terminala a utiču na lokaciju (E₇), veličinu (E₇) i *layout* terminala (E₁₀).

Klimatska obeležja (F₁₉) se odnose na temperaturu, vlažnosti vazduha, prosečne količine padavina, ruže vetrova, vodostaja obližnjih rečnih tokova (odnosno rizik od

poplava), vegetaciju itd. Njihovom analizom se formira slika opšteg karaktera klime u mikro i makro okruženju terminala, od čega može zavisiti njegova struktura. Klimatska obeležja utiču na lokaciju terminala (E₇), *layout* (E₁₀), vrstu tereta (E₄), vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁) i tehnologije podsistema (E₁₃).

Ekološki faktori (F₂₀) obuhvataju uredbe, direktive, zakone, odluke, preporuke, smernice i mišljenja u oblasti zaštite životne sredine i održivog razvoja. Donose se na različitim nivoima vlasti i mogu biti restriktivne ili stimulativne. Cilj njihovog donošenja je smanjenje negativnih efekata realizacije robnih i transportnih tokova, karakteristika tereta i procesa u terminalima na život i zdravlje ljudi i životne sredine, koji se ogledaju u emisiji štetnih gasova i čestica, emisiju buke i vibracija, narušavanje vizuelnih karakteristika okruženja itd. Ekološki faktori utiču na lokaciju terminala (E₇), *layout* (E₁₀), vrstu tereta (E₄), vidove transporta i tehnologije transportnih lanaca (E₁₁) i tehnologije podsistema terminala (E₁₃).

6. RANGIRANJE ELEMENATA ZA DEFINISANJE STRUKTURE TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

U prethodnim delovima disertacije su opisani elementi za definisanje strukture intermodalnih terminala kao i faktori koji utiču na te elemente. Svi elementi nemaju isti značaj i uticaj na definisanje i oblikovanje struktura terminala pa je potrebno izdvojiti one najznačajnije, ključne elemente. Za realizaciju ovog zadatka definisan je hibridni model koji se zasniva na kombinaciji fazi Delphi i fazi VIKOR (VIšeKriterijumska Optimizacija i kompromisno Rešenje) metode (Tadić i dr., 2019c). Pomenute metode predstavljaju metode višekriterijumskog odlučivanja (VKO), ali umesto kriterijuma vrednuju se faktori, a umesto alternativa elementi za definisanje strukture terminala. Osnovne karakteristike metoda, razlozi i koraci primene kao i proces rangiranja elemenata su opisani u nastavku.

6.1. HIBRIDNI FAZI DELPHI-VIKOR MODEL ZA RANGIRANJE ELEMENATA STRUKTURE INTERMODALNIH TERMINALA

U prvom delu modela se koristi fazi Delphi metoda kako bi se prikupile informacije i iz šireg skupa faktora izdvojili oni koji su prema ocenama donosioca odluka (pripadnika interesnih grupa) relevantni za rangiranje elemenata strukture (Tadić i dr., 2019c). Tradicionalnu Delphi metodu su predstavili Dalkey i Helmer (1963) i od tada je našla široku primenu u raznim oblastima. Cilj metode je prikupljanje podataka iz polja ekspertize ispitanika. Metoda je definisana kao proces grupne komunikacije u kojoj se postiže konvergencija mišljenja o konkretnom realnom problemu. Pogodna je za formiranje konsenzusa kroz seriju upitnika kojima se u više iteracija prikupljaju podaci od grupe izabranih ispitanika (donosioca odluka).

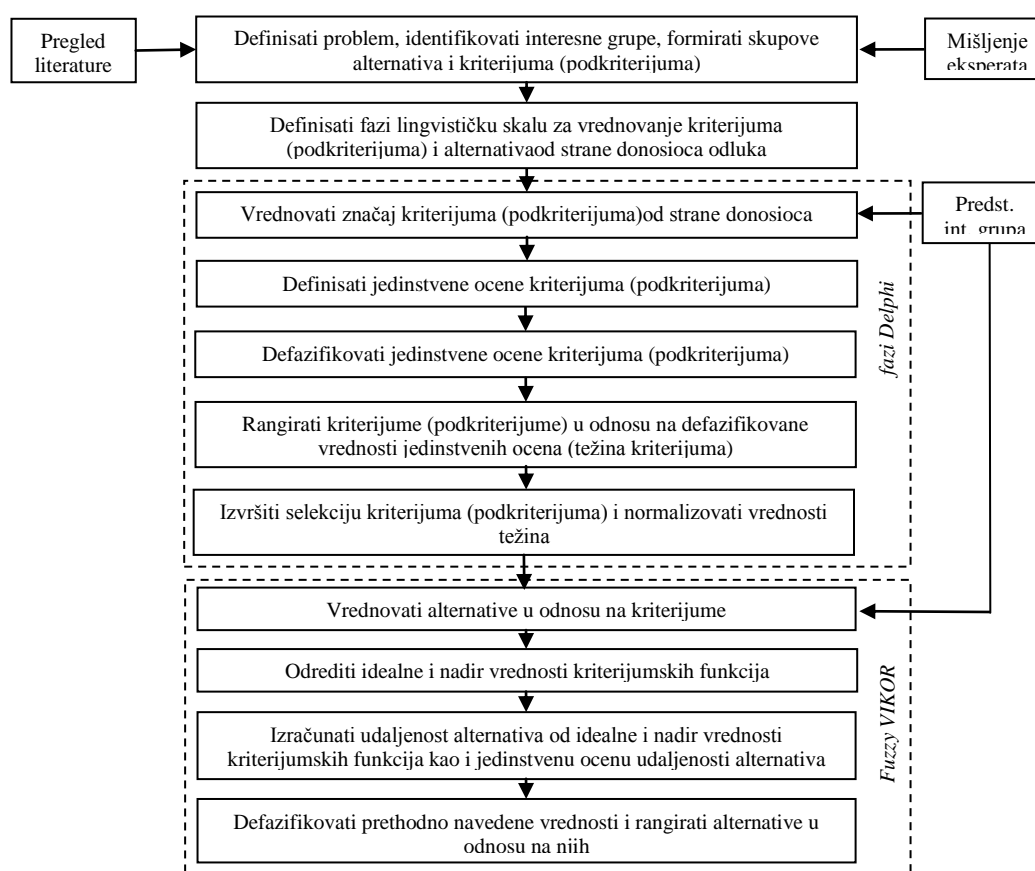
Delphi metodu karakterišu anonimnost, iterativnost, kontrolisane povratne informacije, statistički grupni odgovori i stabilnost u odgovorima donosioca odluka na zadatu temu (Shen i dr., 2011). Međutim, iako Delphi metoda pruža mogućnost potpune integracije različitih mišljenja donosioca odluka ona zahteva značajne vremenske i novčane resurse i ima nisku stopu vraćanja popunjenih upitnika jer pokušava da postigne konvergenciju rezultata kroz ponavljanje anketa. Osim toga problem mogu da predstavljaju i često neprecizne, neodređene i dvosmislene ocene donosioca odluka usled nepotpunih informacija ili nemogućnosti njihove obrade u datim uslovima. Murry i dr. (1985) kao jedan od načina za rešavanje problema i ograničenja koje ima Delphi metoda predlaže uključivanje fazi teorije (Zadeh, 1965) koja može efikasno da se nosi sa dvosmislenošću u razmišljanju i izražavanju preferencije donosioca odluka. Od svoje prve primene fazi Delphi metoda je korišćena za rešavanje brojnih problema VKO u različitim oblastima, samostalno ili u kombinaciji sa drugim metodama (npr. Tadić i dr., 2018; Zečević i dr., 2017a; Mikaeil i dr., 2013; Daim i dr., 2012, Shen i dr., 2011). Fazi Delphi metoda omogućava dobijanje konvergiranih ocena donosioca odluka na osnovu manjeg broja iteracija, ili čak u jednoj iteraciji, i efikasno se nosi sa dvosmislenošću i nejasnoćama ocena donosioca odluka (Klir i Folger, 1988). U procesu grupnog odlučivanja integriše mišljenja svih donosioca odluka u cilju postizanja konsenzusa uz značajne vremenske i novčane uštede (Mikaeil i dr., 2013).

U drugom delu modela je korišćena fazi VIKOR metoda za ocenu i rangiranje elemenata za definisanje strukture terminala u zavisnosti od uticajnih faktora (Tadić i dr., 2019c). VIKOR metoda je izabrana zbog svojih prednosti u odnosu na druge metode (Caterino i dr., 2008). VIKOR (Opricovic, 1998) je metoda VKO koju donosioci odluka koriste za optimizaciju kompleksnih sistema, odnosno za rešavanje diskretnih problema odlučivanja u odnosu na konfliktne kriterijume. Metoda vrši rangiranje alternativa na osnovu vrednosti kriterijumskih funkcija i izbor kompromisnog rešenja koje je najbliže idealnoj alternativni. Rešenje se smatra kompromisnim jer je postignuto uz uzajamne ustupke, odnosno ostvaruje većinsku maksimalnu grupnu korisnost i minimalno pojedinačno nezadovoljstvo suprotstavljenih strana.

Kako bi rešio problem nepreciznosti pri iskazivanju preferencija donosioca odluka, Opricovic (2007) je proširio VIKOR metodu u fazi okruženju i od tada je ona uspešno

primenjena u mnogim oblastima, samostalno ili u kombinaciji sa drugim metodama (npr. Zečević i dr., 2017a; Zečević i dr., 2017b; Tadić i dr., 2017; Tadić i dr., 2016a; Tadić i dr., 2014a; Chang, 2014, Opricovic, 2011).

U nastavku su opisani koraci predloženog modela, a šematski prikaz je dat na slici 6.1. Kako se metode koje čine definisani model pojavljuju i u nastavku disertacije, opisani su koraci primene u opštem slučaju, korišćenjem termina "kriterijum" i "alternativa" iako se u ovom delu metode koriste za vrednovanje faktora i elemenata strukture terminala.



Slika 6.1. Predloženi hibridni fazi Delphi-VIKOR model VKO (Tadić i dr., 2019c)

Korak 1: Definirati strukturu evaluacijskog modela. Potrebno je identifikovati problem, definisati interesne grupe zainteresovane za njegovo rešavanje, definisati skup alternativa kao i kriterijuma (i/ili podkriterijuma) za njihovo vrednovanje.

Korak 2: Definisati fazi skalu za ocenu kriterijuma od strane donosioca odluka. Za potrebe disertacije definisana je devetostepena lingvistička skala sa odgovarajućim trouglastim fazi brojevima koja je prikazana u tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Lingvističke ocene značaja i fazi skala

Lingvistička ocena	Skraćenica	Fazi skala
Nikakav	NI	(1, 1, 2)
Veoma nizak	VN	(1, 2, 3)
Nizak	N	(2, 3, 4)
Umereno nizak	UN	(3, 4, 5)
Srednji	S	(4, 5, 6)
Umereno visok	UV	(5, 6, 7)
Visok	V	(6, 7, 8)
Veoma visok	VV	(7, 8, 9)
Ekstremno visok	EV	(8, 9, 10)

Korak 3: Vrednovati i izabrati kriterijume (podkriterijume) za vrednovanje alternativa, primenom fazi Delphi metode (Hsu i Yang, 2000).

Korak 3.1: Oceniti kriterijume i podkriterijume od strane donosioca odluka i pretvoriti ocene u trouglaste fazi brojeve primenom relacija iz tabele 6.1.

Korak 3.2: Definisati jedinstvene ocene kriterijuma (podkriterijuma). Opšti postupak dobijanja jedinstvenih ocena se realizuje na sledeći način:

$$\tilde{\delta} = (\alpha, \beta, \gamma) \quad (1)$$

$$\alpha = \text{Min}(l_k), \quad k = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\beta = (\prod_{k=1}^n m_k)^{1/n}, \quad k = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\gamma = \text{Max}(r_k), \quad k = 1, \dots, n \quad (4)$$

gde su α , β i γ leva, srednja i desna vrednost jedinstvene fazi ocene $\tilde{\delta}$, respektivno, i važi $\alpha \leq \beta \leq \gamma$. l_k , m_k i r_k su leva, srednja i desna vrednost trouglaste fazi ocene koje ukazuju na značaj elementa (kriterijuma, podkriterijuma, alternative) u odnosu na interesnu grupu k . n je broj interesnih grupa koje se razmatraju.

Kako je u ovom koraku potrebno objediniti ocene kriterijuma (podkriterijuma) sa aspekta svake ineteresne grupe, primenom jednačina (1-4) za fazi ocene $\tilde{b}_{jk} = (l_{jk}, m_{jk}, r_{jk})$ značaja kriterijuma (podkriterijuma) j u odnosu na interesnu grupu k ,

dobijaju se objedinjene fazi vrednosti $\tilde{\delta}_j = (\alpha_j, \beta_j, \gamma_j)$ za kriterijum (podkriterijum) j , $j=1, \dots, f$, gde je f broj kriterijuma (podkriterijuma).

Korak 3.3: Defazifikovati vrednosti. U disertaciji je za defazifikovanje trouglastih fazi vrednosti korišćena jednačina čiji je opšti oblik (Kutlu i Ekmekcioglu, 2012):

$$\text{crisp}(P) = (\alpha + 4\beta + \gamma)/6 \quad (5)$$

gde $\text{crisp}(P)$ predstavlja defazifikovanu vrednost bilo koje trouglaste fazi vrednosti $\tilde{P} = (\alpha, \beta, \gamma)$. U skladu sa tim, defazifikovana vrednost jedinstvene ocene $\text{crisp}(\delta_j)$ se dobija primenom jednačine (5) na fazi jedinstvenu ocenu $\tilde{\delta}_j = (\alpha_j, \beta_j, \gamma_j)$. Ove defazifikovane vrednosti predstavljaju težine kriterijuma (w_j) a ujedno i vrednosti na osnovu kojih se vrši izbor kriterijuma (podkriterijuma) koji će se dalje razmatrati.

Korak 3.4: Izbor kriterijuma (podkriterijuma). Odgovarajući skup kriterijuma (podkriterijuma) za vrednovanje alternativa se dobija postavljanjem praga θ . Principi izbora (*eng. sifting*) su sledeći:

ako je $\text{crisp}(\delta_j) > \theta$ prihvata se kriterijum (podkriterijum) j ,

ako je $\text{crisp}(\delta_j) < \theta$ ne prihvata se kriterijum (podkriterijum) j .

Vrednost praga zavisi od načina na koji je formiran upitnik, odnosno od skale koja se koristi za vrednovanje (Shen i dr., 2010).

Korak 3.5: Normalizovati vrednosti težina. Dobijene težine kriterijuma (podkriterijuma) je potrebno normalizovati primenom sledeće jednačine:

$$w_j^N = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^s w_j}, \quad j = 1, \dots, s \quad (6)$$

gde je w_j^N normalizovana težina faktora, a s ukupan broj izabranih faktora

Korak 4: Vrednovati alternative i rangirati ih primenom fazi VIKOR metode. Donosioci odluka vrednuju alternative (i) u odnosu na kriterijume (podkriterijume) (j) a njihove ocene se pretvaraju u trouglaste fazi brojeve primenom relacija datih u tabeli 6.1. Zatim se primenom fazi VIKOR metode dobijaju vrednosti alternativa. Postupak je adaptiran iz rada Opricovic (2011), a koraci opisani u nastavku.

Korak 4.1: Konstruisanje matrice fazi preferencija (\tilde{D}) čiji su elementi trouglasti fazi brojevi koji predstavljaju jedinstvene ocene alternativa, u odnosu na podkriterijume:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & \dots & F_s \\ \begin{matrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_o \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{e}_{11} & \tilde{e}_{12} & \dots & \tilde{e}_{1s} \\ \tilde{e}_{21} & \tilde{e}_{22} & \dots & \tilde{e}_{2s} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{e}_{o1} & \tilde{e}_{o2} & \dots & \tilde{e}_{os} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

gde E_i označava alternativu i , $i = 1, \dots, o$; F_j predstavlja kriterijum (podkriterijum) j , $j = 1, \dots, s$; $\tilde{e}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, r_{ij})$ označava trouglaste fazi ocene alternativa E_i u odnosu na kriterijum (podkriterijum) F_j .

Korak 4.2: Određivanje idealnih $\tilde{e}_j^* = (l_j^*, m_j^*, r_j^*)$ i nadir $\tilde{e}_j^\circ = (l_j^\circ, m_j^\circ, r_j^\circ)$ vrednosti kriterijumskih funkcija, odnosno ocena alternativa u odnosu na kriterijume (podkriterijume):

$$\tilde{e}_j^* = \max_i \tilde{e}_{ij}, \quad \tilde{e}_j^\circ = \min_i \tilde{e}_{ij}, \quad za \ j \in J^b \quad (8)$$

$$\tilde{e}_j^* = \min_i \tilde{e}_{ij}, \quad \tilde{e}_j^\circ = \max_i \tilde{e}_{ij}, \quad za \ j \in J^c \quad (9)$$

gde je J^b skup kriterijuma (podkriterijuma) koristi (više ocene po ovim kriterijumima dovode do višeg ranga alternative) a J^c skup kriterijuma (podkriterijuma) troškova (niže ocene dovode do višeg ranga alternativa).

Korak 4.3: Izračunavanje normalizovane fazi razlike \tilde{d}_{ij} :

$$\tilde{d}_{ij} = \frac{\tilde{e}_j^* \ominus \tilde{e}_{ij}}{r_j^* - l_j^\circ} \quad za \ j \in J^b \quad (10)$$

$$\tilde{d}_{ij} = \frac{\tilde{e}_{ij} \ominus \tilde{e}_j^*}{r_j^\circ - l_j^*} \quad za \ j \in J^c \quad (11)$$

Korak 4.4: Izračunavanje vrednosti $\tilde{S}_i = (S_i^l, S_i^m, S_i^r)$, koja predstavlja fazi otežano rastojanje alternative E_i od \tilde{e}_j^* i vrednosti $\tilde{R}_i = (R_i^l, R_i^m, R_i^r)$, koja predstavlja fazi otežano rastojanje alternative E_i od \tilde{e}_j° , primenom sledećih jednačina:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^s w_j \otimes \tilde{d}_{ij} \quad (12)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j w_j \otimes \tilde{a}_{ij} \quad (13)$$

Korak 4.5: Izračunavanje vrednosti $\tilde{Q}_i = (Q_i^l, Q_i^m, Q_i^r)$, tj. jedinstvene ocene udaljenosti alternative od najboljeg rešenja, primenom sledeće jednačine:

$$\tilde{Q}_i = v \frac{\tilde{S}_i \ominus \tilde{S}^*}{S^{or} - S^{*l}} \oplus (1 - v) \frac{\tilde{R}_i \ominus \tilde{R}^*}{R^{or} - R^{*l}} \quad (14)$$

gde je $\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i$, S^{*l} niža vrednost trouglastog fazi broja \tilde{S}^* , $S^{or} = \max_i S_i^r$, $\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i$, R^{*l} niža vrednost trouglastog fazi broja \tilde{R}^* i $R^{or} = \max_i R_i^r$. Vrednost v se odnosi na težinu strategije "većine kriterijuma" (maksimalne grupne korisnosti), a vrednost $1 - v$ je težina individualnog nezadovoljstva.

Korak 4.6: Defazifikovanje veličina \tilde{S}_i , \tilde{R}_i i \tilde{Q}_i primenom jednačine (5).

Korak 4.7: Rangiranje alternativa prema rastućim *crisp* vrednostima. Rezultat predstavljaju tri rang liste $\{E\}_S$, $\{E\}_R$ i $\{E\}_Q$ dobijene na osnovu vrednosti *crisp*(S), *crisp*(R) i *crisp*(Q), respektivno.

Korak 4.8: Predložiti kao kompromisno rešenje alternativu $E^{(1)}$ koja je rangirana kao prva u odnosu na vrednost Q , ako su zadovoljena sledeća dva uslova:

Co.1. "prihvatljiva prednost": $Adv \geq DQ$ gde je $Adv = [Q(E^{(2)}) - Q(E^{(1)})] / [Q(E^{(0)}) - Q(E^{(1)})]$ stopa prednosti alternative $E^{(1)}$ u odnosu na alternativu koja se nalazi na drugom mestu $E^{(2)}$ na rang listi $\{E\}_Q$, a $DQ = 1/(o - 1)$ predstavlja graničnu vrednost od koje stopa prednosti (Adv) mora biti veća.

Co.2. "Prihvatljiva stabilnost donošenja odluke": Alternativa $E^{(1)}$ mora takođe biti najbolje rangirana i u odnosu na S ili R .

Ako jedan od uslova nije zadovoljen, onda se predlaže sledeći skup kompromisnih rešenja:

CS1. Alternative $E^{(1)}$ i $E^{(2)}$ ako nije zadovoljen samo uslov Co.2, ili

CS2. Alternative $E^{(1)}$, $E^{(2)}$, ..., $E^{(o)}$ ako nije zadovoljen uslov Co.1; $E^{(o)}$ se određuje na osnovu relacije $[Q(E^{(o)}) - Q(E^{(1)})] / [Q(E^{(o)}) - Q(E^{(1)})] < DQ$ za maksimalno $E -$

ukupan broj alternativa (vrednosti ovih alternativa su bliske)), gde je $E^{(o)}$ poslednje rangirani element u odnosu na Q , a $E^{(o)}$ element sa najvećim indeksom.

6.2. PRIMENA HIBRIDNOG FAZI DELPHI-VIKOR MODELA ZA RANGIRANJE ELEMENATA STRUKTURE INTERMODALNIH TERMINALA

Definisani hibridni fazi Delphi-VIKOR model je primenjen za rangiranje elemenata strukture intermodalnih terminala na osnovu prethodno opisanih uticajnih faktora (Tadić i dr., 2019c). Kao što je već navedeno prilikom primene modela faktori su posmatrani kao kriterijumi (podkriterijumi) a elementi kao alternative. Prvi korak u primeni modela jeste vrednovanje značaja faktora od strane donosilaca odluka koji pripadaju različitim interesnim grupama (osnivači/vlasnici i operateri - Os., korisnici - Ko., i administracija/uprava i stanovnici - Ad.). Za vrednovanje su korišćene relacije date u tabeli 6.1. Primenom jednačina (1)-(4) ocene donosilaca odluka su objedinjene a zatim su primenom jednačine (5) ove jedinstvene ocene defazifikovane. Defazifikovane vrednosti su zatim iskorišćene za rangiranje faktora i selekciju onih koji imaju značajan uticaj na elemente strukture terminala, pri čemu je za θ definisana vrednost 4.5. Defazifikovane vrednosti izabranih faktora su zatim normalizovane primenom jednačine (6) i ove vrednosti su korišćene u drugom delu modela kao težine faktora za rangiranje elemenata strukture. Ocene donosilaca odluka, jedinstvene ocene, defazifikovane vrednosti faktora, kao i konačne normalizovane težine faktora su prikazane u tabeli 6.2. Iz tabele 6.2 se može videti da je 6 faktora označeno kao neprihvatljivo, što znači da se u nastavku neće razmatrati prilikom rangiranja elemenata za definisanje strukture terminala intermodalnog transporta.

Naredni korak jeste rangiranje elemenata strukture primenom fazi VIKOR metode. Najpre se ocenjuju elementi strukture u odnosu na faktore primenom relacija datih u tabeli 6.1. Ove ocene su prikazane u tabeli 6.3.

Ocene prikazane u tabeli 6.3 su transformisane u trouglaste fazi brojeve a zatim su na osnovu ovih vrednosti dobijene idealne $\tilde{e}_j^* = (l_j^*, m_j^*, r_j^*)$ i nadir $\tilde{e}_j^\circ = (l_j^\circ, m_j^\circ, r_j^\circ)$ vrednosti kriterijumskih funkcija primenom jednačine (8), pri čemu su svi faktori posmatrani kao faktori "koristi". Zatim su izračunate normalizovane fazi razlike \tilde{d}_{ij}

primenom jednačine (10). Vrednosti maksimalne grupne korisnosti $\tilde{S}_i = (S_i^l, S_i^m, S_i^r)$ i minimalnog individualnog nezadovoljstva $\tilde{R}_i = (R_i^l, R_i^m, R_i^r)$ su dobijene primenom jednačina (12) i (13), respektivno. Udaljenosti alternativa od idealnog rešenja $\tilde{Q}_i = (Q_i^l, Q_i^m, Q_i^r)$ su izračunate primenom jednačine (14) pri čemu je za koeficijent težine maksimalne grupne korisnosti uzeta vrednost $v=0.5$. Dobijene vrednosti za \tilde{S}_i , \tilde{R}_i i \tilde{Q}_i , su zatim defazifikovane primenom jednačine (5). Na osnovu ovako defazifikovanih vrednosti formirane su tri rang liste $\{E\}_S$, $\{E\}_R$ i $\{E\}_Q$, prikazane u tabeli 6.4.

Tabela 6.2. Izbor faktora za vrednovanje elemenata strukture IT (Tadić i dr., 2019c)

Faktor	Os.	Ko.	Ad.	Objedinjena	Defazif.	Izbor	Normaliz.
F ₁	(7,8,9)	(6,7,8)	(2,3,4)	(2.00,4.82,9.00)	5,047	Izabran	0,063
F ₂	(7,8,9)	(5,6,7)	(2,3,4)	(2.00,4.58,9.00)	4,886	Izabran	0,061
F ₃	(8,9,10)	(4,5,6)	(2,3,4)	(2.00,4.48,10.00)	4,988	Izabran	0,062
F ₄	(6,7,8)	(6,7,8)	(5,6,7)	(5.00,6.26,8.00)	6,338	Izabran	0,079
F ₅	(8,9,10)	(2,3,4)	(1,2,3)	(1.00,3.00,10.00)	3,833	Neprihvatljiv	/
F ₆	(6,7,8)	(7,8,9)	(3,4,5)	(3.00,5.52,9.00)	5,679	Izabran	0,071
F ₇	(6,7,8)	(6,7,8)	(1,2,3)	(1.00,3.66,8.00)	3,940	Neprihvatljiv	/
F ₈	(3,4,5)	(8,9,10)	(2,3,4)	(2.00,4.16,10.00)	4,773	Izabran	0,059
F ₉	(5,6,7)	(5,6,7)	(3,4,5)	(3.00,4.76,7.00)	4,841	Izabran	0,060
F ₁₀	(8,9,10)	(7,8,9)	(4,5,6)	(4.00,6.60,10.00)	6,736	Izabran	0,084
F ₁₁	(6,7,8)	(3,4,5)	(7,8,9)	(3.00,5.81,9.00)	5,873	Izabran	0,073
F ₁₂	(6,7,8)	(4,5,6)	(7,8,9)	(4.00,6.26,9.00)	6,338	Izabran	0,079
F ₁₃	(7,8,9)	(4,5,6)	(7,8,9)	(4.00,6.54,9.00)	6,528	Izabran	0,081
F ₁₄	(2,3,4)	(2,3,4)	(8,9,10)	(2.00,4.16,10.00)	4,773	Izabran	0,059
F ₁₅	(3,4,5)	(2,3,4)	(5,6,7)	(2.00,3.91,7.00)	4,110	Neprihvatljiv	/
F ₁₆	(7,8,9)	(6,7,8)	(5,6,7)	(5.00,6.54,9.00)	6,695	Izabran	0,083
F ₁₇	(7,8,9)	(7,8,9)	(5,6,7)	(5.00,6.84,9.00)	6,893	Izabran	0,086
F ₁₈	(2,3,4)	(2,3,4)	(3,4,5)	(2.00,3.00,5.00)	3,167	Neprihvatljiv	/
F ₁₉	(1,2,3)	(1,2,3)	(4,5,6)	(1.00,2.52,6.00)	2,847	Neprihvatljiv	/
F ₂₀	(1,1,2)	(1,1,2)	(8,9,10)	(1.00,2.00,10.00)	3,167	Neprihvatljiv	/

Tabela 6.3. Ocene elemenata strukture IT u odnosu na faktore (Tadić i dr., 2019c)

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
F ₁	NI	NI	NI	VV	VV	NI	NI	NI	NI	VV	VV	UV	EV
F ₂	NI	NI	NI	NI	NI	NI	UV	VV	NI	EV	NI	UV	VV
F ₃	VV	UV	VV	NI	VV	N	N	VV	N	NI	V	NI	S
F ₄	NI	NI	EV	NI	NI	UV	EV	VV	EV	S	EV	NI	NI
F ₆	VN	VN	EV	NI	VV	UN	UN	NI	VN	NI	S	NI	NI
F ₈	NI	NI	VV	NI	EV	EV	N	V	VN	VN	UV	UV	VV
F ₉	NI	NI	NI	EV	V	UN	UN	UV	NI	S	N	S	VV
F ₁₀	NI	NI	EV	NI	VV	S	UV	VV	V	NI	UV	N	N
F ₁₁	NI	NI	NI	NI	NI	N	V	VV	N	VN	UV	NI	NI
F ₁₂	VV	N	EV	NI	NI	UN	N	UV	S	NI	NI	NI	NI
F ₁₃	S	S	NI	NI	NI	NI	S	NI	NI	NI	UN	NI	NI
F ₁₄	UN	UN	NI	UN	S	NI	V	UV	NI	NI	UV	NI	NI
F ₁₆	NI	NI	NI	NI	NI	NI	VV	VV	NI	VV	NI	NI	S
F ₁₇	NI	NI	EV	NI	V	VV	V	V	S	NI	EV	NI	V

Tabela 6.4. Rezultati primene fazi VIKOR metode (Tadić i dr., 2019c)

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	
\tilde{S}	S _l	0.435	0.494	0.095	0.486	0.250	0.367	0.127	0.102	0.339	0.378	0.039	0.477	0.289
	S _m	0.686	0.745	0.346	0.737	0.501	0.618	0.378	0.353	0.590	0.629	0.290	0.727	0.540
	S _r	0.852	0.911	0.540	0.888	0.681	0.809	0.622	0.561	0.793	0.809	0.525	0.889	0.731
	Crisp(S)	0.672	0.731	0.337	0.720	0.489	0.608	0.377	0.346	0.582	0.617	0.287	0.713	0.530
	Rang	10	13	2	12	5	8	4	3	7	9	1	11	6
\tilde{R}	R _l	0.057	0.057	0.046	0.057	0.056	0.057	0.042	0.047	0.042	0.057	0.053	0.057	0.057
	R _m	0.076	0.076	0.065	0.076	0.074	0.076	0.056	0.065	0.065	0.076	0.070	0.076	0.076
	R _r	0.086	0.086	0.081	0.086	0.083	0.086	0.070	0.081	0.081	0.086	0.079	0.086	0.086
	Crisp(R)	0.075	0.075	0.064	0.075	0.072	0.075	0.056	0.065	0.064	0.075	0.069	0.075	0.075
	Rang	8	9	4	13	6	7	1	3	2	11	5	12	10
\tilde{Q}	Q _l	-0.05	-0.03	-0.21	-0.03	-0.14	-0.08	-0.20	-0.20	-0.10	-0.08	-0.23	-0.04	-0.12
	Q _m	0.172	0.197	0.018	0.194	0.090	0.142	0.028	0.021	0.125	0.147	-0.01	0.190	0.108
	Q _r	0.367	0.393	0.229	0.383	0.292	0.348	0.260	0.238	0.339	0.349	0.222	0.384	0.314
	Crisp(Q)	0.167	0.193	0.016	0.188	0.086	0.139	0.030	0.020	0.123	0.143	-0.01	0.184	0.105
	Rang	10	13	2	12	5	8	4	3	7	9	1	11	6

Kao najznačajniji element za definisanje strukture dobijen je "vidovi transporta" (E₁₁) kao najbolje rangiran u odnosu na Q uz ispunjenje oba uslova (Co.1 i Co.2). Elementi koji su takođe rangirani kao veoma značajni i kojima je potrebno posvetiti posebnu pažnju jesu "mesto u mreži/lancu" (E₃), "veličina terminala" (E₈), "lokacija terminala" (E₇), "struktura funkcija i usluga" (E₅) i "tehnologije podsistema" (E₁₃).

7. TIPIČNE STRUKTURE TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

Kombinacijom elemenata opisanih u poglavlju 3 može se formirati veliki broj različitih struktura IT, međutim tipične strukture uglavnom zavise od nekoliko ključnih elemenata. Na osnovu prethodno sprovedene analize i rangiranja značaja strukturnih elemenata terminala i istraživanja koje je obuhvatilo 180 IT na području Evrope, identifikovane su tipične strukture terminala. U prethodnom delu, primenom modela VKO, kao ključni elementi za definisanje strukture IT definisani su (Tadić i dr., 2019c): "vidovi transporta" (E₁₁), "mesto u mreži/lancu" (E₃), "veličina terminala" (E₈) i "struktura funkcija i usluga" (E₅), koji su rangirani kao prvi, drugi, treći i peti, respektivno. "Lokacija terminala" (E₇) i "tehnologije podsistema" (E₁₃), iako rangirani kao četvrti i šesti, kao i slabije rangirani elementi, nisu izabrani kao ključni iz sledećih razloga. Za "lokaciju terminala" (E₇), "osnivače i vlasnike" (E₁) i "organizacionu strukturu" (E₂), nije utvrđena zakonitost pojavljivanja u kombinaciji sa ostalim ključnim elementima pa bi dalja klasifikacija u odnosu na te elemente dovela do prevelikog broja struktura terminala i više se ne bi moglo govoriti o tipičnim strukturama (Tadić i dr., 2019c). Sa druge strane, kombinovanje ostalih elemenata sa ključnim ne bi dovelo do daljih podela i klasifikacija. To su elementi koji imaju jaku zavisnost sa nekim od ključnih elemenata, kao što je: "pokrivenost teritorije" (E₉) (zavisi od mesta i uloge terminala u mreži), "layout terminala" (E₁₀) (zavisi od prisutnih vidova transporta), "struktura podsistema" (E₁₂) (zavisi od strukture funkcija i usluga) i "tehnologije podsistema" (E₁₃) (uglavnom zavise od veličine terminala i strukture podsistema, odnosno indirektno od strukture funkcija) (Tadić i dr., 2019c). U literaturi nema puno radova koji se bave tipičnim strukturama terminala (npr. Kutin i dr., 2017; Park i Medda, 2010; Woxenius, 1997), a i u njima su tipovi terminala definisani uglavnom u odnosu na jedan ili par elemenata.

Osnovna podela grupa tipičnih struktura (TS) terminala je izvršena u odnosu na "veličinu terminala" (E_8), a zatim je u okviru definisanih grupa izvršena dalja klasifikacija u odnosu na "vidove transporta" (E_{11}), "mesto u mreži/lancu" (E_3) i "strukturu funkcija i usluga" (E_5). Kombinacijom različitih karakteristika i modaliteta terminala u odnosu na identifikovane ključne elemente, definisano je 36 tipičnih struktura IT-a prikazane u tabeli 7.1 i detaljnije opisane u nastavku.

Tabela 7.1. Tipične strukture IT u odnosu na ključne elemente (Tadić i dr., 2019c)

Tipična struktura	Veličina terminala	Vidovi transporta	Mesto u mreži	Struktura funkcija
TS ₁	"mali"	drumski	direktni	A
TS ₂	"mali"	drumsko-železnički	linijski	<u>B</u> i C
TS ₃	"mali"	drumsko-železnički	koridorski	<u>B</u> i C
TS ₄	"mali"	drumsko-železnički	hub	<u>C</u> i D
TS ₅	"mali"	drumsko-rečni	linijski	<u>B</u> i C
TS ₆	"mali"	drumsko-rečni	koridorski	<u>B</u> i C
TS ₇	"mali"	drumsko-rečni	hub	<u>C</u> i D
TS ₈	"mali"	drumsko-železničko-rečni	koridorski	B i <u>C</u>
TS ₉	"mali"	drumsko-železničko-rečni	hub	C i <u>D</u>
TS ₁₀	"srednji"	drumsko-železnički	linijski	<u>B</u> i C
TS ₁₁	"srednji"	drumsko-železnički	koridorski	B i <u>C</u>
TS ₁₂	"srednji"	drumsko-železnički	hub	<u>C</u> i D
TS ₁₃	"srednji"	drumsko-rečni	koridorski	B i <u>C</u>
TS ₁₄	"srednji"	drumsko-rečni	hub	<u>C</u> i D
TS ₁₅	"srednji"	drumsko-železničko-rečni	koridorski	<u>C</u> i D
TS ₁₆	"srednji"	drumsko-železničko-rečni	hub	C i <u>D</u>
TS ₁₇	"srednji"	drumsko-železničko-pomorski	periferni	C i <u>D</u>
TS ₁₈	"veliki"	drumsko-železnički	linijski	B i <u>C</u>
TS ₁₉	"veliki"	drumsko-železnički	koridorski	B i <u>C</u>
TS ₂₀	"veliki"	drumsko-železnički	hub	C i <u>D</u>
TS ₂₁	"veliki"	drumsko-železničko-rečni	koridorski	<u>C</u> i D
TS ₂₂	"veliki"	drumsko-železničko-rečni	hub	C i <u>D</u>
TS ₂₃	"veliki"	drumsko-železničko-pomorski	obični	C i <u>D</u>
TS ₂₄	"veliki"	drumsko-železničko-pomorski	superiorni	C i <u>D</u>
TS ₂₅	"veoma veliki"	drumsko-železničko-rečni	hub	C i <u>D</u>
TS ₂₆	"veoma veliki"	drumsko-pomorski	posredni	<u>C</u> i D
TS ₂₇	"veoma veliki"	drumsko-železničko-pomorski	svestrani	C i <u>D</u>
TS ₂₈	"veoma veliki"	drumsko-železničko-pomorski	superiorni	D
TS ₂₉	"veoma veliki"	drumsko-železničko-pomorski	dominantni	D
TS ₃₀	"veoma veliki"	drumsko-železničko-rečno-pomorski	dominantni	D
TS ₃₁	"mega"	drumsko-železničko-pomorski	svestrani	D
TS ₃₂	"mega"	drumsko-železničko-pomorski	posredni	D
TS ₃₃	"mega"	drumsko-železničko-pomorski	superiorni	D
TS ₃₄	"mega"	drumsko-železničko-pomorski	dominantni	D
TS ₃₅	"mega"	drumsko-železničko-rečno-pomorski	svestrani	D
TS ₃₆	"mega"	drumsko-železničko-rečno-pomorski	dominantni	D

7.1. TIPIČNE STRUKTURE "MALIH" TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

Pod "malim" IT-ima podrazumevaju se terminali koji imaju godišnji kapacitet opsluge do 100.000 TEU-a (Tadić i dr., 2019c). Na bazi istraživanja IT u Evropi utvrđeno je devet TS koje pripadaju ovoj grupi terminala.

Prvu tipičnu strukturu (TS₁) predstavljaju "mali" unimodalni terminali koji su povezani samo sa drumskim vidom transporta. Predstavljaju direktne terminale sa aspekta mesta u mreži, odnosno direktno su povezani sa nekim od značajnijih terminala i uglavnom su locirani u njihovoj neposrednoj blizini. Od funkcija su zastupljene samo funkcije transporta, skladištenja i pretovara, odnosno pripadaju kategoriji A u odnosu na klasifikaciju opisanu u poglavlju 3.2.2. Nekada se nazivaju i depoima jer se u njima skladište kontejneri u nekoj od međufaza transportnog lanca. Predstavnicima ove TS su terminali: "Mainport Rotterdam Services Droogdokweg" (Holandija), "Progeco Antwerpen Depot 1" (Belgija), "Van Doorn Container Depot BV" (Holandija), "Kramer Delta Depot" (Holandija) i "Progeco Holland B.V. Depot 2" (Holandija).

Narednu tipičnu strukturu (TS₂) predstavljaju "mali" drumsko-železnički terminali koji se nalaze na fiksnim rutama, tzv. linijski terminali. U njima se uglavnom realizuju osnovne i dopunske funkcije, mada se mogu pojaviti i neke od pomoćnih. Drugim rečima u odnosu na strukturu funkcija pripadaju kategorijama terminala B i C, pri čemu preovlađuju terminali kategorije B. Ovu TS predstavljaju terminali: "Yana Sofia" (Bugarska), "Euroterminal Genk" (Belgija), "Aarau" (Švajcarska), "Sopron Container Terminal" (Mađarska) i "Europark-Terminal Coevorden" (Holandija).

Sledeću tipičnu strukturu (TS₃) čine takođe "mali" drumsko-železnički terminali ali sa nešto značajnijim položajem u mreži, locirani na koridorima. To međutim ne utiče na strukturu funkcija, odnosno i ovoj TS pripadaju terminali kategorija B i C, pri čemu preovlađuju terminali kategorije B. Predstavnicima ove TS su terminali: "Zagreb Kontejnerski Terminal Vrapče" (Hrvatska), "Győr Container Terminal" (Mađarska), "DUSS Terminal Landshut" (Nemačka), "Frenkendorf Swissterminal" (Švajcarska) i "Großbeeren" (Nemačka).

Još jednu tipičnu strukturu (TS₄) predstavljaju "mali" drumsko-železnički terminali, ali sa dominantnijim uticajem u mreži. Radi se o *hub* terminalima koji imaju uspostavljene veze sa više terminala i u skladu sa tim širi spektar funkcija. Pored osnovnih, dopunskih i pomoćnih, mogu delimično ili u potpunosti obavljati dodatne funkcije, odnosno pripadaju kategorijama terminala C i D, uz dominantnije prisustvo terminala kategorije C. Ovoj TS pripadaju terminali: "Kapfenberg CCT" (Austrija), "Frankfurt Contargo Industriepark -Höchst GmbH" (Nemačka), "Regensburg Hafen" (Nemačka), "Wuppertal-Langerfeld" (Nemačka) i "Duisburg-Meiderich" (Nemačka).

Narednu tipičnu strukturu (TS₅) predstavljaju "mali" drumsko-rečni terminali na fiksnim rutama koji sa aspekta funkcija pripadaju kategorijama B i C (dominantno prisustvo terminala kategorije B. Predstavnici ove TS su: "Markiezaat Container Terminal" (Holandija), "MEO B.V." (Holandija), "BCTN Roermond B.V." (Holandija), "Kallo Katoen Natie Terminals (Quay 1510)" (Belgija) i "Westerborek MCS" (Holandija).

"Mali" drumsko-rečni terminali locirani na koridorima i sa dominantnim prisustvom osnovnih i dopunskih funkcija (kategorija terminala B) i znatno ređe nekih pomoćnih funkcija (kategorija terminala C) predstavljaju narednu tipičnu strukturu (TS₆). Ovu TS predstavljaju terminali: "Container Terminal Kampen" (Holandija), "Regionaal Overslag Centrum Waalwijk" (Holandija), "Beverdonk Container Terminal" (Belgija), "Gustavsburg Contargo" (Nemačka) i "Progeco Holland B.V. Depot 1" (Holandija).

Još jednu tipičnu strukturu (TS₇) "malih" drumsko-rečnih terminala predstavljaju *hub* terminali koji realizuju širi spektar funkcija. Pretežno obuhvataju terminale kategorije C, ali ima i onih koji delimično ili u potpunosti realizuju i dodatne funkcije (kategorija D). Predstavnici ove TS su terminali: "BCTN Geel" (Belgija), "Gorinchem LCG Terminal" (Holandija), "Verghel Inland Terminal" (Holandija), "Harlingen HOV BV" (Holandija) i "MCS Meppel" (Holandija).

Trimodalni terminali koji povezuju drumski, železni i rečni vid transporta predstavljaju narednu tipičnu strukturur (TS₈) "malih" terminala. Nalaze se na koridorima, što u kombinaciji sa većim brojem vidova transporta znači i širi spektar funkcija u odnosu na bimodalne terminale. Sa aspekta funkcija pripadaju kategorijama B i C, ali sa

dominantnijim učešćem terminala kategorije C. Predstavnici ove TS su terminali: "Aschaffenburg" (Nemačka), "Basel port Swissterminal" (Švajcarska), "Bratislava Palenisko" (Slovačka), "Andernach CSA Terminal" (Nemačka) i "Frankfurt Contargo Industriepark -Höchst GmbH" (Nemačka).

Još jednu tipičnu strukturu (TS₉) predstavljaju "mali" trimodalni, drumsko-železničko-rečni terminali sa *hub* statusom u mreži. Dominantniji status u mreži uglavnom podrazumeva i širi spektar funkcija pa ovi terminali pripadaju kategorijama C i D, uz veću zastupljenost terminala kategorije D. Ovu TS predstavljaju terminali: "Container-Terminal Hafen Heilbronn" (Nemačka), "Port of Rouen Container Terminal" (Francuska), "Osse Overslag Centrale" (Holandija), "Krems a.d. Donau CCT" (Austrija) i "Emmelsum Contargo" (Nemačka).

7.2. TIPIČNE STRUKTURE "SREDNJIH" TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

"Srednji" terminali imaju godišnji kapacitet opsluživanja između 100.000 i 200.000 TEU-a. Istraživanjem je identifikovano osam TS koji pripadaju ovoj grupi, i one su detaljnije opisane u nastavku.

Prvu tipičnu strukturu (TS₁₀) u okviru ove grupe predstavlja "srednji" bimodalni terminali povezan sa drumskim i železničkim vidom transporta, locirani na fiksnoj ruti. Najčešće realizuje osnovne i dopunske funkcije (kategorija B), a ređe i pomoćne funkcije (kategorija C). Predstavnici ove TS su terminali: "DUSS Ulm-Dornstadt" (Nemačka), "Noatum Madrid" (Španija), "Perpignan Saint Charles" (Francuska), "Kutno PCC Terminal" (Poljska) i "Antwerpen Combinant" (Belgija).

Naredna tipična struktura (TS₁₁) se odnosi na "srednje" drumsko-železničke koridorske terminali. Takođe realizuju osnovne, dopunske i pomoćne funkcije, ali su češće zastupljeni terminali sa širim spektrom funkcija (kategorija C). Ovu TS predstavljaju terminali: "Frankfurt/Oder PCC Intermodal" (Nemačka), "Ljubljana Moste" (Slovenija), "Novara CIM" (Italija), "Regensburg Ost" (Nemačka) i "Noatum Zaragoza Plaza" (Španija).

Još jedna tipična struktura (TS₁₂) koja podrazumeva "srednje" bimodalne drumsko-železničke terminale ima *hub* ulogu u mreži i realizuje širi spektar funkcija. Pored dominantnih osnovnih, dopunskih i pomoćnih funkcija (kategorija C), ima i predstavnika koji realizuju dodatne funkcije (kategorija D). Predstavnici ove TS su terminali: "Villach Süd CCT" (Austrija), "Wolfurt CCT" (Austrija), "Hof Contargo Ziegler Combitrac" (Nemačka), "Basel-Weil am Rhein DUSS" (Nemačka) i "Kornwestheim" (Nemačka).

"Srednji" bimodalni drumsko-rečni terminali predstavljaju narednu tipičnu strukturu (TS₁₃). Locirani su na koridorima i obavljaju osnovne, dopunske i pomoćne funkcije (kategorija C), uz ređu pojavu terminala koji obavljaju osnovne i dopunske funkcije (kategorija B). Predstavnici ove TS su terminali: "CTU Rivierenland" (Holandija), "CT Vrede Zaandam" (Holandija), "BCTN Alblisserdam" (Holandija), "Kramer Rotterdam Delta Container Services" (Holandija) i "Progeco Antwerpen Depot 2" (Belgija).

Naredna tipična struktura (TS₁₄) takođe podrazumeva "srednje" drumsko-rečne terminale sa *hub* statusom u mreži. Sa aspekta funkcija dominantni su terminali kategorije C, ali se pojavljuju i oni koji obavljaju dodatne funkcije (kategorija D). Ovu TS predstavljaju terminali: "MCS Leeuwarden" (Holandija), "BCTN Venray" (Holandija), "BCTN Nijmegen" (Holandija), "BCTN Den Bosch" (Holandija) i "Utrecht Container Terminal" (Holandija).

Tipična struktura (TS₁₅) "srednjih" trimodalnih drumsko-železničko-rečnih terminala podrazumeva lokaciju na koridoru i dominantno prisustvo osnovnih, dopunskih i pomoćnih funkcija (kategorija C), a ređe i dodatnih funkcija (kategorija D). Predstavnici ove TS su terminali: "Liege Container Terminal" (Belgija), "Bruay sur l'Escaut (Valenciennes)" (Francuska), "Neuss Floßhafenstraße Contargo" (Nemačka), "CTT Rotterdam Vondelingenplaat" (Holandija) i "Stuttgart Container Terminal SCT" (Nemačka).

Još jedna tipična struktura (TS₁₆) podrazumeva "srednje" drumsko-železničko-rečne terminale sa ulogom *hub*-a u mreži. Uglavnom pripadaju kategoriji D, ali ima i primera u kojima pripadaju kategoriji C. Predstavnici ove TS su terminali: "Genk Haven"

(Belgija), "Venlo Hutchison Ports" (Holandija), "Duisburg DIT" (Nemačka), "Contargo Wörth-Karlsruhe GmbH" (Nemačka) i "Mahart Container Center" (Mađarska).

Poslednju tipičnu strukturu (TS₁₇) u ovoj grupi predstavljaju "srednji" trimodalni drumsko-železničko-pomorski terminali. Sa aspekta mesta u mreži radi se o "perifernim" terminalima koji ostvaruju vezu između fider mreža i male gravitacione zone sa jednostavnim kontinentalnim vezama. Uglavnom realizuju širok spektar funkcija i pripadaju kategoriji D, uz retke slučajeve terminala sa manjim brojem funkcija koji pripadaju kategoriji C. Predstavnici ove TS su terminali: "Gdanski Terminal Konterowy S.A." (Poljska), "Riga Container Terminal" (Letonija), "APM Gijón" (Španija), "Riga Universal Terminal" (Letonija) i "Lorenzini Livorno" (Italija).

7.3. TIPIČNE STRUKTURE "VELIKIH" TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

U "velike" IT spadaju terminali koji imaju godišnji kapacitet opsluge između 200.000 i 400.000 TEU-a. Istraživanjem je identifikovano sedam TS koje pripadaju ovoj grupi i one su detaljnije opisane u nastavku.

Prvu tipičnu strukturu (TS₁₈) u ovoj grupi predstavljaju "veliki" bimodalni drumsko-železnički terminali locirani na fiksnim rutama. Od funkcija uglavnom realizuju osnovne, dopunske i pomoćne (kategorija C), ali ima i terminala sa užim spektrom usluga (kategorija B). Predstavnici ove TS su terminali: "Graz Süd CCT" (Austrija), "IFB Antwerpen Cirkeldyck" (Belgija), "Duisburg - Ruhrort Hafen" (Nemačka), "Logistika-Terminal Shushary, St.Petersburg" (Rusija) i "Leipzig-Wahren" (Nemačka).

Naredna tipična struktura (TS₁₉) podrazumeva "velike" drumsko-železničke terminale locirane na koridorima sa dominantnim prisustvom kategorije C i ređu pojavu kategorije B. Ovu TS predstavljaju terminali: "Ostrava Senov Metrans" (Češka), "Budapest BILK" (Mađarska), "Sud wharf rail terminal (TCB)" (Španija), "Köln - Eifeltor" (Nemačka) i "Hamburg - Billwerder" (Nemačka).

Još jedna tipična struktura (TS₂₀) podrazumeva "velike" drumsko-železničke terminale ali sa *hub* statusom u mreži i širim spektrom funkcija. Najčešće se radi o terminalima koji realizuju sve funkcije (kategorija D), ali ima i primera u kojima realizuju osnovne,

dopunske i pomoćne funkcije (kategorija C). Predstavnicima ove TS su terminali: "Wien Nordwestbahnhof CCT (Inzersdorf)" (Austrija), "Wels Vbf. CCT" (Austrija), "Salzburg CTS" (Austrija), "Rotterdam RSC/Waalhaven" (Holandija) i "CLIP Container Terminal Swarzędz" (Poljska).

Tipičnu strukturu (TS₂₁) predstavljaju "veliki" trimodalni terminali povezani drumskim, železničkim i rečnim vidom transporta. Imaju status koridorskog terminala i uglavnom realizuju osnovne, dopunske i pomoćne funkcije (kategorija C), ali ima i primera terminala koji realizuju i dodatne funkcije (kategorija D). Ovu TS predstavljaju terminali: "Duisburg DeCeTe" (Nemačka), "BCTN Meerhout" (Belgija), "Strasbourg Terminal Conteneurs Sud" (Francuska), "Nürnberg Hafen" (Nemačka) i "Moerdijk CCT" (Holandija).

Još jednu tipičnu strukturu (TS₂₂) predstavljaju "veliki" drumsko-železničko-rečni terminali koji, za razliku od prethodne, imaju *hub* status u mreži i širi spektar funkcija. Uglavnom pripadaju kategorijama C i D, uz dominantno prisustvo terminala kategorije D. Terminali koji predstavljaju ovu TS su: "Emmerich Rhein-Waal-Terminal" (Nemačka), "DCH Düsseldorfer Container Terminal" (Nemačka), "Linz Stadthafen" (Austrija), "Paris Terminal SA (Gennevilliers)" (Francuska) i "Barge Terminal Tilburg BV" (Holandija).

"Veliki" trimodalni terminale koji ostvaruju vezu sa drumskim, železničkim i pomorskim vidom transporta predstavljaju narednu tipičnu strukturu (TS₂₃). Nalaze u pomorskim lukama i imaju status "običnih" terminala. Direktno su povezani sa lukama u regionu, a ostvaruju intermodalne kopnene veze sa terminalima u unutrašnjosti kopna. Najčešće realizuju najširi spektar funkcija (kategorija D), ali se mogu pojaviti i terminali kategorije C. Predstavnicima ove TS su terminali: "Setramar" (Italija), "Klaipėdos Smelte" (Litvanija), "Kaliningrad Container Terminal" (Rusija), "Europe/Mourepiane Marseille-Fos" (Francuska) i "APM Castellón" (Španija).

Poslednju tipičnu strukturu (TS₂₄) u ovoj grupi predstavljaju "veliki" drumsko-železničko-pomorski terminali. Dominiraju terminali kategorije D sa aspekta funkcija, a ređe se sreću i terminali kategorije C. Razlog je značajniji status u mreži jer ova TS podrazumeva "superiorne" terminale koji ostvaruju direktne veze sa terminalima u

svetskim lukama a sa druge strane su povezani sa intermodalnim kopnenim mrežama. Terminali koji predstavljaju ovu TS su: "Terminal del Golfo La Spezia" (Italija), "Terminal Container Ravenna S.p.A." (Italija), "Terminal intermodale Venezia SPA" (Italija), "LISCONT Operadores de Contentores" (Portugal), "Rijeka Brajdica" (Hrvatska).

7.4. TIPIČNE STRUKTURE "VEOMA VELIKIH" TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

U grupu "veoma velikih" spadaju terminali koji imaju godišnji kapacitet opsluge između 400.000 i 1.200.000 TEU-a. Istraživanjem je identifikovano šest TS koje su detaljnije opisane u nastavku.

Tipična struktura (TS₂₅) koja podrazumeva "veoma velike" trimodalne drumsko-železničko-rečne terminale je jedina u okviru ove grupe koja se odnosi na kopnene terminale. Imaju status *hub*-a i najčešće realizuju sve funkcije (kategorija D). Retko se mogu se pojaviti i terminali sa manjim brojem funkcija (kategorija C). Predstavnicima ove TS su terminali: "Enns Hafen CCT" (Austrija), "Rotterdam Beatrix Terminal" (Holandija), "Barge i Rail Terminal Born" (Holandija), "Antwerpen Associated Terminal Operator ATO" (Belgija) i "Köln-Niehl CTS" (Nemačka).

Ostale TS u ovoj grupi podrazumevaju terminale u pomorskim lukama, a prva od njih (TS₂₆) se odnosi na "veoma velike" bimodalne drumsko-pomorske terminale. Imaju status "posrednih" terminala koji sa jedne strane imaju direktne veze sa kontinentalnim lukama u celom svetu, a sa druge ograničene jednostavne kontinentalne mreže koje opslužuju male gravitacione zone. Pretežno realizuju samo osnovne, dopunske i pomoćne funkcije (kategorija C), ali ima i slučajeva u kojima se realizuju i dodatne funkcije (kategorija D). Ovu TS predstavljaju terminali: "Moby Dik LLC in Kronshtadt" (Rusija), "Salerno Container Terminal" (Italija), "Limassol Limited EUROGATE" (Kipar), "Civitavecchia Terminal" (Italija) i "Rotterdam ECT City" (Holandija).

Narednu tipičnu strukturu (TS₂₇) predstavljaju "veoma veliki" drumsko-železničko-pomorski "svestrani" terminala. Ostvaruju direktne veze sa regionalnim lukama a sa druge strane jake veze u zaleđu preko razgranatih multifunkcionalnih kopnenih veza. Sa

aspekta funkcija, pripadaju kategorijama C i D, uz dominantno učešće kategorije D. Terminali koji predstavljaju ovu TS su: "Baltic Container Terminal Rhiga" (Letonija), "Klaipeda Container Terminal (KCT)" (Litvanija), "SECH Genoa" (Italija), "Baltic Container Terminal Gdyna" (Poljska) i "Muuga container terminal" (Estonija).

"Veoma velike" drumsko-železničko-pomorski "superiorni" terminali koji realizuju najširi opseg funkcija (kategorija D) predstavljaju narednu tipičnu strukturu (TS₂₈). Predstavnici ove TS su: "Felixstowe Landguard Terminal" (Velika Britanija), "Terminal Port Océane (Perrigault/APM Terminals)" (Francuska), "Trieste Marine Terminal" (Italija), "Darsena Toscana Livorno" (Italija) i "Petrolesport" (Rusija).

Još jednu tipičnu strukturu (TS₂₉) u grupi "veoma velikih" čine drumsko-železničko-pomorski terminali kategorije D, ali sa "dominantnim" statusom u mreži. Ostvaruju direktne veze sa terminalima u pomorskim lukama na drugim kontinentima i sa kopnenim terminalima na celom kontinentu, odnosno imaju veoma veliku gravitacionu zonu u zaleđu. Predstavnici ove TS su: "Gdynia Container Terminal" (Poljska), "Container Terminal Odessa (CTO) HHLA" (Ukrajina), "Vado Ligure Genoa/Savona" (Italija), "Container Terminal of the Piraeus Port Authority (I)" (Grčka) i "Noatum Container Terminal Bilbao" (Španija).

Poslednju tipičnu strukturu (TS₃₀) u ovoj grupi predstavljaju "veoma veliki" terminali povezani sa drumskim, železničkim, rečnim i pomorskim transportom. Pripadaju terminalima u dominantnim lukama i karakteriše ih prisustvo kompletne strukture funkcija (kategorija D). Ovu TS predstavljaju terminali: "Kallo Katoen Natie Terminals (Quay 1227)" (Belgija), "Kramer Rotterdam Container Terminal" (Holandija), "Hamburg - Altenwerder (CTA) HHLA" (Nemačka), "Koper Luka KT" (Slovenija) i "Hamburg - Tollerort (CTT) HHLA" (Nemačka).

7.5. TIPIČNE STRUKTURE "MEGA" TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

Poslednju grupu TS predstavljaju "mega" terminali koji imaju godišnji kapacitet opsluge preko 1.200.000 TEU-a i isključivo se nalaze u pomorskim lukama. Istraživanjem ovih terminala identifikovano je šest TS opisanih u nastavku.

Prvu TS (TS₃₁) u ovoj grupi predstavljaju "mega" "svestrani" trimodalni terminali povezani drumskim, železničkim i pomorskim transportom. Sa aspekta funkcija pripadaju kategoriji D. Ovu TS predstavljaju terminali: "Rotterdam Uniport" (Holandija), "First Container Terminal Sankt Peterburg" (Rusija), "Total Terminal International Algeciras" (Španija), "KV-Terminal Wilhelmshaven" (Nemačka) i "Noatum Container Terminal Valencia" (Španija).

Narednu tipičnu strukturu (TS₃₂) predstavljaju "mega" drumsko-železničko-pomorski terminali koji pripadaju kategoriji D i zauzimaju mesto "posrednih" terminala u mreži. Ovu TS predstavljaju terminali: "APM Terminals Valencia" (Španija), "Bremerhaven - MSC Gate" (Nemačka), "Noordzee Terminal Antwerpen" (Belgija), "APM Barcelona Muelle Sur Terminal" (Španija) i "Felixstowe Trinity Terminal" (Velika Britanija).

Sledeća tipična struktura (TS₃₃) takođe se odnosi na "mega" drumsko-železničko-pomorske terminale koji pripadaju kategoriji D, ali sa statusom "superiornih" terminala u mreži. Predstavnicima ove TS su terminali: "V.T.E. Genoa" (Italija), "LSCT - La Spezia Container Terminal" (Italija), "Piraeus SEMP III" (Grčka), "Rotterdam Euromax" (Holandija) i "PCT Piraeus Container Terminal (II)" (Grčka).

Još jednu tipičnu strukturu (TS₃₄) čine "mega" drumsko-železničko-pomorski terminali koji pripadaju kategoriji D, ali sa "dominantnom" ulogom u mreži. Ovu TS predstavljaju terminali: "Barcelona Europe South Terminal (BEST)" (Španija), "Deepwater Container Terminal Gdansk" (Poljska), "APM Terminals Algeciras" (Španija), "Bremerhaven - NTB North Sea Terminal" (Nemačka) i "MCT Medcenter Gioao Tauro" (Italija).

"Mega" terminali povezani drumskim, železničkim, rečnim i pomorskim transportom predstavljaju narednu tipičnu strukturu (TS₃₅). Pripadaju "svestranim" terminalima, a sa aspekta funkcija kategoriji D. Predstavnicima ove TS su: "APM Terminals Rotterdam" (Holandija), "Antwerpen MSC Home Terminal" (Belgija), "Rotterdam ECT Delta" (Holandija), "Hamburg - Burchardkai (CTB) HHLA" (Nemačka) i "Antwerpen Deurganck Terminal" (Belgija).

Poslednju tipičnu strukturu (TS₃₆) predstavljaju "mega" drumsko-železničko-rečno-pomorski terminali koji realizuje kompletnu strukturu funkcija (kategorija D), sa

"dominantnim" statusom u mreži. Predstavnici ove TS su terminali: "Rotterdam Shortsea Terminal" (Holandija), "Antwerpen PSA Europa Terminal" (Belgija), "Rotterdam RWG" (Holandija), "Rotterdam APM Terminals Maasvlakte II" (Holandija) i "DP Antwerp World Gateway Terminal" (Belgija).

8. IZBOR EFIKASNIH TIPIČNIH STRUKTURA TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

Za izbor efikasnih tipičnih struktura intermodalnih terminala u disertaciji je primenjen hibridni model koji kombinuje fazi EDAS (eng. *Evaluation Based on Distance from Average Solution*) metodu višekriterijumskog odlučivanja i AR DEA (eng. *Assurance Region Data Envelopment Analysis*) neparametarsku metode za ocenu efikasnosti (Tadić i dr., 2019a). U nastavku su opisane metode koji čine definisani model, opisani su razlozi njihove primene, koraci primene modela, korišćeni *input*-i i *output*-i, kao i primer primene modela za izbor efikasne TS u grupi "malih" IT (Tadić i dr., 2019a).

8.1. HIBRIDNI FAZI EDAS-AR DEA MODEL ZA IZBOR EFIKASNIH TIPIČNIH STRUKTURA INTERMODALNIH TERMINALA

DEA metoda, odnosno metoda analize obavijanja podataka, predstavlja neparametarsku metodu za procenu efikasnosti primenom alata linearnog programiranja. Osnovni DEA model se naziva DEA-CCR, a naziv je dobio po prvim slovima prezimena autora modela (Charnes, Cooper, i Rhodes, 1978). Metoda se zasniva na kombinovanju nekoliko *input*-a (ulaznih veličina) i *output*-a (izlaznih veličina), koje predstavljaju osnovne karakteristike različitih entiteta, kako bi se formirao jedinstveni sveobuhvatni indikator, odnosno izmeritelj nivoa efikasnosti svakog entiteta (Zbranek, 2013). Ovi entiteti se u metodi nazivaju jedinice donošenja odluke (eng. *Decision Making Unit* - DMU) a mogu biti firme, bolnice, škole, policijske stanice, logistički centri itd. DEA metoda zapravo ocenjuje relativnu efikasnost homogenog skupa DMU-a koje karakterišu višestruki *input*-i i *output*-i. DMU se smatra relativno neefikasnim ako je izmeritelj efikasnosti manji od 1. Stepen neefikasnosti nekog DMU-a se meri u odnosu na skup efikasnijih DMU-a. Zbog toga se za DMU ne može reći da je apsolutno efikasan, već relativno efikasan u odnosu na ostale DMU-e koji se posmatraju (Yu i

Lee, 2013). Glavni cilj metode je identifikovati efikasne DMU-e koji generišu najviše *output*-a sa najmanje *input*-a (Lotfi i Shirouyehzad, 2010).

U poređenju sa tradicionalnim sistemima procene performansi DEA metoda ima nekoliko prednosti. Može istovremeno da uzima u obzir više *input*-a i *output*-a, ne zahteva pretpostavku i opis prirode funkcionalne veze između *input*-a i *output*-a, DMU-i se direktno poredi sa svojim konkurentima, *input*-i i *output*-i mogu imati različite izmeritelje (jedinice mere), itd. (Zbranek, 2013; Manoharan i dr., 2009; Trick, 1996). Metoda je takođe veoma jednostavna za korišćenje, zbog čega je našla široku primenu u raznim oblastima: poljoprivredi (npr. Li i dr., 2017), vodosnabdevanju (npr. Cabrera i dr., 2018), ekonomiji (npr. Ghiyasi, 2017), energetici i zaštiti životne sredine (npr. Sueyoshi i dr., 2017) itd. Poslednjih godina je takođe intenzivno korišćena i za rešavanje problema procene efikasnosti terminala intermodalnog transporta (npr. Wiegmans i Witte, 2017; Serebrisky i dr., 2016; Almawsheki i Shah, 2015).

Pored navedenih prednosti DEA metoda ima i neke nedostatke. Ne postoji način za testiranje adekvatnosti izbora *input*-a i *output*-a, broj efikasnih DMU-a raste sa porastom broja *input*-a i *output*-a, ne može da dâ "apsolutnu" efikasnost, odnosno može se proceniti efikasnost samo u odnosu na druge DMU-e sa kojima se poredi a ne i sa "teoretskim maksimumom" koji bi mogao da se ostvari, formulacija DEA metoda podrazumeva kreiranje zasebnih linearnih programa za svaki DMU pa problemi velikih dimenzija mogu biti računski zahtevni, itd. (Zbranek, 2013; Berg, 2010; Trick, 1996). Pored navedenog, jedan od najvećih problema konvencionalne DEA metode je odsustvo procena donosioca odluka jer se težine preferencija za *input*-e i *output*-e računaju automatski (Mohaghar i dr., 2012; Coelli i dr., 2005). To dovodi do potpune slobode prilikom dodeljivanja težina za *input*-e i *output*-e, odnosno može se desiti da DMU postane efikasan tako što će se dodeliti težine samo jednom *input*-u i jednom *output*-u, dok ostali mogu imati težinu 0, što zapravo znači da neće ni biti uzeti u obzir (Kong i Fu, 2012). Takođe se može desiti da se svim *input*-ima i *output*-ima dodeli ista težina što ne odgovara realnim situacijama naročito ukoliko je u proces uključeno više interesnih grupa (Lai i dr., 2015). Kako bi se rešili ovi problemi u DEA metodu se mogu uvesti ograničenja težina *input*-a i *output*-a. Na taj način se u metodu uključuju preferencije donosioca odluka koji mogu da utiču na značaj određenih *input*-a i *output*-

a, a modeli koji su razvijeni u tu svrhu su na primer model konusnog odnosa (eng. *cone-ratio* - CR) (Charnes i dr., 1989) i model oblasti sigurnosti (eng. *Assurance Region* - AR) (Thompson i dr., 1986). Kako je za rešavanje razmatranog problema zainteresovano više interesnih grupa, od kojih svaka ima određene preferencije po pitanju *input*-a i *output*-a, i kako je veoma bitno da određeni *input*-i i *output*-i ne budu favorizovani odnosno zanemareni, model razvijen za određivanje efikasnosti TS terminala je zasnovan na AR DEA metodi. Za određivanje granica u čijim okvirima se kreću težine *input*-a i *output*-a korišćena je fazi EDAS metoda višekriterijumskog odlučivanja koja je opisana u nastavku.

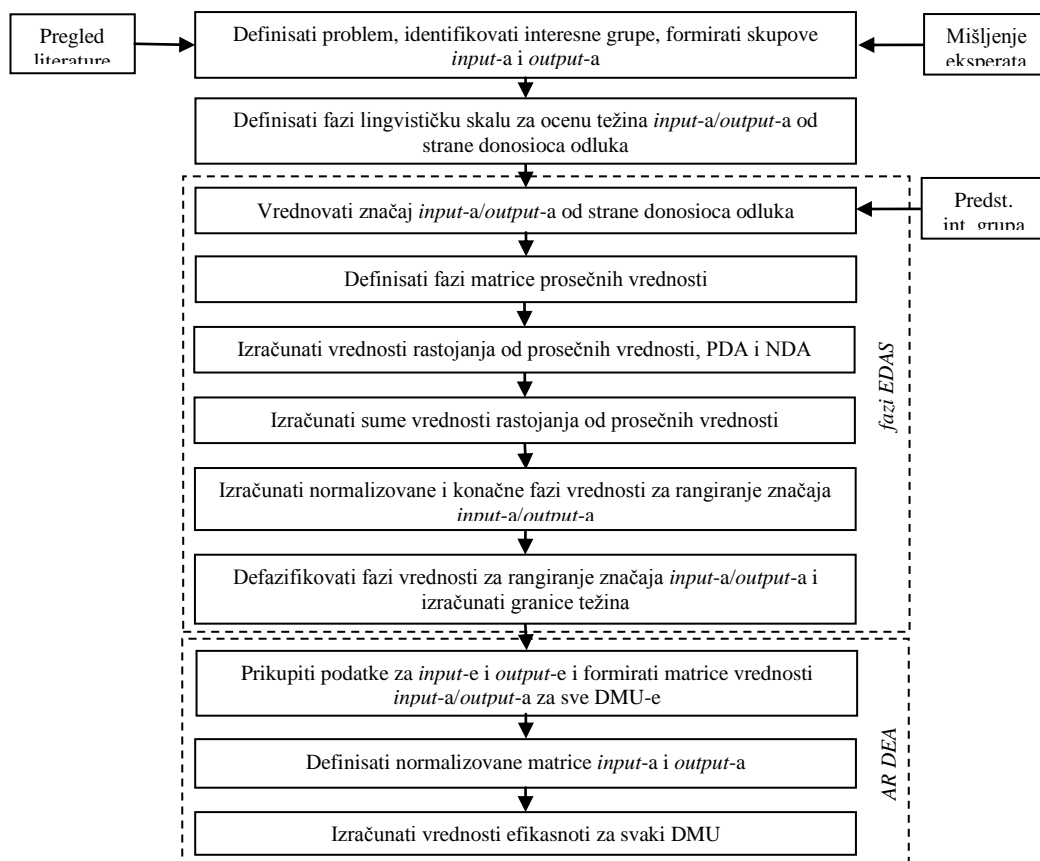
EDAS metoda, razvijena od strane Keshavarz Ghorabae i dr. (2015), koristi prosečne vrednosti za procenu alternativa na osnovu dva izmeritelja koji se nazivaju *PDA* (eng. *Positive Distance from Average*) i *NDA* (eng. *Negative Distance from Average*), a koji označavaju pozitivno i negativno rastojanje od prosečne vrednosti, respektivno. Ove vrednosti se računaju u zavisnosti od tipa kriterijuma (da li je kriterijum korisnosti ili ne) a ukazuju na razlike između svakog rešenja, odnosno alternative, i prosečnog rešenja. Alternative koje imaju veće vrednosti *PDA* i manje vrednosti *NDA* rangiraju se kao bolje.

Metoda je jednostavna za primenu i daje dobre rezultate kod poređenja konfliktnih kriterijuma. Metoda je takođe veoma primenljiva u slučaju grupnog odlučivanja, odnosno prisustva više donosioca odluka koji mogu imati različito znanje, iskustvo, sposobnosti ili interesovanja. U ovom slučaju značajno umanjuje negativne efekte pristrasnosti eksperata ka nekim rešenjima (alternativama) jer rangira alternative u odnosu na prosečna rešenja. Rezultati koji se dobijaju na osnovu prosečnog rešenja već predstavljaju normalizovane podatke koji u velikoj meri ograničavaju šanse za odstupanje od najboljeg rešenja, zbog čega EDAS metoda pri rešavanju realnih problema daje bolja i tačnija rešenja od npr. TOPSIS (Aggarwal i dr., 2018), SAW ili COPRAS (Keshavarz Ghorabae i dr., 2015) metoda. Iako je EDAS metoda relativno nova i nije puno korišćena, već je dokazana njena primenljivost za rešavanje različitih problema kao što su klasifikacija zaliha (Keshavarz Ghorabae i dr., 2015), izbor snabdevača (Keshavarz Ghorabae i dr., 2016), izbor lokacije odlaganja čvrstog otpada

(Kahraman i dr., 2017), izbor logističkih provajdera (Ecer, 2017), osiguranje kvaliteta pri potpisivanju ugovora (Trinkūienė i dr., 2017) itd.

Zbog navedenih prednosti, a naročito zbog primenljivosti pri donošenju odluka za veći broj donosioca odluka, EDAS metoda je izabrana za određivanje granica težina *input*-a i *output*-a u procesu određivanja efikasnosti TS intermodalnih terminala. Međutim kako problem kod klasične EDAS metode može biti dvosmislenost i nesigurnost u davanju ocena od strane donosioca odluka, primenjena je fazi EDAS metoda. Fazi proširenje EDAS metode su uradili Keshavarz Ghorabae i dr. (2016) i od tada je korišćena u nekoliko radova (npr. Kahraman i dr., 2017; Peng i dr., 2017; Keshavarz Ghorabae i dr., 2017).

Šema predloženog modela je prikazana na slici 8.1, a koraci modela koji kombinuje fazi EDAS i AR DEA metode su opisani u nastavku (Tadić i dr., 2019a).



Slika 8.1. Predloženi hibridni fazi EDAS-AR DEA model (Tadić i dr., 2019a)

Korak 1: Definisati strukturu problema. Potrebno je identifikovati problem, definisati interesne grupe zainteresovane za njegovo rešavanje, definisati skup DMU-a kao i *input*-e i *output*-e za procenu njihove efikasnosti.

Korak 2: Definisati fazi skalu za vrednovanja od strane donosilaca odluka. Ova skala je ista kao u poglavlju 6.1, odnosno data je u tabeli 6.1.

Korak 3: Odrediti granice težina *input*-a/*output*-a (kriterijuma u opštem slučaju) primenom fazi EDAS metode (adaptirano iz Keshavarz Ghorabae i dr., 2016). Granice za težine *input*-a i *output*-a se određuju na isti način pa će zbog jednostavnosti prikaza formulacije metode u nastavku biti opisano samo određivanje granica za *input*-e.

Korak 3.1: Vrednovati značaj *input*-a od strane donosioca odluka. Donosioci odluka vrednuju *input*-e primenom fazi skale date u tabeli 6.1 i na taj način formira se fazi matrica:

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{jk}]_{f \times n} \quad (15)$$

u kojoj \tilde{a}_{jk} predstavlja trouglastu fazi ocenu (l_{jk}, m_{jk}, r_{jk}) značaja *input*-a j u odnosu na donosioca odluke k . l_{jk} , m_{jk} i r_{jk} predstavljaju levu, srednju i desnu vrednost trouglastog fazi broja, respektivno. f se odnosi na broj *input*-a koji se ocenjuju, a n na broj donosioca odluka.

Korak 3.2: Definisati fazi matrice prosečnih vrednosti:

$$AV = [\bar{a}\bar{v}_k]_{1 \times n} \quad (16)$$

$$\bar{a}\bar{v}_k = \frac{1}{f} \sum_{j=1}^f \tilde{a}_{jk}, \forall k = 1, \dots, n \quad (17)$$

gde $\bar{a}\bar{v}_k$ predstavlja prosečnu vrednost ocena *input*-a od strane donosioca odluka.

Korak 3.3: Izračunati vrednosti rastojanja od prosečnih vrednosti. U ovom koraku je potrebno izračunati pozitivna rastojanja od prosečne vrednosti, odnosno dobiti matricu *PDA* i negativna rastojanja od prosečnih vrednosti, odnosno dobiti matricu *NDA*, u zavisnosti od toga da li se radi o *input*-ima korisnosti (B) ili nekorisnosti (N). Ove matrice se dobijaju na sledeći način:

$$PDA = [p\tilde{d}a_{jk}]_{f \times n} \quad (18)$$

$$NDA = [n\tilde{d}a_{jk}]_{f \times n} \quad (19)$$

$$p\tilde{d}a_{jk} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{a}_{jk} \ominus \tilde{a}\tilde{v}_k)}{\tilde{a}\tilde{v}_k} & \text{ako je } j \in B, \forall k = 1, \dots, n \\ \frac{\psi(\tilde{a}\tilde{v}_k \ominus \tilde{a}_{jk})}{\tilde{a}\tilde{v}_k} & \text{ako je } j \in N, \forall k = 1, \dots, n \end{cases} \quad (20)$$

$$n\tilde{d}a_{jk} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{a}\tilde{v}_k \ominus \tilde{a}_{jk})}{\tilde{a}\tilde{v}_k} & \text{ako je } j \in B, \forall k = 1, \dots, n \\ \frac{\psi(\tilde{a}_{jk} \ominus \tilde{a}\tilde{v}_k)}{\tilde{a}\tilde{v}_k} & \text{ako je } j \in N, \forall k = 1, \dots, n \end{cases} \quad (21)$$

gde $p\tilde{d}a_{jk}$ i $n\tilde{d}a_{jk}$ označavaju vrednost pozitivnog i negativnog rastojanja *input*-a *j* od prosečnih vrednosti u odnosu na donosioca odluka *k*. Funkcija psi (ψ) ima zadatak da pronade maksimalnu vrednost između trouglastog fazi broja i nule na sledeći način:

$$\psi(\tilde{A}) = \begin{cases} l, m, r & \text{ako je } l, m, r > 0 \\ 0 & \text{ako je } l, m, r < 0 \end{cases} \quad (22)$$

gde je \tilde{A} bilo koji trouglasti fazi broj, $\tilde{A} = (l, m, r)$.

Korak 3.4: Izračunati sume vrednosti pozitivnih i negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti:

$$\tilde{s}p_j = \sum_{k=1}^n p\tilde{d}a_{jk}, \quad \forall j = 1, \dots, f \quad (23)$$

$$\tilde{s}n_j = \sum_{k=1}^n n\tilde{d}a_{jk}, \quad \forall j = 1, \dots, f \quad (24)$$

Korak 3.5: Normalizovati vrednosti $\tilde{s}p_j$ i $\tilde{s}n_j$ na sledeći način:

$$n\tilde{s}p_j = \frac{\tilde{s}p_j}{\max_j \tilde{s}p_j} \quad (25)$$

$$n\tilde{s}n_j = 1 - \frac{\tilde{s}n_j}{\max_j \tilde{s}n_j} \quad (26)$$

Korak 3.6: Izračunati konačne fazi vrednosti za rangiranje na sledeći način:

$$\tilde{a}s_j = \frac{1}{2} (n\tilde{s}p_j \oplus n\tilde{s}n_j) \quad (27)$$

Korak 3.7: Rangirati *input*-e u opadajući redosled prema defazifikovanim vrednostima koje se dobijaju primenom jednačine (5) iz poglavlja 6.1.

Korak 3.8: Definisati vrednosti granica za težine *input*-a. Na osnovu dobijenog ranga definišu se granice pretvaranjem ordinalnih u intervalne vrednosti primenom sledeće jednačine (adaptirano iz Mohaghar i dr., 2012):

$$bv_j = [\underline{bv}_j, \overline{bv}_j] \quad (28)$$

$$\underline{bv}_j = \delta \chi^{f-e}, \quad \overline{bv}_j = \chi^{1-e}, \quad e = 1, \dots, f; \quad \delta < \chi^{1-f} \quad (29)$$

gde je e indeks koji ukazuje na redni broj *input*-a u konačnom poretku, χ , $\chi > 1$, je parametar intenziteta preferencije, a δ je parametar odnosa (između gornje i donje granice). Vrednosti parametrima χ i δ dodeljuje donosilac odluke i njima reguliše opseg granica (veće vrednosti ovih parametara znače uže granice), čime se postiže određeni nivo fleksibilnosti. Cilj je dobiti granice koje neće biti previše uske niti široke.

Korak 4: Izabrati efikasne DMU-e (alternative) primenom AR DEA metode (adaptirano iz Podinovski, 1999).

Korak 4.1: Definisati matrice vrednosti *input*-a za sve DMU-e (X_{ij}), odnosno vrednosti *output*-a za sve DMU-e (Y_{is}) na sledeći način:

$$X_{ij} = [x_{ij}]_{o \times f} \quad (30)$$

$$Y_{is} = [y_{is}]_{o \times t} \quad (31)$$

gde je x_{ij} vrednost *input*-a j za DMU i , $i=1, \dots, o$, $j=1, \dots, f$, a y_{is} je vrednost *output*-a s za DMU i , $s=1, \dots, t$. f i t predstavljaju ukupan broj *input*-a i *output*-a koji su uzeti u razmatranja, respektivno.

Korak 4.2: Definisati normalizovane matrice *input*-a i *output*-a. Normalizovane matrice *input*-a (X'_{ij}) i *output*-a (Y'_{is}) formiraju normalizovane vrednosti *input*-a i *output*-a koje se dobijaju na sledeći način:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}, \quad \forall j = 1, \dots, f \quad (32)$$

$$y'_{is} = \frac{y_{is}}{\max_i y_{is}}, \forall s = 1, \dots, t \quad (33)$$

Korak 4.3: Izračunati vrednosti efikasnosti za svaki DMU. Da bi se izračunale vrednosti efikasnosti za svaki DMU potrebno je rešiti sledeći linearni optimizacioni model:

$$\max E = \sum_{s=1}^t u_s y_{is} \quad (34)$$

uz ograničenja

$$\sum_{j=1}^f v_j x_{ij} = 1 \quad (35)$$

$$\sum_{s=1}^t u_s y_{is} - \sum_{j=1}^f v_j x_{ij} \leq 0, \quad \forall i = 1, \dots, o \quad (36)$$

$$p \underline{b} v_j \leq v_j \leq p \overline{b} v_j, \quad \forall j = 1, \dots, f \quad (37)$$

$$q \underline{b} u_s \leq u_s \leq q \overline{b} u_s, \quad \forall s = 1, \dots, t \quad (38)$$

$$p \geq 0, q \geq 0 \quad (39)$$

gde je E vrednost efikasnosti, $v_j, j=1, \dots, f$, i $u_s, s=1, \dots, t$, su težine *input*-a i *output*-a, respektivno, $\underline{b} v_j$ i $\overline{b} v_j$ donja i gornja granica za vrednosti težina *input*-a j , $\underline{b} u_s$ i $\overline{b} u_s$ donja i gornja granica za vrednosti težina *output*-a s koje se računaju na isti način kao i granice za *input*-e, odnosno primenom jednačine (29). p i q su promenljive koje predstavljaju skalirajuće faktore zadužene za omogućavanje ispunjenja uslova ograničavanja težina *input*-a i *output*-a.

8.2. DEFINISANJE INPUT-A I OUTPUT-A ZA PROCENU EFIKASNOSTI TIPIČNIH STRUKTURA INTERMODALNIH TERMINALA

Za procenu efikasnosti identifikovanih TS terminala primenom definisanog modela neophodno je definisati *input*-e i *output*-e, odnosno ulazne i izlazne veličine. U literaturi ima puno radova u kojima je rešavan problem utvrđivanja efikasnosti intermodalnih terminala primenom različitih verzija DEA metode, od kojih su neki već pomenuti u prethodnom delu ovog poglavlja. U ovim radovima su korišćeni različiti *input*-i i *output*-i, a pregled je dat u tabeli 8.1 (Tadić i dr., 2019a).

Na osnovu podataka prikazanih u tabeli se može videti da ni u jednom istraživanju nisu korišćeni svi *input*-i i *output*-i, već pojedine kombinacije istih. Takođe se može primetiti da se pojedini *input*-i i *output*-i izdvajaju po tome što su korišćeni gotovo u svim istraživanjima. Od *input*-a su to dužina obale, broj pretovarnih sredstava i površina terminala, a od *output*-a kapacitet terminala. Na osnovu pregleda ulaznih i izlaznih veličina, obuhvatnosti istraživanja i uključenih interesnih grupa, formiran je skup *input*-a i *output*-a. Za *input*-e su definisane sledeće veličine (Tadić i dr., 2019a): površina terminala (In1), broj vidova transporta (In2), broj železničkih koloseka (In3), ukupna dužina koloseka (In4), ukupna dužina operativne obale (In5), maksimalna dubina gaza (In6), kapacitet pretovarnih sredstava (In7) i skladišni kapacitet (In8). Za *output* je definisana samo jedna veličina, godišnji kapacitet terminala (Ou) (Tadić i dr., 2019a).

Tabela 8.1. Pregled korišćenih input-a i output-a u istraživanju efikasnosti terminala (Tadić i dr., 2019a)

<i>Input</i> -i (In)/ <i>Output</i> -i (Ou)	Wiegmans i Witte (2017)	Serebrisky i dr. (2016)	Ding i dr. (2015)	Almawshaki i Shah (2015)	Mokhtar (2013)	Li i dr. (2013)	Bichou (2013)	Choi (2011)	Lozano i dr. (2011)	Cullinane i Wang. (2006)	Tongzon (2001)
Dužina obale (In)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Dubina gaza (In)	*			*	*		*				
Broj vezova (In)											*
Broj traka za drumska vozila (In)					*						
Broj kapija (In)							*				
Broj pret. sredstava (In)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Broj remorkera (In)								*			*
Broj zaposlenih (In)			*			*					*
Broj radnih sati (In)	*										*
Površina terminala (In)	*	*		*	*		*	*	*	*	
Vreme pretovara broda (In)											*
Produktivnost pret. sred. (In)	*										*
Kapacitet pretovara (In)	*										*
Skladišni kapacitet (In)	*				*		*		*		
Kapacitet terminala (Ou)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Kapacitet pretovara (Ou)	*										*
Promet brodova (Ou)								*			*

Površina terminala (In_1) predstavlja ukupnu površinu zemljišta koje terminal zauzima i izražava se u kvadratnim metrima (m^2). Stavovi interesnih grupa po pitanju ovog *input*-a su različiti. Osnivačima i vlasnicima terminala odgovara velika površina terminala jer omogućava veći skladišni kapacitet, jednostavnije procese unutrašnjeg transporta, dovoljno prostora za buduća proširenja i razvoj itd. Administraciji/upravi i stanovnicima

ne odgovara da terminali zauzimaju veliku površinu jer bi one mogle da budu iskorišćene za neke druge, njima prihvatljivije sadržaje. To naročito dolazi do izražaja kod terminala u pomorskim ili rečnim lukama jer su obale atraktivne površine. Za korisnike terminala ovaj *input* nema previše značaja. Indirektno može uticati na kvalitet usluge, koji je bitan korisnicima, kroz efikasnost realizacije pojedinih procesa (kao što je unutrašnji transport ili pretovar), međutim ovi uticaji nisu značajni.

Broj vidova transporta (In_2) preko kojih terminal ostvaruje vezu sa korisnicima i drugim terminalima u mreži je značajan kriterijum za sve interesne grupe. Veći broj prisutnih vidova transporta odgovara osnivačima i vlasnicima jer doprinosi mogućnosti opsluživanja veće gravitacione zone i privlačenje većeg obima robnih i transportnih tokova čime se opravdava ulaganje u terminal. Korisnicima odgovara veći broj prisutnih vidova transporta jer pruža više različitih mogućnosti realizacije transportnih tokova, kvalitetniju i jeftiniju uslugu itd. Za administraciju/upravu i stanovnike je veći broj vidova transporta omogućava bolji razvoj terminala a time i regiona, razvoj infrastrukture, otvaranje novih radnih mesta, a sa druge strane veću primenu ekološki prihvatljivijih vidova transporta (železničkog, rečnog i pomorskog) i manju primenu drumskog vida transporta i smanjenje negativnih efekata koje generiše.

Broj železničkih koloseka (In_3) određuje broj železničkih kompozicija koje će moći istovremeno da se opslužuju u terminalu. Ovaj *input* je značajan za osnivače i vlasnike jer veći broj koloseka omogućava brže i efikasnije opsluživanje većeg obima tokova. Za korisnike je takođe značajno postojanje većeg broja koloseka jer se omogućava veća pouzdanost usluge, brži pretovar a samim tim i manje vreme čekanja na opslugu itd. Za administraciju/upravu i stanovnike ovaj kriterijum je bitan samo u smislu intenzivnije primene železničkog, ekološki prihvatljivijeg vida transporta.

Ukupna dužina koloseka (In_4) predstavlja sumu dužina svih železničkih koloseka prisutnih u terminalu a izražava se u metrima (m). Ovaj *input* određuje dužine železničkih kompozicija koje se mogu opsluživati u terminalu. Što se tiče stavova interesnih grupa prema ovom *input*-u, važi isto kao i za prethodni, ali je za njih ovaj *input* bitniji od prethodnog jer se jači efekti ostvaruju opsluživanjem kompozicija sa većim brojem vagona nego istovremenim opsluživanjem većeg broja kompozicija.

Ukupna dužina operativne obale (In_5) označava deo obale lučkih terminala koji se koristi za opsluživanje brodova i izražava se u metrima (m). Veća dužina operativne obale znači i veći broj vezova, odnosno mogućnost jednovremenog opsluživanja većeg broja plovila (pomorskih ili rečnih). Stavovi interesnih grupa po pitanju ovog *input*-a su slični kao i za prethodna dva, a oni su rezultat mogućnosti intenzivnije primene masovnih i ekološki prihvatljivijih vidova transporta, rečnog i pomorskog.

Maksimalna dubina gaza (In_6) je dubina do koje je uronjen trup broda, od donjeg ruba kobilice do vodene linije. Diktira ga dubina vode (mora ili reke) uz operativnu obalu i izražava se u metrima (m). Ovaj *input* određuje veličinu brodova koji mogu da se opslužuju u terminalu. Veća dubina gaza, čak i pri manjoj dužini operativne obale, omogućava opsluživanje velikih brodova, dok se kod manje dubine gaza mogu opsluživati samo manji brodovi. Stavovi interesnih grupa o ovom *input*-u su slični kao i za prethodni, ali je od njega značajniji, jer se veći pozitivni efekti ostvaruju opsluživanjem većih brodova.

Pretovarni kapacitet (In_7) definiše broj ITU koje manipulativna sredstva u terminalu mogu da opsluže u određenom vremenskom intervalu. Izražavaju se u broju TEU-a na čas (TEU/h), a dobijaju se kao suma proizvoda broja manipulativnih sredstava i njihovog jediničnog pretovarnog kapaciteta, koji zavisi od tipa manipulativnog sredstva. Za osnivače i vlasnike je bitno da pretovarni kapacitet bude veliki jer omogućava brži pretovar i obrt robe i efikasnije opsluživanje većeg obima tokova. Za korisnike je ovaj *input* bitan jer omogućava veći kvalitet usluge, kraće vreme isporuke i zadržavanja transportnih sredstava u terminalu itd. Za administraciju/upravu i stanovnike ovaj *input* nema primetan značaj.

Skladišni kapacitet (In_8) zavisi od raspoložive površine za odlaganje ITU, organizacije skladištenja (*layout*-a) i primenjene tehnologije (dostupnih manipulativnih sredstava), a izražava se u broju ITU-a (TEU). Osnivačima i vlasnicima veći skladišni kapacitet omogućava bolju organizaciju i funkcionisanje terminala. Za korisnike veći kapacitet obično znači mogućnost dužeg skladištenja ITU u terminalu bez naknade. Za administraciju/upravu i stanovnike ovaj *input* nema veliki značaj, osim što može da utiče na veću ukupnu površinu terminala, što je za njih nepoželjno.

Godišnji kapacitet terminala (Ou) je jedini izabrani *output* u postupku ocene efikasnosti TS. Predstavlja broj ITU koje terminal može u potpunosti da opsluži (realizuje sve neophodne operacije nad njima) u periodu od godinu dana i izražava se u broju transportnih jedinica godišnje (*TEU/god.*). Ovaj *output* je najrelevantniji pokazatelj uspešnog funkcionisanja terminala i stepena iskorišćenja raspoloživih resursa.

8.3. PRIMENA HIBRIDNOG FAZI EDAS-AR DEA MODELA ZA IZBOR EFIKASNIH TIPIČNIH STRUKTURA INTERMODALNIH TERMINALA

Primenljivost hibridnog modela je demonstrirana na primeru izbora efikasne TS u grupi "malih" IT (Tadić i dr., 2019a). Interesne grupe zainteresovane za rešavanje ovog problema su osnivači/vlasnici i operateri (Os.), korisnici (Ko.), i administracija/uprava i stanovnici (Ad.), a njihovi ciljevi su opisani u poglavlju 2, dok je izbor *input*-a i *output*-a opisan u prethodnom podpoglavlju.

Naredni korak primene modela podrazumeva vrednovanje značaja, odnosno granica za *input*-e i *output*-e od strane pripadnika interesnih grupa, donosioca odluka u rešavanju definisanog problema. Kako je definisan samo jedan *output*, za njega su usvojene granice [0, 1]. Za vrednovanje *input*-a su korišćene lingvističke ocene date u tabeli 6.1, a lingvističke ocene koje su donosioci odluka dali mogu se videti u tabeli 8.2. Ocene donosioca odluka su formirane tako da zastupaju zahteve i ciljeve interesnih grupa identifikovanih na osnovu intervjuisanja pripadnika interesnih grupa (Tadić i dr., 2019a).

Tabela 8.2. Lingvističke ocene input-a od strane interesnih grupa (Tadić i dr., 2019a)

	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈
Os.	V	EV	V	VV	V	VV	VV	UV
Ko.	UV	EV	V	VV	V	VV	VV	V
Ad.	V	EV	V	VV	V	VV	VV	UV

Na osnovu relacija iz tabele 6.1 lingvističke ocene se pretvorene u trouglaste fazi brojeve i na taj način je formirana fazi matrica, na osnovu koje je primenom jednačina (16) i (17) dobijena fazi matrica prosečnih vrednosti. Na osnovu vrednosti iz ove matrice, primenom jednačina (18) i (20), odnosno (19) i (21) dobijene su matrice

pozitivnih rastojanja od prosečne vrednosti (PDA) i negativnih rastojanja od prosečne vrednosti (NDA), respektivno, koje su prikazane u tabelama 8.3 i 8.4.

Tabela 8.3. Matrica pozitivnih rastojanja od prosečne vrednosti (PDA) (Tadić i dr., 2019a)

	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈
Os.	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.2,0.5)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.1)
Ko.	(0.0,0.0,0.1)	(0.0,0.2,0.5)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.2)
Ad.	(0.0,0.0,0.0)	(0.2,0.5,1.1)	(0.0,0.0,0.4)	(0.0,0.2,0.6)	(0.0,0.0,0.4)	(0.0,0.2,0.6)	(0.0,0.0,0.0)	(0.0,0.0,0.2)

Tabela 8.4. Matrica negativnih rastojanja od prosečne vrednosti (NDA) (Tadić i dr., 2019a)

	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈
Os.	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.1)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.2,0.5)
Ko.	(0.0,0.2,0.5)	(0.0,0.0,0.1)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.1,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.1,0.4)
Ad.	(0.0,0.3,0.8)	(0.0,0.0,0.0)	(0.0,0.0,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.0,0.0,0.4)	(0.0,0.0,0.2)	(0.1,0.5,1.0)	(0.0,0.1,0.6)

Na osnovu prikazanih vrednosti izračunate su sume vrednosti pozitivnih i negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti (\overline{sp}_j i \overline{sn}_j) primenom jednačina (23) i (24), koje su zatim normalizovane primenom jednačina (25) i (26) i dobijene su vrednosti $n\overline{sp}_j$ i $n\overline{sn}_j$. Primenom jednačine (27) izračunate su konačne fazi vrednosti \overline{as}_j koje su zatim defazifikovane primenom jednačine (5). Na osnovu tako defazifikovanih vrednosti određen je konačni poredak *input*-a uređivanjem u opadajući niz. Primenom jednačina (29) izračunate su donje i gornje granice *input*-a, \underline{bv}_j i \overline{bv}_j . Za parametar χ je uzeta vrednost 1.1, a za parametar δ vrednost 0.3. Vrednosti χ veće od 1.1 dovode do smanjenja opsega granica za najmanje 37 % čime granice postaju previše uske, dok vrednosti δ manje od 0.3 dovode do povećanja opsega granica za najmanje 45 % čime granice postaju previše široke. Vrednosti pozitivnih i negativnih rastojanja od prosečne vrednosti, njihove normalizovane vrednosti, konačne fazi vrednosti i donje i gornje granice svih *input*-a su prikazani u tabeli 8.5.

Naredni korak podrazumeva prikupljanje podataka o vrednostima *input*-a i *output*-a za sve DMU-e. U tabeli 8.6 su prikazane vrednosti *input*-a i *output*-a za "male" intermodalne terminale. Sve vrednosti *input*-a i *output*-a, za ovu i ostale grupe TS, date su u prilogu (Prilog P1). Osnovni izvori podataka o *input*-ima i *output*-ima su baze podataka *AGORA Intermodal Terminals Database* i *InlandLinks* koje sadrže podatke o

380, odnosno 378 intermodalnih terminala u Evropi, respektivno. Međutim obim i uniformnost podataka iz ovih baza nije bio na zadovoljavajućem nivou, pa je urađeno proširenje podacima udruženja kombinovanog transporta (UIRR *Intermodal Terminals Database*), ali i pregledom internih dokumenata i informacija na internet stranicama samih terminala, robno-transportnih centara u kojima se nalaze, i operatera koji njima upravljaju. Na ovaj način je formirana baza podataka o 180 IT iz 24 evropskih zemalja, koja je po broju terminala manja od prethodno pomenutih, ali po kvalitetu, količini informacija i uniformnosti znatno bolja.

Tabela 8.5. Rezultati određivanja granica input-a primenom fazi EDAS metode (Tadić i dr., 2019a)

	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈
\bar{sp}_j	(0,0,0.3)	(0.2,0.9,2.1)	(0,0,0.9)	(0,0.3,1.4)	(0,0,0.9)	(0,0.3,1.4)	(0.0,0.1,0.8)	(0.0,0.0,0.5)
\bar{sn}_j	(0,0.6,1.7)	(0,0,0.2)	(0,0.1,1.2)	(0,0,0.6)	(0,0.1,1.2)	(0,0,0.6)	(0.1,0.5,1.5)	(0,0.4,1.5)
$\bar{ns}p_j$	(0,0,2.0)	(0.1,1,1.3)	(0,0,5.5)	(0,0.3,8.6)	(0,0,5.5)	(0,0.3,8.6)	(0.0,1.4,7)	(0,0,3.3)
\bar{nsn}_j	(-12,0,1)	(-0.2,1,1)	(-8,0.8,1)	(-4,1,1)	(-8,0.8,1)	(-4,1,1)	(-10,0.2,0.9)	(-10.9,0.3,1)
\bar{as}_j	(-6,0,1.5)	(-0.1,1,1.7)	(-4,0.4,3)	(-2,0.7,4)	(-4,0.4,3)	(-2,0.7,4.8)	(-5.2,0.2,2.8)	(-5,0.1,2.1)
$c(\bar{as}_j)$	-3.72	1.32	-1.79	-0.41	-1.79	-0.41	-2.03	-2.91
\bar{bv}_j	0.300	0.585	0.439	0.531	0.439	0.531	0.363	0.330
\overline{bv}_j	0.300	0.585	0.439	0.531	0.439	0.531	0.363	0.330

Vrednosti prikazane u tabeli 8.6 su normalizovane primenom jednačine (32) a zatim je za svaki DMU rešen optimizacioni model (34) uz poštovanje ograničenja (35)-(39). Vrednosti efikasnosti intermodalnih terminala dobijene na ovaj način su takođe prikazane u tabeli 8.6. Na osnovu prikazanih rezultata najefikasnija TS iz grupe "malih" IT je TS₄, odnosno drumsko-železničkih *hub* terminali koji pretežno pripadaju kategoriji C sa aspekta strukture funkcija (srednja vrednost efikasnosti $M = 0.905$).

Tabela 8.6. Vrednosti input-a, output-a i efikasnosti za TS "malih" IT (Tadić i dr., 2019a)

TS	Naziv terminala	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈	Ou	E	M
TS ₁	DMU ₁ - Progeco Antwerpen Depot 1	33000	1	0	0	0	0	30	3700	12000	0.3	0,261
	DMU ₂ - Mainport Rotterdam Services Droogdokweg	60000	1	0	0	0	0	30	6000	10000	0.2	
	DMU ₃ - Van Doorn Container Depot BV	107000	1	0	0	0	0	90	10000	13500	0.2	
	DMU ₄ - Kramer Delta Depot	100000	1	0	0	0	0	45	3500	15000	0.3	
	DMU ₅ - Progeco Holland B.V. Depot 2	20000	1	0	0	0	0	45	3300	17000	0.4	
TS ₂	DMU ₆ - Euroterminal Genk	35000	2	2	1200	0	0	30	1100	60000	0.7	0,596
	DMU ₇ - Yana Sofia	19400	2	2	900	0	0	60	1000	35000	0.4	
	DMU ₈ - Europark-Terminal Coevorden (ETC)	34000	2	5	3350	0	0	30	1500	83200	0.7	
	DMU ₉ - Sopron Container Terminal	40500	2	6	1960	0	0	90	3000	72000	0.5	
TS ₃	DMU ₁₀ - Aarau	20000	2	5	1400	0	0	45	400	60000	0.6	0,476
	DMU ₁₁ - Zagreb Kontejnerski Terminal Vrapče	25000	2	3	1712	0	0	60	1000	30000	0.3	
	DMU ₁₂ - Győr	250000	2	2	600	0	0	60	750	30000	0.3	
	DMU ₁₃ - DUSS Terminal Landshut	31400	2	5	1770	0	0	60	40	60000	0.6	
	DMU ₁₄ - Großbeeren	61000	2	4	2100	0	0	45	1200	75000	0.7	
TS ₄	DMU ₁₅ - Frenkendorf Swissterminal	45000	2	4	1600	0	0	30	5000	60000	0.6	0,905
	DMU ₁₆ - Kapfenberg CCT	60000	2	2	647	0	0	30	1800	76000	0.9	
	DMU ₁₇ - Stuttgart Hafen	22000	2	3	1950	0	0	75	282	80000	0.8	
	DMU ₁₈ - Regensburg Hafen	30000	2	2	700	0	0	60	1140	92000	1	
	DMU ₁₉ - Wuppertal-Langerfeld	51300	2	4	2520	0	0	60	667	96000	0.8	
TS ₅	DMU ₂₀ - Duisburg-Meiderich (<i>Hub</i>)	97800	2	4	2840	0	0	60	595	98000	1	0,337
	DMU ₂₁ - Kallio Katoen Natie Terminals	30000	2	0	0	350	14.5	45	2700	40000	0.3	
	DMU ₂₂ - Markiezaat Container Terminal	12500	2	0	0	125	2.1	75	2800	22000	0.3	
	DMU ₂₃ - MEO B.V.	95000	2	0	0	600	14.6	60	4200	25000	0.2	
	DMU ₂₄ - BCTN Roermond B.V.	10000	2	0	0	240	2.4	45	500	30000	0.4	
TS ₆	DMU ₂₅ - Westerborek MCS	30000	2	0	0	185	2.4	75	3000	44500	0.5	0,476
	DMU ₂₆ - Beverdonk Container Terminal	20000	2	0	0	200	3.4	60	3250	40000	0.4	
	DMU ₂₇ - Container Terminal Kampen	18300	2	0	0	100	5.5	30	600	18000	0.2	
	DMU ₂₈ - Regionaal Overslag Centrum Waalwijk	13000	2	0	0	190	2.4	45	1500	30000	0.4	
	DMU ₂₉ - Progeco Holland B.V. Depot 1	35000	2	0	0	150	11.5	105	5500	108000	0.8	
TS ₇	DMU ₃₀ - Gustavsburg Contargo	16000	2	0	0	150	2.5	60	2400	40000	0.5	0,866
	DMU ₃₁ - BCTN Geel	35000	2	0	0	125	3.4	30	1650	70000	1	
	DMU ₃₂ - Gorinchem LCG Terminal	22000	2	0	0	350	2.8	120	2500	75000	0.7	
	DMU ₃₃ - Verghel Inland Terminal	55000	2	0	0	500	2.3	75	3000	80000	0.8	
	DMU ₃₄ - Harlingen HOV BV	20000	2	0	0	440	4.6	60	1300	80000	0.9	
DMU ₃₅ - MCS Meppel	22025	2	0	0	140	2.4	60	2400	85800	1		

**Tabela 8.6. Vrednosti input-a, output-a i efikasnosti za TS "malih" IT (nastavak)
(Tadić i dr., 2019a)**

TS ₈	DMU ₃₆ - Aschaffenburg	20000	3	2	600	160	3.3	45	1760	17000	0.1	0,330
	DMU ₃₇ - Andernach CSA Terminal	42000	3	3	2250	300	2.5	105	4000	70000	0.4	
	DMU ₃₈ - Frankfurt Contargo Industriepark - Höchst GmbH	18000	3	6	1940	250	2.5	90	1800	82000	0.5	
	DMU ₃₉ - Bratislava Palenisko	21000	3	3	850	275	3	130	1900	50000	0.3	
	DMU ₄₀ - Basel port Swissterminal	12000	3	3	450	170	3.5	30	1700	30000	0.3	
TS ₉	DMU ₄₁ - Krems a.d. Donau CCT	35000	3	8	5620	1560	5	130	10000	80000	0.3	0,483
	DMU ₄₂ - Port of Rouen Container Terminal	55600	3	2	900	410	2.5	105	1700	65000	0.4	
	DMU ₄₃ - Osse Overslag Centrale	50000	3	2	600	500	2.4	75	2700	75000	0.5	
	DMU ₄₄ - Container-Terminal Hafen Heilbronn	22700	3	3	540	147	2.8	45	500	52000	0.5	
	DMU ₄₅ - Emmelsum (Contargo)	34000	3	2	590	300	2.14	54	1500	85000	0.7	

8.4. DISKUSIJA REZULTATA IZBORA EFIKASNIH TIPIČNIH STRUKTURA INTERMODALNIH TERMINALA

Primenom opisanog modela izabrane su najefikasnije TS terminala za svaku od definisanih grupa. Kao najefikasnija tipična struktura u grupi "malih" terminala ($M = 0.905$), izabrana je TS₄ koja podrazumeva drumsko-železničke *hub* terminale koji pripadaju kategorijama C i D, ali uz dominantno prisustvo terminala kategorije C (Tadić i dr., 2019a). U grupi "srednjih" terminala, kao najefikasnija ($M = 0.925$) je izabrana TS₁₄, odnosno drumsko-rečni *hub* terminali koji pripadaju kategorijama C i D, uz dominantno prisustvo terminala kategorije C. TS₂₀ koja podrazumeva drumsko-železničke *hub* terminale koji pripadaju kategorijama C i D, uz dominantno prisustvo terminala kategorije D je izabrana kao najefikasnija u grupi "velikih" terminala ($M = 0.800$). Za najefikasniju tipičnu strukturu u grupi "veoma velikih" terminala izabrana je TS₂₉ ($M = 0.816$) koja se odnosi na drumsko-železničko-pomorske "dominantne" terminale koji pripadaju kategoriji D. TS₃₅ je izabrana kao najefikasnija ($M = 0.919$) iz grupe "mega" terminala. Ova TS podrazumeva drumsko-železničko-rečno-pomorske svestrane terminale koji pripadaju kategoriji D sa aspekta funkcija.

Predloženi model za izbor efikasnosti TS se zasniva na određivanju relativne efikasnosti unutar grupa sa međusobno uporedivim karakteristikama. Kako se TS mogu grupisati sa aspekta različitih karakteristika, u nastavku je analizirana njihova efikasnost u odnosu na pripadnost različitim grupama.

U grupi kopnenih terminala napravljeno je nekoliko podgrupa, a u skladu sa prisutnim vidovima transporta i mestom terminala u mreži. U podgrupi kopnenih drumsko-železničkih terminala najefikasnija je TS₂₀ ($M = 0.791$) koju predstavljaju "veliki" *hub* terminali koji pripadaju kategorijama C i D, uz dominantno prisustvo terminala kategorije D. TS₁₄ koju predstavljaju "srednji" *hub* terminali koji pripadaju kategorijama C i D, uz dominantno prisustvo terminala kategorije C, je najefikasnija u podgrupi kopnenih drumsko-rečnih terminala. "Veoma veliki" *hub* terminali koji predstavljaju tipičnu strukturu TS₂₅ i kategorijama C i D (dominantno D) su izabrani kao najefikasniji u podgrupi kopnenih drumsko-železničko-rečnih terminala ($M = 0.932$). Što se tiče podele kopnenih terminala u odnosu na mesto u mreži, u podgrupi kopnenih linijskih terminala najefikasnija je TS₁₈ ($M = 0.885$) koju predstavljaju "veliki" drumsko-železnički terminali koji pripadaju kategorijama B i C (dominantno C). TS₁₉ koju takođe predstavljaju "veliki" drumsko-železnički terminali koji pripadaju kategorijama B i C (dominantno C) je izabrana kao najefikasnija u podgrupi kopnenih koridorskih terminala ($M = 0.894$). "Veoma veliki" drumsko-železničko-rečni terminali koji pripadaju kategorijama C i D (dominantno C), a odnose se na tipičnu strukturu TS₂₅, izabrani su kao najefikasniji u podgrupi kopnenih *hub* terminala ($M = 0.928$). Poslednja navedena tipična struktura (TS₂₅) ujedno predstavlja i najefikasniju u celokupnoj grupi kopnenih terminala sa prosečnom vrednošću efikasnosti $M = 0.912$.

U grupi pomorskih terminala je takođe definisano nekoliko podgrupa u odnosu na prisutne vidove transporta i mesto u mreži. U podgrupi drumsko-železničko-pomorskih terminala najefikasnija je TS₃₄ ($M = 0.917$) koju predstavljaju "mega" dominantni terminali koji pripadaju kategoriji D. "Mega" svestrani terminali koji pripadaju kategoriji D (TS₃₅) su izabrani kao najefikasniji u podgrupi drumsko-železničko-rečno-pomorskih terminala ($M = 0.918$). Što se tiče mesta u mreži, "mega" drumsko-železničko-pomorski terminali koji pripadaju kategoriji D (TS₃₂) su najefikasniji u podgrupi pomorskih posrednih terminala ($M = 0.850$). TS₃₅ koju predstavljaju "mega" drumsko-železničko-rečno-pomorski terminali koji pripadaju kategoriji D, je najefikasnija u podgrupi pomorskih svestranih terminala ($M = 0.916$). Najefikasnija u grupi pomorskih superiornih terminala je TS₃₃ ($M = 0.720$) koju predstavljaju "mega" drumsko-železničko-pomorski terminali koji pripadaju kategoriji D. TS₃₄ je najefikasnija u podgrupi dominantnih pomorskih terminala ($M = 0.911$), a odnosi se na

"mega" drumsko-železničko-pomorske terminale koji pripadaju kategoriji D. U grupi pomorskih terminala, "mega" drumsko-železničko-rečno-pomorski svestrani terminali koji pripadaju kategoriji D predstavljaju najefikasniju tipičnu strukturu (TS₃₅) ($M = 0.920$). U tabeli 8.7 je dat pregled najefikasniji tipičnih struktura u okviru grupa/podgrupa formiranih u odnosu na različite elemente i kriterijume.

Tabela 8.7. Pregled najefikasnijih tipičnih struktura

Tipična struktura	Kriterijum za formiranje grupe/podgrupe			
	Veličina terminala	Vidovi transporta	Mesto u mreži	Kopneni/pomorski
TS ₄	*			
TS ₁₄	*	*		
TS ₁₈			*	
TS ₁₉			*	
TS ₂₀	*	*		
TS ₂₅		*	*	*
TS ₂₉	*			
TS ₃₂			*	
TS ₃₃			*	
TS ₃₄		*	*	
TS ₃₅	*	*	*	*

Može se videti da je TS₃₅, koju predstavljaju "mega" drumsko-železničko-rečno-pomorski svestrani terminali koji pripadaju kategoriji D, najefikasnija struktura. Takođe se može videti da su među kopnenim terminalima najefikasniji oni koji imaju status *hub*-a u mreži, kao i terminali koji pripadaju grupi "velikih" terminala, dok su među pomorskim terminalima najefikasniji svestrani i dominantni, odnosno terminali koji pripadaju grupi "mega" terminala. U najvećem broju slučajeva terminali koji imaju veći kapacitet ostvaruju veću efikasnost. Međutim, veći kapacitet ne mora nužno da znači i veću efikasnost, što se može videti i na osnovu rezultata primene modela gde su pojedini terminali sa većim kapacitetom bili manje efikasni. Može se zaključiti da terminali koji imaju veći kapacitet ostvaruju bolju efikasnost zahvaljujući znatno boljem iskorišćenju raspoloživih resursa.

9. MODELIRANJE POTENCIJALNIH STRUKTURA TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

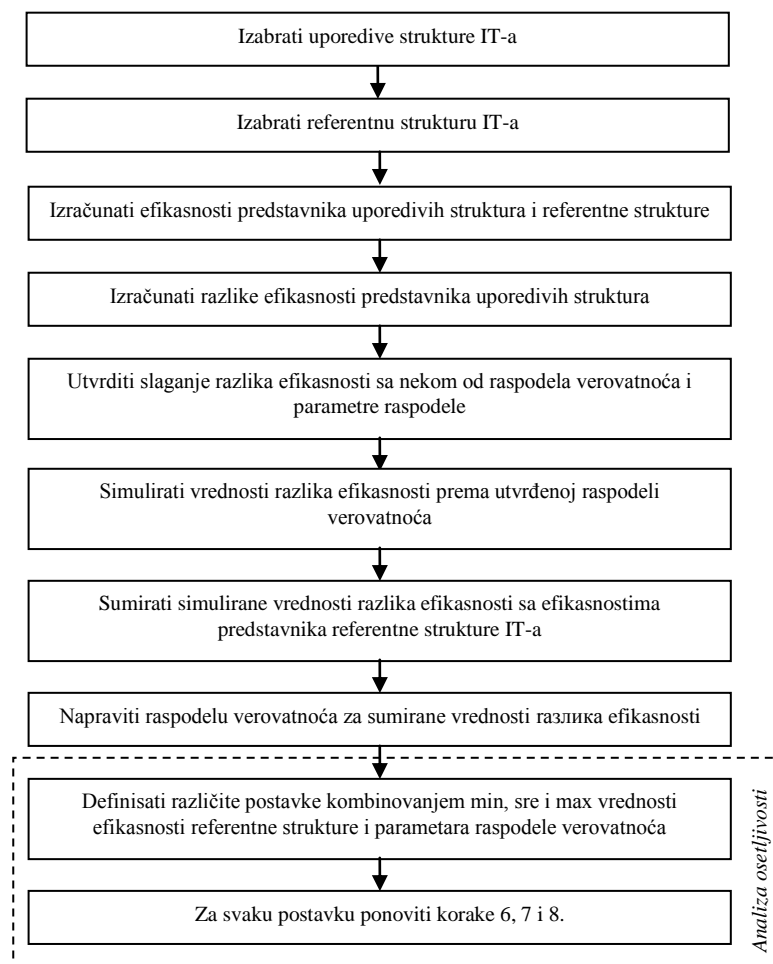
Kao što je pomenuo, IT mogu imati različitu strukturu koju definišu različite karakteristike strukturnih elemenata, a u odnosu na to i različitu efikasnost. Kako bi se pronašle strukture koje bi predstavljale *benchmark*-ove za ostale IT neophodno je sagledati njihov najširi mogući skup. U praksi je broj struktura ograničen, što ne znači da se ne mogu definisati neke koje bi bile konkurentne ili efikasnije od postojećih. U skladu sa tim, u nastavku je prikazano modeliranje potencijalnih struktura (PS) IT i njihovih efikasnosti na osnovu identifikovanih zavisnosti karakteristika elemenata i efikasnosti postojećih struktura.

9.1. METODOLOGIJA MODELIRANJA POTENCIJALNIH STRUKTURA INTERMODALNIH TERMINALA

Modeliranje potencijalnih struktura logističkih centara podrazumeva formiranje struktura koje u praksi još uvek ne postoje, ili još uvek nisu identifikovane i opisane, a koje bi mogle da budu konkurentne postojećim strukturama (Tadić i dr., 2019b). Prikazana metodologija podrazumeva formiranje potencijalnih struktura na osnovu postojećih. Model se zasniva na uspostavljanju veza između karakteristika strukturnih elemenata LC-a i njihovih efikasnosti. Model zapravo sagledava razlike u efikasnostima različitih struktura centara i dovodi ih u vezu sa razlikama u karakteristikama njihovih strukturnih elemenata, na osnovu kojih formira nove (potencijalne) strukture i daje njihove relativne efikasnosti (Tadić i dr., 2019b). Šematski prikaz metodologije je dat na slici 9.1, a u nastavku je ona detaljnije opisana.

Prvi korak (Korak 1) u metodologiji podrazumeva izbor uporedivih struktura iz skupa postojećih, koje se međusobno razlikuju po nekoj od karakteristika jednog od strukturnih elemenata. Naredni korak (Korak 2) je izbor referentne postojeće strukture,

odnosno strukture koja će poslužiti kao osnova za modeliranje PS. Za izabrane uporedive strukture i referentnu strukturu, odnosno za konkretne IT kao njihove predstavnike, utvrđuje se efikasnost (Korak 3) primenom modela opisanog u poglavlju 8. Na osnovu dobijenih vrednosti efikasnosti računaju se razlike u efikasnostima predstavnika različitih uporedivih struktura (Korak 4). Za dobijene razlike efikasnosti proverava se slaganje sa nekom od raspodela verovatnoća i određuju parametri te raspodele (Korak 5). Za parametre dobijenih raspodela verovatnoća simuliraju se vrednosti razlika efikasnosti (Korak 6), koje se dodaju vrednostima efikasnosti predstavnika referentne strukture IT (Korak 7). Za ovako dobijene vrednosti se prave raspodele verovatnoća efikasnosti potencijalnih struktura IT (Korak 8).



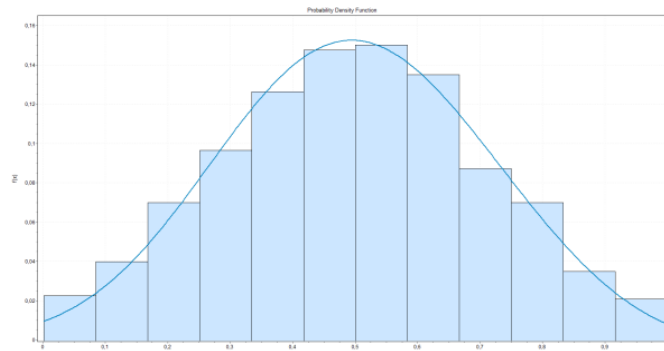
Slika 9.1. Šematski prikaz metodologije modeliranja potencijalnih struktura IT-a (adaptirano iz: Tadić i dr., 2019b)

Kako bi se izvršila analiza osetljivosti dobijenih rezultata formiraju se dodatne postavke za modeliranje efikasnosti PS (Korak 9). Svaka postavka podrazumeva različitu

kombinaciju vrednosti početnih efikasnosti referentne strukture, na osnovu koje se modelira PS, i parametara raspodela verovatnoća vrednosti razlika efikasnosti. U svakoj postavci se uzima minimalna (min), srednja (sre) ili maksimalna (max) vrednost početnih efikasnosti predstavnika referentne strukture centra, i minimalne, srednje ili maksimalne vrednosti simuliranih razlika efikasnosti, koje se dobijaju variranjem parametara za raspodele verovatnoća na osnovu kojih se ove vrednosti dobijaju. Za svaku postavku se ponavljaju koraci 6, 7 i 8 i dobijaju raspodele verovatnoća vrednosti efikasnosti potencijalnih struktura IT (Korak 10). Kao izmeritelj za poređenje efikasnosti postojećih i potencijalnih struktura IT može se koristiti srednja vrednost dobijenih, odnosno simuliranih efikasnosti (Tadić i dr., 2019b).

9.2. MODELIRANJE POTENCIJALNIH STRUKTURA INTERMODALNIH TERMINALA PRIMENOM PREDLOŽENE METODOLOGIJE

Polazeći od struktura IT-a opisanih u poglavlju 7, prvi koraci primene prikazane metodologije podrazumevaju izbor uporedivih struktura i referentne strukture IT-a. Postupak modeliranja će biti detaljnije opisan na primeru modeliranja PS₁ koja podrazumeva "srednje" drumsko-železničke koridorske terminale koji bi pripadao kategorijama C i D, uz dominantno prisustvo kategorije D, sa aspekta strukture funkcija (Tadić i dr., 2019b). Za uporedive strukture u ovom slučaju su izabrani: "srednji" IT koji sa aspekta strukture funkcija pripadaju kategoriji B, i "srednji" IT-a koji pripadaju kategoriji C (Korak 1). Za referentnu strukturu IT-a je izabran "srednji" drumsko-železnički koridorski terminal koji pripada kategoriji B sa aspekta strukture funkcija (Korak 2). Cilj je sagledati efekte proširenja strukture funkcija terminala na njihovu efikasnost i iskoristiti tu vezu za modeliranje "srednjeg" drumsko-železničkog koridorskog terminala koji bi pripadao kategorijama C i D. Naredni korak podrazumeva proračun efikasnosti predstavnika pomenutih struktura IT (Korak 3), na način opisan u poglavlju 8, i razlika efikasnosti (Korak 4). Za dobijene vrednosti izvršena je provera slaganja sa nekom od raspodela verovatnoća i dobijeno je slaganje sa normalnom raspodelom verovatnoća sa parametrima $\mu = 0.12$ i $\sigma = 0.219$ (Slika 9.2), gde je μ matematičko očekivanje, a σ standardno odstupanje (Korak 5) (Tadić i dr., 2019b). Provera slaganja sa nekom od raspodela verovatnoća je realizovana primenom softvera EasyFit (MathWave Technologies).



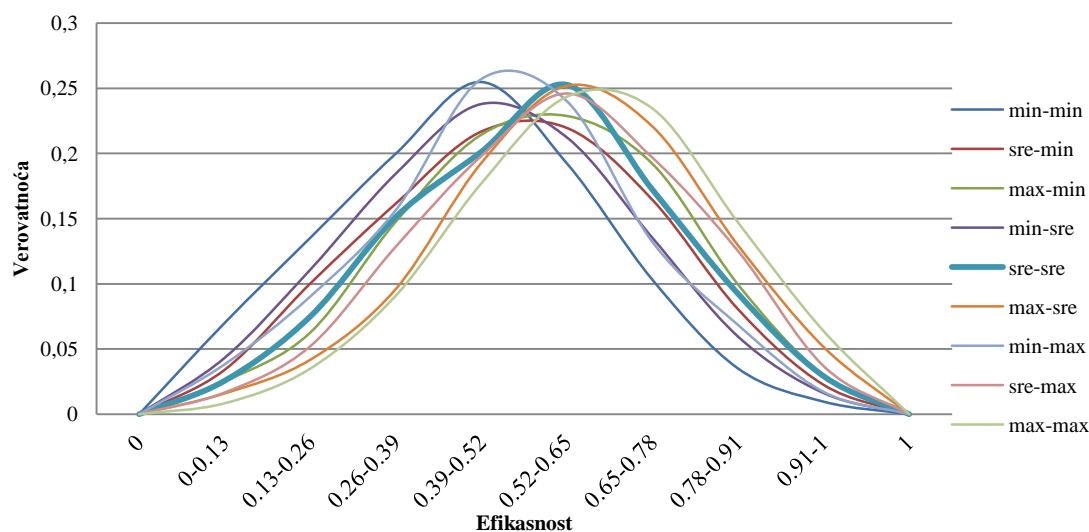
Slika 9.2. Provera slaganja sa raspodelom verovatnoća (Tadić i dr., 2019b)

Za dobijene parametre u programskom paketu Excel su simulirane vrednosti razlika efikasnosti. Simulirano je 1500 vrednosti u 1000 iteracija (Korak 6), a dobijene vrednosti su sumirane sa vrednostima efikasnosti predstavnika referentne strukture IT-a (Korak 7). Na taj način su dobijene vrednosti efikasnosti za "srednji" drumsko-železnički koridorski terminal koji sa aspekta strukture funkcija pripada kategorijama C i D, za koje je napravljena raspodela verovatnoća prikazana na slici 9.3 (označena kao "sre-sre") (Korak 8).

Kako bi se izvršila analiza osetljivosti formirano je još osam postavki, u kojima su kombinovane minimalne, srednje i maksimalne vrednosti efikasnosti predstavnika referentne strukture IT-a (min=0.343; sre=0.423; max=0.476) i različite vrednosti matematičkog očekivanja ($\mu_{min} = 0.08$, $\mu_{sre} = 0.12$, $\mu_{max} = 0.16$) (Korak 9). Za definisane postavke ponovljeni su koraci 6, 7 i 8 i dobijene raspodele verovatnoća prikazane na slici 9.3 (Korak 10) (Tadić i dr., 2019b).

Za "osnovni" slučaj dobijena je srednja vrednost efikasnosti potencijalne strukture IT-a 0.535. Što se tiče analize osetljivosti, u definisanim postavkama su dobijene srednje vrednosti efikasnosti 0.435 (min-min), 0.509 (sre-min), 0.544 (max-min), 0.478 (min-sre), 0.591 (max-sre), 0.497 (min-max), 0.568 (sre-max) i 0.611 (max-max). Vrednosti ne odstupaju značajno od vrednosti za "osnovni" slučaj (+/- 0.1) što znači da je ovaj rezultat prihvatljiv (Tadić i dr., 2019b). Na osnovu dobijenih rezultata analizirana potencijalna struktura IT-a bi bila efikasnija od većine postojećih struktura koji pripadaju podgrupi "srednjih" IT-a, odnosno od ove strukture bi bila efikasnija samo ona koja podrazumeva „srednji“ drumsko-rečni *hub* terminal (TS₁₄) koji ostvaruje

srednju vrednost efikasnosti 0.729. Na isti način je modelirano 27 potencijalnih struktura IT, prikazanih u tabeli 9.1.



Slika 9.3. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS_1 (Tadić i dr., 2019b)

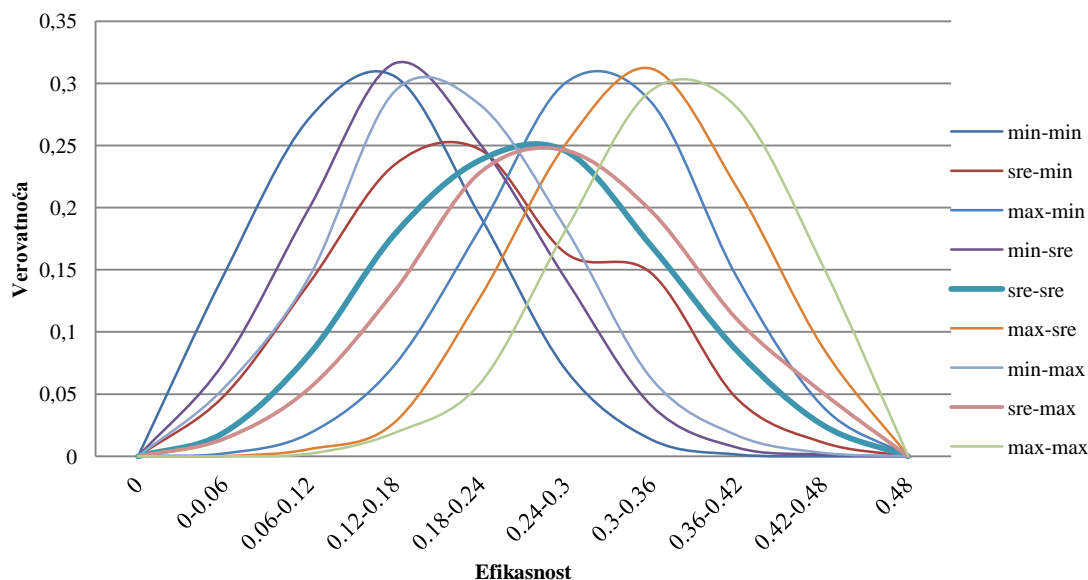
Tabela 9.1. Pregled potencijalnih struktura IT u odnosu na ključne elemente

PS	Veličina terminala	Vidovi transporta	Mesto u mreži	Struktura funkcija
PS ₁	"srednji"	drumsko-železnički	koridorski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₂	"srednji"	drumsko-rečni	linijski	$\underline{B} \ i \ C$
PS ₃	"srednji"	drumsko-rečni	koridorski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₄	"veliki"	drumsko-rečni	linijski	$\underline{B} \ i \ \underline{C}$
PS ₅	"veliki"	drumsko-rečni	koridorski	$\underline{B} \ i \ \underline{C}$
PS ₆	"veliki"	drumsko-rečni	koridorski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₇	"veliki"	drumsko-rečni	hub	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₈	"veliki"	drumsko-železnički	koridorski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₉	"veoma veliki"	drumsko-rečni	linijski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₀	"veoma veliki"	drumsko-rečni	koridorski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₁	"veoma veliki"	drumsko-rečni	hub	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₂	"veoma veliki"	drumsko-železnički	linijski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₃	"veoma veliki"	drumsko-železnički	koridorski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₄	"veoma veliki"	drumsko-železnički	hub	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₅	"veoma veliki"	drumsko-železničko-rečni	koridorski	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₆	"veliki"	drumsko-pomorski	posredni	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₁₇	"veliki"	drumsko-železničko-pomorski	svestrani	D
PS ₁₈	"veliki"	drumsko-železničko-pomorski	dominantni	D
PS ₁₉	"veoma veliki"	drumsko-pomorski	svestrani	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₂₀	"veoma veliki"	drumsko-pomorski	superiorni	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₂₁	"veoma veliki"	drumsko-železničko-pomorski	posredni	$\underline{C} \ i \ \underline{D}$
PS ₂₂	"veoma veliki"	drumsko-železničko-pomorski	obični	D
PS ₂₃	"veoma veliki"	drumsko-železničko-rečno-pomorski	superiorni	D
PS ₂₄	"veoma veliki"	drumsko-železničko-rečno-pomorski	svestrani	D
PS ₂₅	"mega"	drumsko-železničko-pomorski	obični	D
PS ₂₆	"mega"	drumsko-železničko-rečno-pomorski	posredni	D
PS ₂₇	"mega"	drumsko-železničko-rečno-pomorski	superiorni	D

U nastavku su prikazani rezultati modeliranja definisanih PS-a. PS koje predstavljaju kopnene terminale su modelirane u odnosu na TS kopnenih terminala, dok su PS koji

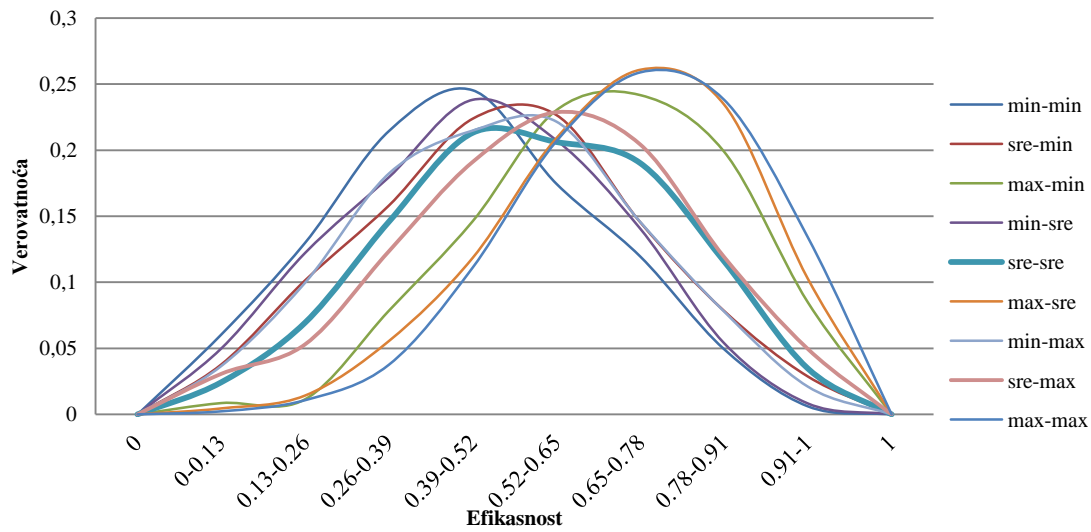
predstavljaju pomorske terminale modelirane u odnosu na TS grupe pomorskih terminala.

PS₂ predstavlja „srednje“ drumsko-rečne linijske terminale koji pripadaju kategorijama B i C. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂ su prikazani na slici 9.4, a srednje vrednosti efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.242**. Poređenjem sa srednjim vrednostima tipičnih struktura kopnenih terminala može se zaključiti da bi PS₂ bila znatno slabije efikasna od svih TS koji pripadaju podgrupi srednjih terminala, odnosno bila bi u rangu TS₂ („mali“ drumsko-železnički linijski terminali) koja u grupi kopnenih terminala ostvaruje srednju vrednost efikasnosti 0.259.



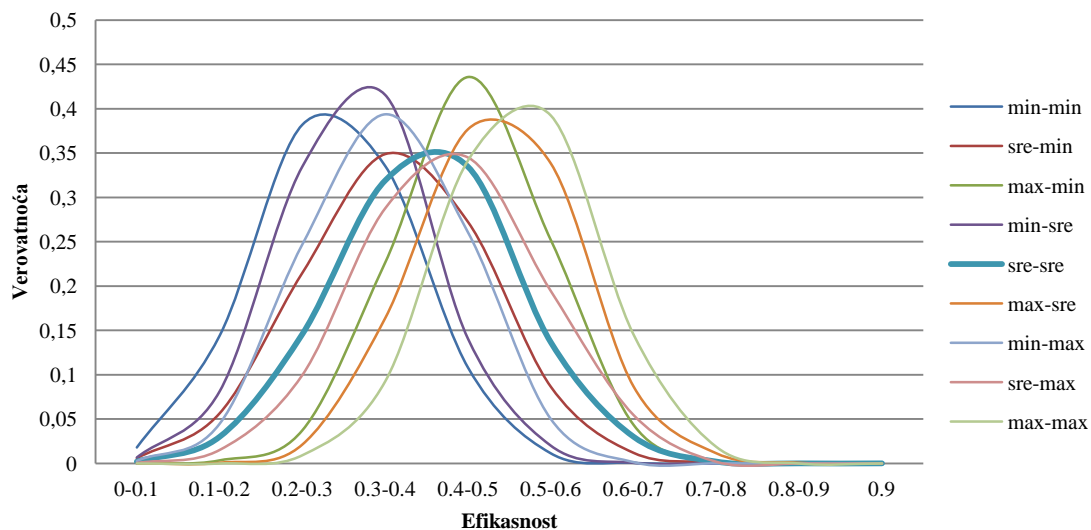
Slika 9.4. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂

PS₃ predstavlja „srednje“ drumsko-rečne koridorske terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Na slici 9.5 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₃, a srednja vrednost efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.547**. Na osnovu dobijenih rezultata ova PS bi bila efikasnija od većine TS koji pripadaju podgrupi srednjih terminala, odnosno od nje bi bila efikasnija samo TS₁₄ („srednji“ drumsko-rečni hub terminali) koji u grupi kopnenih terminala ostvaruje srednju vrednost efikasnosti 0.729.



Slika 9.5. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₃

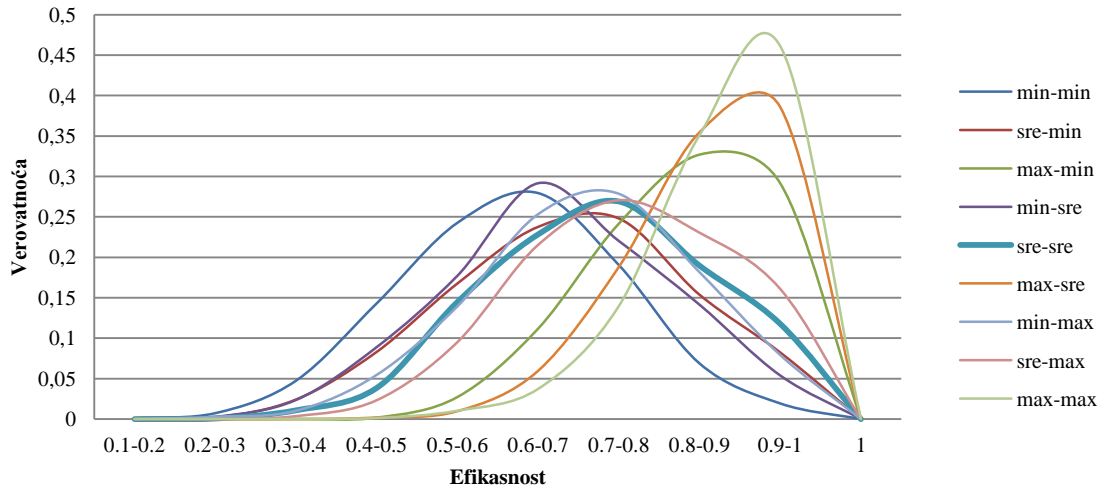
PS₄ obuhvata „velike“ drumsko-rečne linijske terminale koji pripadaju kategorijama B i C. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₄ su prikazani na slici 9.6, a srednja vrednost efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.399**. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da bi PS₄ bila znatno manje efikasna od svih TS u podgrupi velikih terminala, odnosno bila bi u rangu TS₁₅ (srednja vrednost efikasnosti 0.386) iz podgrupe srednjih terminala.



Slika 9.6. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₄

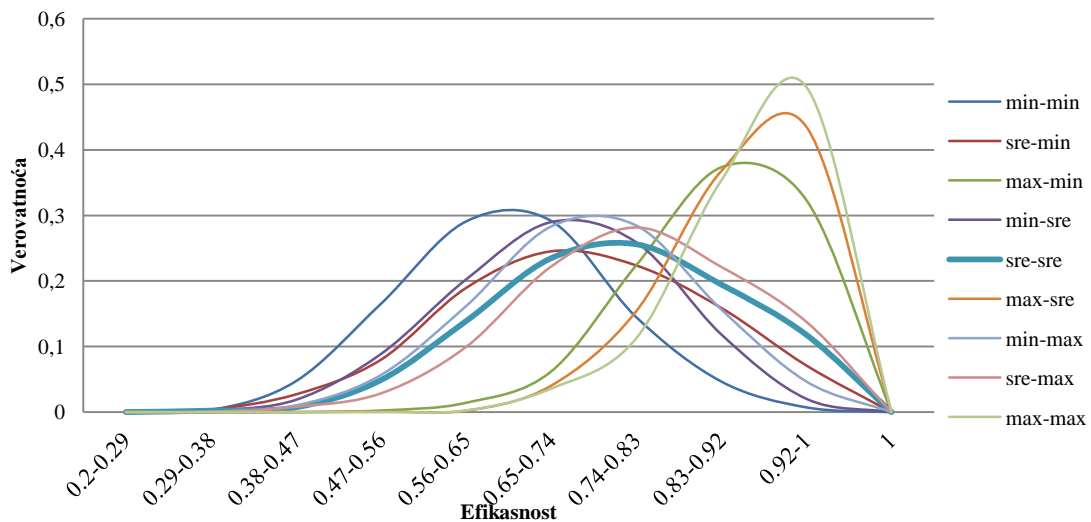
PS₅ podrazumeva „velike“ drumsko-rečne koridorske terminale koji pripadaju kategorijama B i C, a rezultati modeliranja efikasnosti za ovu PS su prikazani na slici

9.7. Srednja vrednost modelirane efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.724**, odnosno u podgrupi velikih terminala od PS₅ bi bile efikasnije samo TS₂₀ („veliki“ drumsko-železnički hub) sa srednjom vrednošću efikasnosti 0.794 i TS₂₂ („veliki“ drumsko-železničko-rečni hub) sa srednjom vrednošću efikasnosti 0.762.



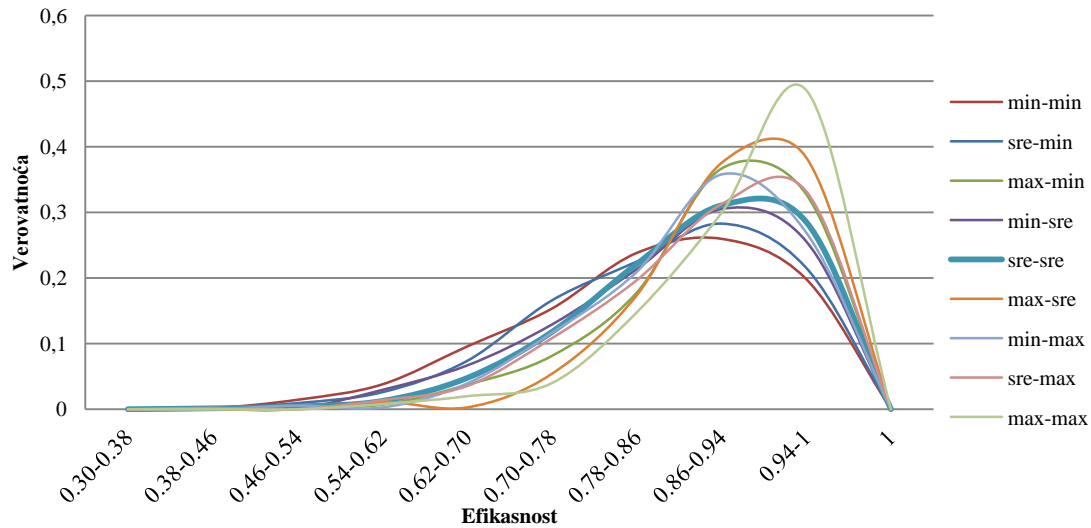
Slika 9.7. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₅

PS₆ takođe predstavlja „velike“ drumsko-rečne koridorske terminale, ali sa aspekta strukture funkcija pripadaju kategorijama C i D. Na slici 9.8 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₆, a srednja vrednost modelirane efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.760**, odnosno ona je u rangu PS₅ i u podgrupi velikih terminala od nje bi efikasnije bile samo TS₂₀ i TS₂₂.



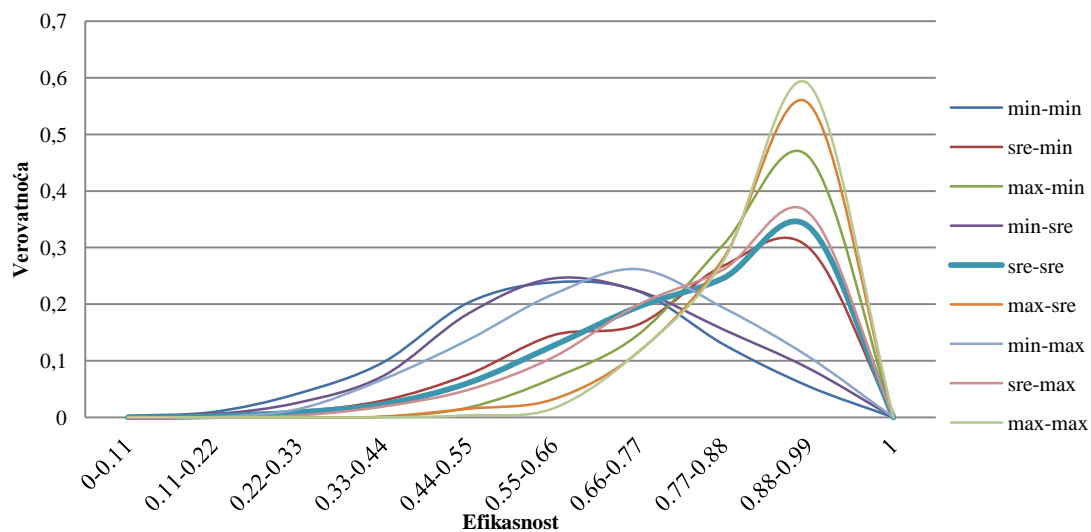
Slika 9.8. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₆

PS₇ obuhvata „velike“ drumsko-rečne *hub* terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Srednja vrednost modeliranih efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.868**, što je svrstava u potencijalno najefikasnije strukture u podgrupi velikih terminala. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₇ su prikazani na slici 9.9.



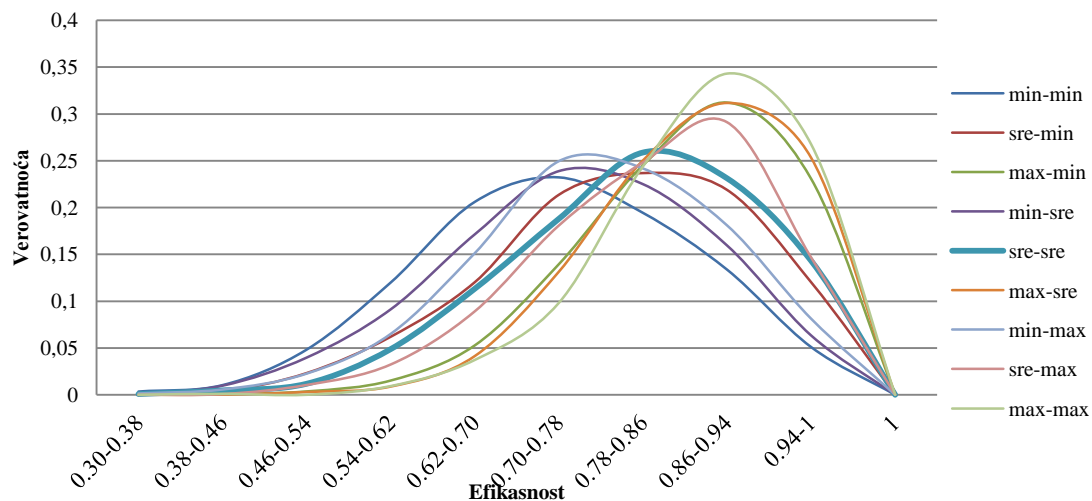
Slika 9.9. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₇

PS₈ podrazumeva „velike“ drumsko-železničke koridorske terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Na slici 9.10 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₈, a srednja vrednost modeliranih efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.779**, odnosno bila bi između TS₂₀ i TS₂₂.



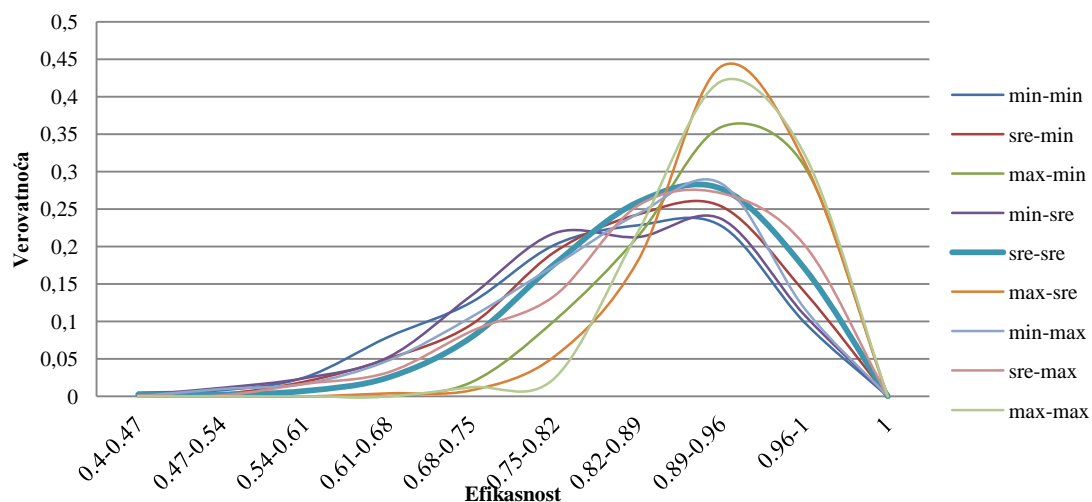
Slika 9.10. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₈

PS₉ podrazumeva „veoma velike“ drumsko-rečne linijske terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₉ su prikazani na slici 9.11. Srednja vrednost modeliranih efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.809**, odnosno ona bi bila manje efikasna od TS₂₅ („veoma veliki“ drumsko-železničko-rečni *hub* terminal) koja ima srednju vrednost efikasnosti 0.912.



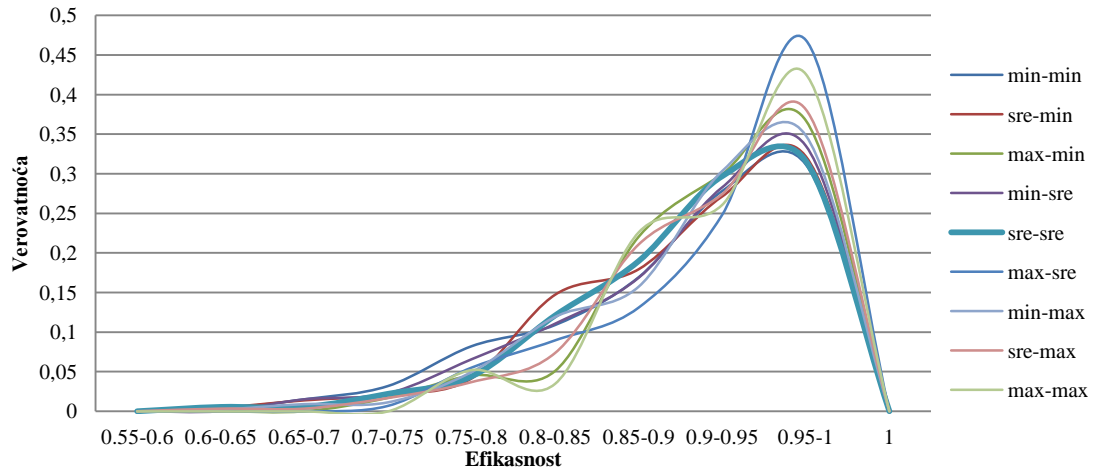
Slika 9.11. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₉

PS₁₀ obuhvata „veoma velike“ drumsko-rečne koridorske terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Srednja vrednost modeliranih efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.863** tako da bi i ova struktura bila manje efikasna od TS₂₅. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₀ su prikazani na slici. 9.12.



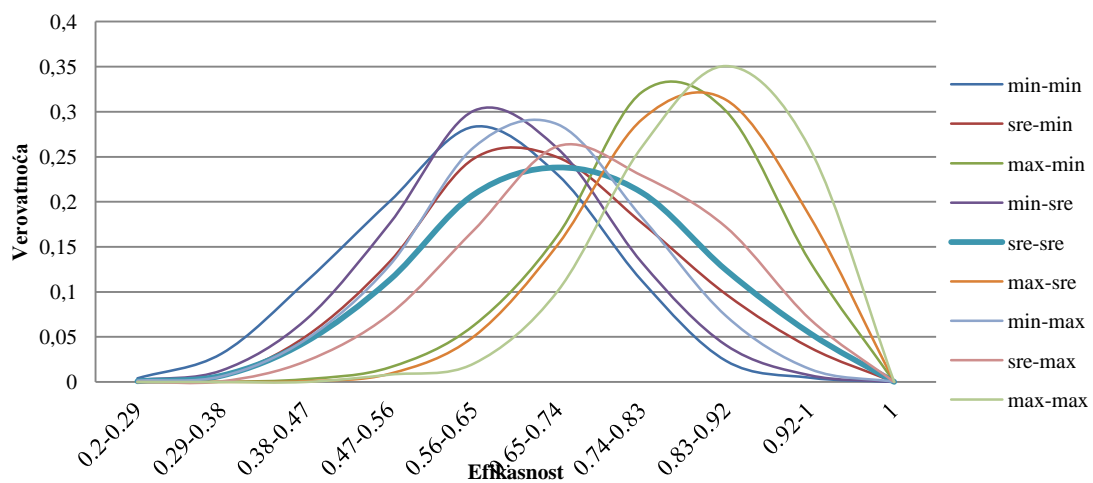
Slika 9.12. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₀

PS₁₁ koja podrazumeva „veoma velike“ drumsko-rečne *hub* terminale koji pripadaju kategorijama C i D ostvaruje srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.907 za postavku „sre-sre“**, što znači da bi po efikasnosti bila veoma bliska sa TS₂₅. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₁ su prikazani na slici 9.13.



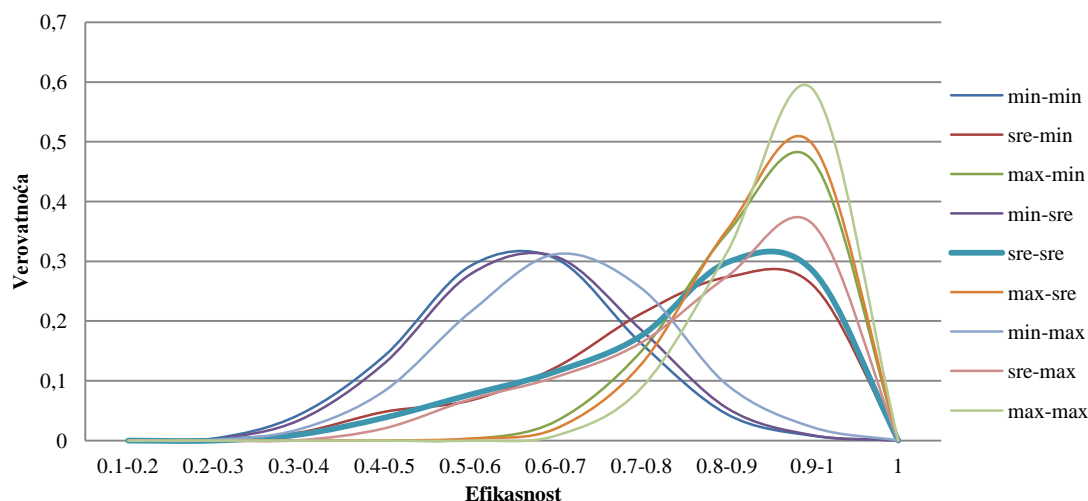
Slika 9.13. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₁

PS₁₂ podrazumeva „veoma velike“ drumsko-železničke linijske terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Ostvaruje srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.697 za postavku „sre-sre“** na osnovu čega se vidi da bi bila znatno manje efikasna od TS₂₅, odnosno bila bi u rangu sa TS₁₉ („veliki“ drumsko-železnički koridorski) koji ostvaruje srednju vrednost efikasnosti 0.687. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₂ su prikazani na slici 9.14.



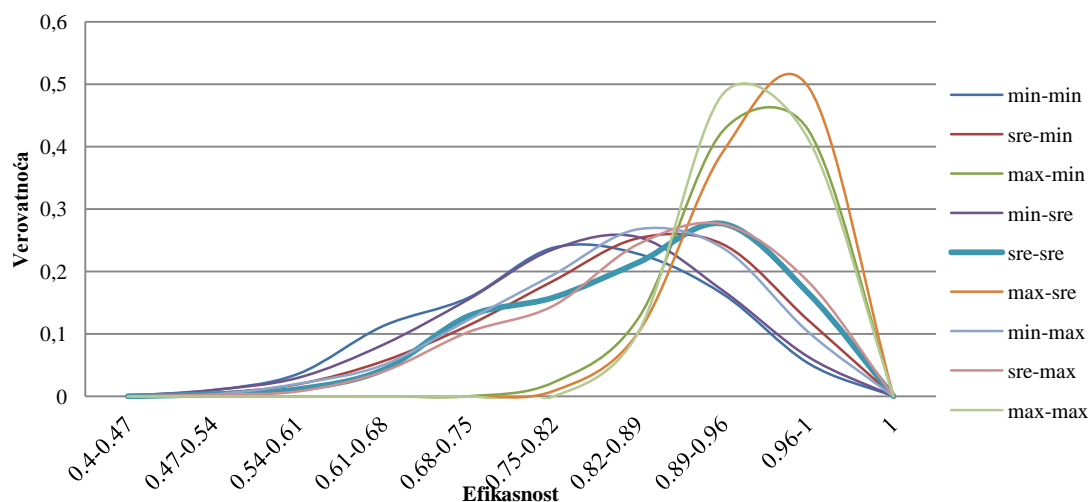
Slika 9.14. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₂

PS₁₃ koji podrazumeva „veoma velike“ drumsko-železničke koridorske terminale koji pripadaju kategorijama C i D ostvaruje srednju vrednost modeliranih efikasnosti od **0.796** za postavku „sre-sre“, što znači da bi takođe bila manje efikasna od TS₂₅, odnosno bila bi u rangu najefikasnije TS iz podgrupe velikih terminala (TS₂₀). Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₃ su prikazani na slici 9.15.



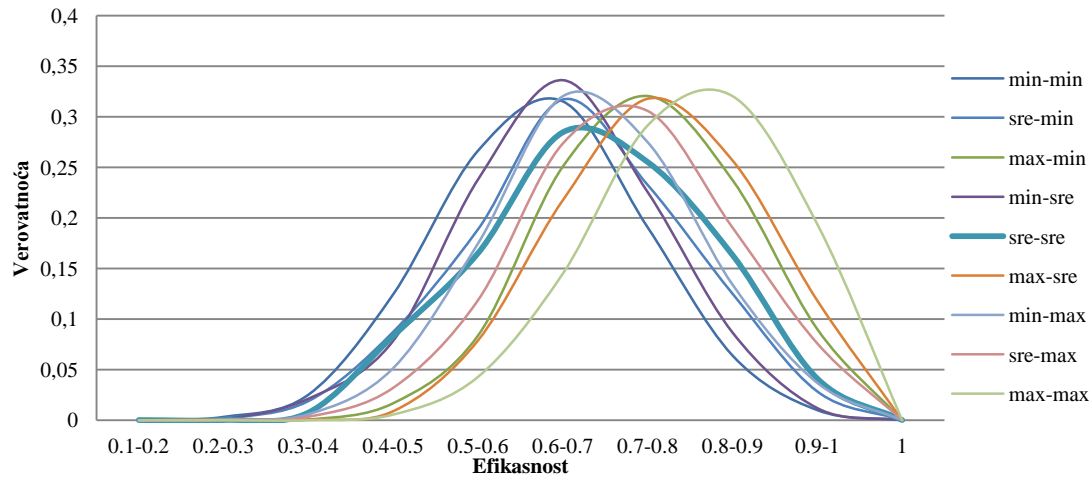
Slika 9.15. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₃

PS₁₄ predstavlja „veoma velike“ drumsko-železničke *hub* terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Na slici 9.16. su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₄, a srednja vrednost modeliranih efikasnosti koje ostvaruje za postavku „sre-sre“ je **0.853**, odnosno i ova PS bi bila manje efikasna od TS₂₅.



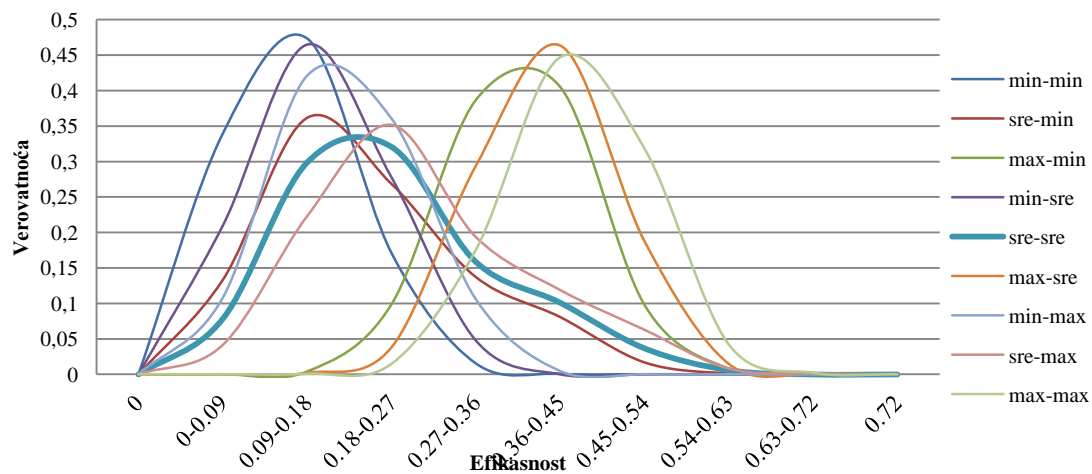
Slika 9.16. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₄

PS₁₅ obuhvata „veoma velike“ drumsko-železničko-rečne koridorske terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Ostvaruje prosečnu vrednost modeliranih efikasnosti **0.685 za postavku „sre-sre“**, što znači da bi bila znatno manje efikasna od TS₂₅. Na slici 9.17 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₅.



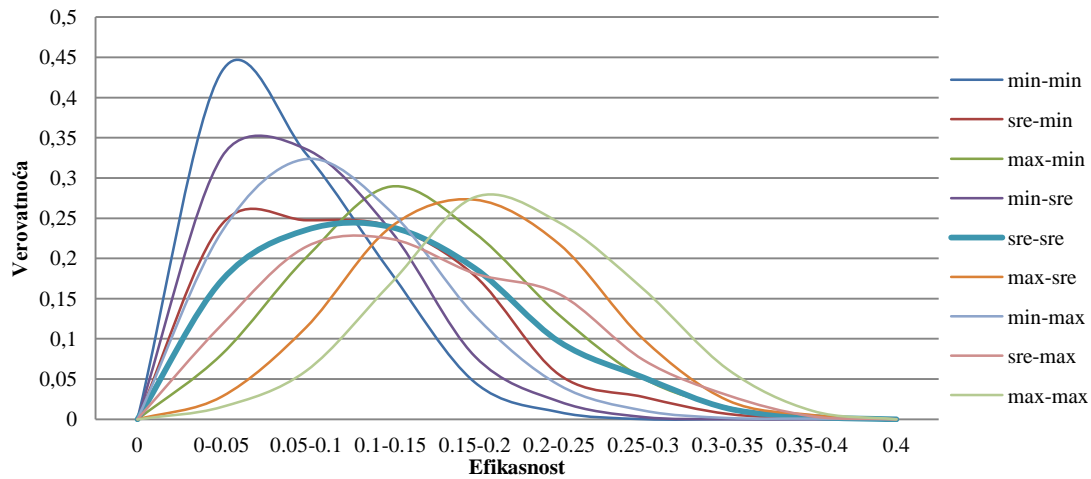
Slika 9.17. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₅

PS₁₆ obuhvata „velike“ drumsko-pomorske posredne terminale koji pripadaju kategorijama C i D. PS₁₆ ostvaruje srednju vrednost modeliranih efikasnosti od **0.228 za postavku „sre-sre“** što je veća vrednost od srednjih vrednosti efikasnosti 0.111 za TS₂₃ („veliki“ drumsko-železničko-pomorski obični) i 0.138 za TS₂₄ („veliki“ drumsko-železničko-pomorski superiorni) u okviru podgrupe velikih terminala u grupi pomorskih terminala. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₆ su prikazani na slici 9.18.



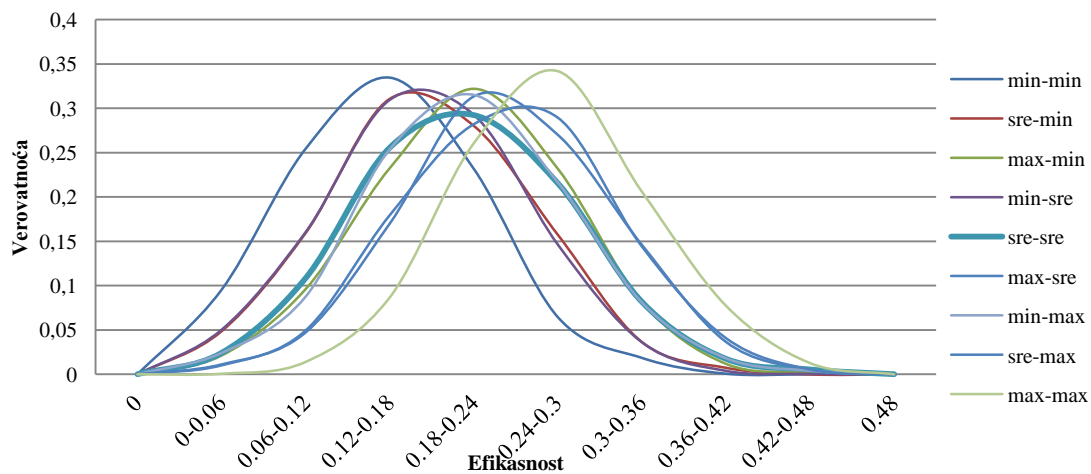
Slika 9.18. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₆

PS₁₇ koji podrazumeva „velike“ drumsko-železničko-pomorske svestrane terminale koji pripadaju kategoriji D ostvaruje srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.126 za postavku „sre-sre“** što znači da bi bio manje efikasan od TS₂₄ u podgrupi velikih pomorskih terminala. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₇ su prikazani na slici 9.19.



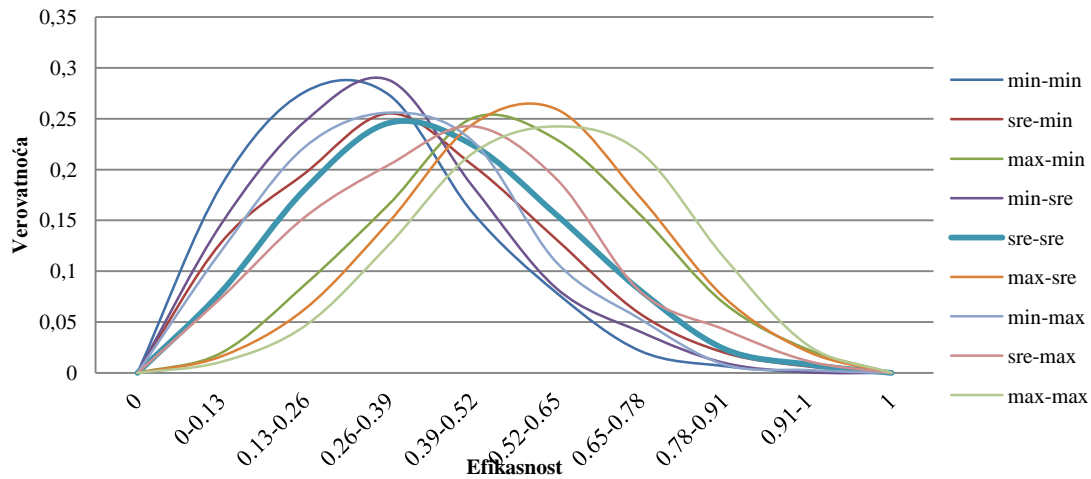
Slika 9.19. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₇

PS₁₈ se odnosi na „velike“ drumsko-železničko-pomorske dominantne terminale koji pripadaju kategoriji D. Ostvaruju srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.204 za postavku „sre-sre“** što znači da bi bili efikasniji i od TS₂₃ i od TS₂₄ u podgrupi velikih pomorskih terminala. Na slici 9.20 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₈.



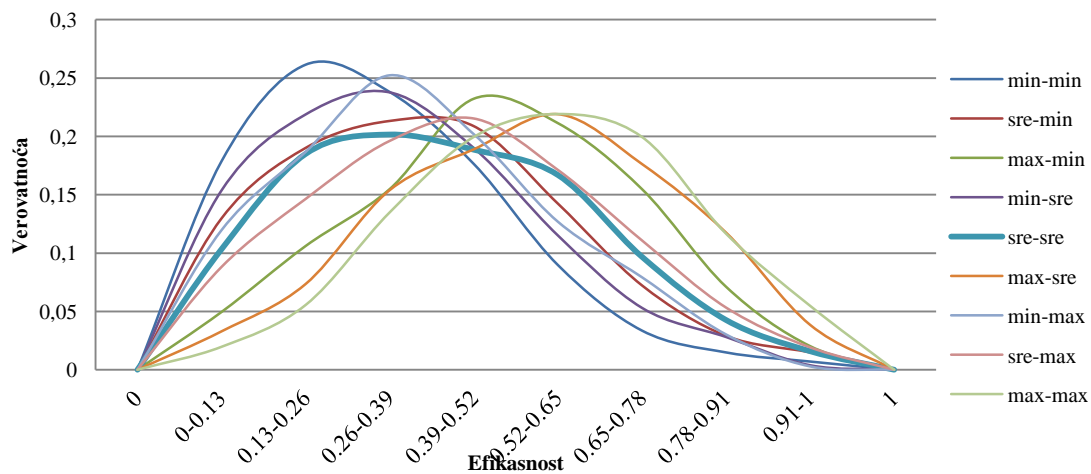
Slika 9.20. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₈

PS₁₉ obuhvata „veoma velike“ drumsko-pomorske svestrane terminale koji pripadaju kategorijama C i D i ostvaruje srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.399** za postavku „sre-sre“. To svrstava ovu strukturu među najefikasnije u podgrupi veoma velikih pomorskih terminala jer ostvaruje veću srednju vrednost efikasnosti od svih TS u ovoj podgrupi. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₉ su prikazani na slici 9.21.



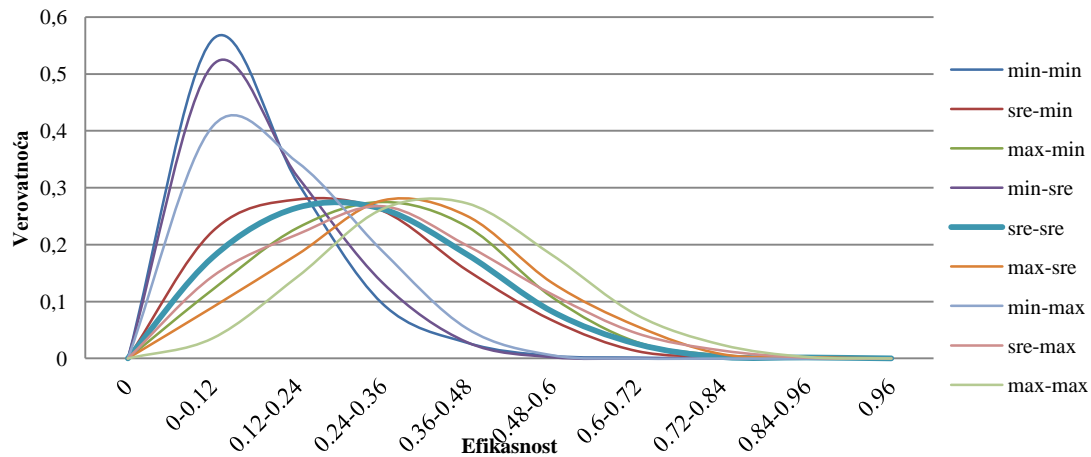
Slika 9.21. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₁₉

PS₂₀ podrazumeva „veoma velike“ drumsko-pomorske superiorne terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Na slici 9.22. su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za DS₂₀, a srednja vrednost modeliranih efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.410** što znači da bi, kao i prethodna bila efikasnija od svih TS u podgrupi veoma velikih pomorskih terminala.



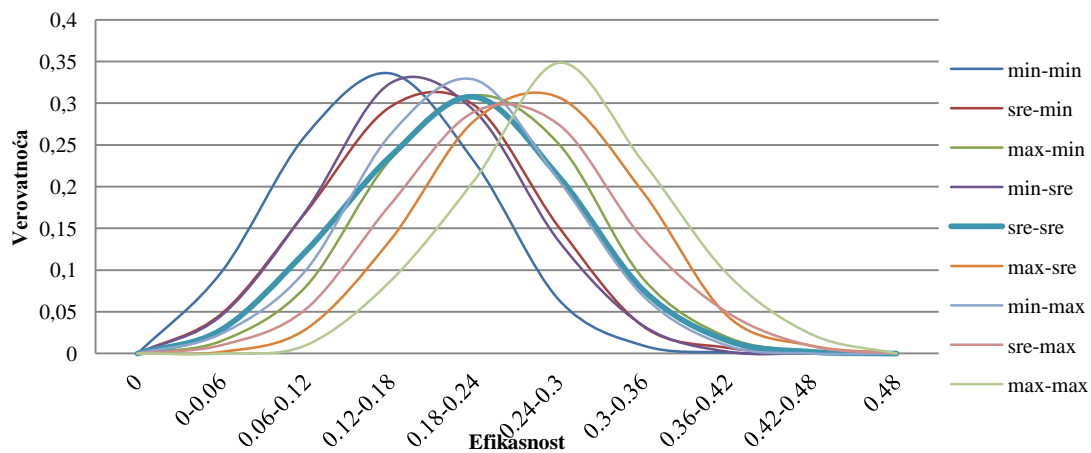
Slika 9.22. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₀

PS₂₁ se odnosi na „veoma velike“ drumsko-železničko-pomorske posredne terminale koji pripadaju kategorijama C i D. Za postavku „sre-sre“ ostvaruje vrednost **0.277**, što znači da bi bila manje efikasna od TS₂₆ („veoma veliki“ drumsko-pomorski posredni) i TS₂₉ („veoma veliki“ drumsko-železničko-pomorski dominantni) koji ostvaruju vrednosti 0.353 i 0.333, respektivno. Na slici 9.23 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₁.



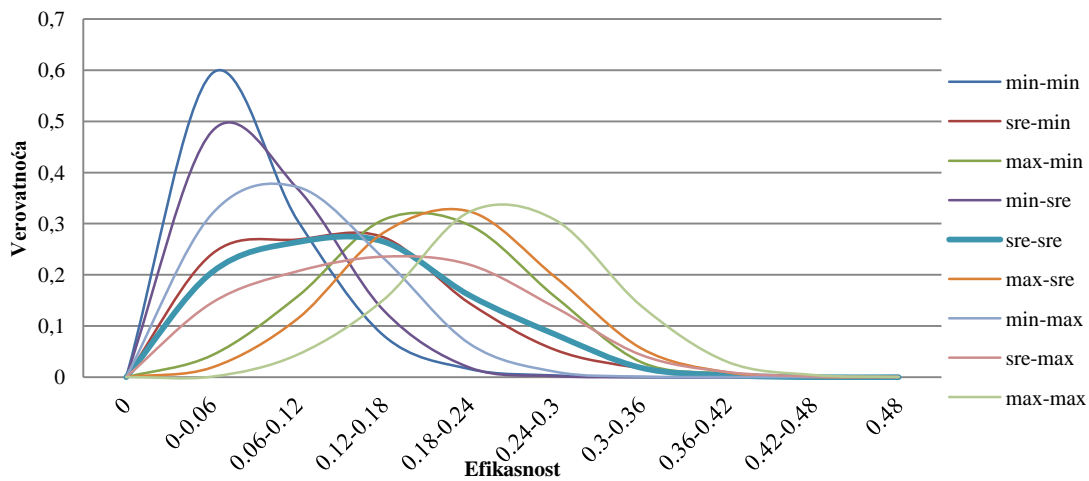
Slika 9.23. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₁

PS₂₂ koji za postavku „sre-sre“ ostvaruje vrednost **0.201** obuhvata „veoma velike“ drumsko-železničko-pomorske obične terminale koji pripadaju kategoriji D. To znači da ne bi bila efikasnija ni od jedne TS koja pripada podgrupi veoma velikih pomorskih terminala. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₂ su prikazani na slici 9.24.



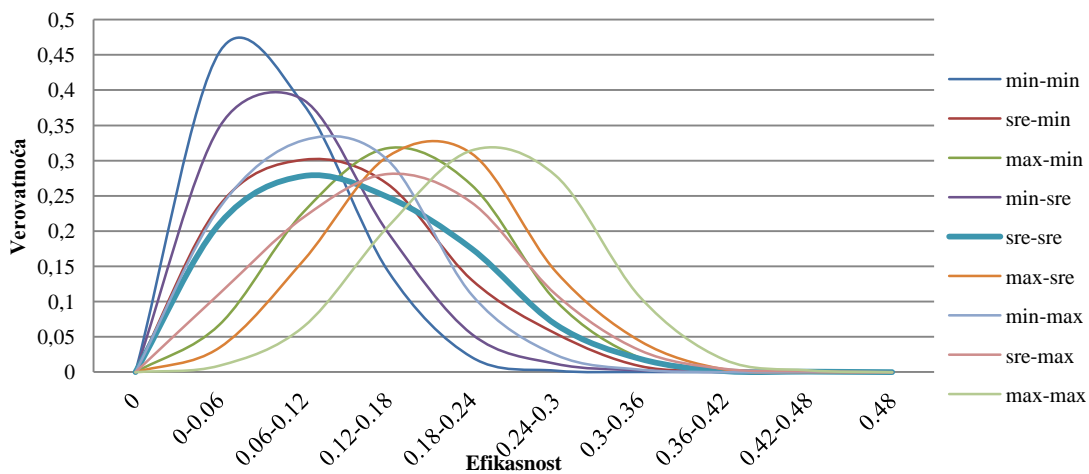
Slika 9.24. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₂

PS₂₃ se odnosi na „veoma velike” drumsko-železničko-rečno-pomorske superiorne terminale koji pripadaju kategoriji D. Ostvaruju srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.133 za postavku „sre-sre”** što znači da bi bili slabije efikasni od svih TS koji pripadaju podgrupi veoma velikih pomorskih terminala. Na slici 9.25 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₃.



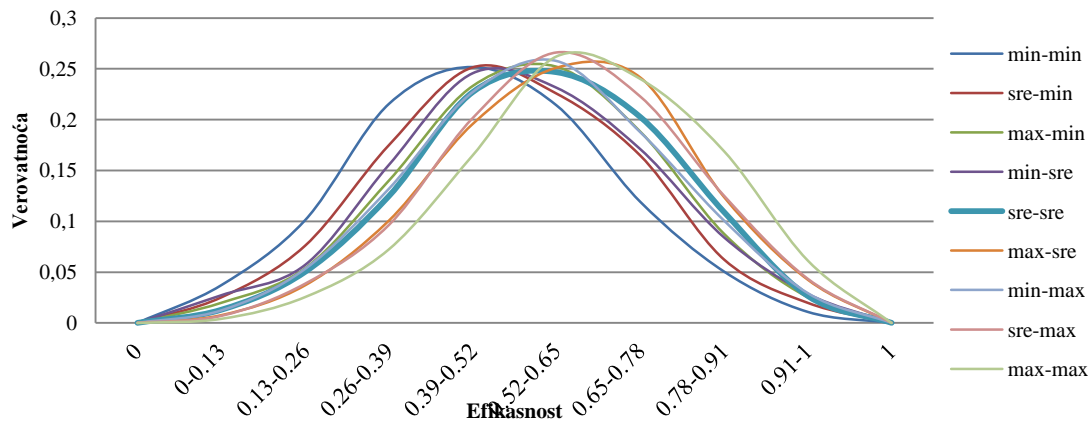
Slika 9.25. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₃

PS₂₄ podrazumeva „veoma velike“ drumsko-železničko-rečno-pomorske svestrane terminale koji pripadaju kategoriji D. Rezultati modeliranja efikasnosti za DS₂₄ su prikazani na slici 9.26, a srednja vrednost modeliranih efikasnosti za postavku „sre-sre“ je **0.130** što čini ovu PS slabije efikasnom od svih TS iz podgrupe veoma velikih pomorskih terminala.



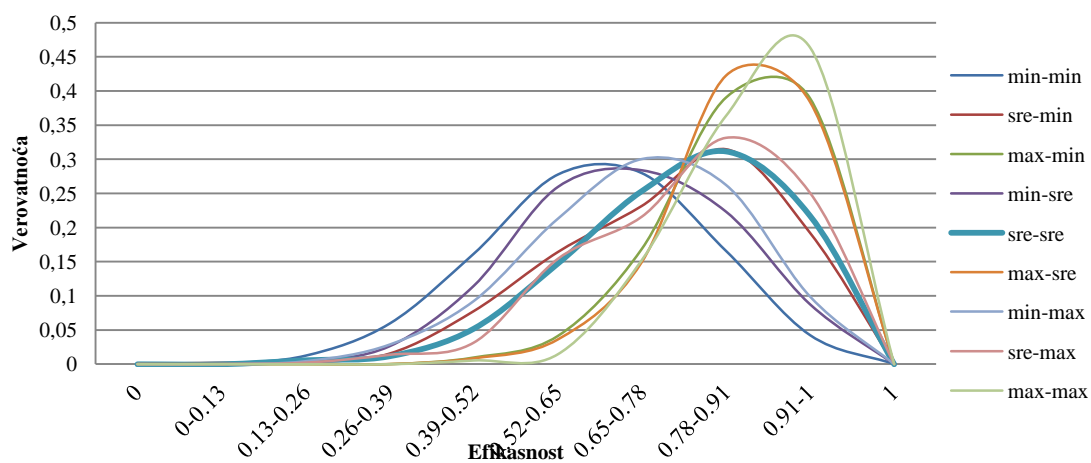
Slika 9.26. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₄

PS₂₅, „mega“ drumsko-železničko-pomorski obični terminali koji pripadaju kategoriji D ostvaruju vrednost **0.561 za postavku „sre-sre“** što svrstava ovu PS u rang najslabije rangiranih TS u podgrupi „mega“ pomorskih terminala. Od nje bi manju efikasnost imala samo TS₃₆ („mega“ drumsko-železničko-rečno-pomorski dominantni terminal) sa vrednošću 0.534. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₅ su prikazani na slici 9.27.



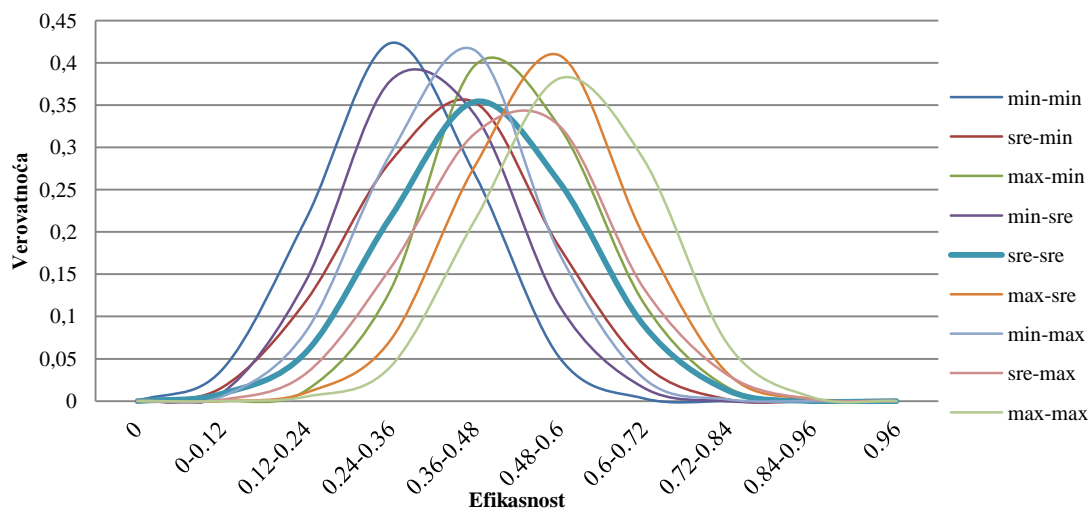
Slika 9.27. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₅

PS₂₆, „mega“ drumsko-železničko-rečno-pomorski posredni terminali koji pripadaju kategoriji D, ostvaruju srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.769 za postavku „sre-sre“**. Od ove PS u podgrupi „mega“ pomorskih terminala bili bi efikasnije samo TS₃₄ („mega“ drumsko-železničko-pomorski dominantni) i TS₃₅ („mega“ drumsko-železničko-rečno-pomorski svestrani) koji ostvaruju srednje vrednosti efikasnosti 0.856 i 0.919, respektivno. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₆ su prikazani na slici 9.28.



Slika 9.28. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₆

PS₂₇ koja se odnosi na „mega” drumsko-železničko-rečno-pomorske superiorne terminale koji pripadaju kategoriji D ostvaruje srednju vrednost modeliranih efikasnosti **0.433 za postavku “sre-sre”**, što znači da bi bila najmanje efikasna struktura u podgrupi „mega“ pomorskih terminala. Na slici 9.29 su prikazani rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₇.



Slika 9.29. Rezultati modeliranja efikasnosti za PS₂₇

Rezultati modeliranja efikasnosti potencijalnih IT pokazuju da bi 12 od 27 definisanih struktura bile najmanje efikasne strukture u okviru grupa kojima bi pripadale, što znači da bi većina (15 od 27) bile konkurentne identifikovanim tipičnim strukturama. Međutim svega je nekoliko PS koje bi bile najefikasnije ili blizu najefikasnijim strukturama u okviru grupa kojima bi pripadale. U grupi kopnenih terminala to bi bile PS₇, koja bi u podgrupi velikih terminala bila najefikasnija, i PS₁₁ koja bi u podgrupi veoma velikih terminala bila veoma bliska najefikasnijoj TS. U grupi pomorskih terminala PS₁₆ i PS₁₈ bi bile među najefikasnijim strukturama u podgrupi velikih terminala, dok bi PS₁₉ i PS₂₀ bile među najefikasnijim strukturama u podgrupi veoma velikih terminala. Iz svega prethodno navedenog može se zaključiti da se primenom predložene metodologije mogu formirati potencijalne strukture IT koje bi bile konkurentne postojećim najefikasnijim tipičnim strukturama i sa njima predstavljale *benchmark*-ove za ostale terminale koji imaju potencijal da se razviju u ove strukture.

10. IZBOR LOKACIJE TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

Lokacija terminala je jedan od najznačajnijih strukturnih elemenata terminala što je pokazala i analiza prikazana u poglavlju 6. Lokacija utiče na efikasnost terminala (Limbourg i Jourquin, 2009), predstavlja osnovu za razvoj i adekvatno iskorišćenje intermodalne transportne mreže (Lin i dr., 2014; Sorensen i Vanovermeire, 2013) i igra značajnu ulogu u povećanju atraktivnosti intermodalnog transporta (Pedersen, 2005). Međutim kako je određivanje lokacije terminala veoma kompleksan problem koji zavisi od brojnih kriterijuma, prilikom izbora lokacije moraju se uzeti u obzir specifičnosti svakog pojedinačnog slučaja i postojeća ograničenja.

U literaturi postoji puno klasičnih i heurističkih metoda za rešavanje lokacijskih problema, kao što su linearno i nelinearno programiranje, simpleks algoritam, lagranžova relaksacija, metoda grananja i rezanja, grananja i ograničavanja, *local beam search* (eng.), tabu pretraživanje, veštačke neuronske mreže, fazi kontrola, genetski algoritmi, multiagentni sistemi, ekspertski sistemi itd (Kayikci, 2010). Međutim konvencionalne metode izbora lokacije nemaju mogućnost da u model uključe veći broj indikatora. One su ili previše složene ili previše uopštene da bi pružile prihvatljivo rešenje za realne probleme (Moreira i dr., 1998). Uglavnom se sastoje od nekih osnovnih elemenata kao što su funkcija cilja, potencijalne lokacije, zahtevi, rastojanje ili vreme i nekih pravila za alociranje (Chi i Kuo, 2001), zbog čega se mogu primeniti samo za rešavanje jednostavnijih problema.

S obzirom da je izbor lokacije terminala kompleksan problem koji zahteva da se u proces odlučivanja uključe različite interesne grupe koje imaju često konfliktne zahteve i ciljeve (Sirikijpanichkul i Ferreira, 2005), primena konvencionalnih metoda zahteva značajno pojednostavljenje realne situacije. Zbog toga je u mnogim slučajevima potrebno definisati više kriterijuma, od kojih je većinu teško oceniti ili vrednovati, i

koristiti metode VKO za rešavanje lokacijskih problema. Ove metode primenjivane su za izbor lokacije fabrike ili postrojenja (npr. Farahani i Asgari, 2007), maloprodajnog objekta (npr. Kuo i dr., 2002), luke (npr. Ugboma i dr., 2006), sistema u povratnoj logistici (npr. Kannan i dr., 2008), logističkog centra (npr. Marković i dr., 2013), urbanog distributivnog centra (npr. Awasthi i dr., 2011), city logističkog terminala (npr. Tadić i dr., 2016a, Tadić i dr., 2016b, Tadić i dr., 2013, Tadić i dr., 2012), skladišta (npr. Özcan i dr., 2011), dry porta (npr. Núñez i dr., 2014), itd.

Za lociranje IT, u literaturi su uočene tri grupe pristupa (Macharis i Bontekoning, 2004): simulacione tehnike (npr. Pekin i dr., 2013, Macharis i dr., 2011), mrežni modeli (npr. Sorensen i dr., 2012, Vidović i dr., 2011) i znatno ređe VKO metode (npr. Zečević i dr., 2017a, Macharis i dr., 2009, Kayikci, 2010, Zečević i dr., 2017a).

U nastavku je prikazan hibridni model VKO za rešavanje problema izbora lokacije IT koji podrazumeva kombinaciju fazi Delphi, fazi DANP (*fuzzy Delphi based fuzzy Analytical Network Process*) i fazi DVIKOR (*fuzzy Delphi based fuzzy Višekriterijumska Optimizacija i kompromisno Rešenje*) metoda (Zečević i dr., 2017a). Ovaj pristup omogućava rešavanje kompleksnih problema odlučivanja u kojima postoje složene veze između kriterijuma, podkriterijuma i alternativa i to u okruženju koje je teško jasno i precizno definisati. Primenljivost pristupa je dokazana rešavanjem realne studije slučaja izbora lokacije IT u Beogradu (Zečević i dr., 2017a).

10.1. HIBRIDNI FAZI DELPHI-DANP-DVIKOR MODEL ZA IZBOR LOKACIJE INTERMODALNOG TERMINALA

Kao i u modelu prikazanom u poglavlju 6, u prvom delu modela VKO za izbor lokacije je korišćena fazi Delphi metoda kako bi se prikupile informacije i iz šireg skupa kriterijuma i podkriterijuma izdvojili oni koji su prema ocenama donosioca odluka relevantni za izbor odgovarajuće alternative. Delphi metoda je opisana u poglavlju 6.1 pa u ovom delu neće biti detaljnije razmatrana.

Drugi deo modela VKO za izbor lokacije se odnosi na primenu fazi DANP metode za uspostavljanje veza između elemenata mrežne strukture i za određivanje konačnih težina kriterijuma i podkriterijuma. Fazi Delphi deo je uveden jer su kriterijumi i

podkriterijumi vrednovani od strane donosioca odluka koji pripadaju različitim interesnim grupama čije ocene treba objediniti. ANP metoda je izabrana zbog sposobnosti da se na adekvatan način bavi kompleksnom mrežnom strukturom koju formiraju međusobno povezani elementi (kriterijumi i podkriterijumi) (Zečević i dr., 2017a).

ANP metoda (Saaty, 1996) je nastala kao nadogradnja metode analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). Za razliku od AHP metode u kojoj se koristi linearna hijerarhijska struktura, u ANP metodi se formira mrežna struktura kojom se opisuju zavisnosti i povratne veze između elemenata strukture. To omogućava ANP metodi da adekvatno modelira i sistematično sagledava kompleksne realne probleme. Cilj metode jeste da se utvrde jačine uticaja svih elemenata na sve ostale elemente u strukturi. To se postiže formiranjem supermatrice sastavljene od podmatrica kojima se iskazuju interakcije i međuzavisnosti između elemenata. Elementi se mogu nalaziti u okviru istog (unutrašnja zavisnost) ili različitih (spoljna zavisnost) klastera koji predstavljaju čvorove definisane mrežne strukture.

Iako ANP metoda predstavlja dobru tehniku za probleme vrednovanja i donošenja odluka, i ovde se pojavljuje problem nepreciznosti ocene donosioca odluka o faktorima odlučivanja, što se rešava primenom fazi teorije. Od svoje prve primene (Mikhailov, 2003), fazi ANP metoda je uspešno primenjena u mnogim oblastima, samostalno ili u kombinaciji sa drugim metodama (npr. Buyukozkan i Cifci, 2012, Tadić i dr., 2014a, Tadić i dr., 2014b). Metoda u obzir uzima zavisnost i nezavisnost elemenata, omogućava procenu konzistentnosti ocena donosilaca odluka i olakšava proces prioritizacije elemenata jer rastavlja problem na manje delove pogodne za detaljniju analizu. Međutim, metoda zahteva poređenje svih parova međusobno zavisnih elemenata mrežne strukture, zbog čega kompleksnost problema eksponencijalno raste sa povećanjem broja elemenata. Između ostalog, to je još jedan razlog zašto je u prvom delu modela primenjena fazi Delphi metoda kojom je smanjen broj elemenata koji su uzeti u dalje razmatranje. Osim toga, ANP metoda može biti problematična po pitanju predstavljanja zavisnosti između kriterijuma i alternativa (Velasquez i Hester, 2013). Zbog toga je u trećem delu modela korišćena fazi DVIKOR metoda za rangiranje alternativa i izbor najpovoljnije. VIKOR metoda je izabrana zbog svojih karakteristika i

prednosti koje su već opisane u poglavlju 6.1, a fazi Delphi deo je i ovde uveden jer su alternative vrednovane od strane donosioca odluka koji pripadaju različitim interesnim grupama čije ocene treba objediniti (Zečević i dr., 2017a).

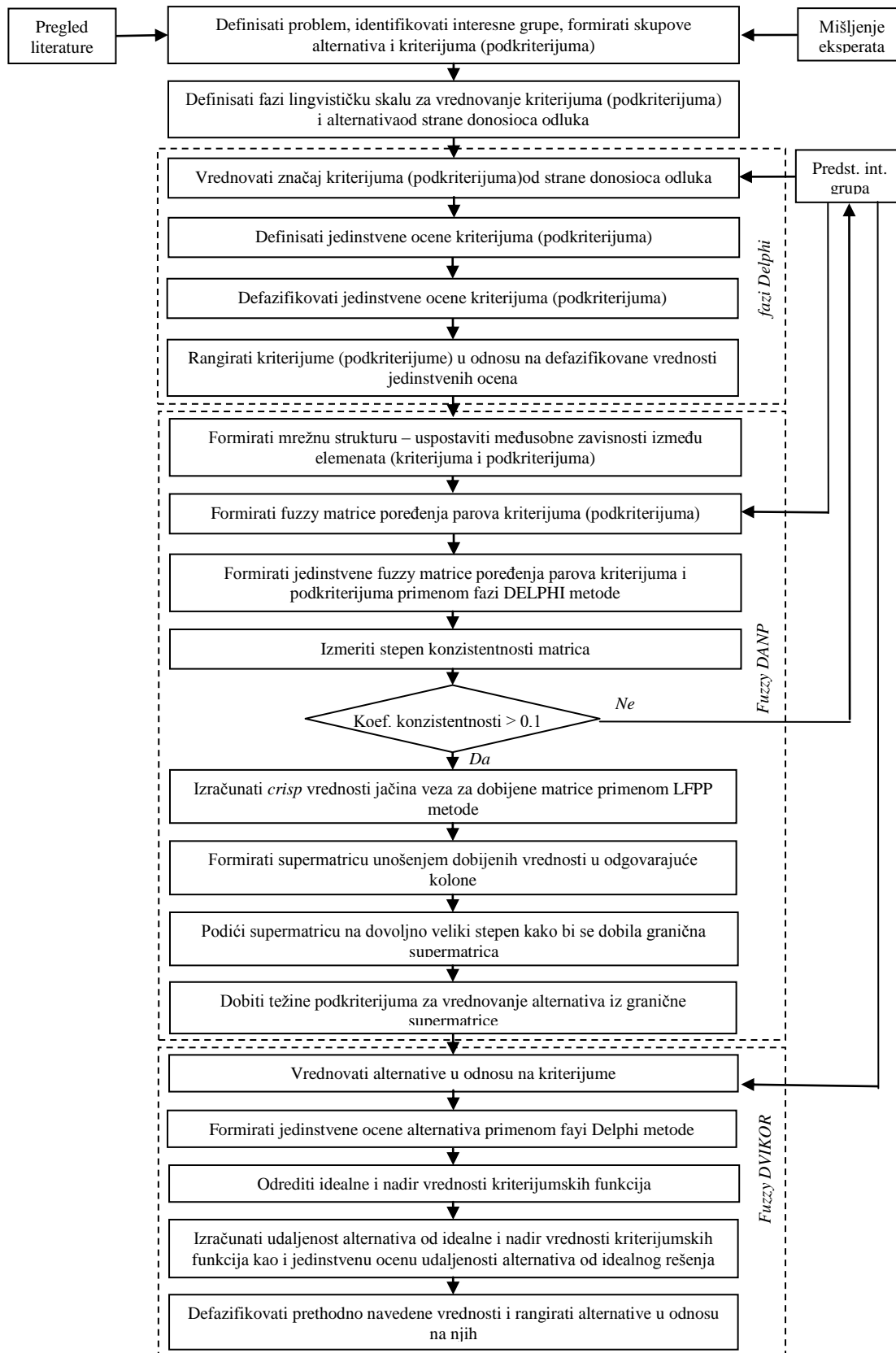
U nastavku su opisani koraci predloženog modela, a šematski prikaz modela je dat na slici 10.1. I ovde su opisani koraci metoda pri primeni u opštem slučaju, odnosno korišćeni su termini "kriterijum" i "alternativa", pri čemu će u ovom delu disertacije pod kriterijumima podrazumevaju kriterijumi i podkriterijumi za izbor lokacije IT dok se pod alternativama podrazumevaju potencijalne lokacije terminala.

Korak 1 podrazumeva definisanje strukture evaluacijskog modela, **Korak 2** definisanje fazi skale za ocenu kriterijuma od strane donosioca odluka, a **Korak 3** vrednovanje i izbor kriterijuma (podkriterijuma) za vrednovanje alternativa, primenom fazi Delphi metode. Ovi koraci su isti kao koraci 1, 2 i 3 u poglavlju 6.1 pa se ovde neće detaljnije razmatrati.

Korak 4: Dobiti težine izabranih kriterijuma (podkriterijuma) primenom fazi DANP metode. Ocene donosilaca odluka o poređenju parova elemenata (kriterijuma i podkriterijuma) pretvorene u trouglaste fazi brojeve (primenom relacija datih u tabeli 6.1) ukazuju na relativni značaj, odnosno preferenciju kriterijuma u odnosu na ostale kriterijume sa kojima su u vezi. Primenom jednačina (1)-(4) dobijaju se jedinstvene fazi ocene $\tilde{\delta}'_{jj'}$ poređenja parova kriterijuma na osnovu kojih se formira fazi matrica odlučivanja $\tilde{\Delta}'$ na sledeći način:

$$\tilde{\Delta}' = \begin{bmatrix} \tilde{\delta}'_{11} & \tilde{\delta}'_{12} & \cdots & \tilde{\delta}'_{1m} \\ \tilde{\delta}'_{21} & \tilde{\delta}'_{22} & \cdots & \tilde{\delta}'_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{\delta}'_{m1} & \tilde{\delta}'_{m2} & \cdots & \tilde{\delta}'_{mm} \end{bmatrix} \quad (40)$$

gde $\tilde{\delta}'_{jj*} = (\alpha_{jj'}, \beta_{jj'}, \gamma_{jj'})$ predstavlja značaj kriterijuma j u odnosu na kriterijum j' , a $j = j' = 1, \dots, f$, dobijen primenom jednačina (1)-(4) na ocene $\tilde{g}_{jj'k} = (l_{jj'k}, m_{jj'k}, r_{jj'k})$ poređenja kriterijuma j u odnosu na kriterijuma j' sa aspekta interesne grupe k .



Slika 10.1. Predloženi hibridni fazi Delphi-DANP-DVIKOR model VKO (Zečević i dr., 2017a)

Korak 4.1: Izračunati relativne težine kriterijuma. Za svaku matricu poređenja parova je potrebno dobiti vektor prioriteta kako bi se formirale različite podmatrice supermatrice. Za dobijanje vektora prioriteta ($W = (w_1, \dots, w_f) > 0, \sum_{j=1}^f w_j = 1$) iz fazi matrice \tilde{D}' korišćena je metoda "logaritmik fuzzy preference programming" (LFPP) (Wang i Chin, 2011). Elementi fazi matrice poređenja (\tilde{D}') su logaritmi trouglastih fazi ocena $\tilde{\delta}'_{jj'} = (\alpha_{jj'}, \beta_{jj'}, \gamma_{jj'})$ poređenja kriterijuma j u odnosu na kriterijum j' , koji se aproksimiraju jednačinom:

$$\ln \tilde{\delta}'_{jj'} \approx (\ln \alpha_{jj'}, \ln \beta_{jj'}, \ln \gamma_{jj'}), \quad j, j' = 1, \dots, f \quad (41)$$

Za određivanje vrednosti prioriteta kriterijuma (w_j) potrebno je rešiti sledeći nelinearni model prioriteta:

$$\text{Min } J = (1 - \lambda)^2 + M \sum_{j=1}^{f-1} \sum_{j'=j+1}^f (\varepsilon_{jj'}^2 + \eta_{jj'}^2) \quad (42)$$

uz ograničenja:

$$x_j - x_{j'} - \lambda \ln(\beta_{jj'}/\alpha_{jj'}) + \varepsilon_{jj'} \geq \ln \alpha_{jj'}, \quad j = 1, \dots, f-1; \quad j' = j+1, \dots, f \quad (43)$$

$$-x_j + x_{j'} - \lambda \ln(\gamma_{jj'}/\beta_{jj'}) + \eta_{jj'} \geq -\ln \gamma_{jj'}, \quad j = 1, \dots, f-1; \quad j' = j+1, \dots, f \quad (44)$$

$$\lambda, x_{j,j'} \geq 0, \quad j = 1, \dots, f; \quad j' = j+1, \dots, f \quad (45)$$

$$\varepsilon_{jj'}, \eta_{jj'} \geq 0, \quad j = 1, \dots, f-1; \quad j' = j+1, \dots, f \quad (46)$$

gde je $x_{j,j'} = \ln w_{j,j'}$ za $j=1, \dots, f, j'=j+1, \dots, f$, a M je konstanta dovoljno velike vrednosti kao što je $M=10^3$. $\varepsilon_{jj'}$ i $\eta_{jj'}$ za $j=1, \dots, f-1$ i $j'=1, \dots, f$ su nenegativne promenljive devijacije koje se uvode da bi se izbeglo da λ dobije negativnu vrednost. Poželjno je da vrednosti promenljivih devijacija budu što manje, a moraju biti ispunjene nejednakosti:

$$\ln w_j - \ln w_{j'} - \lambda \ln(\beta_{jj'}/\alpha_{jj'}) + \varepsilon_{jj'} \geq \ln \alpha_{jj'}, \quad j = 1, \dots, f-1; \quad j' = j+1, \dots, f \quad (47)$$

$$-\ln w_j + \ln w_{j'} - \lambda \ln(\gamma_{jj'}/\beta_{jj'}) + \eta_{jj'} \geq -\ln \gamma_{jj'}, \quad j = 1, \dots, f-1; \quad j' = j+1, \dots, f \quad (48)$$

Neka je x_j^* ($j = 1, \dots, f$) optimalno rešenje modela (42). Normalizovane vrednosti kriterijuma za fazi matricu poređenja $\tilde{D}' = (\tilde{\delta}'_{jj'})_{f \times f}$ se dobijaju kao:

$$w_j^* = \frac{\exp(x_j^*)}{\sum_{j=1}^f \exp(x_j^*)}, \quad j = 1, \dots, f \quad (49)$$

gde je $\exp()$ eksponencijalna funkcija, odnosno, $\exp(x_{j,j}^*) = e^{x_{j,j}^*}$ za $j=1, \dots, f$, $j'=j+1, \dots, f$. Ova metoda kao rezultat daje *crisp* normalizovane težine.

Kako bi se kontrolisali rezultati metode, za svaku matricu su izračunate vrednosti koeficijenta konzistentnosti (eng. *Consistency Ratio* – *CR*) na sledeći način (Saaty, 1996):

$$CR = CI/RI \quad (50)$$

gde je *CI* predstavlja indeks konzistentnosti (eng. *Consistency Index*) i računa se kao:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - f}{f - 1} \quad (51)$$

λ_{max} je glavna sopstvena vrednost (eng. *eigenvalue*) matrice \tilde{D}' . *RI* se odnosi na indeks slučajnosti (eng. *Random Index*) čije se vrednosti za matrice različitih dimenzija mogu videti u radu Saaty (1996). *CR* mora imati vrednost manju od 0,10 kako bi poređenja bila prihvatljiva.

Korak 4.2: Formirati supermatricu (*W*). Supermatrica omogućava dobijanje značaja kriterijuma mrežne strukture na osnovu uspostavljenih relacija između kriterijuma kvantifikovanih u vidu vektora prioriteta. Supermatrica je zapravo segmentisana matrica u kojoj svaki segment predstavlja vezu između dva kriterijuma koji se mogu nalaziti u istom ili u različitim klasterima. Supermatrica (*W*) za mrežu sa tri nivoa se može prikazati na sledeći način:

$$W = \begin{matrix} & G & C & E \\ \begin{matrix} Cilj(G) \\ Kriterijumi (C) \\ Alternative(E) \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & I \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (52)$$

gde je W_{21} vektor koji predstavlja uticaj cilja na kriterijume, W_{22} je vektor koji predstavlja međusobni uticaj kriterijuma, W_{32} je vektor koji predstavlja uticaj kriterijuma na svaku od alternativa, a I je jedinična matrica (Saaty i Takizawa, 1986).

Korak 4.3: Dobijanje granične supermatrice. Granična supermatrica se dobija podizanjem supermatrice na dovoljno veliki stepen tako da se postigne konvergiranje vrednosti po kolonama, odnosno da se dobije matrica u kojoj su sve vrednosti po kolonama identične. Ove vrednosti se uzimaju kao težine kriterijuma.

Korak 5: Rangiranje alternativa primenom fazi DVIKOR metode. Ovaj korak podrazumeva isti postupak kao korak 5 u poglavlju 6.1, ali kako je uključena i fazi Delphi metoda nakon formiranja ocene donosilaca odluka o značaju alternativa (i) u odnosu na kriterijume (podkriterijume) (j), primenom jednačina (1)-(4) na ocene $\tilde{e}_{ijk} = (l_{ijk}, m_{ijk}, r_{ijk})$ alternativa E_i u odnosu na kriterijum (podkriterijum) C_j sa aspekta interesne grupe k , dobijaju se jedinstvene ocene $\tilde{\delta}_{ij}'' = (\alpha_{ij}, \beta_{ij}, \gamma_{ij})$. Ostatak postupka je isti i sprovodi se nad novodobijenim objedinjenim ocenama $\tilde{\delta}_{ij}''$.

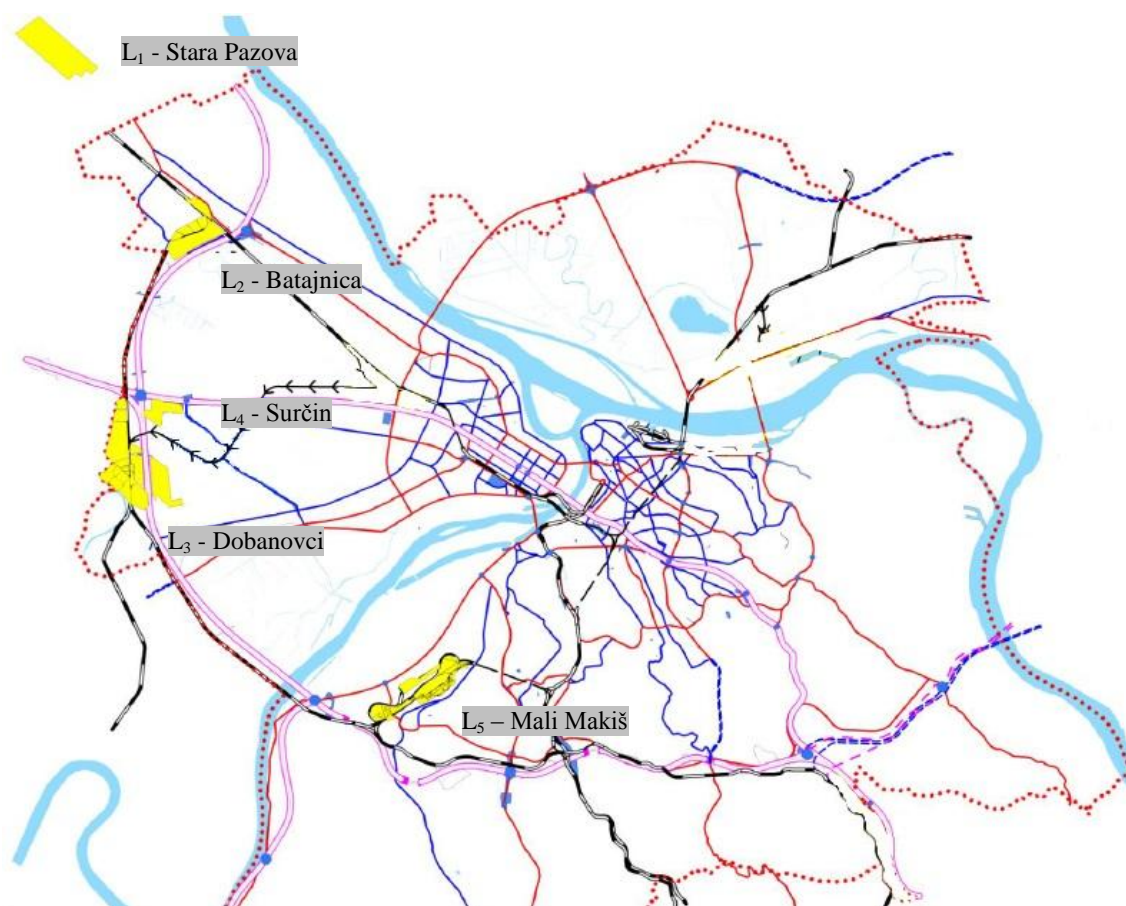
10.2. STUDIJA SLUČAJA IZBORA LOKACIJE INTERMODALNOG TERMINALA

Predloženi hibridni model VKO primenjen je za rešavanje studije slučaja izbora lokacije potencijalnog IT u Beogradu (Zečević i dr., 2017a). Intermodalni transport u Srbiji je slabo razvijen, uprkos velikom potencijalu koji Srbija ima zbog veoma povoljnog geografskog položaja. U cilju unapređenja konkurentnosti srpske ekonomije i smanjenja negativnih ekoloških uticaja transporta, Evropska Unija je finansirala studiju "*Facilitating intermodal transport in Serbia*" (eng.) (EC, 2010-2012). Predmet Studije bili su uspostavljanje institucionalnog okvira za razvoj intermodalnog transporta, jačanje kapaciteta relevantnih interesnih grupa i priprema tenderske dokumentacije za IT, a u cilju dugoročnog održivog razvoja logističke infrastrukture i intermodalnog transporta u Republici Srbiji.

10.2.1. Potencijalne lokacije intermodalnog terminala

Potencijalne lokacije IT u Beogradu su preuzete iz studije "Facilitating intermodal transport in Serbia" (EC, 2010-2012). Inicijalni skup od deset potencijalnih lokacija, definisan je od strane organa Grada Beograda i Ministarstva za infrastrukturu, kao i od strane konsultanata na projektu, a nakon analize tržišta i konsultacija sa korisnicima.

Nakon sprovedene analize, sabiranjem otežanih vrednosti ocena potencijalnih lokacija po različitim kriterijumima, izabrane su lokacije koje zahtevaju detaljniju analizu: Stara Pazova, Batajnica, Dobanovci, Surčin i Mali Makiš (Slika 10.2). U nastavku su date osnovne karakteristike razmatranih lokacija.



Slika 10.2. Skup potencijalnih lokacija terminala u Beogradu (Zečević i dr., 2017a)

L₁ - Potencijalna lokacija *Stara Pazova* zauzima površinu od 270 ha i nalazi se u drugom prstenu predgrađa, na udaljenosti 35 km od centra grada. Veći deo zemljišta je u javnom vlasništvu. Lokacija je blizu različitih industrijskih zona i dobro je povezana

sa potrošačkom i ekonomskom zonom oblasti Beograda. U neposrednoj blizini prolazi panevropski koridor X, a uz samu lokaciju magistralni put i magistralna pruga prema Zagrebu i Novom Sadu. Bliža naseljena oblast ima umerenu gustinu naseljenosti. Zona je uglavnom pokrivena poljoprivrednim zemljištem i ima razvijenu komunalnu infrastrukturu (vodovod, kanalizacija, električna energija itd.) (Zečević i dr., 2017a).

L₂ - Potencijalna lokacija **Batajnica** zauzima površinu od oko 180 ha i nalazi se u predgrađu unutar prvog prstena, na udaljenosti 22.3 km od centra grada. Zemljište je u najvećoj meri u privatnom vlasništvu. Ima povoljan pristup unutrašnjem delu grada i zapadnom Beogradu, gde se nalaze glavne ekonomske zone grada. Osim veze sa koridorom X, preko obilaznice je povezana sa glavnim putevima koji vode na zapad i jug. Lokacija ima povoljan pristup magistralnoj pruzi ka severo-zapadu (Budimpešta i Zagreb). Nalazi se blizu južne naseljene oblasti Batajnice koja je umereno do gusto naseljena. Lokacija je trenutno pokrivena poljoprivrednim zemljištem i nema razvijenu infrastrukturu kanalizacije (Zečević i dr., 2017a).

L₃ - Potencijalna lokacija **Dobanovci** zauzima površinu od oko 430 ha i nalazi se u predgrađu unutar prvog prstena, na udaljenosti 21.2 km od centra grada. Zemljište je uglavnom u privatnom vlasništvu. U blizini lokacije je industrijska zona gde se nalaze brojni operateri i skladišta. Ima povoljan pristup unutrašnjem delu grada i glavnoj industrijskoj zoni Beograda. Lokacija se nalazi na spoljnom prstenu, odnosno na beogradskom železničkom prstenu, pa je direktno povezana sa koridorom X. U blizini lokacije se nalaze dve oblasti umerene gustine naseljenosti, Dobanovci i Surčin. Lokacije je trenutno pokrivena poljoprivrednim zemljištem i industrijskim objektima i nema razvijenu infrastrukturu kanalizacije (Zečević i dr., 2017a).

L₄ - Potencijalna lokacija **Surčin** zauzima površinu od 69 ha i nalazi se u prvom prstenu na samo 14.1 km od centra grada. Zemljište je većim delom u privatnom vlasništvu. Lokacija je blizu različitih industrijskih zona, koncentrisanim u blizini Dobanovaca, i ima povoljan pristup unutrašnjem delu grada i glavnoj industrijskoj zoni Beograda zahvaljujući svojoj poziciji na raskrsnici autoputa Beograd-Zagreb i obilaznice. Lokacija je takođe u blizini železničke obilaznice, ali se ne graniči sa prugom. U blizini lokacije nema naseljenih oblasti. Lokacija nema razvijenu kanalizacionu infrastrukturu i trenutno ne postoji gasovodna mreža (Zečević i dr., 2017a).

L₅ - Potencijalna lokacija **Mali Makiš** zauzima površinu od 263 ha i nalazi se unutar drumskog prstena na 11.8 km od centra grada. Zemljište je većim delom u vlasništvu Železnica Srbije. Lokacija je drumskim prstenom dobro povezana sa industrijskim zonama i koridorom X. S obzirom da se proteže duž postojeće ranžirne stanice, idealno je povezana sa železničkom mrežom i koridorom X. Nalazi se u blizini naselja umerene do guste naseljenosti (Železnik, Rupčina, Bele Vode). Raspoloživa površina je pokriveno poljoprivrednim zemljištem i vegetacijom. Lokacija nema razvijenu kanalizacionu infrastrukturu i trenutno u ovoj oblasti nema optičkih kablova (Zečević i dr., 2017a).

10.2.2. Kriterijumi za ocenu potencijalnih lokacija

Za vrednovanje potencijalnih lokacija korišćeno je 26 podkriterijuma strukturiranih u 6 osnovnih grupa kriterijuma: namena zemljišta (NZ), saobraćajne veze (SV), uticaj na životnu sredinu (ŽS), ekonomski kriterijumi (EK), tehnički kriterijumi (TK) i infrastrukturni kriterijumi (IN) (EC, 2010-2012). Kriterijumi su definisani od strane eksperata a na osnovu intervjua sa svim relevantnim javnim i privatnim subjektima, potencijalnim interesnim grupama intermodalnog transporta, realizovanim tokom analize tržišta. Pregled korišćenih kriterijuma je prikazan u tabeli 10.1.

Tabela 10.1. Kriterijumi za ocenu potencijalnih lokacija (Zečević i dr., 2017a)

Kriterijum	Podkriterijum	Opis	
Namena zemljišta (NZ)	C ₁	Usklađenost sa prostornim planovima	Usklađenost namene zemljišta sa prostornim planovima grada (Master plan)
	C ₂	Postojanje detaljnog regulacionog plana	Postojanje plana detaljne regulacije za potencijalnu lokaciju izgradnje terminala
	C ₃	Vlasništvo nad zemljištem	Vlasništvo nad zemljištem na kom se nalazi potencijalna lokacija (javno, privatno)
	C ₄	Mogući slobodan prostor	Ukupan mogući slobodan prostor na lokaciji koji se može iskoristiti u potrebne svrhe
	C ₅	Udaljenost od grada	Udaljenost potencijalne lokacije od centra grada
Saobraćajne veze (SV)	C ₆	Veza sa drumskom mrežom	Povezanost potencijalne lokacije sa glavnim putnim pravcima i koridorima (magistrale, autoputevi)
	C ₇	Veza sa železničkom mrežom	Povezanost potencijalne lokacije sa glavnim železničkim pravcima i koridorima
	C ₈	Veza sa unutrašnjim plovnim putevima	Povezanost potencijalne lokacije sa glavnim plovnim putevima (većim rekama)
	C ₉	Lokalne veze sa gradom	Povezanost potencijalne lokacije sa glavnim privrednim i industrijskim delovima grada

Tabela 10.1. Kriterijumi za ocenu potencijalnih lokacija (Zečević i dr., 2017a)
(*nastavak*)

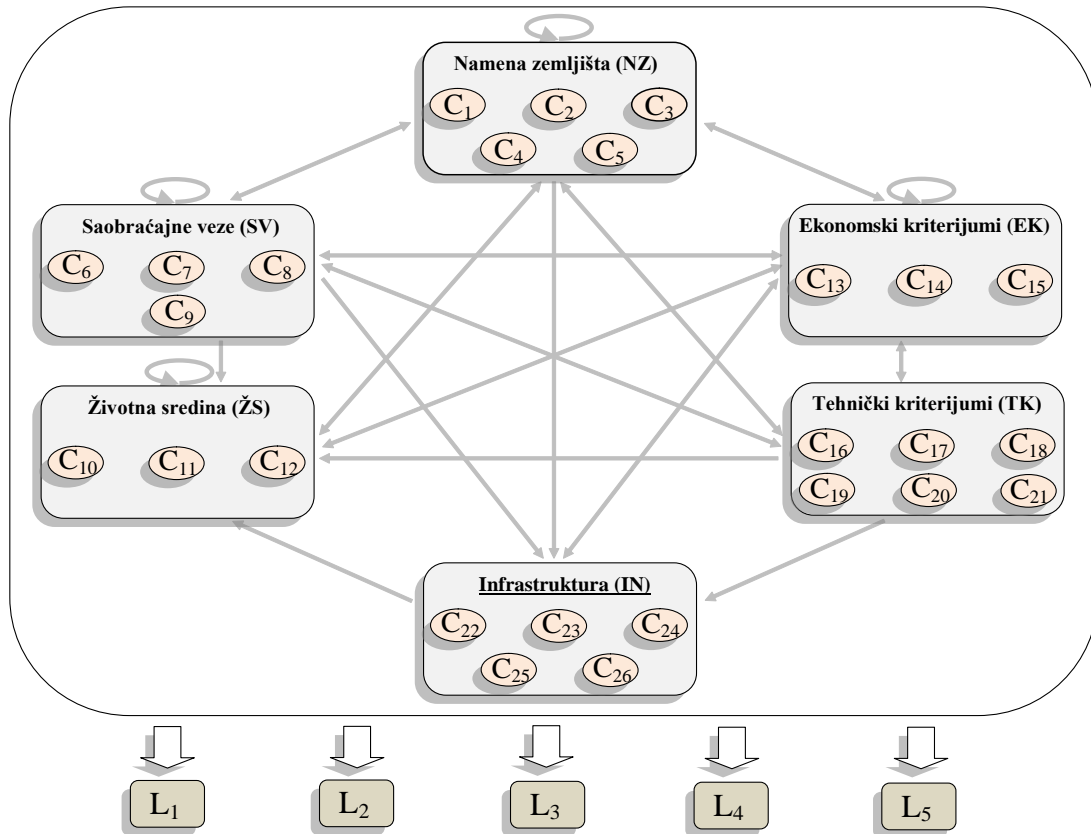
Uticao na životnu sredinu (ŽS)	C ₁₀	Zaštićene oblasti	Postojanje zaštićenih oblasti (zaštićenih voda, kulturne baštine, flore, faune ili prirodne baštine) na, ili u blizini potencijalne lokacije
	C ₁₁	Stambene oblasti	Gustina naseljenosti u blizini potencijalne lokacije
	C ₁₂	Vodni resursi	Postojanje vodotokova i drugih površinskih ili podzemnih voda u okolini potencijalne lokacije
Ekonomski kriterijumi (EK)	C ₁₃	Troškovi projekta	Troškovi izgradnje terminala na potencijalnoj lokaciji koji zavise od više faktora (eksprijacija zemljišta, tehnička pitanja, zaštita životne sredine...)
	C ₁₄	Zaposlenost	Stopa zaposlenosti i osposobljenost radne snage u zoni potencijalne lokacije
	C ₁₅	Pristupačnost	Pristupačnost potencijalne lokacije za radnu snagu (zavisi od broja linija javnog prevoza i mogućnost drugog, nemotorizovanog pristupa)
Tehnički kriterijumi (TK)	C ₁₆	Udaljenost od potencijalnog tržišta	Udaljenost potencijalne lokacije od industrijskih zona, korisnika i krajnjeg tržišta
	C ₁₇	Rizik od poplava	Izloženost potencijalne lokacije opasnostima od poplava
	C ₁₈	Postojeće instalacije	Postojanje instalacija koje predstavljaju prepreku za nesmetanu izgradnju terminala
	C ₁₉	Geologija	Vrste zemljišta, nivo podzemnih voda, prisustvo krasa itd. na potencijalnoj lokaciji
	C ₂₀	Postojeća infrastruktura koju treba izmestiti	Postojanje komunalne infrastrukture na potencijalnoj lokaciji koja može predstavljati prepreku za izgradnju terminala
Infrastruktura (IN)	C ₂₁	Topologija terena	Topologija terena na kom se nalazi potencijalna lokacija i eventualna potreba za zemljanim radovima
	C ₂₂	Vodosnabdevanje	Postojanje priključaka sa pijaćom vodom na potencijalnoj lokaciji
	C ₂₃	Kanalizacija	Postojanje kanalizacionog sistema na potencijalnoj lokaciji
	C ₂₄	Električna energija	Postojanje neposredne veze potencijalne lokacije sa električnom mrežom odgovarajućeg kapaciteta
	C ₂₅	Gas	Postojanje gasovoda odgovarajućeg pritiska na potencijalnoj lokaciji
	C ₂₆	Internet	Postojanje mreže optičkih kablova na potencijalnoj lokaciji

10.2.3. *Primena predloženog modela za izbor lokacije intermodalnog terminala*

Hibridni model VKO, detaljno opisan u poglavlju 10.1, je primenjen za rešavanje problema izbora lokacije IT u Beogradu. Ocenjivanje kriterijuma, podkriterijuma i alternativa je vršeno sa aspekta različitih interesnih grupa (vlasnika/operatora, korisnika, administracije/uprave i stanovnika), a na osnovu analize tržišta i intervju sa svim značajnim organima javne uprave (gradske vlasti, uprava carine, ministarstva itd.) i ozbiljnim privrednim subjektima u Beogradu i Srbiji.

Prvi korak predložene metodologije podrazumeva definisanje strukture evaluacijskog modela, prikazane na slici 10.3. Pet potencijalnih lokacija na listi alternativa, i 26

podkriterijuma razvrstanih u šest grupa, predstavljaju elemente definisane strukture. Veze između elemenata strukture se dobijaju na osnovu lingvističkih ocena eksperata koje se pretvaraju u fazi vrednosti (primenom tabele 6.1 definisane u poglavlju 6.1).



Slika 10.3. Struktura evaluacijskog modela (Zečević i dr., 2017a)

Za definisanu strukturu najpre je potrebno izvršiti vrednovanje i izbor podkriterijuma za ocenu potencijalnih lokacija IT primenom fazi Delphi metode. Ocene donosilaca odluka su primenom fazi skale (Tabela 6.1) pretvorene u trouglaste fazi ocene, koje su zatim objedinjene primenom jednačina (1)-(4). Objedinjene ocene su defazifikovane primenom jednačine (5), a zatim su na osnovu tako dobijenih vrednosti izabrani podkriterijumi za ocenu alternativa pri čemu je za θ definisana vrednost 5 (kao sredina korišćene fazi skale). Ocene donosilaca odluka, objedinjene ocene i skup izabranih podkriterijuma su prikazani u tabeli 10.2. Iz tabele se može videti da je iz inicijalnog skupa podkriterijuma eliminisano 9 podkriterijuma i oni u nastavku neće biti razmatrani prilikom donošenja odluke o lokaciji IT.

Tabela 10.2. Ocene i izbor podkriterijuma za vrednovanje alternativa (Zečević i dr., 2017a)

Podkr.	Os.	Ko.	Ad.	Objedinjena	Defazifikovana	Izbor
C ₁	(8,9,9)	(5,6,7)	(8,9,9)	(5.00,7.86,9.00)	7.575	Izabran
C ₂	(4,5,6)	(2,3,4)	(6,7,8)	(2.00,4.72,8.00)	4.812	Neprihvatljiv (NP)
C ₃	(8,9,9)	(3,4,5)	(7,8,9)	(3.00,6.60,9.00)	6.403	Izabran
C ₄	(7,8,9)	(2,3,4)	(6,7,8)	(2.00,5.52,9.00)	5.512	Izabran
C ₅	(2,3,4)	(6,7,8)	(5,6,7)	(2.00,5.01,8.00)	5.009	Izabran
C ₆	(8,9,9)	(8,9,9)	(3,4,5)	(3.00,6.87,9.00)	6.579	Izabran
C ₇	(7,8,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	(6.00,7.65,9.00)	7.601	Izabran
C ₈	(3,4,5)	(4,5,6)	(5,6,7)	(3.00,4.93,7.00)	4.955	Neprihvatljiv
C ₉	(4,5,6)	(7,8,9)	(4,5,6)	(4.00,5.85,9.00)	6.065	Izabran
C ₁₀	(2,3,4)	(1,2,3)	(6,7,8)	(1.00,3.48,8.00)	3.817	Neprihvatljiv
C ₁₁	(5,6,7)	(3,4,5)	(8,9,9)	(3.00,6.00,9.00)	6.000	Izabran
C ₁₂	(4,5,6)	(3,4,5)	(6,7,8)	(3.00,5.19,8.00)	5.295	Izabran
C ₁₃	(8,9,9)	(5,6,7)	(6,7,8)	(5.00,7.23,9.00)	7.154	Izabran
C ₁₄	(6,7,8)	(5,6,7)	(8,9,9)	(5.00,7.23,9.00)	7.154	Izabran
C ₁₅	(4,5,6)	(8,9,9)	(7,8,9)	(4.00,7.11,9.00)	6.909	Izabran
C ₁₆	(8,9,9)	(8,9,9)	(4,5,6)	(4.00,7.40,9.00)	7.099	Izabran
C ₁₇	(4,5,6)	(4,5,6)	(3,4,5)	(3.00,4.64,6.00)	4.594	Neprihvatljiv
C ₁₈	(6,7,8)	(2,3,4)	(3,4,5)	(2.00,4.38,8.00)	4.586	Neprihvatljiv
C ₁₉	(6,7,8)	(3,4,5)	(4,5,6)	(3.00,5.19,8.00)	5.295	Izabran
C ₂₀	(5,6,7)	(1,1,2)	(4,5,6)	(1.00,3.11,7.00)	3.405	Neprihvatljiv
C ₂₁	(6,7,8)	(3,4,5)	(1,2,3)	(1.00,3.83,8.00)	4.051	Neprihvatljiv
C ₂₂	(7,8,9)	(4,5,6)	(7,8,9)	(4.00,6.84,9.00)	6.727	Izabran
C ₂₃	(6,7,8)	(4,5,6)	(5,6,7)	(4.00,5.94,8.00)	5.963	Izabran
C ₂₄	(7,8,9)	(4,5,6)	(7,8,9)	(4.00,6.84,9.00)	6.727	Izabran
C ₂₅	(5,6,7)	(3,4,5)	(2,3,4)	(2.00,4.16,7.00)	4.273	Neprihvatljiv
C ₂₆	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,2,3)	(1.00,2.62,4.00)	2.580	Neprihvatljiv

Za novoformirani skup podkriterijuma se najpre uspostavljaju uzročne veze, unutar grupa podkriterijuma, između podkriterijuma koji pripadaju različitim grupama i između kriterijuma. Za ovako uspostavljene veze dobijaju se težine kriterijuma i podkriterijuma primenom fazi DANP metode. Postupak utvrđivanja spoljnih i unutrašnjih zavisnosti je prikazan na primeru utvrđivanja zavisnosti podkriterijuma namene zemljišta u odnosu na podkriterijum "Usklađenost sa prostornim planovima" (C₁). Najpre se vrši poređenje parova podkriterijuma od strane donosilaca odluka što je prikazano u tabeli 10.3. Fazi ocene su dobijene pretvaranjem lingvističkih ocena eksperata primenom relacija datih u tabeli 6.1.

Tabela 10.3. Ocene poređenja parova NZ podkriterijuma u odnosu na C₁ (Zečević i dr., 2017a)

	C ₃			C ₄			C ₅		
	Os.	Ko.	Ad.	Os.	Ko.	Ad.	Os.	Ko.	Ad.
C ₃				VN	VN	VN	V		N
C ₄							UV		VN
C ₅		UN			S				

Primenom jednačina (1)-(4) dobijaju se jedinstvene ocene podkriterijuma, odnosno matrica fazi ocena podkriterijuma prikazana u tabeli 10.4. Ostale relacije su uspostavljene na isti način.

Tabela 10.4. Jedinstvene ocene poređenja parova NZ podkriterijuma u odnosu na C_1 (Zečević i dr., 2017a)

	C_3	C_4	C_5
C_3	/	(1.00,2.00,3.00)	(1.34,1.74,2.19)
C_4	(0.33,0.50,1.00)	/	(0.95,1.34,1.74)
C_5	(0.45,0.57,0.75)	(0.57,0.75,1.06)	/

Rešavanjem nelinearnog modela prioriteta (42), dobija se vektor prioriteta, čije su vrednosti zatim normalizuju primenom jednačine (49). Za ocene NZ podkriterijuma u odnosu na C_1 (prikazane u Tabeli 10.4), primenom opisanog postupka dobijen je vektor prioriteta $(w_3^*, w_4^*, w_5^*) = (0.533, 0.267, 0.200)$. Kako bi se kontrolisali rezultati metode izračunate su CR vrednosti za svaku matricu primenom jednačine (50). Za matrice poređenja parova NZ podkriterijuma u odnosu na C_1 su dobijene vrednosti $CR(Os.) = 0.054$, $CR(Ko.) = 0.060$ i $CR(Ad.) = 0.085$, pri čemu su sve vrednosti manje od 0.10 pa se može reći da je poređenje prihvatljivo. Na isti način su dobijeni i ostali vektori prioriteta za uspostavljene relacije i izračunate vrednosti CR koje su bile manje od 0.10.

Unošenjem vektora prioriteta, dobijenih primenom fazi DANP metode u odgovarajuće kolone formira se početna supermatrica prikazana u tabeli u Prilogu P2. Podizanjem početne supermatrice na dovoljno veliki stepen dobija se granična supermatrica prikazana u tabeli u Prilogu P3. Granična supermatrica je dobijena primenom softvera *SuperDecisions* napravljenog od strane *Creative Decisions Foundation (n.d.)*. Konvergirane vrednosti po kolonama granične supermatrice predstavljaju težine podkriterijuma.

Naredni korak jeste rangiranje alternativa primenom fazi DVIKOR metode. Donosioci odluka najpre ocenjuju alternative u odnosu na podkriterijume primenom relacija datih u tabeli 6.1. Njihove ocene, prikazane u tabeli 10.5, se transformišu u trouglaste fazi brojeve a zatim se primenom jednačina (1)-(4) dobijaju jedinstvene ocene alternativa u odnosu na podkriterijume, odnosno konstruiše se matrica fazi preferencija, prikazana u tabeli 10.6.

Tabela 10.5. Ocene potencijalnih lokacija sa aspekta interesnih grupa (Zečević i dr., 2017a)

	L ₁			L ₂			L ₃			L ₄			L ₅		
	Os.	Ko.	Ad.	Os.	Ko.	Ad.	Os.	Ko.	Ad.	Os.	Ko.	Ad.	Os.	Ko.	Ad.
C ₁	VV	V	V	V	VV	V	VV	V	VV	V	V	V	N	N	VN
C ₃	UV	UV	S	S	UV	S	UN	S	UN	UN	S	S	UV	UN	V
C ₄	VV	VV	VV	V	V	V	UV	V	V	UN	UN	S	UV	S	UV
C ₅	S	VN	N	UV	S	S	UV	S	S	V	V	V	VV	V	V
C ₆	UN	N	UN	S	S	S	UV	UV	UV	UV	UV	UV	S	UN	UN
C ₇	V	V	UV	V	UV	V	UV	S	S	S	UN	UN	VV	V	VV
C ₉	S	UN	S	S	S	S	UV	UV	UV	S	S	UV	UN	UN	N
C ₁₁	S	S	UV	UV	UV	UV	S	UV	S	S	S	S	UN	N	UN
C ₁₂	UN	S	UN	UN	S	S	UN	UN	UN	S	UV	S	UN	UN	UN
C ₁₃	S	UV	S	VV	V	V	UV	UV	UV	UN	S	S	S	S	UN
C ₁₄	S	S	UV	UV	UV	UV	S	S	UN	S	S	UN	V	UV	UV
C ₁₅	UN	N	UN	V	UV	V	S	UN	S	S	UN	S	V	V	V
C ₁₆	S	S	UV	S	UV	S	UV	V	UV	V	VV	V	S	UV	UV
C ₁₉	UV	S	S	S	S	UN	S	UN	UN	UV	UV	S	S	UN	S
C ₂₂	S	S	S	UV	S	UV	S	UV	S	S	S	S	S	S	S
C ₂₃	UV	UV	S	UN	UN	UN	N	UN	N	N	UN	N	UN	UN	UN
C ₂₄	UV	UV	S	S	S	UN	UV	UV	S	S	UN	UN	UV	S	S

Tabela 10.6. Matrica vrednovanja potencijalnih lokacija u odnosu na podkriterijume (Zečević i dr., 2017a)

Podkriterijum	Alternative				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
C ₁	(6.32,7.32,8.32)	(6.32,7.32,8.32)	(6.65,7.65,8.65)	(6.00,7.00,8.00)	(1.59,2.62,3.63)
C ₃	(4.64,5.65,6.65)	(4.31,5.31,6.32)	(3.30,4.31,5.31)	(3.63,4.64,5.65)	(4.48,5.52,6.54)
C ₄	(7.00,8.00,9.00)	(6.00,7.00,8.00)	(5.65,6.65,7.65)	(3.30,4.31,5.31)	(4.64,5.65,6.65)
C ₅	(2.00,3.11,4.16)	(4.31,5.31,6.32)	(4.31,5.31,6.32)	(6.00,7.00,8.00)	(6.32,7.32,8.32)
C ₆	(2.62,3.63,4.64)	(4.00,5.00,6.00)	(5.00,6.00,7.00)	(5.00,6.00,7.00)	(3.30,4.31,5.31)
C ₇	(5.65,6.65,7.65)	(5.65,6.65,7.65)	(4.31,5.31,6.32)	(3.30,4.31,5.31)	(6.65,7.65,8.65)
C ₉	(3.63,4.64,5.65)	(4.00,5.00,6.00)	(5.00,6.00,7.00)	(4.31,5.31,6.32)	(2.62,3.63,4.64)
C ₁₁	(4.31,5.31,6.32)	(5.00,6.00,7.00)	(4.31,5.31,6.32)	(4.00,5.00,6.00)	(2.62,3.63,4.64)
C ₁₂	(3.30,4.31,5.31)	(3.63,4.64,5.65)	(3.00,4.00,5.00)	(4.31,5.31,6.32)	(3.00,4.00,5.00)
C ₁₃	(4.31,5.31,6.32)	(6.32,7.32,8.32)	(5.00,6.00,7.00)	(3.63,4.64,5.65)	(3.63,4.64,5.65)
C ₁₄	(4.31,5.31,6.32)	(5.00,6.00,7.00)	(3.63,4.64,5.65)	(3.63,4.64,5.65)	(5.31,6.32,7.32)
C ₁₅	(2.62,3.63,4.64)	(5.65,6.65,7.65)	(3.63,4.64,5.65)	(3.63,4.64,5.65)	(6.00,7.00,8.00)
C ₁₆	(4.31,5.31,6.32)	(4.31,5.31,6.32)	(5.31,6.32,7.32)	(6.32,7.32,8.32)	(4.64,5.65,6.65)
C ₁₉	(4.31,5.31,6.32)	(3.63,4.64,5.65)	(3.30,4.31,5.31)	(4.64,5.65,6.65)	(3.63,4.64,5.65)
C ₂₂	(4.00,5.00,6.00)	(4.64,5.65,6.65)	(4.31,5.31,6.32)	(4.00,5.00,6.00)	(4.00,5.00,6.00)
C ₂₃	(4.64,5.65,6.65)	(3.00,4.00,5.00)	(2.29,3.30,4.31)	(2.29,3.30,4.31)	(3.00,4.00,5.00)
C ₂₄	(4.64,5.65,6.65)	(3.63,4.64,5.65)	(4.64,5.65,6.65)	(3.30,4.31,5.31)	(4.31,5.31,6.32)

Idealne $\tilde{\delta}_j^{**} = (\alpha_j^*, \beta_j^*, \gamma_j^*)$ i nadir $\tilde{\delta}_j^{\circ} = (\alpha_j^{\circ}, \beta_j^{\circ}, \gamma_j^{\circ})$ vrednosti kriterijumskih funkcija su dobijene primenom jednačine (8), a zatim su izračunate normalizovane fazi razlike \tilde{d}_{ij} primenom jednačine (10). Vrednosti maksimalne grupne korisnosti $\tilde{S}_i = (S_i^{\alpha}, S_i^{\beta}, S_i^{\gamma})$ i minimalnog individualnog nezadovoljstva $\tilde{R}_i = (R_i^{\alpha}, R_i^{\beta}, R_i^{\gamma})$ su dobijene primenom jednačina (12) i (13), respektivno. Udaljenosti alternativa od idealnog rešenja $\tilde{Q}_i = (Q_i^{\alpha}, Q_i^{\beta}, Q_i^{\gamma})$ su izračunate primenom jednačine (14) pri čemu je za koeficijent težine maksimalne grupne korisnosti uzeta vrednost $\nu=0.5$. Dobijene vrednosti za \tilde{S}_i, \tilde{R}_i

i \tilde{Q}_i , su zatim defazifikovane primenom jednačine (5). Na osnovu ovako defazifikovanih vrednosti formirane su tri rang liste $\{L\}_S$, $\{L\}_R$ i $\{L\}_Q$, prikazane u tabeli 10.7.

Tabela 10.7. Rezultati primene fazi DVIKOR metode (Zečević i dr., 2017a)

		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
\tilde{S}	S _λ	-0.192	-0.349	-0.187	-0.147	-0.206
	S _β	0.274	0.116	0.279	0.319	0.260
	S _γ	0.741	0.581	0.745	0.785	0.727
	Crisp(S)	0.274	0.116	0.279	0.319	0.260
	Rang	3	1	4	5	2
\tilde{R}	R _λ	0.015	0.000	0.003	0.013	0.051
	R _β	0.093	0.029	0.155	0.155	0.085
	R _γ	0.278	0.214	0.340	0.340	0.185
	Crisp(R)	0.111	0.055	0.160	0.162	0.096
	Rang	3	1	4	5	2
\tilde{Q}	Q _λ	-0.623	-0.721	-0.627	-0.598	-0.611
	Q _β	0.054	-0.071	0.093	0.115	0.042
	Q _γ	0.768	0.642	0.806	0.829	0.708
	Crisp(Q)	0.061	-0.061	0.092	0.115	0.044
	Rang	3	1	4	5	2

Kao kompromisno rešenje, odnosno kao najpovoljnija lokacija za izgradnju IT u Beogradu, je izabrana alternativa L₂ (Batajnica) jer je rangirana kao najbolja u odnosu na Q uz ispunjenje oba uslova (Co.1 i Co.2).

10.2.4. Diskusija i analiza rezultata izbora lokacije intermodalnog terminala

Rešavanjem problema lociranja IT demonstrirana je primenljivost modela. Fazi Delphi metoda je omogućila da se u proces donošenja odluke uključi veliki broj kriterijuma i podkriterijuma, kao i da se formira kritičan skup podkriterijuma, odnosno izdvoje oni koji su relevantni sa aspekta svih interesnih grupa. Na ovaj način su smanjene dimenzije, a samim tim i kompleksnost problema. Fazi DANP metoda je korišćena u drugom delu modela za dobijanje težina podkriterijuma za ocenu potencijalnih lokacija. ANP metoda je izabrana zbog mogućnosti da u obzir uzme međuzavisnost elemenata. Fazi Delphi deo, u okviru DANP metode, je uveden kako bi se objedinile ocene međusobno konfliktnih interesnih grupa. Dobijene težine podkriterijuma su iskorišćene u trećem delu modela u kom je primenom fazi DVIKOR metode izvršeno rangiranje alternativa. Ponovo je fazi Delphi deo uveden sa ciljem dobijanja objedinjene ocene interesnih grupa. VIKOR metoda je korišćena jer razmatra strategije maksimalne grupne korisnosti i minimalnog individualnog nezadovoljstva dok istovremeno kvantifikuje mnoge subjektivne ocene neophodne za vrednovanje različitih alternativa i

na taj način dolazi do kompromisnog rešenja. Uzimanje u obzir praga θ kod fazi Delphi metode i koeficijenta ν kod fazi DVIKOR metode, čini model fleksibilnijim i pogodnim za fina podešavanja u skladu sa prirodom i karakteristikama problema koji se rešava i različitim stavovima učesnika procesa odlučivanja (Zečević i dr., 2017a).

Rešenje postavljenog problema VKO za izbor lokacije intermodalnog terminala u Beogradu je Batajnica (Zečević i dr., 2017a). Terminal bi bio lociran u industrijskoj zoni, definisanoj u urbanističkom planu, i smešten između železničke pruge za Beograd, železničkog prstena ka jugu (Koridor X) i buduće Obilaznice oko Beograda. Početnu vezu sa železnicom moguće je ostvariti unutar Železničke stanice Batajnica, a veze sa drumskim saobraćajnicama mogu biti donekle problematične. Ne očekuje se direktna veza sa budućom Obilaznicom oko Beograda, jer obim saobraćaja koji će terminal generisati ne opravdava njeno postojanje. Međutim, lokacija bi mogla, uz veoma kratke razdaljine, da se poveže na magistralne puteve M22 (E75) i M22.1 preko lokalnog puta na obodu naselja Batajnica. Iako je zemljište bez ikakvih građevinskih struktura, situacija oko vlasništva nad zemljom nije u potpunosti razjašnjena. U odnosu na preostale lokacije, Batajnica je najmanje osetljiva u pogledu socijalnih pitanja i pitanja zaštite životne sredine. Takođe se očekuje da bi ukupni troškovi investicije na ovoj lokaciji bili povoljniji u odnosu na ostale razmatrane lokacije.

Pored prednosti samog modela, koje su opisane u prethodnom delu disertacije, bitno je još jednom istaći fazi komponentu korišćenih metoda VKO koja omogućava adekvatnije sagledavanje mišljenja prilikom donošenja odluke. Osim toga model je omogućio izdvajanje podkriterijuma koji su bitni za sve interesne grupe, kao i objedinjavanje ocena eksperata sa aspekta interesnih grupa koje često imaju različite ciljeve.

Predložena metodologija je univerzalno primenljiva i uz određena prilagođavanja se može primeniti za rešavanje različitih problema VKO. Prednost modela je mogućnost rešavanja realnih kompleksnih problema u kojima se razmatra veliki broj kriterijuma i alternativa, od strane velikog broja donosioca odluka koji pripadaju različitim interesnim grupama. Model omogućava smanjenje kompleksnosti problema kroz izdvajanje i razmatranje najbitnijih elemenata modela, bez uticaja na kvalitet rezultata. Još jedna prednost modela je što podržava grupno donošenje odluke i omogućava

dokumentovanje različitih stavova i mišljenja u procesu donošenja odluka. Ovo dokumentovanje je korisno jer može pružiti dobru osnovu za diskusiju dobijenih rezultata od strane pripadnika interesnih grupa koje su učestvovala u procesu odlučivanja.

11. IZBOR TEHNOLOGIJE PODSISTEMA TERMINALA INTERMODALNOG TRANSPORTA

Još jedan strukturni element IT koji je u procesu vrednovanja identifikovan kao veoma bitan, jeste „tehnologije podsistema terminala“. Prilikom izbora tehnologija podsistema, mora se uzeti u obzir očekivani obim rada, ali i fazni razvoj intermodalnih terminala, s obzirom da svaku fazu razvoja karakterišu različiti uslovi po pitanju obima robnih i transportnih tokova, broja korisnika, palete usluga itd.

U poglavlju 3 je opisano da svaki od podsistema terminala podrazumeva prisustvo različitih tehnoloških elemenata koji omogućavaju realizaciju njihovih funkcija, ali da tehnologije osnovnih podsistema, transporta, skladištenja i pretovara, u najvećoj meri utiču na ostale elemente strukture IT a samim tim i na njegovu efikasnost. U skladu sa tim, u nastavku je prikazan izbor tehnologije pretovara, odnosno izbor adekvatnih manipulativnih sredstava u IT.

Produktivnost IT u velikoj meri zavisi od efikasnog korišćenja radne snage, zemljišta i kapitala (Barysienė, 2012), a kapital između ostalog obuhvata i odgovarajuća manipulativna sredstva, zbog čega su ona predmet brojnih istraživanja. Pregledom literature je identifikovano rešavanje sledećih problema vezanih za manipulativna sredstva (MS) u IT: raspoređivanje na zadatke (Lau i Zhao, 2008), alociranje kontejnera manipulativnim sredstvima (Zaghdoud i dr., 2016), analiza performansi (Yang i Lin, 2013), itd. Međutim, pre rešavanja pomenutih problema neophodno je, u skladu sa potrebama i zahtevima, izabrati adekvatno MS, a broj ovih radova je ograničen. Huang i Chu (2004) su vršili izbor modeliranjem troškovne funkcije (eng. *cost function*), Vis (2006) je razvio simulacioni model za rešavanje ovog problema, Barysienė (2012) je za izbor koristio VKO metodu COPRAS G, dok su Zečević i dr. (2017b) kombinovali fazi DEMATEL i fazi VIKOR.

Kako je za donošenje odluke o najpogodnijem MS u datim uslovima neophodno u obzir uzeti veliki broj tehničkih, tehnoloških i ekonomskih kriterijuma, ovo je kompleksan problem VKO za čije je rešavanje potrebno primeniti odgovarajuće metode. Zbog toga je za rešavanje definisanog problema primenjen hibridni VKO model koji kombinuje fazi SWARA (eng. *Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis*) i fazi BWM (eng. *Best-Worst Method*) metode (Krstić i dr., 2019a). Primenljivost modela je demonstrirana rešavanjem studije slučaja izbora MS za planirani IT u Beogradu.

11.1. HIBRIDNI FAZI SWARA-BWM MODEL ZA IZBOR TEHNOLOGIJE PODSISTEMA INTERMODALNOG TERMINALA

Hibridni model VKO kombinuje fazi SWARA i fazi BWM metode za rešavanje problema. Fazi SWARA metoda je korišćena za vrednovanje i određivanje težina kriterijuma, dok je fazi BWM metoda korišćena za vrednovanje alternativa u odnosu na kriterijume i rangiranje i izbor najpovoljnije alternative u odnosu na definisane kriterijume (Krstić i dr., 2019a).

Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) metodu višekriterijumskog odlučivanja su razvili Keršulienė i dr. (2010). Metoda se koristi za određivanje težina kriterijuma na osnovu redosleda značaja kriterijuma (od najbitnijeg do najmanje bitnog) definisanog od strane donosioca odluka, ili grupe donosilaca odluka. Donosioci odluka vrednuju kriterijume u skladu sa svojim znanjem, iskustvom i raspoloživim informacijama. Poslednjih par godina SWARA metoda je samostalno ili u kombinaciji sa drugim metodama našla primenu za rešavanje problema iz različitih oblasti: izbor snabdevača (Alimardani i dr., 2013), dizajn proizvoda (Zolfani i dr., 2013), prioritizacija indikatora održivosti u energetske sistemima (Zolfani i Saparauskas, 2013), izbor mašinskih alata (Aghdaie i dr., 2013), procena rizika od klizišta (Dehnavi i dr., 2015) itd. Međutim, kako navode Mardani i dr. (2017), ova metoda nije korišćena u meri u kojoj bi se to moglo očekivati, tako da je jedan od doprinosa rešavanja ove studije slučaja popularizacija metode i njena primena u oblasti intermodalnog transporta, u kojoj do sada nije korišćena.

Osnovne prednosti SWARA metode u odnosu na druge VKO metode jeste to što je jednostavna za primenu, algoritam rešavanja problema nije komplikovan i vrlo je lako

razumljiv i za manje iskusne korisnike, ne zahteva puno vremena za implementaciju, može se podjednako uspešno primeniti za grupno odlučivanje kao i za odlučivanje od strane jednog donosioca odluka, potreban broj vrednovanja nije veliki (znatno manji nego npr. u AHP ili ANP metodama), nije potrebno vršiti proveru konzistentnosti jer je ona osigurana uređenjem kriterijuma u opadajući niz, metoda je veoma fleksibilna i nije neophodna primena unapred definisane skale za poređenje kriterijuma (Mardani i dr., 2017).

Međutim, iako SWARA metoda predstavlja dobru tehniku za probleme vrednovanja i donošenja odluka, ocene donosioca odluka o faktorima odlučivanja su često neprecizne, neodređene i dvosmislene usled nepotpunih informacija ili nemogućnosti njihove obrade u datim uslovima. Sa druge strane, teorija fazi skupova (Zadeh, 1965) može efikasno da se nosi sa dvosmislenošću u razmišljanju i izražavanju preferencije donosioca odluka. U literaturi nije bilo radova u kojima je izvršeno proširenje SWARA metode u fazi okruženju, pa je razvijanje nove FSWARA metode bio značajan doprinos (Krstić i dr., 2019a). Osim toga, doprinos je bio i kreiranje VKO modela koji kombinuje fazi SWARA metodu sa fazi BWM metodom (Krstić i dr., 2019a)..

Best-worst metodu (BWM) je razvio Rezaei (2015) a zasniva se na tome da donosilac odluka utvrđuje najbolji (npr. najpoželjniji, najvažniji) i najlošiji (npr. najnepoželjniji, najmanje važan) kriterijum, nakon čega se vrši poređenje parova ovih kriterijuma (najboljeg i najlošijeg) sa svim ostalim kriterijumima. Kako bi se utvrdio značaj (težina, vrednost) kriterijuma potrebno je formulisati i rešiti maximin problem. Isti postupak se može primeniti i za utvrđivanje značaja alternativa, ali je u tom slučaju za dobijanje konačnih vrednosti potrebno sumirati vrednosti alternativa po svakom od kriterijuma koji su korišćeni za vrednovanje. Poslednjih par godina BWM metoda je samostalno ili u kombinaciji sa drugim metodama našla široku primenu za rešavanje problema iz različitih oblasti: procena održivosti lanaca snabdevanja (Ahmadi i dr., 2017; Ahmad i dr., 2017), izbor snabdevača (Gupta i Barua, 2017; Rezaei i dr., 2016), vrednovanje kvaliteta usluga u avio industriji (Gupta, 2017), izbor tehnologija za otklanjanje mulja u kanalizacionim odvodima (Ren i dr., 2017), vrednovanje aerodroma (Shojaei i dr., 2017) itd.

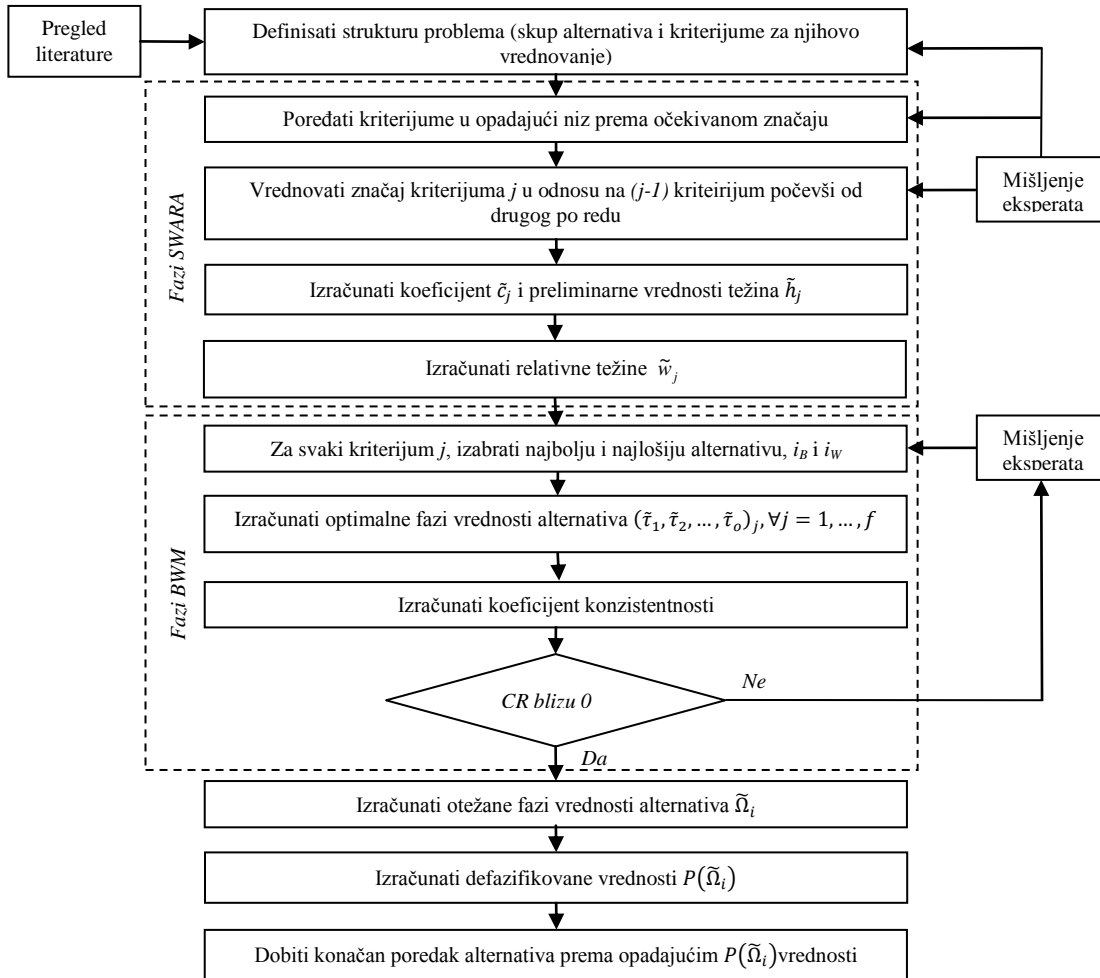
Osnovne prednosti BWM metode u odnosu na druge metode koje se baziraju na poređenju parova elemenata (kriterijuma i alternativa), kao što su npr. AHP i ANP metode, proizilazi iz drugačijeg načina poređenja parova elemenata. Najveći problem kod metoda koje se zasnivaju na poređenju parova elemenata je to što se u praksi veoma teško postiže doslednost prilikom formiranja matrica poređenja (Herman i Koczkodaj, 1996). BWM u odnosu na druge metode zahteva znatno manji obim podataka o poređenju elemenata, postiže znatno viši stepen konzistentnosti čime se dobijaju pouzdaniji rezultati, minimizuje "violation" (eng.) (situacije u kojima lošije ocenjeni elementi od strane donosioca odluka imaju veću rezultujuću vrednost na kraju), omogućava manje ukupno odstupanje (eng. *total deviation* - mera euklidskog rastojanja odnosa težina elemenata i vrednosti poređenja odgovarajućeg para elemenata), minimizuje dupliranje jer se ne vrši sekundarno poređenje i ima veći stepen saglasnosti (eng. *conformity*) sa drugim VKO metodama (usaglašenost dobijenih rezultata sa rezultatima dobijenim primenom drugih VKO metoda) (Rezaei, 2015; Guo i Zhao, 2017).

Problem kod konvencionalne BWM metode takođe mogu predstavljati nesigurnosti donosioca odluka prilikom definisanja preferencija, što se može rešiti uvođenjem fazi logike. Proširenja BWM metode u fazi okruženje su izvršili Mou i dr. (2016) i Guo i Zhao (2017), a prvi put primenili i iskombinovali sa drugim metodama Krstić i dr. (2019a).

Opšti koncept predloženog modela je prikazan na slici 11.1, a u nastavku su opisani koraci.

Korak 1 koji podrazumeva definisanje strukture evaluacijskog modela i **Korak 2** koji podrazumeva definisanje fazi skale za ocenu kriterijuma od strane donosioca odluka, su isti kao koraci 1 i 2 u poglavlju 6.1 pa se ovde neće detaljnije razmatrati.

Korak 3: Odrediti težine kriterijuma primenom fazi SWARA metode. Koraci primene metode su nastali proširivanjem konvencionalne SWARA metode (Keršulienė i dr., 2010) u fazi okruženje od strane Krstić i dr. (2019a).



Slika 11.1. Predloženi hibridni fazi SWARA-BWM model VKO (Krstić i dr., 2019a)

Korak 3.1: Poređati kriterijume u opadajući niz prema očekivanom značaju.

Korak 3.2: Počevši od drugog kriterijuma po redu vrednovati relativni značaj kriterijuma j u odnosu na $(j-1)$ kriterijum. Ovaj odnos se naziva komparativni značaj prosečne vrednosti, i obeležava se sa \tilde{z}_j , gde je $\tilde{z}_j = (l_j, m_j, r_j)$, $j=1, \dots, f$, zapravo trouglasti fazi broj koji odgovara lingvističkim ocenama (tabela 6.1). l , m i r označavaju levu, srednju i desnu vrednost trouglastog fazi broja.

Korak 3.3: Izračunati koeficijent \tilde{c}_j na sledeći način:

$$\tilde{c}_j = \begin{cases} (1, 1, 1), & j = 1 \\ (l_j / \max_j r, m_j / \max_j u, r_j / \max_j r) \oplus (1, 1, 1), & j > 1, \dots, f \end{cases} \quad (53)$$

Korak 3.4: Izračunati preliminarne vrednosti težina \tilde{h}_j na sledeći način:

$$\tilde{h}_j = \begin{cases} (1, 1, 1), & j = 1 \\ \frac{\tilde{h}_{j-1}}{\tilde{c}_j}, & j > 1, \dots, f \end{cases} \quad (54)$$

Korak 3.5: Izračunati relativne težine \tilde{w}_j na sledeći način:

$$\tilde{w}_j = \tilde{h}_j \oslash \sum_j \tilde{h}_j \quad (55)$$

Korak 4: Izvršiti vrednovanje alternativa primenom fazi BWM metode (adaptirano iz Guo i Zhao, 2017).

Korak 4.1: Za svaki kriterijum $j, j=1, \dots, f$, izabrati najbolju i najlošiju alternativu, i_B i i_W , $i=1, \dots, o$, respektivno. Za svaki kriterijum j vrednovati ostale alternative u odnosu na najbolju i najlošiju alternativu primenom lingvističkih ocena koje se mogu pretvoriti u trouglaste fazi brojeve primenom relacija datih u tabeli 6.1. Na taj način se dobijaju fazi vektori "najbolji u odnosu na ostale", $\tilde{A}_B = (\tilde{a}_{B1}, \tilde{a}_{B2}, \dots, \tilde{a}_{Bm})$, i "ostale u odnosu na najlošiji", $\tilde{A}_W = (\tilde{a}_{1W}, \tilde{a}_{2W}, \dots, \tilde{a}_{mW})$.

Korak 4.2: Po svakom kriterijumu j (u odnosu na koji se porede alternative) izračunati optimalne fazi vrednosti alternativa $(\tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2, \dots, \tilde{\tau}_o)_j, \forall j = 1, \dots, f$ na sledeći način:

$$\min \max_i \left\{ \left| \frac{\tilde{\tau}_B}{\tilde{\tau}_i} - \tilde{a}_{Bi} \right|, \left| \frac{\tilde{\tau}_i}{\tilde{\tau}_W} - \tilde{a}_{iW} \right| \right\} \quad (56)$$

uz ograničenja:

$$\sum_{i=1}^o P(\tilde{\tau}_i) = 1 \quad (57)$$

$$l_i^{\tau} \leq m_i^{\tau} \leq r_i^{\tau} \quad (58)$$

$$l_i^{\tau} \geq 0, \quad i = 1, \dots, o \quad (59)$$

gde je $\tilde{\tau}_B = (l_B^{\tau}, m_B^{\tau}, r_B^{\tau})$ optimalna fazi vrednost najbolje alternative, $\tilde{\tau}_W = (l_W^{\tau}, m_W^{\tau}, r_W^{\tau})$ optimalna fazi vrednost najlošije alternative, $\tilde{\tau}_i = (l_i^{\tau}, m_i^{\tau}, r_i^{\tau})$ optimalna fazi vrednost alternative $i, i=1, \dots, o, i \neq i_B, i_W$, $\tilde{a}_{Bi} = (l_{Bi}, m_{Bi}, r_{Bi})$ je fazi ocena koliko je najbolja alternativa bolja od alternative i , $\tilde{a}_{iW} = (l_{iW}, m_{iW}, r_{iW})$ je fazi ocena koliko je alternativa i bolja od najlošije alternative, $P(\tilde{\tau}_i)$ je defazifikovana vrednost fazi vrednosti $\tilde{\tau}_i$ koja se dobija primenom jednačine (5).

Problem (56)-(59) se može transformisati u sledeći nelinearni optimizacioni problem:

$$\min \tilde{\xi} \quad (60)$$

uz ograničenja:

$$\left| \frac{\tilde{\tau}_B}{\tilde{\tau}_i} \ominus \tilde{a}_{Bi} \right| \leq \tilde{\xi} \quad (61)$$

$$\left| \frac{\tilde{\tau}_i}{\tilde{\tau}_W} \ominus \tilde{a}_{iW} \right| \leq \tilde{\xi} \quad (62)$$

$$\sum_{i=1}^o P(\tilde{\tau}_i) = 1 \quad (63)$$

$$l_i^{\tau} \leq m_i^{\tau} \leq r_i^{\tau} \quad (64)$$

$$l_i^{\tau} \geq 0, \quad i = 1, \dots, o \quad (65)$$

gde je $\tilde{\xi} = (l^{\xi}, m^{\xi}, r^{\xi})$. Kako je $l_i^{\xi} \leq m_i^{\xi} \leq r_i^{\xi}$ može se pretpostaviti da je $\tilde{\xi}^* = (\varphi^*, \varphi^*, \varphi^*)$, $\varphi^* \leq l^{\xi}$, pa se problem (60)-(65) može transformisati na sledeći način:

$$\min \tilde{\xi}^* \quad (66)$$

uz ograničenja:

$$\left| \frac{(l_B^{\tau}, m_B^{\tau}, r_B^{\tau})}{(l_i^{\tau}, m_i^{\tau}, r_i^{\tau})} \ominus (l_{Bi}, m_{Bi}, r_{Bi}) \right| \leq (\varphi^*, \varphi^*, \varphi^*) \quad (67)$$

$$\left| \frac{(l_i^{\tau}, m_i^{\tau}, r_i^{\tau})}{(l_W^{\tau}, m_W^{\tau}, r_W^{\tau})} \ominus (l_{iW}, m_{iW}, r_{iW}) \right| \leq (\varphi^*, \varphi^*, \varphi^*) \quad (68)$$

$$\sum_{i=1}^o P(\tilde{\tau}_i) = 1 \quad (69)$$

$$l_i^{\tau} \leq m_i^{\tau} \leq r_i^{\tau} \quad (70)$$

$$l_i^{\tau} \geq 0, \quad i = 1, \dots, o \quad (71)$$

Rešavanjem problema (66)-(71) dobijaju se optimalne fazi vrednosti alternativa $(\tilde{\tau}_1, \tilde{\tau}_2, \dots, \tilde{\tau}_o)$ a postupak je potrebno ponoviti za svaki kriterijum j .

Korak 4.3: Izvršiti proveru konzistentnosti poređenja. Kako bi se kontrolisali rezultati metode potrebno je izračunati koeficijente konzistentnosti (eng. *Consistency Ratio* –

CR), koji se kod ove metode računa primenom sledeće jednačine:

$$CR = \frac{P(\tilde{\xi}^*)}{CI} \quad (72)$$

gde je $P(\tilde{\xi}^*)$ crisp vrednost fazi vrednosti $\tilde{\xi}^*$ dobijena primenom jednačine (5), a CI predstavlja indeks konzistentnosti (eng. *Consistency Index*) koji se kod ove metode dobija kao najveća vrednost rešenja sledeće kvadratne jednačine:

$$CI^2 - (1 + 2r_{BW})CI + (r_{BW}^2 - r_{BW}) = 0 \quad (73)$$

gde je r_{BW} desna vrednost fazi broja $\tilde{a}_{BW} = (l_{BW}, m_{BW}, r_{BW})$ koji zapravo predstavlja najveću fazi vrednost poređenja najboljeg elementa u odnosu na ostale, odnosno svih ostalih elemenata u odnosu na najlošiji:

$$\tilde{a}_{BW} = \max_i \{ \tilde{a}_{Bi}, \tilde{a}_{iW} \} \quad (74)$$

Poređenje se smatra konzistentnim ukoliko je vrednost CR blizu 0 (Ahmadi i dr., 2017; Ahmad i dr., 2017; Rezaei, 2015).

Korak 5: Dobiti konačan poredak alternativa. Najpre je potrebno dobiti otežane fazi vrednosti alternativa $\tilde{\Omega}_i$ primenom sledeće jednačine:

$$\tilde{\Omega}_i = \sum_{j=1}^m \tilde{w}_j \otimes \tilde{\tau}_i, \quad \forall i = 1, \dots, o \quad (75)$$

Nakon toga je potrebno dobiti defazifikovane vrednosti $P(\tilde{\Omega}_i)$ primenom jednačine (5) i urediti ih u opadajući niz. Na taj način se dobija konačan poredak alternativa.

11.2. STUDIJA SLUČAJA IZBORA MANIPULATIVNOG SREDSTVA ZA INTERMODALNI TERMINAL

Prikazani model je upotrebljen za izbor najpovoljnijeg manipulativnog sredstva u planiranom drumsko-železničkom IT u Beogradu, u Batajnici (Krstić i dr., 2019a). IT pripada klasi manjih drumsko-železničkih terminala, sa 1 ili 2 pretovarna koloseka i prometom od oko 80.000 ITU godišnje (EC, 2010-2012). IT srednje i veće dimenzije (sa 4 ili više pretovarnih koloseka) po pravilu se opremaju mosnim dizalicama za pretovar ITU i dodatnim MS za transport unutar terminala. U manjim IT, instalacija mosnih dizalica nije opravdana pa se primenjuju MS koja se mogu koristiti i za pretovar

i za unutrašnji transport jedinica. Ova MS su jeftinija, jednostavnija za upotrebu i lakše i brže se mogu uvesti u upotrebu u početnim fazama razvoja terminala (Zečević i dr., 2017b).

Veličina terminala i intenzitet tokova je primenjen kao globalni kriterijum na osnovu koga su definisana potencijalna MS manjeg kapaciteta, dok su za konačni izbor MS primenjena 15 kriterijuma podeljena u 3 grupe (Krstić i dr., 2019a): tehnički, ekonomski i tehnološki. Od tehničkih kriterijuma uzeti su u obzir: produktivnost (C_1) koja se odnosi na mogući broj manipulisanja ITU-a u određenom vremenskom periodu; nosivost (C_2) koja podrazumeva maksimalno dozvoljeno opterećenje MS-a pri manipulisanju jednim ITU-om; brzina kretanja (C_3) koja podrazumeva brzinu kojom se MS mogu kretati opterećena ili neopterećena ITU-ima; visina podizanja tereta (C_4) koja određuje maksimalnu visinu do koje MS može da manipuliše ITU-ima, da ih pretovara, uskladišti ili iskladišti; potrebna manipulativna površina (C_5) koja se odnosi na površinu potrebnu za manevrisanje opterećenim ili neopterećenim MS-ima, potrebne širine radnih prolaza kao i neophodnost njihovog postojanja. Što se tiče ekonomskih kriterijuma definisani su: cena nabavke (C_6) koja se odnosi na investicione troškove potrebne da se kupi određeno MS; troškovi održavanja (C_7) koji podrazumevaju troškove redovnog održavanja, servisiranja, popravke itd. MS-a; životni vek (C_8) koji podrazumeva očekivani period korišćenja MS u zavisnosti od uslova rada u IT-u; operativni troškovi (C_9) koji podrazumevaju troškove rada MS na realizaciji svakodnevnih aktivnosti i obuhvataju troškove potrošnje energije, radne snage, pripreme za rad itd.; troškovi uređenja terminala (C_{10}) koji se odnose na troškove koji su potrebni da bi se terminal i svi njegovi podsistemi prilagodili radu sa izabranim MS; primenljivost u narednoj fazi razvoja terminala (C_{11}) koja podrazumeva mogućnost primene MS u uslovima pojačanog obima tokova i usklađivanja sa radom drugih MS većeg kapaciteta koje bi se pojavile u narednim fazama razvoja IT-a. Grupa tehnoloških kriterijuma obuhvata: uklapanje sa drugim tehnologijama (C_{12}) koji se odnosi na stepen usklađenosti karakteristika MS sa tehnologijama drugih podсистema (npr. skladištenja); potreba za planiranjem/organizacijom (C_{13}) koja se odnosi na stepen kompleksnosti manipulativnih operacija koje obavljaju MS i potrebu za planiranjem i organizacijom operacija pre same realizacije; mogućnost automatizacije procesa (C_{14}) koja se odnosi na mogućnost primene savremenih tehnoloških rešenja koja omogućavaju automatsku

realizaciju procesa i postizanje određenog nivoa autonomije MS-a; potrebna obuka za rukovanje (C_{15}) razmatra da li su za upravljanje MS-ima potrebne posebne dozvole i obuka, kao i koliko je duga ta obuka ili period izdavanja dozvola, ukoliko su potrebni.

Iako se u IT mogu pojaviti i druga MS kao što su: dizalica na točkovima, dizalica na šinama, mosna dizalica itd., kao potencijalna MS vrednovani su (Krstić i dr., 2019a): čeoniljuškar (MS_1), bočniljuškar (MS_2), teleskopski manipulator (MS_3), bočna samoutovarajuća poluprikolica (MS_4) i kontejnerski jahač (MS_5). Ova MS su izabrana jer su to najčešće korišćena MS malog kapaciteta i najviše odgovaraju pomenutim uslovima koje definiše planirani IT u Beogradu. Čeoniljuškar (MS_1) i bočniljuškar (MS_2) karakterišu mali radijusi okretanja, ali zahtevaju značajne širine radnih prolaza. Niska im je cena nabavke, i nije potrebna posebna obuka niti dozvola za njihovo upravljanje, ali je mogućnost automatizacije niska. Osim toga, bočniljuškar ima nižu produktivnost, nosivost i visinu podizanja od čeonog viljuškara. Teleskopski manipulator (MS_3) karakteriše velika visina podizanja uz ne tako veliki radijus okretanja, lako se uklapa sa drugim tehnologijama i ima mogućnost automatizacije određenih procesa. Sa druge strane, cena nabavke je nešto viša i potrebna je kraća obuka i dozvola za upravljanje. Samoutovarajuću prikolicu (MS_4) karakteriše niska cena nabavke, velika brzina kretanja, mogućnost upravljanja i rukovanja bez posebne obuke i dozvole, ali ima malu produktivnost, malu visinu podizanja i veliki radijus okretanja. Kontejnerski jahač (MS_5) je dosta skup, nije pogodan za pretovar sa železnice i zahteva obuku i posebnu dozvolu, ali ima veliku produktivnost, brzinu, nosivost i mogućnost potpune automatizacije.

11.2.1. Primena predloženog modela za izbor manipulativnog sredstva

Nakon definisanja strukture problema, odnosno alternativa (MS) i kriterijuma za njihovo vrednovanje potrebno je dobiti težine kriterijuma primenom fazi SWARA metode. Kao što je opisano u koraku 3.1 najpre su kriterijumi poređani u opadajući niz prema očekivanom značaju. Zatim je počevši od drugog kriterijuma po redu vrednovan relativni značaj svakog kriterijuma u odnosu na naredni. Primenom jednačine (53) dobijene su vrednosti \check{c}_j za svaki kriterijum, a zatim su primenom jednačine (54) izračunate preliminarne vrednosti težina \tilde{h}_j . Relativne težine kriterijuma \tilde{w}_j su dobijene primenom jednačine (55). Redosled kriterijuma, ocene vrednovanja kriterijuma od

strane donosioca odluka, kao i vrednosti \tilde{c}_j , \tilde{h}_j i \tilde{w}_j za svaki kriterijum su prikazane u tabeli 11.1.

Tabela 11.1. Težine kriterijuma dobijene fazi SWARA metodom (Krstić i dr., 2019a)

		\tilde{z}_j	\tilde{c}_j	\tilde{h}_j	\tilde{w}_j
C_6	/	/	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(0.269,0.335,0.404)
C_1	N	(2,3,4)	(1.33,1.50,1.67)	(0.60,0.67,0.75)	(0.161,0.224,0.303)
C_{11}	N	(2,3,4)	(1.33,1.50,1.67)	(0.36,0.44,0.56)	(0.097,0.149,0.227)
C_3	S	(4,5,6)	(1.67,1.83,2.00)	(0.18,0.24,0.34)	(0.048,0.081,0.136)
C_4	NI	(1,1,2)	(1.17,1.17,1.33)	(0.14,0.21,0.29)	(0.036,0.070,0.117)
C_5	S	(4,5,6)	(1.67,1.83,2.00)	(0.07,0.11,0.17)	(0.018,0.038,0.070)
C_7	VN	(1,2,3)	(1.17,1.33,1.50)	(0.05,0.09,0.15)	(0.012,0.029,0.060)
C_{14}	NI	(1,1,2)	(1.17,1.17,1.33)	(0.03,0.07,0.13)	(0.009,0.024,0.052)
C_{12}	N	(2,3,4)	(1.33,1.50,1.67)	(0.02,0.05,0.10)	(0.005,0.016,0.039)
C_9	UN	(3,4,5)	(1.50,1.67,1.83)	(0.01,0.03,0.06)	(0.003,0.010,0.026)
C_2	NI	(1,1,2)	(1.17,1.17,1.33)	(0.01,0.02,0.05)	(0.002,0.008,0.022)
C_8	UN	(3,4,5)	(1.50,1.67,1.83)	(0.00,0.01,0.04)	(0.001,0.005,0.015)
C_{13}	NI	(1,1,2)	(1.17,1.17,1.33)	(0.00,0.01,0.03)	(0.001,0.004,0.013)
C_{10}	VN	(1,2,3)	(1.17,1.33,1.50)	(0.00,0.01,0.03)	(0.001,0.003,0.011)
C_{15}	NI	(1,1,2)	(1.17,1.17,1.33)	(0.00,0.01,0.02)	(0.000,0.003,0.009)

Nakon definisanja težina kriterijuma potrebno je izvršiti rangiranje alternativa. Najpre su za svaki kriterijum definisane najbolje i najlošije alternative, i_B i i_W , i izvršeno je vrednovanje svih ostalih alternativa u odnosu na najbolje i najlošije. Vrednovanje alternativa u odnosu na najbolju i najlošiju alternativu je prikazano u tabeli 11.2, na primeru vrednovanja alternativa u odnosu na kriterijum C_1 - Nosivost. Rešavanjem nelinearnog optimizacionog problema (66)-(71) za date vrednosti dobijene su optimalne fazi vrednosti alternativa \tilde{t}_i u odnosu na kriterijum C_1 , takođe prikazane u tabeli 11.2. Za izvršeno vrednovanje izračunat je i koeficijent konzistentnosti primenom jednačine (72) u cilju utvrđivanja doslednosti vrednovanja od strane donosioca odluka. Dobijena je vrednost $CR=0.055$, što je veoma blizu 0 pa se može reći da je vrednovanje konzistentno.

Tabela 11.2. Ocene alternativa u odnosu na C_1 i dobijene vrednosti (Krstić i dr., 2019a)

			\tilde{A}_B		\tilde{A}_W	\tilde{t}_i
MS_1		VN	(1,2,3)	UN	(3,4,5)	(0.123,0.193,0.205)
MS_2		S	(4,5,6)	NI	(1,1,2)	(0.046,0.050,0.067)
MS_3		VN	(1,2,3)	UN	(3,4,5)	(0.123,0.193,0.205)
MS_4	I_B	S	(4,5,6)	/	/	(0.046,0.050,0.050)
MS_5	I_W	/	/	S	(4,5,6)	(0.229,0.280,0.302)

Prethodno opisani postupak je ponovljen za sve ostale kriterijume. Optimalne fazi vrednosti alternativa u odnosu na svaki kriterijum su prikazane u tabeli 11.3.

Tabela 11.3. Optimalne fazi vrednosti alternativa (Krstić i dr., 2019a)

	\tilde{w}_j	MS ₁	MS ₂	MS ₃	MS ₄	MS ₅
		$\tilde{\tau}_i$				
C ₁	(0.16,0.22,0.30)	(0.12,0.19,0.20)	(0.05,0.05,0.07)	(0.12,0.19,0.20)	(0.05,0.05,0.05)	(0.23,0.28,0.30)
C ₂	(0.00,0.01,0.02)	(0.12,0.12,0.33)	(0.05,0.05,0.12)	(0.12,0.12,0.14)	(0.07,0.07,0.09)	(0.35,0.35,0.42)
C ₃	(0.05,0.08,0.14)	(0.07,0.11,0.14)	(0.05,0.07,0.07)	(0.07,0.11,0.14)	(0.23,0.29,0.29)	(0.11,0.18,0.20)
C ₄	(0.04,0.07,0.12)	(0.06,0.12,0.15)	(0.05,0.05,0.05)	(0.32,0.37,0.37)	(0.05,0.05,0.08)	(0.12,0.17,0.19)
C ₅	(0.02,0.04,0.07)	(0.06,0.08,0.12)	(0.28,0.34,0.34)	(0.05,0.06,0.06)	(0.06,0.08,0.12)	(0.14,0.20,0.22)
C ₆	(0.27,0.34,0.40)	(0.10,0.14,0.23)	(0.27,0.29,0.31)	(0.05,0.09,0.13)	(0.15,0.18,0.21)	(0.04,0.04,0.05)
C ₇	(0.01,0.03,0.06)	(0.06,0.10,0.12)	(0.10,0.15,0.17)	(0.05,0.06,0.06)	(0.20,0.25,0.25)	(0.16,0.21,0.22)
C ₈	(0.00,0.01,0.01)	(0.11,0.16,0.24)	(0.11,0.16,0.20)	(0.11,0.16,0.20)	(0.16,0.24,0.28)	(0.04,0.04,0.04)
C ₉	(0.00,0.01,0.03)	(0.07,0.09,0.11)	(0.15,0.26,0.26)	(0.06,0.08,0.09)	(0.20,0.26,0.27)	(0.07,0.08,0.11)
C ₁₀	(0.00,0.00,0.01)	(0.08,0.14,0.17)	(0.14,0.19,0.22)	(0.05,0.06,0.07)	(0.24,0.32,0.34)	(0.05,0.06,0.06)
C ₁₁	(0.10,0.15,0.23)	(0.12,0.17,0.20)	(0.05,0.05,0.06)	(0.33,0.36,0.39)	(0.05,0.05,0.08)	(0.07,0.11,0.15)
C ₁₂	(0.01,0.02,0.04)	(0.26,0.26,0.34)	(0.14,0.18,0.29)	(0.14,0.18,0.23)	(0.05,0.05,0.08)	(0.05,0.05,0.06)
C ₁₃	(0.00,0.00,0.01)	(0.14,0.22,0.25)	(0.14,0.19,0.21)	(0.11,0.17,0.17)	(0.03,0.03,0.03)	(0.11,0.17,0.17)
C ₁₄	(0.01,0.02,0.05)	(0.02,0.12,0.14)	(0.02,0.02,0.24)	(0.03,0.14,0.14)	(0.02,0.24,0.24)	(0.24,0.24,0.26)
C ₁₅	(0.00,0.00,0.01)	(0.13,0.19,0.22)	(0.17,0.19,0.22)	(0.10,0.15,0.19)	(0.13,0.19,0.22)	(0.03,0.03,0.03)

Nakon dobijanja optimalnih fazi vrednosti po svakom kriterijumu izračunate su otežane fazi vrednosti alternativa $\tilde{\Omega}_i$ primenom jednačine (75). Primenom jednačine (5) dobijene su defazifikovane vrednosti $P(\tilde{\Omega}_i)$ koje su uređene u opadajući niz i na taj način je formiran finalni poredak alternativa. Otežane i defazifikovane vrednosti alternativa, kao i krajnji poredak alternativa su prikazani u tabeli 11.4.

Primenom predložene metode, a na osnovu prikazanih rezultata, kao najbolja alternativa izabran je teleskopski manipulator (MS₃), dok je najslabije rangirana alternativa samoutovarujuća poluprikolica (MS₄).

Tabela 11.4. Konačni poredak alternativa (Krstić i dr., 2019a)

	MS ₁	MS ₂	MS ₃	MS ₄	MS ₅
	$\tilde{w}_j \otimes \tilde{\tau}_i$				
C ₁	(0.02,0.04,0.06)	(0.01,0.01,0.02)	(0.02,0.04,0.06)	(0.01,0.01,0.02)	(0.04,0.06,0.09)
C ₂	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.01)
C ₃	(0.00,0.01,0.02)	(0.00,0.01,0.01)	(0.00,0.01,0.02)	(0.01,0.02,0.04)	(0.01,0.01,0.03)
C ₄	(0.00,0.01,0.02)	(0.00,0.00,0.01)	(0.01,0.03,0.04)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.01,0.02)
C ₅	(0.00,0.00,0.01)	(0.01,0.01,0.02)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.01,0.02)
C ₆	(0.03,0.05,0.09)	(0.07,0.10,0.13)	(0.01,0.03,0.05)	(0.04,0.06,0.08)	(0.01,0.01,0.02)
C ₇	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.01,0.02)	(0.00,0.01,0.01)
C ₈	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)
C ₉	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.00)
C ₁₀	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)
C ₁₁	(0.01,0.02,0.05)	(0.00,0.01,0.01)	(0.03,0.05,0.09)	(0.00,0.01,0.02)	(0.01,0.02,0.04)
C ₁₂	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)
C ₁₃	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)
C ₁₄	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.00,0.01)	(0.00,0.01,0.01)	(0.00,0.01,0.01)
C ₁₅	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.00)
$\tilde{\Omega}_i$	(0.07,0.15,0.30)	(0.10,0.15,0.25)	(0.08,0.18,0.30)	(0.07,0.13,0.22)	(0.07,0.15,0.26)
$P(\tilde{\Omega}_i)$	0.160	0.161	0.182	0.136	0.152
Rang	2	3	1	5	4

11.2.2. Diskusija i analiza rezultata izbora manipulativnog sredstva za intermodalni terminal

Prikazani model VKO je korišćen za izbor najpovoljnijeg MS u početnoj fazi razvoja IT u Beogradu. Kao najpogodnije MS u datim uslovima i u odnosu na definisane kriterijume, izabran je teleskopski manipulator (MS₃) sa vrednošću 0.182. Iako po pitanju najznačajnijeg kriterijuma, ceni nabavke (C₆), MS₃ nije najbolje rešenje i ima ne tako male troškove održavanja (C₇) i funkcionisanja (C₉), ipak je izabran kao najpovoljnije rešenje jer ima veoma dobre tehno-eksploatacione karakteristike, kao što su produktivnost (C₁), nosivost (C₂), brzina kretanja (C₃) i visina podizanja (C₄) uz prihvatljivo zauzimanje manipulativnog prostora (C₅). Osim toga, ovaj tip manipulativnih sredstava ima solidan životni vek (C₈), zahteva niske troškove uređenja terminala (C₁₀), primenljiv je i za veće terminale (C₁₁), lako se uklapa drugim tehnologijama (C₁₂), ima veliku mogućnost automatizacije procesa (C₁₄) i ne zahteva značajno planiranje procesa (C₁₃) niti dugotrajnu obuku operatera koji njime upravljaju (C₁₅) što je dodatno doprinelo njegovom izboru. Sa druge strane kao najnepovoljnije MS izabrana je samoutovarujuća poluprikolica (MS₄) sa vrednošću 0.136. Ovo MS nema tako loše karakteristike po pitanju svih ekonomskih kriterijuma (C₆, C₇, C₈, C₉ i C₁₀), osim po pitanju primenljivosti u narednim fazama razvoja IT (C₁₁), ali su veoma nepovoljne tehničko-tehnološke karakteristike doprinele njegovom najslabijem rangiranju. Ovo MS osim po pitanju brzine kretanja (C₃) i potrebne obuke (C₁₅) ima veoma slabe karakteristike po ostalim kriterijumima iz ovih grupa, a naročito po pitanju mogućnosti automatizacije (C₁₄) i uklapanja sa drugim tehnologijama (C₁₂). Od ostalih MS, MS₂ i MS₁ su rangirana kao drugo i treće, sa međusobno veoma bliskim vrednostima (0.161 i 0.160, respektivno), iako ova sredstva imaju veoma različite karakteristike po pitanju posmatranih kriterijuma. MS₂ ima veoma dobre karakteristike po pitanju C₅ i C₆, kao i solidne ocene po ostalim ekonomskim i tehnološkim kriterijumima, dok je loše ocenjena po većini tehničkih kriterijuma. MS₃ je dobro ocenjena po pitanju C₁₂ ali osrednje po pitanju većine ostalih kriterijuma. MS₅ koja je rangirana kao pretposlednja (sa vrednošću 0.152) ima veoma dobre karakteristike po pitanju C₂, C₁ i C₁₄ ali ima dosta slabe karakteristike po pitanju ostalih kriterijuma. Ne tako dobre karakteristike po pitanju značajnijih kriterijuma u procesu izbora, kao što su

C_1 , C_{11} , C_3 , u najvećoj meri su doprineli da ova MS-a ne budu bolje rangirana (Krstić i dr., 2019a)..

Rešavanjem definisanog problema pokazana je primenljivost hibridnog modela koji kombinuje fazi SWARA i fazi BWM metode. FBWM je izabrana za rangiranje MS jer ostvaruje još veći stepen konzistentnosti u odnosu na konvencionalnu BWM (Guo i Zhao, 2017), čije su prednosti detaljnije opisane u uvodu. Kako je definisani problem zahtevao i određivanje težina kriterijuma za vrednovanje MS u model je uključena fazi SWARA metoda. Ova metoda je izabrana zbog prednosti koje su detaljnije opisane u uvodu, a uvođenje fazi proširenja i definisanje fazi lingvističke skale znatno je olakšalo vrednovanje i omogućilo dobijanje rezultata koji realnije predstavljaju odnos težina kriterijuma nego kod konvencionalne metode. Primenom konvencionalne metode neki kriterijumi na osnovu dobijenih vrednosti težina bivaju nepravedno zanemareni u odnosu na značaj koji bi trebalo da imaju na osnovu ocena donosioca odluka. Definisani hibridni VKO model je jednostavan za korišćenje, omogućava brzo dobijanje rezultata, ima visok stepen konzistentnosti i naročito je pogodan za rešavanje problema velikih dimenzija jer ne zahteva veliki broj poređenja i vrednovanja elemenata (kriterijuma i alternativa), dok fazi komponenta korišćenih metoda omogućava adekvatnije sagledavanje mišljenja prilikom donošenja odluke (Krstić i dr., 2019a)..

Prikazani VKO model nije ograničen na primenu za opisanu studiju slučaja. Model se može primeniti za izbor više (dva i više) MS koja bi istovremeno radila u IT naročito jer prilikom rangiranja potencijalnih MS uzima u obzir kriterijume kao što su primenljivost u narednoj fazi razvoja terminala, uklapanje sa drugim tehnologijama i mogućnost automatizacije procesa. U tom slučaju bi se izbor tipova MS vršio idući redom po finalnoj rang listi. Model bi se mogao primeniti i za izbor različitih MS za IT većih dimenzija uz primenu istih ili različitih kriterijuma u zavisnosti od karakteristika problema, a uz određena prilagođavanja može se koristiti i za rešavanje VKO problema iz drugih oblasti.

12.ZAKLJUČAK

Konvencionalni vidovi transporta su zasebno prošli kroz tehnološku evoluciju, nezavisno se razvijali jedni od drugih i dugo vremena bili organizaciono nepovezani. Savremeni tržišni uslovi u svetu generišu globalne lance snabdevanja sa stalno promenljivim transportnim zahtevima, koje je teško nezavisno realizovati nekim od konvencionalnih vidova transporta. To je dovelo do povezivanja različitih vidova transporta i intenzivni rast intermodalnog transporta. U današnjim robnim tokovima se ne može zamisliti lanac snabdevanja bez primene intermodalnog transporta. Za njegovu efikasnu realizaciju neophodno je adekvatno funkcionisanje svih podсистema intermodalnog transporta, a naročito terminala kao jednog od ključnih podсистema. U skladu sa tim predmet disertacije su bili terminali intermodalnog transporta a osnovni cilj je bio modeliranje strukture terminala kroz definisanje strukturnih elemenata i faktora koji na njih utiču, definisanje tipičnih i modeliranje potencijalnih struktura terminala i izbor lokacije i tehnologija terminala koje će osigurati njegovo efikasno funkcionisanje.

Istraživanje sprovedeno u disertaciji potvrdilo je postavljene hipoteze. U disertaciji je pokazano da IT predstavljaju veoma kompleksne sisteme koji se mogu pojaviti u velikom broju struktura definisanih različitim kombinacijama elemenata i njihovih varijanti od kojih direktno zavisi njihova efikasnost. Takođe je pokazano da elementi u većoj ili manjoj meri zavise od različitih faktora koji određuju njihov značaj prilikom formiranja struktura. Demonstrirano je na koji način značaj faktora i njihovi uticaji na elemente, vrednovani sa aspekta različitih interesnih grupa, dovode do izbora ključnih elemenata, kako se na osnovu ovih elemenata i istraživanja realnih terminala mogu formirati i grupisati tipične strukture terminala i izabrati efikasne za svaku od definisanih grupa. Takođe je demonstrirano kako se na osnovu uočenih zakonitosti između određenih kombinacija elemenata strukture i efikasnosti terminala mogu

modelirati potencijalne strukture IT i proceniti njihove efikasnosti. Primenom razvijenih modela i metoda za rešavanje definisanih problema u okviru disertacije demonstrirana je njihova sveobuhvatnost u odnosu na dosadašnja istraživanja, koja se ogleda u razmatranju široko definisanih skupova elemenata, faktora, kriterijuma, zahteva, ciljeva interesnih grupa itd.

Naučni doprinosi disertacije su sveobuhvatno sagledavanje elemenata za definisanje strukture IT; identifikacija faktora koji utiču na ove elemente; prikupljanje podataka o karakteristikama preko 180 terminala u Evropi i definisanje tipičnih struktura IT; primena hibridnog modela koji kombinuje fazi EDAS metodu višekriterijumskog odlučivanja i AR DEA neparametarsku metodu za izbor efikasnih tipičnih struktura IT; modeliranje potencijalnih struktura terminala, koje u praksi ne postoje ili još uvek nisu identifikovane, i procena njihovih efikasnosti; primena sveobuhvatne metodologije i hibridnog modela višekriterijumskog odlučivanja koji kombinuje fazi Delphi, fazi DANP i fazi DVIKOR metode za lociranje IT; primena metodologije i hibridnog modela višekriterijumskog odlučivanja koji kombinuje fazi SWARA i fazi BWM metode za izbor tehnologije podsistema IT. Praktični doprinosi disertacije se ogledaju u primeni razvijenih modela i metodologija za rešavanje studija slučaja i realnih problema.

Disertacija je postavila osnove za opsežna buduća istraživanja koja se mogu podeliti u nekoliko pravaca. Prvi pravac bi bila istraživanja različitih aspekata i problema podsistema intermodalnog transporta za koja su postavljene dobre osnove pregledom literature o trendovima u istraživanju podsistema. Ova istraživanja bi se bavila: razvojem novih intermodalnih transportnih jedinica različitih dimenzija i bolje interoperabilnosti kao i izborom adekvatnih intermodalnih transportnih jedinica u zavisnosti od karakteristika i specifičnosti transportnih lanaca (po pitanju korišćenih vidova transporta, vrste transportnih sredstava, relacije transporta, vrste robe itd.); razvojem i analizom novih transportnih sredstava koja prate savremene trendove digitalizacije, automatizacije, smanjenja negativnih uticaja na životnu sredinu itd. kao i izborom adekvatnih transportnih sredstava koja će učestvovati u realizaciji intermodalnih transportnih lanaca itd.; razvojem infrastrukture i multimodalnih koridora i procena efekata njihovog razvoja na intermodalni transport; dizajnom i razvojem

mreža terminala intermodalnog transporta i unapređenjem njihove efikasnosti; istraživanjem i razvojem novih rešenja za organizaciju transporta, novih logističkih strategija i novih usluga operatera sa ciljem pružanja kvalitetnije i efikasnije usluge; razvojem novih informacionih i komunikacionih tehnologija i njihove primene u intermodalnom transportu itd. Poseban pravac budućih istraživanja bi bio usmeren na IT, a istraživanja bi se mogla baviti: analizom i vrednovanjem različitih modela finansiranja i upravljanja; definisanjem tipičnih oblika *layout*-a za određene kategorije terminala i izbor najadekvatnijih u određenim uslovima; vrednovanjem i izborom funkcija i usluga koje bi mogle da se realizuju u određenim kategorijama terminala, kao i podсистema neophodnih za njihovu realizaciju; vrednovanjem i izborom najboljih scenarija koji bi podrazumevali odgovarajuće kombinacije kompatibilnih tehnologija podсистema terminala itd. Još jedan pravac budućih istraživanja bi bio baziran na daljoj primeni modela prikazanih u ovoj disertaciji (fazi EDAS - AR DEA, fazi Delphi - fazi DANP - fazi DVIKOR, fazi SWARA - fazi BWM itd.). Ovi modeli, ili pojedini njihovi delovi, bi pored rešavanja problema za koje su primenjeni mogli samostalno, ili u kombinaciji sa drugim metodama, da se koriste i za rešavanje različitih problema iz oblasti intermodalnog transporta (od kojih su neki već pomenuti kao mogući pravci budućih istraživanja, npr. definisanje strukture funkcija, usluga i podсистema IT, izbor lokacije, tehnologija za ostale podсистeme, *layout*-a terminala, vrednovanje projekata IT itd.), logistike uopšte (npr. razvoj distributivne mreže, izbor snabdevača, modeliranje lanaca snabdevanja, kreiranje politika, mera, inicijativa i koncepcija logistike itd.), ili za probleme iz drugih oblasti.

LITERATURA

- ACP – Panama Canal Authority. 2014. Vessel Requirements. Dostupno online: <http://www.pancanal.com/eng/op/notices/2014/N01-2014-Rev01.pdf>, poslednji put pristupljeno: 15.02.2018.
- Adenso-Díaz, B., Lozano, S, Moreno, P. 2016. How the environmental impact affects the design of logistics networks based on cost minimization. *Transportation Research Part D*, Vol 48, pp. 214–224.
- Aggarwal, A., Choudhary, C., Mehrotra, D. 2018. Evaluation of smartphones in Indian market using EDAS. *Procedia Computer Science*, Vol. 132, pp. 236–243.
- Aghdaie, M.H., Zolfani, S.H., Zavadskas, E.K. 2013. Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods. *Engineering Economics*, Vol. 24, pp. 5-17.
- AGORA Intermodal Terminals Database. Dostupno online: <http://www.intermodal-terminals.eu/database>, poslednji put pristupljeno: 08.07.2018.
- Agrawala, S., Kallianpur, H. 2009. Intelligent Transport Systems in Commercial Vehicle Operations. *International Journal of Computer and Communication Technology*, Vol. 1, No. 1, pp. 27-35.
- Ahmad, W.N.K.W., Rezaei, J., Sadaghiani, S., Tavasszy, L.A. 2017. Evaluation of the external forces affecting the sustainability of oil and gas supply chain using Best Worst Method. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 153, pp. 242-252.
- Ahmadi, H.B., Kusi-Sarpong, S., Rezaei, J. 2017. Assessing the social sustainability of supply chains using Best Worst Method. *Resources. Conservation i Recycling*, Vol. 126, pp. 99–106.
- Alderton, P.M., 1999. *Port Management and Operations*. Lloyds of London Press, London.

- Alimardani, M, Zolfani, S.H., Aghdaie, M.H., Tamošaitienė, J. 2013. A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment. *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 19, pp. 533-548.
- Almawshaki, E.S., Shah, M.Z. 2015. Technical Efficiency Analysis of Container Terminals in the Middle Eastern Region. *The Asian Journal of Shipping and Logistic*, Vol. 31, No.4, pp. 477-486.
- Amasaka, K. 2014. New JIT, New Management Technology Principle: Surpassing JIT. *Procedia Technology*, Vol. 16, pp. 1135–1145.
- Ambrosino, D., Ferrari, C., Sciomachen, A., Tei, A. 2016. Intermodal nodes and external costs: Re-thinking the current network organization. *Research in Transportation Business i Management*, Vol. 19, pp. 106-117.
- Arnold, P., Peeters, D., Thomas, I. 2004. Modelling a rail/road intermodal transportation system. *Journal of Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, Vol. 40, No. 3, pp. 255–270.
- Arvidsson, N., Browne, M. 2013. A review of the success and failure of tram systems to carry urban freight: the implications for a low emission intermodal solution using electric vehicles on trams. *European Transport\Trasporti Europei*, Vol. 54, pp. 1-18.
- Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K. 2011. A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty. *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 53, pp. 98–109.
- Babiczy, J. 2015. *Encyclopedia of Ship Technology (Second Edition)*. Wärtsilä Corporation, Helsinki, Finland.
- Bahnes, N., Kechar, B., Haffaf, H. 2016. Cooperation between Intelligent Autonomous Vehicles to enhance container terminal operations. *Journal of Innovation in Digital Ecosystems*, Vol. 3, pp. 22–29.
- Baldassarra, A., Impastato, S., Ricci, S. 2010. Intermodal terminal simulation for operations management. *European Transport\Trasporti Europei*, Vol. 46, pp. 86–99.
- Barysienė, J. 2012. A multi-criteria evaluation of container terminal technologies applying the COPRAS-G method. *Transport*, Vol. 27, No. 4, pp. 364–372.
- Bellah, J., Zelbst, P.J. 2013. Unique TQM practices and logistics performance. *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 12, No. 1, pp. 61-76.

- Berg, S. 2010. *Water Utility Benchmarking: Measurement, Methodology, and Performance Incentives*. London, UK: IWA Publishing, 2010. 172 p. ISBN: 9781843392729.
- Bergantino, A.S., Bierlaire, M., Catalano, M., Migliore, M., Amoroso, S. 2013. Taste heterogeneity and latent preferences in the choice behaviour of freight transport operators. *Transport Policy*, Vol. 30, pp. 77–91.
- Bergqvist, R., Behrends, S. 2011. Assessing the Effects of Longer Vehicles: The Case of Pre- and Post-haulage in Intermodal Transport Chains. *Transport Reviews*, Vol. 31, No. 5, pp. 591–602.
- Bergqvist, R., Falkemark, G., Woxenius, J. 2010. Establishing intermodal terminals. *World Review of Intermodal Transportation Research*, Vol. 3, No. 3, pp. 285–302.
- Beth, A., 1985. *General Aspect of Port Management*. Port Management Textbook, Vol. 1. Institute of Shipping Economics and Logistics, Bremen.
- Bichou, K. 2013. An empirical study of the impacts of operating and market conditions on container-port efficiency and benchmarking. *Research in Transport Economics*, Vol. 42, No.1, pp. 28–37.
- Bichou, K., Gray, R. 2005. A critical review of conventional terminology for classifying seaports. *Transportation Research Part A*, Vol. 39, pp. 75–92.
- Bierwirth, C., Kirschstein, T., Meisel, F. 2012. On Transport Service Selection in Intermodal Rail/Road Distribution Networks. *BuR -- Business Research*, Vol. 5, No. 2, pp. 198-219.
- Blair, J., Roldan, C., Ghosh, S., Yung, S.H. 2017. Greening rail infrastructure for carbon benefits. *Procedia Engineering*, Vol. 180, pp. 1716–1724.
- Bontekoning, Y.M., Macharis, C., Trip, J.J. 2004. Is a new applied transportation research field emerging?—A review of intermodal rail–truck freight transport literature. *Transportation Research Part A*, Vol. 38, pp. 1–34.
- Böse, J.W. 2011. General Considerations on Container Terminal Planning. In: Böse, J.W. (Ed.), *Handbook of Terminal Planning*, pp. 25-39. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bouchery, Y., Fransoo, J. 2015. Cost, carbon emissions and modal shift in intermodal network design decisions. *International Journal of Production Economics*, Vol. 164, pp. 388–399.

- Braekers, K., Caris, A., Janssens, G.K. 2014. Bi-objective optimization of drayage operations in the service area of intermodal terminals. *Transportation Research Part E*, Vol. 65, pp. 50–69.
- Brah, S.A., Lim, H.Y. 2005. The effects of technology and TQM on the performance of logistics companies. *International Journal of Physical Distribution i Logistics Management*, Vol. 36, No. 3, pp. 192-209.
- Brinkmann, B. 2011. Operations Systems of Container Terminals: A Compendious Overview. In: Böse, J.W. (Ed.), *Handbook of Terminal Planning*, pp. 25-39. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bruckmann, D., Dober, P., Galonske, N., Saabel, I., Weidmann, U. 2016. Improving the container distribution by rail into Swiss sidings. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, pp. 645–654.
- Bruns, F., Knust, S. 2012. Optimized load planning of trains in intermodal transportation. *OR Spectrum*, Vol .34, pp. 511-533.
- Buyukozkan, G., Cifci, G. 2012. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, pp. 3000–3011.
- Cabrera Jr., E., Estruch-Juana, E., Molinos-Senante, M. 2018. Adequacy of DEA as a regulatory tool in the water sector. The impact of data uncertainty. *Environmental Science and Policy*, Vol. 85, pp. 155–162.
- Carbone, S.M., La Mattina, A. Uniform International Law on the Carriage of Goods by Sea: Recent Trends Toward a Multimodal Perspective. In: Boschiero, N., Scovazzi, T., Pitea, C., Ragni, C. (Eds.) *International Courts and the Development of International Law*, pp. 825-838, Asser Press, The Hague, The Netherlands.
- Caris, A, Macharis, C., Janssens, G.K. 2013. Decision support in intermodal transport: a new research agenda. *Computers in Industry*, Vol. 64, pp. 105–112.
- Caris, A., Macharis, C., Janssens, G.K. 2012. Corridor network design in hinterland transportation systems. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, Vol. 24, No. 3, pp. 294-319.
- Caris, A., Macharis, C., Janssens, G.K. 2008. Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects. *Transportation Planning and Technology*, Vol. 31, No. 3, pp. 277-302.

- Caterino, N., Iervolino, I., Manfredi, G., Cosenza, E. 2008. A comparative analysis of decision making methods for the seismic retrofit of rc buildings. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, Beijing, China.
- Chang, T.H. 2014. Fuzzy VIKOR method: A case study of the hospital service 4 evaluation in Taiwan. *Information Sciences*, Vol. 271, pp. 196-212.
- Chang, T.S. 2007. Best routes selection in international intermodal networks. *Computers i Operations Research*, Vol. 35, pp. 2877 – 2891.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429–444.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Wei Q.L., Huang, Z.M. 1989. Cone-ratio data envelopment analysis and multi-objective programming. *International Journal of Systems Sciences*, Vol. 20, No. 7, pp. 1099-1118.
- Chen, C.C., i Schonfeld, P. 2016. A dispatching decision support system for countering delay propagation in intermodal logistics networks. *Transportation planning and technology*, Vol. 39, No. 3, 254–268.
- Chen, G., Govindan, K., Golias, M.M. 2013. Reducing truck emissions at container terminals in a low carbon economy: proposal of a queueing-based bi-objective model for optimizing truck arrival pattern. *Journal of Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, Vol. 55, pp. 3–22.
- Chen, H., Chiang, R.H.L., Storey, V.C. 2012. Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*, Vol. 36, No. 4, pp. 1165-1188.
- Chen, H.K., Chen, H.Y., Wu, H.H., Lin, W.T. 2014. TQM Implementation in a Healthcare and Pharmaceutical Logistics Organization: The Case of Zuellig Pharma in Taiwan. *Total Quality Management i Business Excellence*, Vol. 15, No. 9-10, pp. 1171-1178.
- Chi, S.C., Kuo, R.J. 2001. Examination of the influence of fuzzy analytic hierarchy process in the development of an intelligent location selection support system of convenience store. *IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference*, Vol. 3, pp. 1312-1316.
- Choi. Y. 2011. The Efficiency of Major Ports Under Logistics Risk in Northeast Asia. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, Vol. 28, No. 1, pp. 111–123.

- Chung, W., Talluri, S., Kovács, G. 2018. Investigating the Effects of Lead-Time Uncertainties and Safety Stocks on Logistical Performance in a Bordering-Crossing JIT Supply Chain. *Computers i Industrial Engineering*. Vol. 118, pp. 440-450.
- Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., O'Donnell, C.J., Battese, G.E. 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2nd ed. Springer, New York.
- Container Handbook. Dostupno online: <https://www.containerhandbuch.de/>. Poslednji put pristupljeno: 31.08.2018.
- Crainic, T.G. 2002. Long-haul Freight Transportation. In: Hall, R.W. (Ed.) *Handbook of Transportation Science*, Kluwer Academic Publishers New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, pp. 451-516.
- Crainic, T.G., Kim, K.H. 2006. Intermodal Transportation. *Transportation*, Vol. 14, pp. 467-537.
- Crainic, T.G., Gendreau, M., Potvin, J.Y. 2009. Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research. *Transportation Research Part C*, Vol. 17, pp. 541–557.
- Cullinane, K.P.B., Wang, T.F. 2006. The efficiency of European container ports: a cross-sectional data envelopment analysis. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 9, No. 1, pp. 19–31.
- Cullinane, K., Song, D.-W., 2002. Port privatisation policy and practice. *Transport Reviews* 22 (1), 55–75.
- Daim, T.U., Li, X., Kim, J., Simms, S. 2012. Evaluation of energy storage technologies for integration with renewable electricity: Quantifying expert opinions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 3, pp. 29-49.
- Dalkey, N.C., Helmer, O. 1963. An experimental application method to the use of experts. *Management Science*, Vol. 9, No. 3, pp. 458–467.
- de Langen, P.W., Lases Figueroa, D.M., van Donselaar K.H., Bozuwa, J. 2017. Intermodal connectivity in Europe, an empirical exploration. *Research in Transportation Business i Management*, Vol. 23, pp. 3-11.
- de Villiers, G. 2015. Inland Intermodal Terminals and Freight Logistics Hubs. In: Schoeman, G. B. (ed.), *Land Use Management and Transportation Planning*. WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, WIT Press, Vol. 86, pp. 123–151. WIT Press, Southampton, Boston.

- Degirmenci, N.K., Sakar, G.D. 2012. Intermodal Transport Security: Need for an Integrated Approach. *International Journal of Advances in Management and Economics*, Vol. 1, No. 6, pp. 96-114.
- Dehnavi, A., Aghdam, I.N., Pradhan, B., Varzandeh, M.H.M. 2015. A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran. *Catena*, Vol. 135, pp. 122–148.
- DESTINY - Deployment of Standards for Intermodal Efficiency. 2012. Project coordinator: UIRR scrl (Belgium).
- DFT (Department for Transport). 2012. Guidance on Road Classification and the Primary Route Network. Dostupno online: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/315783/road-classification-guidance.pdf, poslednji put pristupljeno: 31.08.2018.
- Ding, Z.Y., Jo, G.S., Wang, Y., Yeo, G.T. 2015. The Relative Efficiency of Container Terminals in Small and Medium-Sized Ports in China. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 31, No. 2, pp. 231–251.
- Dinter, B. 2013. Success factors for information logistics strategy — An empirical investigation. *Decision Support Systems*, Vol. 54, pp. 1207–1218.
- Djadjev, I. 2017. The Carrier's Obligations over the Cargo Under the Hague-Visby Rules and the Rotterdam Rules. In: *The Obligations of the Carrier Regarding the Cargo*, pp 31-100, Springer, Cham.
- Dooms, M., Macharis, C., Verbeke A., ism Ecorys, BGDA and COOPARCH-RU. 2004. *Masterplan van de Haven van Brussel: Interimrapport 5*, Haven van Brussel, Brussel.
- Dotoli, M., Fanti, M.P., Mangini, A.M., Stecco, G., Ukovich, W. 2010. The impact of ICT on intermodal transportation systems: a modelling approach by Petri nets. *Control Engineering Practice*, Vol. 18, pp. 893-903.
- Dragu, V., Burciu, Ș. 2008. About the usage of loading units in intermodal freight transportation. *Proceedings of the International conference on Transportation and land use interaction*, Editura Politehnica Press, Bucharest, 23.-25. October, pp. 347-357.

EC (European Commission). 2017. Statistical pocketbook, Brussels, Belgium. Dostupno online: https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2017_en, poslednju put pristupljeno: 31.08.2018.

EC (European Commission). 2013. The Core Network Corridors. Directorate General for Mobility and Transport Directorate B – European Mobility Network, Brussels, Belgium. Dostupno online: http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/brochures_images/b1_2013_brochure_lowres.pdf, poslednji put pristupljeno: 07.08.2018.

EC (European Commission) Delegation to the Republic of Serbia. 2010-2012. Facilitating Intermodal Transport in Serbia. Republic of Serbia

EC (European Commission). 2011. White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system, Brussels.

EC (European Commission). 2004. Intermodal Loading Units. Directorate-General for Energy and Transport, Brussels, Belgium.

EC (European Commission). 2000. The Way to Sustainable Mobility: Cutting the External Cost of Transport, Brochure of the European Commission, Brussels.

Ecer, F. 2017. Third-party logistics (3PLs) provider selection via Fuzzy AHP and EDAS integrated model. Technological and Economic Development of Economy, Vol. 24, No. 2, pp. 615-634.

ECMT (European Conference of Ministers of Transport). 2001. Terminology on combined transport. Dostupno online: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/term.pdf>, poslednji put pristupljeno: 18.09.2018.

ECMT (European Conference of Ministers of Transport). 1992. Resolution no. 92/2 on new classification of inland waterways. Dostupno online: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/wat19922e.pdf>, poslednji put pristupljeno: 31.08.2018.

Eftestöl-Wilhelmsson, E., Bask, A., Rajahonka, M. 2014. Intermodal Transport Research: A Law and Logistics Literature Review with EU Focus. European Transport Law, Vol. 49. No. 6, pp. 609-674.

El Mokrini, A., Dafaoui, E., Berrado, A., El Mhamedi, A. 2016. An approach to risk Assessment for Outsourcing Logistics: Case of Pharmaceutical Industry. IFAC-PapersOnLine, Vol. 49, No. 12, pp. 1239–1244.

Eppell, V.A.T., Bunker, J.M. i McClurg, B.A. 2001. A Four Level Road Hierarchy for Network Planning and Management. In Jaeger, Vicki, (Eds.) *Proceedings 20th ARRB Conference*, 19 - 21 March, pp. 1-15. Melbourne, Australia.

EPRS (European Parliamentary Research Service), 2018. Combined transport directive review: Getting more goods off EU roads. Dostupno online: [http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI\(2018\)623553](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2018)623553), poslednji put pristupljeno: 29.01.2019.

Escudero, A., Muñuzuri, J., Guadix, J., Arango, C. 2013. Dynamic approach to solve the daily drayage problem with transit time uncertainty. *Computers in Industry*, Vol. 64, pp. 165–175.

Escudero, A., Munuzuri, J., Arango, C., Onieva, L. 2011. A satellite navigation system to improve the management of intermodal drayage. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 25, pp. 427-434.

EU-DG TREN, 2002. SAIL - Semitrailers in Advanced Intermodal Logistics. Deliverable 7 "SAIL Final Report".

Faghfour, M. 2006. International Regulation of Liability for Multimodal Transport- in search of Uniformity. *WMU Journal of Maritime Affairs*, Vol. 5, No. 1, pp. 95-114.

Farahani, R. Z., Asgari, N. 2007. Combination of MCDM and covering techniques in a hierarchical model for facility location: A case study. *European Journal of Operational Research*, Vol. 176, No. 3, pp. 1839-1858.

Faria, J. 2011. Uniform Law and Functional Equivalence: Diverting Paths or Stops Along the Same Road? Thoughts on a New International Regime for Transport Document. *Elon Law Review*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-37.

Ferreira, L., Sigut, J. 1995. Modelling intermodal freight terminal operations. *Road and Transport Research: a journal of Australian and New Zealand research and practice*, Vol. 4, No. 4, pp. 4-16.

Flämig, H. 2016. Autonomous Vehicles and Autonomous Driving in Freight Transport. In: Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Eds.). *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, pp. 365-385. Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg.

Franklin, F., Nemtanu, F., Teixeira, P.F. 2013. Rail infrastructure, ITS and access charges. *Research in Transportation Economics*, Vol. 41, pp. 31-42.

- Freeman, R. E. 1984. *Strategic Management: A stakeholder Approach*, Pitman, Boston.
- Geertsma, R.D., Negenborn, R.R., Visser, K., Hopman, J.J. 2017. Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments. *Applied Energy*, Vol. 194, pp. 30–54.
- Ghane-Ezabadi, M., Vergara, H.A. 2016. Decomposition approach for integrated intermodal logistics network design. *Journal of Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, Vol. 89, pp. 53–69.
- Ghasimi, S.A., Ramli, R., Saibani, N. 2014. A genetic algorithm for optimizing defective goods supply chain costs using JIT logistics and each-cycle lengths. *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 38, pp. 1534–1547.
- Ghiyasi, M. 2017. Inverse DEA based on cost and revenue efficiency. *Computers i Industrial Engineering*, Vol. 114, pp. 258-263.
- Gonzalez-Feliu, J., Morana, J., Grau, J.M.S., Ma, T.Y. 2013. Design and scenario assessment for collaborative logistics and freight transport systems. *International Journal of Transport Economics*, Vol. 40, No. 2., pp.207-240.
- Grabara, J., Kolcun, M., Kot, S. 2014. The role of information systems in transport logistics. *International Journal of Education and Research*, Vol. 4, No. 2, pp. 1-8.
- Green Jr., K.W., Inman, R.A., Birou, L.M., Whitten, D. 2014. Total JIT (T-JIT) and its impact on supply chain competency and organizational performance. *International Journal of Production Economics*, Vol. 147, pp. 125–135.
- Guo, S., Zhao, H. 2017. Fuzzy best-worst multi-criteria decision-making method and its applications. *Knowledge-Based Systems*, Vol. 121, pp. 1–9.
- Gupta, H. 2017. Evaluating service quality of airline industry using hybrid best worst method and VIKOR. *Journal of Air Transport Management*, Vol. 68, pp. 35-47.
- Gupta, H., Barua, M.K. 2017. Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 152, pp. 242-258.
- Hanssen, T.E.S., Mathisen, T.A. 2012. Jørgensen, F. Generalized transport costs in intermodal freight transport. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 54, pp. 189–200.
- Harlacher, D. 2016. Assessment procedure of the trafficability of inland waterways. *Procedia Engineering*, Vol. 154, pp. 146 – 153.

- Heljedal, M. 2013. Factors Influencing the Choice between Road and Multimodal Transportation. Linköping Studies in Science and Technology Thesis No. 1635, Licentiate Thesis, Department of Science and Technology Linköping University, Sweden.
- Herman, M.W., Koczkodaj, W.W. 1996. A Monte Carlo study of pairwise comparison. *Information Processing Letters*, Vol. 57, pp. 25-29.
- Higgins, C.D., Ferguson, M., Kanaroglou, P.S. 2012. Varieties of Logistics Centres: Developing A Standardized Typology and Hierarchy. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, Vol 2288, pp. 1-20.
- Hsu, T.H., Yang, T.H. 2000. Application of fuzzy analytic hierarchy process in the selection of advertising media. *Journal of Management and Systems*, Vol. 7, No. 1, pp. 19-39.
- Huang, W.C., Chu, C.Y. 2004. A selection model for in-terminal container handling systems. *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 12, No. 3, pp. 159-170.
- Huynh, N., Walton, C.M. 2011. Improving Efficiency of Drayage Operations at Seaport Container Terminals Through the Use of an Appointment System. In: Böse, J.W. (Ed.) *Handbook of Terminal Planning*, Springer New York Dordrecht Heidelberg London, pp. 323-344.
- Iannone, F. 2012. A model optimizing the port-hinterland logistics of containers: the case of the Campania region in Southern Italy. *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 14, pp. 33-72.
- Im, I., Shin, D., Jeong, J. 2018. Components for Smart Autonomous Ship Architecture Based on Intelligent Information Technology. *Procedia Computer Science*, Vol. 134, pp. 91–98.
- Im, H.I., Vladimir, N., Malenica, S., Cho, D.S. 2017. Hydroelastic response of 19,000 TEU class ultra large container ship with novel mobile deckhouse for maximizing cargo capacity. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, Vol. 9, pp. 339-349.
- InlandLinks. Dostupno online: <https://www.inlandlinks.eu/en>, poslednji put pristupljeno: 08.07.2018.
- Ishfaq, R., Sox, C.R. 2011. Hub location–allocation in intermodal logistic networks. *European Journal of Operations Research*, Vol. 210, No. 2, pp. 213–230.

ISO (International Organization for Standardization) 830. 1999. Freight Containers – Vocabulary. Dostupno online: <https://www.iso.org/standard/1238.html>, poslednji put pristupljeno: 31.08.2018.

ITIP - Innovative Technologies for Inter-modal Transfer Points. Author: Peterlini, E. 2001. Project funded by the European Community under the ‘Competitive and Sustainable Growth’ Programme (1998-2002). Dostupno online: http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20100913_173911_79080_ITIP%20Annex%201%20Survey%20on%20intermodal%20transfer%20technologies.pdf, poslednji put pristupljeno: 01.02.2018.

Janecki, R. 2017. The Impact of Telematics on the Functioning of TSL Sector Entities. In: Mikulski, J. (Ed.) TST 2017, CCIS 715, pp. 178–190, Springer International Publishing AG.

Janic, M. 2007. Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. Transportation Research Part D, Vol. 12, pp. 33–44.

Janušová, L., Čičmancová, S. 2016. Improving Safety of Transportation by Using Intelligent Transport Systems. Procedia Engineering, Vol. 134, pp. 14 – 22.

Jursch, S., Bischoff, S., Hauck, E., Flachskampf, P., Henning, K., Jeschke, S. 2010. Value Oriented Cost-effectiveness Estimation of an Innovative Intermodal Loading Unit. International Journal of Trade, Economics and Finance, Vol. 1, No. 3, pp. 271-276.

Kahraman, C., Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E.K., Cevik Onar, S., Yazdani, M., Oztaysi, B. 2017. Intuitionistic fuzzy EDAS method: an application to solid waste disposal site selection. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, Vol. 25, No. 1, pp. 1-12.

Kalmar. 2011. Kalmar Container Handling Systems – Complete Range of Products and Knowhow. Dostupno online: <http://www.kalmar.cz/doc/kontejnery/kalmar-systemy-manipulace-s-kontejnery.pdf>, poslednji put pristupljeno 16.02.2018.

Kannan, G., Noorul, H.P., Sasikumar, P. 2008. An application of the Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Analytical Hierarchy Process in the selection of collecting centre location for the reverse logistics Multi-criteria Decision-Making supply chain model. International Journal of Management and Decision Making, Vol. 9, No. 4, pp. 350-365.

- Kayikci, Y. 2010. A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 2, pp. 6297–6311.
- Kemme, N. 2013. Container-Terminal Logistics, In: *Design and Operation of Automated Container Storage Systems*, pp. 9-52. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E.K., Turskis, Z. 2010. Selection of rational dispute resolution method by applying new step wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, Vol. 11, pp. 243-258.
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. 2017. A new multi-criteria model based on interval type-2 fuzzy sets and EDAS method for supplier evaluation and order allocation with environmental considerations. *Computers i Industrial Engineering*, Vol. 112, pp. 156-174.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E.K., Amiri, M., Turskis, Z. 2016. Extended EDAS Method for Fuzzy Multi-criteria Decision-making: An Application to Supplier Selection. *International Journal of Computers Communications i Control*, Vol. 11, No. 3, pp. 358-371.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E.K., Olfat, L., Turskis, Z. 2015. Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, Vol. 26, No. 3, pp. 435-451.
- Klingender, M., Jursch, S. 2011. Enhancing intermodal freight transport by means of an innovative loading unit. *Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11), Impacting Society through Engineering Design*, Vol. 4: Product and system design, Lyngby/Copenhagen, Denmark, 15.-19.08.2011, pp. 381-389.
- Klir, G.J., Folger, T.A. 1988. *Fuzzy sets uncertainty and information*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Kolar, P., Schramm, H.J., Prockl, G. 2018. Intermodal transport and repositioning of empty containers in Central and Eastern Europe Hinterland. *Journal of Transport Geography*, Vol. 69, pp. 73–82.
- KombiConsult GmbH. 2013. Efficient intermodal wagons. Marco Polo, New ways to a green horizon. Dostupno online: http://www.intermodal-cosmos.eu/content/e4/e251/e259/e270/COSMOS_WP1_Good-Practice-

Manual_12_Efficient-Intermodal-Wagons_KC-HC_20130430_eng.pdf, poslednji put pristupljeno 15.02.2018.

Kong, W., Fu, T. 2012. Assessing the performance of business colleges in Taiwan using data envelopment analysis and student based value-added performance indicators. *Omega* Vol. 40, No. 5, pp. 541–549.

Krstić, M., Tadić, S., Brnjac, N., Zečević, S. 2019a. Intermodal Terminal Handling Equipment Selection Using a Fuzzy Multi-criteria Decision-making Model. *Promet – Traffic&Transportation*, Vol. 31, No. 1, pp. 89-100.

Krstić, M., Tadić, S., Zečević, S. 2019b. Elements for defining the intermodal terminals structure. Proceedings of the 4th Logistics international conference, LOGIC 2019, Faculty of transport and traffic engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, pp. 206-215.

Kumar, R.A., Mohapatra, P., Yew, W.K., Benyoucef, L., Tiwari, M.K. 2014. Route Selection and Consolidation in International Intermodal Freight Transportation. In: Benyoucef, L., Hennet, J.C., Tiwari, M.K. (Eds.) *Applications of Multi-Criteria and Game Theory Approaches: Manufacturing and Logistics*, Springer London Heidelberg New York Dordrecht, pp. 181-194.

Kunadhamraks, P., Hanaoka, S. 2005. Evaluation of logistics performance for freight mode choice at an intermodal terminal, In: Taniguchi, E., Thompson, R.G. (Eds.), *Recent Advances in City Logistics*, pp. 191–205, Elsevier Science Ltd.

Kuo, R.J., Chi, S.C., Kao, S.S. 2002. A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network. *Computers in Industry*, Vol. 47, No. 2, pp. 199-214.

Kutin, N., Nguyen, T.T., Vallee, T. 2017. Relative Efficiencies of ASEAN Container Ports based on Data Envelopment Analysis. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 33, No. 2, pp. 67-77.

Kutlu, A.C., Ekmekcioglu, M. 2012. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS/based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, pp. 61–67.

Lai, P.L., Potter, A., Beynon, M., Beresford, A. 2015. Evaluating the efficiency performance of airports using an integrated AHP/DEA-AR technique. *Transport Policy*, Vol. 42, pp. 75–85.

- Lau, H.Y.K., Zhao, Y. 2008. Integrated scheduling of handling equipment at automated container terminals. *International Journal of Production Economics*, Vol. 112, pp. 665–682.
- Lee, B.K., Kim, K.H. 2013. Optimizing the yard layout in container terminals. *OR Spectrum*, Vol. 35, pp. 363–398.
- Li, L., Negenborn, R.R., Schutter, B.D. 2016. Distributed model predictive control for cooperative synchromodal freight transport. *Transportation Research Part E*, Vol. 105, pp. 240-260.
- Li, D., Luan, W., Pian, F. 2013. The Efficiency Measurement of Coastal Container Terminals in China. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol.15, No.5, pp. 10-15.
- Li, N., Jiang, Y., Yu, Z., Shang, L. 2017. Analysis of Agriculture Total-Factor Energy Efficiency in China Based on DEA and Malmquist indices. *Energy Procedia*, Vol. 142, pp. 2397-2402.
- Li, L., Lin, X., Negenborn, R.R., Schutter, B.D. 2015. Pricing Intermodal Freight Transport Services: A Cost-Plus-Pricing Strategy. In: Corman, F., Voß, S., Negenborn, R.R. (Eds.) *Computational Logistics: Proceedings of the 6th International Conference, ICCL 2015, Delft, The Netherlands, September 23–25*, pp. 541-558.
- Li, Y.L., Ying, C.S., Chin, K.S., Yang, H.T., Xu, J. 2018. Third-party Reverse Logistics Provider Selection Approach Based on Hybrid-Information MCDM and Cumulative Prospect Theory. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 195, pp. 573-584.
- Limbourg, S., Jourquin, B. 2009. Optimal rail-road container terminal locations on the European network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 45, No. 4, pp. 551–63.
- Lin, C.C., Chiang, Y.I., Lin, S.W. 2014. Efficient model and heuristic for the intermodal terminal location problem. *Computers i OperationsResearch*, Vol. 51, pp. 41–51.
- Lotfi, F.H., Shirouyehzad, H. 2010. Analyzing Efficiency of Human Resource Performance Using Data Envelopment Analysis. *1.st Conference on executive MBA*, 2010, 12.
- Love, P.E.D., Zhou, J., Matthews, J., Lavender, M., Morse, T. 2018. Managing rail infrastructure for a digital future: Future-proofing of asset information. *Transportation Research Part A*, Vol. 110, pp. 161–176.

- Lozano, S., Villa, G., Canca, D. 2011. Application of centralised DEA approach to capital budgeting in Spanish ports. *Computer and Industrial Engineering*, Vol. 60, No.3, pp. 455-465.
- Lun, Y.H.V., Lai, K.H., Cheng, T.C.E. 2010. Intermodal Transport System, Chapter 10 in "Shipping and Logistics Management", Springer-Verlag London.
- Lun, Y.H.V., Lai, K.H., Cheng, T.C.E., Shang, K.C. 2015. Examining the influence of organizational capability in innovative business operations and the mediation of profitability on customer satisfaction. *International Journal of Production Economics*, Vol. 171, No. 2, pp. 179-188.
- Macharis, C. 2005. The importance of stakeholder analysis in freight transport. *European Transport\Trasporti Europei, ISTIEE, Institute for the Study of Transport within the European Economic Integration*, Issue 25-26, pp. 114-126.
- Macharis, C., Pekin, E. 2009. Assessing policy measures for the stimulation of intermodal transport: a gis based policy analysis. *Journal of Transport Geography*, Vol. 17, No. 6, pp. 500–508.
- Macharis, C., Bontekoning, Y.M. 2004. Opportunities for OR in intermodal freighttransport research: a review. *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, No. 2, pp. 400–16.
- Macharis, C., Pekin, E., Rietveld, P. 2011. Location Analysis Model for Belgian Intermodal Terminals: towards an integration of the modal choice variables. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 20, pp. 79–89.
- Macharis, C., De Witte, A., Ampe, J. 2009. The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: theory and practice. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 43, No. 2, pp. 183–202.
- Macharis, C., Mierlo, J.V., Bossche, P.V.D. 2007. Combining Intermodal Transport With Electric Vehicles: Towards More Sustainable Solutions. *Transportation Planning and Technology*, Vol. 30, Nos. 2-3, pp. 311-323.
- Macharis, C., Lebeau, P., Mierlo, J.V., Lebeau, K. 2013. Electric versus conventional vehicles for logistics: A total cost of ownership. *World Electric Vehicle Journal*, Vol. 6, pp. 945-954.
- Macharis, C., Van Hoeck, E., Pekin, E., Van Lier, T. 2010. A decision analysis framework for intermodal transport: comparing fuel price increases and the

internalisation of external costs. *Journal of Transportation Research Part A, Policy and Practice*, Vol. 44, No. 7, pp. 550–561.

Magklasi, I. 2018. *The Rotterdam Rules and International Trade Law*, pp. 1-268, London: Routledge.

Manoharan, T.R., Muralidharan, C., Deshmukh, S.G. 2009. Employee Performance Appraisal Using Data Envelopment Analysis: A case study. In *Research and Practice in Human Resource Management*, Vol. 17, pp. 92-101.

Mardani, A., Nilashi, M., Zakuan, N., Loganathan, N., Soheilrad, S., Saman, M.Z.M., Ibrahim, O. 2017. A systematic review and meta-Analysis of SWARA and WASPAS methods: Theory and applications with recent fuzzy developments. *Applied Soft Computing*, Vol. 57, pp. 265-292.

Marković, N., Drobnjak, Ž., Schonfeld, P. 2014. Dispatching trucks for drayage operations. *Transportation Research Part E*, Vol. 70, pp. 99–111.

Marković, G., Gašić, M., Kolarević, M., Savković, M., Marinković, Z. 2013. Application of the MODIPROM method to the final solution of logistics centre location. *Transport*, Vol. 28, No. 4, pp. 341-351.

Martinez, C., Steven, A.B., Dresner, M. 2016. East Coast vs. West Coast: The impact of the Panama Canal's expansion on the routing of Asian imports into the United States. *Transportation Research Part E*, Vol. 91, pp. 274–289.

Matschek, S., Herrmann, A., Jumar, U. 2012. An Intermodal Approach to the Deployment of Cooperative and Intelligent Transport Systems in Saxony-Anhalt. *Proceedings of the 1st IFAC Conference on Embedded Systems, Computational Intelligence and Telematics in Control – CESCIT 2012*, 3-5 April, Würzburg, Germany, pp. 97-101.

Meers, D., Macharis, C. 2014. Are additional intermodal terminals still desirable? An analysis for Belgium. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Vol. 14, No. 2, pp. 178–196.

Meers, D., van Lier, T., Macharis, C. 2016. Longer and heavier vehicles in Belgium: A threat for the intermodal sector? *Transportation Research Part D*, Vol. 61, pp. 459-470.

Meersmans, P.J.M., Dekker, R. 2001. *Operations Research Supports Container Handling*. Working Paper EI 2001–22, Econometric Institute, Erasmus University Rotterdam.

Middendorf, D. P. 1998. Intermodal Terminals Database: Concepts, Design, Implementation and Maintenance. Prepared for Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Transportation. Dostupno online: http://cta.ornl.gov/transnet/terminal_doc/, poslednji put pristupljeno: 10.07.2018.

Mikaeil, R., Ozcelik, Y., Yousefi, R., Ataei, M., Hosseini, S.M. 2013. Ranking the sawability of ornamental stone using Fuzzy Delphi and multi-criteria decision-making techniques. *International Journal of Rock Mechanics i Mining Sciences*, Vol. 58, pp. 118-126.

Mikhailov, L. 2003. Fuzzy analytic network process and its application to the development of decision support systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, Vol. 33, No. 1, pp. 33-41.

Ming-Bao, P., Guo-Guang, H., Ling, X. 2007. Optimal Number and Sites of Regional Logistics Centers by Genetic Algorithm and Fuzzy C-mean Clustering. *Proceedings of the International Conference on Service Systems and Service Management*, 9-11 June 2007, Chengdu, China, pp. 1-5.

Mirzabeiki, V. 2013. An Overview of Freight Intelligent Transportation Systems. *International Journal of Logistics Systems and Management*, Vol. 14, No. 4, pp. 473-489.

Mohaghar, A., Jafarzadeh, A.H., Fathi, M.R., Faghieh, A. 2012. An Integrated Approach with AR-DEA and Fuzzy DEMATEL for Technology Selection. *World Applied Sciences Journal*, Vol. 16, No. 11, pp. 1649-1656.

Mokhtar, K. 2013. Technical Efficiency of Container Terminal Operations: a Dea Approach. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, Vol. 6, No. 2, pp 1 – 19.

Monios, J. 2015. Identifying Governance Relationships Between Intermodal Terminals and Logistics Platforms. *Transport Reviews*, Vol. 35, No. 6, pp. 767–791.

Monios, J., Lambert, B. 2013a. Intermodal freight corridor development in the United States. In: Bergqvist, R., Wilmsmeier, G., Cullinane, K. (Eds.) *Dry Ports: A Global Perspective*. pp. 197-218, Ashgate, London, UK.

Monios, J., Lambert, B. 2013b. The Heartland Intermodal Corridor: public private partnerships and the transformation of institutional settings. *Journal of Transport Geography*, Vol. 27, pp. 36–45.

- Moreira, A.M., Ribeiro, R.A., Declercq, E., Schinas, O., Guerreiro, P., Janssens, G.K. 1998. Optimal location of intermodal terminals in Europe: an evaluation model. Proceedings of the 6th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, EUFIT '98, Vol. 2, pp. 1057–1061.
- Mostert, M., Caris, A., Limbourg, S. 2017. Intermodal network design: a three-mode bi-objective model applied to the case of Belgium. Flexible Services and Manufacturing Journal, Vol. 30, No. 3, pp. 397-420.
- Mou, Q., Xu, Z., Liao, H. 2016. An intuitionistic fuzzy multiplicative best-worst method for multi-criteria group decision making. Information Sciences, Vol. 374, pp. 224–239.
- Muñuzuri, J., Domínguez, I., Berrocal, M.A., Escudero, A. 2016. An allocation-scheduling heuristic to manage train traffic in an intermodal terminal. Computers in Industry, Vol. 82, pp. 196–204.
- Murry, T.J., Pipino, L.L., Gigch, J.P. 1985. A pilot study of fuzzy set modification of Delphi. Human Systems Management, Vol. 5, No. 1, pp. 76-80.
- Nazari, D. 2005. Evaluating Container Yard Layout – A Simulation Approach. Erasmus University Rotterdam, Faculteit der Economische Wetenschappen.
- Nikaki, T. 2014. The Future of Multimodal Transport: Is the Uniform Liability System the Way Forward? European Intermodal Sustainable Transport – Quo Vadis? The InterTran research project on multimodal transport Helsinki, 2014.
- Nikaki, T. 2013. Bringing Multimodal Transport Law into the New Century: Is the Uniform Liability System the Way Forward. Journal of Air Law and Commerce, Vol. 78, No. 1, pp. 69-119.
- Nishimura, E., Imai, A., Janssens, G.K., Papadimitriou S. 2009. Container storage and transshipment marine terminals. Transportation Research Part E, Vol. 45, pp. 771–786.
- Nordsieck, N., Buer, T., Schönberger, J. 2017. Potential of Improving Truck-Based Drayage Operations of Marine Terminals Through Street Turns. In: Freitag, M., Kotzab, H., Pannek, J. (Eds.) Dynamics in Logistics: Proceedings of the 5th International Conference LDIC, 2016 Bremen, Germany, pp. 433-444.
- Notteboom, T., Rodrigue, J. P. 2009. Inland Terminals within North American and European Supply Chains. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific, Vol. 78, pp. 1–39.

- Núñez, A.A., Cancelas, N.G., Orive, A.C. 2014. Application of a model based on the use of Delphi methodology and Multicriteria Analysis for the assessment of the quality of the Spanish Dry Ports location. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 162, pp. 42 – 50.
- Opricovic, S. 2011. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 12983–12990.
- Opricovic, S. 2007. A fuzzy compromise solution for multicriteria problems. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems*, Vol. 15, No. 3, pp. 363–380.
- Opricovic, S. 1998. Multi-criteria optimization of civil engineering systems. Belgrade: Faculty of Civil Engineering.
- Özcan, İ.Ç. 2018. The privatization of roads: An overview of the Turkish case. *Case Studies on Transport Policy*, Vol. 6, No. 4, pp. 529-536 .
- Özcan, T., Çelebi, N., Esnaf, S. 2011. Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem. *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 9773–9779.
- Park, Y.A., Medda, F. 2010. Classification of container ports on the basis of networks. *Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research (WCTR)*, July 11-15, 2010, Lisbon, Portugal. *WCTRS: Lisbon*, pp. 1-17.
- Pedersen, M.B. 2005. Optimization models and solution methods for intermodal transportation. Centre for Traffic and Transport – Technical University of Denmark.
- Pekin, E., Macharis, C., Meers, D., Rietveld, P. 2013. Location Analysis Model for Belgian Intermodal Terminals: Importance of the value of time in the intermodal transport chain. *Computers in Industry*, Vol. 64, pp. 113–120.
- Peng, Z.Y., Zhong, D.Y. 2008. Optimization Model for Integrated Logistics Network Design in Green Manufacturing System. *Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 19-21 Dec. 2008, Taipei, Taiwan, pp. 138-141.
- Peng, X., Dai, J., Yuan, H. 2017. Interval-valued Fuzzy Soft Decision Making Methods Based on MABAC, Similarity Measure and EDAS. *Fundamenta Informaticae*, Vol. 152, No. 4, pp. 373-396.

- Persia, L., Usami, D.S., De Simone, F., De La Beaumelle, V.F., Yannis, G., Laiou, A., Han, S., Machata, K., Pennisi, L., Marchesini, P., Salathè, M. 2016. Management of road infrastructure safety. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, pp. 3436 – 3445.
- Podinovski, V.V. 1999. Side effects of absolute weight bounds in DEA models. *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, 583-595.
- Prokopowicz, A.K., Andreassen, J:B. 2016. An evaluation of current trends in container shipping industry, very large container ships (VLCSs), and port capacities to accommodate TTIP increased trade. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, 2910-2919.
- Pronello, C., Camusso, C., Valentina, R. 2017. Last mile freight distribution and transport operators' needs: which targets and challenges? *Transportation Research Procedia*, Vol. 25, pp. 888–899.
- Qu, L., Chen, Y., Mu, X. 2008. A Transport Mode Selection Method for Multimodal Transportation based on an Adaptive ANN System. *Proceedings of the Fourth International Conference on Natural Computation*, 18.-20. Oct., IEEE Computer Society, pp. 436-440.
- Qureshi, K.N., Abdullah, A.H. 2013. A Survey on Intelligent Transportation Systems. *Middle-East Journal of Scientific Research*, Vol. 15, No. 5, pp. 629-642.
- Racunica, I., Wynter, L. 2005. Optimal location of intermodal freight hubs. *Journal of Transportation Research Part B Methodology*, Vol. 39, No. 5, pp. 453–477.
- Regmi, M.B., Hanaoka, S. 2012. Assessment of intermodal transport corridors: Cases from North-East and Central Asia. *Research in Transportation Business i Management*, Vol. 5, pp. 27–37.
- Ren, J., Liang, H., Chan, F.T.S. 2017. Urban sewage sludge, sustainability, and transition for Eco-City: Multi-criteria sustainability assessment of technologies based on best-worst method. *Technological Forecasting i Social Change*, Vol. 116, pp. 29–39.
- Rezaei, J. 2015. Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method. *Omega*, Vol. 53, pp. 49-57.
- Rezaei, J., Nispeling, T., Sarkis, J., Tavasszy, L. 2016. A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 135, pp. 577-588.

- Ricci, S., Capodilupo, L., Mueller, B., Karl, J., Schneberger, J. 2016. Assessment methods for innovative operational measures and technologies for intermodal freight terminals. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, pp. 2840–2849.
- Rimienė, K., Grundey, D. 2007. Logistics Centre Concept through Evolution and Definition. *Engineering economics*, Vol. 4, No. 54, pp. 87-95.
- Rivera, A.E.P., Mes, M.R.K. 2017. Scheduling Drayage Operations in Sychromodal Transport. In: Bektaş, T., Coniglio, S., Martinez-Sykora, A., Voß, S. (Eds.) *Computational Logistics: Proceedings of the 8th International Conference, ICCL 2017*, Southampton, UK, October 18–20, pp. 404-419.
- Rivera, A.E.P., Mes, M.R.K. 2016. Anticipatory freight selection in intermodal long-haul round-trips. *Transportation Research Part E*, Vol. 105, pp. 176-194.
- Rodrigue, J.P. 2014. North American Intermodal Transportation: Infrastructure, Capital and Financing Issues. *Prepared for The Equipment Leasing and Finance Foundation, Washington, DC*.
- Rodrigue, J-P. 2011. Intermodal Terminals, Mega Ports and Mega Logistics. In: Brunn, S.D. (Ed.), *Engineering Earth: The Impacts of Megaengineering Projects*, pp. 851–866, Springer.
- Rodrigue, J-P., Debie, J., Fremont, A., i Gouvernal, E. 2010. Functions and actors of inland ports: European and North American dynamics. *Journal of Transport Geography*, Vol. 18, pp. 519–529.
- Roso, V. 2008. Factors influencing implementation of a dry port. *International Journal of Physical Distribution i Logistics Management*, Vol. 38 No. 10, pp.782-798.
- Roy, D. i de Koster, M.B.M. 2013. Optimal design of container terminal layout. In: Kuipers, B. i Zuidwijk, R.. (Eds.), *Smart Port Perspectives. Essays in honour of Hans Smits*, pp. 129-140. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam
- Rushton, A., Croucher, P., Baker, P. (Eds.). 2010. Rail and intermodal transport. In: *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. The Chartered Institute of Logistics and Transport, London, UK.
- Saanen, Y.A. 2007. State-of-the-Art Technology in automation: comparing the key technologies on cost and performance. In *Proceedings of TOC Europe 2007*, Istanbul.
- Saaty, T. L. 1996. *The analytic network process*. Pittsburgh: RWS Publications.

- Saaty, T.L., Takizawa, M. 1986. Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear networks. *European Journal of Operational Research*, Vol. 26, pp. 229–237.
- Saeedi, H., Wiegmans, B., Behdani, B., Zuidwijk, R. 2017a. European intermodal freight transport network: Market structure analysis. *Journal of Transport Geography*, Vol. 60, pp. 141–154.
- Saeedi, H., Wiegmans, B., Behdani, B., Zuidwijk, R. 2017b. Analyzing competition in intermodal freight transport networks: The market implication of business consolidation strategies. *Research in Transportation Business i Management*, Vol. 23, pp. 12–20.
- Santos, B.F., Limbourg, S., Carreira, J.S. 2015. The impact of transport policies on railroad intermodal freight competitiveness the case of Belgium. *Journal of Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 34, pp. 230–244.
- SCA – Suez Canal Authority. 2015. Suez Canal Rules of Navigation. Dostupno online: <https://www.suezcanal.gov.eg/English/Navigation/Pages/RulesOfNavigation.aspx>, poslednji put pristupljeno: 15.02.2018.
- Sennewald, H., Klingender, M., Haberstroh, M., Solvay, A.F. 2013. Intelligent Transport System for Innovative Intermodal Freight Transport. TelliSys Deliverable no. D1.1 Report on market analysis.
- SEOHIOPA – Southeastern Ohio Port Authority. 2008. Container-On-Barge Port Concept Paper. Dostupno online: https://towmasters.files.wordpress.com/2011/03/cob_port_concept_paper_seohiopa_2008.pdf, poslednji put pristupljeno 15.02.2018.
- Serebrisky, T., Sarriera, J.M., Suárez-Alemán, A., Araya, G., Briceño-Garmendía, C., Schwartz, J. 2016. Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean. *Transport Policy*, Vol. 45, pp. 31–45.
- Shen, Y.C., Lin, G.T.R., Tzeng, G.H. 2011. Combined DEMATEL techniques with novel MCDM for the organic light emitting diode technology selection. *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 1468–1481.
- Shen, Y.C., Chang, S.H., Lin, G.T.R., Yu, H.C. 2010. A hybrid selection model for emerging technology. *Technological Forecasting i Social Change*, Vol. 77, No. 1, pp. 151–166.

- Shibasaki, R., Azuma, T., Yoshida, T., Teranishi, H., Abe, M. 2017. Global route choice and its modelling of dry bulk carriers based on vessel movement database: Focusing on the Suez Canal. *Research in Transportation Business i Management*, Vol. 25, pp. 51-65.
- Shojaei, P., Haeri, S.A.S., Mohammadi, S. 2017. Airports evaluation and ranking model using Taguchi loss function, best-worst method and VIKOR technique. *Journal of Air Transport Management*, Vol. 68, pp. 4-13.
- Sirikijpanichkul, A., Ferreira, L. 2005. Multi-objective evaluation of intermodal freight terminal location decisions. In: *Proceedings of 27th conference: Australian institute of transport research, Queensland University of Technology (QUT), Brisbane*.
- Sirikijpanichkul A., Van Dam, K.H., Ferreira, L., Lukszo, Z. 2007. Optimizing the location of intermodal freight hubs: an overview of the agent based modelling approach. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol. 7, No. 4, pp. 71–81.
- Solvay, A.F., Haberstroh, M., Thelen, S. Schilberg, D., Jeschke, S. 2016. New Intermodal Loading Units in the European Transport Market. In: *Jeschke, S., Isenhardt, I., Hees, F., Henning, K. (Eds.) Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2015/2016*, pp. 687-697, Springer International Publishing Switzerland.
- Sorensen, K., Vanovermeire, C. 2013. Bi-objective optimization of the intermodal terminal location problem as a policy-support tool. *Computers in Industry*, Vol. 64, pp. 128–135.
- Sorensen, K., Vanovermeire, C., Busschaert, S. 2012. Efficient metaheuristics to solve the intermodal terminal location problem. *Computers and Operations Research*, Vol. 39, pp. 2079–2090.
- SPIN - Strategies to Promote Inland Navigation. 2003. Competitive and sustainable growth (growth) programme, Innovative Transport Vehicles – Rhine. Müller, E. (Author). Dostupno online: <http://www.factline.com/download/229113.1>, poslednji put pristupljeno 15.02.2018.
- Stahlbock, R., Voß, S. 2008. Operations research at container terminals: a literature update. *OR Spectrum*, Vol. 30, pp. 1–52.
- Steenken, D., Voß, S., Stahlbock, R. 2004. Container terminal operation and operations research - a classification and literature review. *OR Spectrum*, Vol. 26, No. 1, 3–49.

- Stojković, M., Twrđy, E. 2015. A decision support tool for container terminal optimization within the berth subsystem. *Transport*, Vol. 31, No. 1, pp. 29-40.
- Sueyoshi, T., Yuan, Y., Got, M. 2017. A Literature Study for DEA Applied to Energy and Environmen. *Energy Economics*, Vol. 62, pp. 104-124.
- Sujatha, V. 2002. Leather Processing: Role of Indigenous Technology. *Economic and Political Weekly*, Vol. 37, No. 47, pp. 23–29.
- Sun, L., Zhao, H., Tu, H., Tian, Y. 2018. The Smart Road: Practice and Concept. *Engineering*, Vol. 4, No. 4, pp. 436-437.
- Tadić, S., Zečević, S. 2012. Development of intermodal transport and logistics in Serbia, *International Journal of Transport and Traffic Engineering*, Vol. 2, No. 4, pp. 380-390.
- Tadić, S., Zečević, S. 2010. Public private partnership in logistics and intermodal transport. *Proceedings of the 1st International Scientific Conference Logistics -2010*, 57-62. Faculty of transport and traffic engineering, University of East Sarajevo, Republic of Srpska.
- Tadić, S., Krstić, M., Brnjac, N. 2019a. Selection of efficient types of inland intermodal terminals. *Journal of Transport Geography*, Vol. 78, pp. 170–180.
- Tadić, S., Krstić, M., Zečević, S. 2019b. Modeling the structure of the logistics centers. *Proceedings of the 4th Logistics international conference, LOGIC 2019*, Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, pp, 216-223.
- Tadić, S., Krstić, M., Zečević, S. 2019c. Defining the typical structures of the intermodal terminals. In: Bojović, N., Gvozdrenović, N., Roso, V., Savić, G. (eds.) *Quantitative methods in logistics*, Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, Accepted for publishing
- Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2018. Assessment of the political city logistics initiatives sustainability. *Transportation Research Procedia*, Vol. 30, pp. 285-294.
- Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2017. Sustainability of the city logistics initiatives, *Proceedings of the 3rd Logistics international conference, LOGIC 2017*, Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, pp, 44-49.
- Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2016a. Locating city logistics terminal by applying the combined QFD-VIKOR method, *Proceedings of the 3rd International Conference on*

Traffic and Transport Engineering, ICTTE, Scientific Research Center Ltd. Belgrade, Belgrade, Serbia, pp. 367-374.

Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2016b. Lociranje terminala city logistike primenom fazi DANP metode, Zbornik radova sa konferencije Simpozijum operacionih istraživanja SYM-OP-IS 2016, Tara, pp. 337-340.

Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2014a. A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. Expert Systems with Applications, Vol. 41, pp. 8112-8128.

Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2014b. Ranking of Logistics System Scenarios for Central Business District. Promet – Traffic Transportation, Vol. 26, No. 2, pp. 159-167.

Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2013. Lociranje city logističkog terminala primenom fazi AHP analize – primer Beograda, Tehnika, Vol. 68, No. 4, pp. 707-716.

Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. 2012. City logistics terminal location selection using combined fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS analysis, Proceedings of the International conference on traffic and transport engineering, ICTTE, Scientific Research Center Ltd. Belgrade, Belgrade, Serbia, pp 345-358.

Tavana, M., Zareinejad, M., Di Caprio, D., Kaviani, M.A. 2015. An Integrated Intuitionistic Fuzzy AHP and SWOT Method for Outsourcing Reverse Logistics. Applied Soft Computing, Vol. 40, pp. 544-557.

TelliBox - Intelligent MegaSwapBoxes for Advanced Intermodal Freight Transport. 2008. Project coordinator: Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen.

Teye, C. 2017. The siting of multi-user inland intermodal container terminals in transport networks. PhD thesis, Institute of Transport and Logistics Studies (ITLS), The University of Sydney Business School, The University of Sydney.

The World Bank Group - Private Sector And Infrastructure Network. Authors: Trujillo, L., Nombela, G. 2000. Multiservice Infrastructure: Privatizing Port Services. Note number 222. Dostupno online: <http://documents.worldbank.org/curated/en/616441468780299990/Multiservice-infrastructure-privatizing-port-services> poslednji put pristupljeno: 25.12.2017.

Thompson, R.G., Singleton, F.D., Thrall, R.M., Smith, B.A. 1986. Comparative site evaluations for locating a high-energy physics lab in Texas. Interfaces, Vol. 16, pp. 35-49.

Tongzon, J. 2001. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transportation Research Part A*, Vol. 35, pp. 107–122.

Trick, M.A. 1996. Data Envelopment Analysis for Consultants. Dostupno online: <http://mat.gsia.cmu.edu/classes/mstc/dea/dea.html>, poslednji put pristupljeno: 28.06.2018.

TRIMOTRANS - Development of new intermodal loading units and dedicated adaptors for the trimodal transport of bulk materials in Europe. 2007. Publishable executive summary. Project Coordinator: ZAFT e.V.

Trinkūnienė, E., Podvezko, V., Zavadskas, E.K., Jokšienė, I., Vinogradova, I., Trinkūnas, V. 2017. Evaluation of quality assurance in contractor contracts by multi-attribute decision-making methods. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, Vol. 30, No. 1, pp. 1152-1180.

TRKC - Transport Research Knowledge Centre. 2010. River Information Services: Modernising inland shipping through advanced information technologies. Dostupno online: <https://www.bics.nl/sites/all/files/docum/Brochure-RIS.pdf>, poslednji put pristupljeno: 07.08.2018.

Truschkin, E., Elbert, R. 2013. Horizontal transshipment technologies as enablers of combined transport: Impact of transport policies on the modal split. *Transportation Research Part A*, Vol. 49, pp. 91-109.

Ugboma, C., Ugboma, O., Ogwude, I. 2006. An Analytic Hierarchy Process (AHP) approach to Port selection decisions –empirical evidence from Nigerian Ports. *Maritime Economics i Logistics*, Vol. 8, pp. 251–266.

UIRR (Union internationale des sociétés de transport combiné Rail-Route) INtermodal Terminals Database. Dostupno online: <http://www.uirr.com/en/our-members/european-ct-terminals.html>, poslednji put pristupljeno: 08.07.2018.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2009 Illustrated glossary for transport statistics. Dostupno online: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/transport/main/wp6/pdfdocs/glossen4.pdf>, poslednji put pristupljeno: 08.08.2018.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2002. Glossary for Transport Statistics, prepared by the Intersecretariat Working Group on Transport Statistics – Eurostat, European Conference of Ministers of Transport (ECMT).

Dostupno online: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5885021/KS-BI-03-002-EN.PDF/475a08e8-cbdf-4fe4-b4eb-4e7f9bff9e2c>, poslednji put pristupljeno: 31.08.2018.

Vasiliauskas, A.V., Bazaras, D. 2006. Analysis of problems with containers as intermodal loading unit. *Transport and Telecommunication*, Vol. 7, No. 2, pp. 232-239.

Vassallo, W. 2013. Intermodal transport. In: Finger, M. Holvad, T. (Eds.) *Regulating Transport in Europe*, pp 218-244, Edward Elgar Publishing.

Velasquez, M., Hester, P.T. 2013. An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International Journal of Operations Research*, Vol. 10, No. 2, pp. 56-66.

Verma, M., Verter, V., Zufferey, N. 2012. A bi-objective model for planning and managing rail-truck intermodal transportation of hazardous materials. *Transportation Research Part E*, Vol. 48, pp. 132-149.

Vidović, M., Zečević, S. Kilibarda, M., Vlajić, J., Bjelić, N., Tadić, S. 2011. The p-hub model with hub-catchment areas, existing hubs and simulation: a case study of Serbian intermodal terminals. *Networks and Spatial Economics*, Vol. 11, pp. 295–314.

Vieira, G. B. B., Neto, F. J. K. 2016. Taxonomy for the classification of container ports: A contribution to port governance. *Revista ESPACIOS*, Vol. 37, No. 3, pp. 23-38.

Vis, I.F.A. 2006. A comparative analysis of storage and retrieval equipment at a container terminal. *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, pp. 680–693.

Vis, I.F.A., de Koster, R. 2003. Transshipment of containers at a container terminal. *European Journal of Operational Research*, Vol. 147, No. 1, pp. 1–16.

Wang, Y. 2016. Performance Evaluation of International Container Ports in Taiwan and Neighborhood Area by Weakness and Strength Indices of FMCDM. *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 44, No. 5, pp. 1840-1852.

Wang, Y.M., Chin, K.S. 2011. Fuzzy analytic hierarchy process: A logarithmic fuzzy preference programming methodology. *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 52, pp. 541–553.

Wang, H., Zhang, Y., Meng, Q. 2018. How will the opening of the Northern Sea Route influence the Suez Canal Route? An empirical analysis with discrete choice models. *Transportation Research Part A*, Vol. 107, pp. 75–89.

Wenger, H. 2001. UIRR 30 Jahre Geschichte der Internationalen Vereinigung der Gesellschaften für den Kombinierten Verkehr Schiene-Straße (UIRR) und des Kombinierten Güterverkehrs SchieneStraße in Europa 1970-2000. Grafische Gestaltung: Tostaky s.a., Brüssel, Belgium.

Wiegmans, B., Witte, P. 2017. Efficiency of inland waterway container terminals: Stochastic frontier and data envelopment analysis to analyze the capacity design- and throughput efficiency. *Transportation Research Part A*, Vol. 106, pp. 12–21.

Wiegmans, B. W., Masurel, E. i Nijkamp, P. 1999. Intermodal freight terminals: an analysis of the terminal market. *Transportation Planning and Technology*, Vol. 23, No. 2, pp. 105–128.

Wiese, J., Suhl, L., Kliewer, N. 2011. Planning Container Terminal Layouts Considering Equipment Types and Storage Block Design. In: Böse, J.W. (Ed.), *Handbook of Terminal Planning*, pp. 219-245. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Wiesław, K., Niezgodą, T., Stankiewicz, M. 2016. Innovative Project of Prototype Railway Wagon and Intermodal Transport System. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, pp. 615-624.

Wilmsmeier, G., Monios, J., Lambert, B. 2011. The directional development of intermodal freight corridors in relation to inland terminals. *Journal of Transport Geography*, Vol. 19, pp. 1379–1386.

Woxenius, J. 1997. Terminals – a barrier for intermodality? Article presented at Nordic Transport Research's conference on Intermodal Freight Transport, Ebeltoft, Denmark, 22-23 September.

Woxenius, J., Lumsden, K. R. 1996. Implementing New Technology in Intermodal Transport Systems – Threshold Identification and Bridging Strategies, Presented at Techno Ocean '96, October 23-25, 1996, Kobe, Japan.

Wu, P.J., Lin, K.C. 2018. Unstructured big data analytics for retrieving e-commerce logistics knowledge. *Telematics and Informatics*, Vol. 35, pp. 237–244.

Wu, P., Xia, B., Zhao, X., Pienaar, J. 2015. Defining Green Road Infrastructure Projects—A Critical Review. In: Shen, L., Ye, K., Mao, C. (Eds.) *Proceedings of the 19th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, pp. 125-134. Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg.

- Xu, Y. 2000. Development of Transport Telematics in Europe. *GeoInformatica*, Vol. 4, No. 2, pp. 179-200.
- Yamada, T., Russ, B.F., Castro, J., Taniguchi, E. Designing Multimodal Freight Transport Networks: A Heuristic Approach and Applications. *Transportation Science*, Vol. 43, No. 2, pp. 129–143.
- Yang, Z.L. 2018. Design on Remote Sensing Monitoring System of Navigation Pharos in Bridge Area for Inland Waterway. *Procedia Computer Science*, Vol. 131, pp. 409–415.
- Yang, Y.C., Lin, C.L. 2013. Performance analysis of cargo-handling equipment from a green container terminal perspective. *Transportation Research Part D*, Vol. 23, pp. 9–11.
- Yip, T.L., Wong, M.C. 2015. The Nicaragua Canal: scenarios of its future roles. *Journal of Transport Geography*, Vol. 43, pp. 1–13.
- Yu, P., Lee, J.H. 2013. A hybrid approach using two-level SOM and combined AHP rating and AHP/DEA-AR method for selecting optimal promising emerging technology. *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, No. 1, pp. 300–314.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. *Information i Control*, Vol. 8, pp. 338–353.
- Zaghdoud, R., Mesghouni, K., Dutilleul, S.C., Zidi, K., Ghedira, K. 2016. A Hybrid Method for Assigning Containers to AGVs in Container Terminal. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, No. 3, pp. 96–103.
- Zailani, S., Shaharudin, M.R., Razmi, K., Iranmanesh, M. 2015. Influential factors and performance of logistics outsourcing practices: an evidence of malaysian companies. *Review of Managerial Science*, Vol. 11, No. 1, pp. 53–93.
- Zanuy, A.C., Kendra, M., Čamaj, J., Mašek, J., Stolz, S., Márton. P. 2011. VEL-Wagon. Versatile, Efficient and Longer Wagon for European Transportation. Deliverable 2.1 Intermodal application of VEL-Wagon.
- Zbranek, P. 2013. Data Envelopment Analysis as a Tool for Evaluation of Employees' Performance. *Acta Oeconomica et Informatica*, Vol. 16, No. 1, pp. 12 – 21.
- Zečević, S., 2006. Robni terminali i robno-transportni centri. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Zečević, S., 2005. Sistem intermodalnog transporta, Prezentacija sa vežbi iz predmeta "Intermodalni transport", Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija.

- Zečević, S., Tadić, S. 2006. City logistika. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Zečević S, Tadić, S., Krstić, M. 2017a. Intermodal transport terminal location selection using a novel hybrid MCDM model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Vol. 25, No. 6, pp. 853-876.
- Zečević, S., Tadić, S., Krstić, M. 2017b. Multi-criteria evaluation of the intermodal terminal technologies, *Proceedings of the 3rd Logistics international conference, LOGIC 2017, Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia*, pp. 105-110.
- Zečević, S., Kilibarda, M., Tadić, S., 2006. Modelling of the Logistic Centre Structure. *Proceedings of the 20th microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc, Miskolc, Hungary*, pp 209-214
- Zhang, Y., Meng, Q., Ng, S.H. 2016a. Shipping efficiency comparison between Northern Sea Route and the conventional Asia-Europe shipping route via Suez Canal. *Journal of Transport Geography*, Vol. 57, pp. 241-249.
- Zhang, Q., Zeng, Q., Yang, H. 2016b. A lexicographic optimization approach for berth schedule recovery problem in container terminals. *Transport*, Vol. 31, No. 1, pp. 76–83.
- Zhang, Y.T., Huang, Y.F., Yan, W., He, J.L. 2016c. A New Yard Template Design for the Construction of Transshipment Container Terminals in China. *International Journal of Hybrid Information Technology*, Vol. 9, No.1, pp. 51-64.
- Zhang, M., Janic, M., Tavasszy, L. 2015. A freight transport optimization model for integrated network, service, and policy design. *Journal of Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, Vol. 77, pp. 61–76.
- Zhang, M., Wiegmans, B., Tavasszy, L. 2013. Optimization of multimodal networks including environmental costs: a model and findings for transport policy. *Computers i Industrial Engineering*, Vol. 64, No. 2, pp. 136–145.
- Zhang, C., Liu, J., Wan, Y., Murty, K.G., Linn, R.J. 2003. Storage space allocation in container terminals. *Transportation Research Part B*, Vol. 37, pp. 883–903.
- Zimon, D. 2016. The impact of TQM philosophy for the improvement of logistics processes in the supply chain. *International Journal for Quality Research*, Vol. 11, No. 1, pp. 3–16.

ZOBS – Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima. 2018 “SL glasnik RS”, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 – odluka US, 55/2014, 96/2015 – dr. zakon, 9/2016 – odluka US, 24/2018, 41/2018 I 41/2018 – dr. zakon.

Zolfani, S.H., Saparauskas, J. 2013. New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System. *Engineering Economics*, Vol. 24, pp. 408-414.

Zolfani, S.H., Zavadskas, E.K., Turskis, Z. 2013. Design of products with both International and Local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, Vol. 26, pp. 153-166.

PRILOZI

Prilog P1. *Input*-i i *output*-i za ocenu efikasnosti tipičnih struktura

Prilog P2. Početna supermatrica težina kriterijuma za lociranje IT

Prilog P3. Granična supermatrica težina kriterijuma za lociranje IT

Prilog P1. Input-i i output-i za ocenu efikasnosti tipičnih struktura (1/5)

Zemlja	Naziv terminala	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈	Ou
Austrija	Kapfenberg CCT	60000	2	2	647	0	0	30	1800	76000
Austrija	Krems a.d. Donau CCT	35000	3	8	5620	1560	5	130	10000	80000
Austrija	Villach Süd CCT	70000	2	4	1400	0	0	75	1000	100000
Austrija	Wolfurt CCT	54000	2	6	1320	0	0	135	1400	100000
Austrija	Graz Süd CCT	120000	2	6	3500	0	0	60	6400	200000
Austrija	Wien Nordwestbahnhof CCT (Inzersdorf)	19000	2	6	1540	0	0	90	1760	210000
Austrija	Wels Vbf. CCT	120000	2	6	3480	0	0	150	1700	235000
Austrija	Salzburg CTS	95000	2	6	3000	0	0	285	3600	250000
Austrija	Linz Stadthafen	90000	3	4	2060	280	2.7	195	8000	350000
Austrija	Enns Hafen CCT	80000	3	4	3000	630	3	120	5000	400000
Belgija	Progeco Antwerpen Depot 1	33000	1	0	0	0	0	30	3700	12000
Belgija	Kallo Katoen Natie Terminals (Quay 1510)	30000	2	0	0	350	14.5	45	2700	40000
Belgija	Beverdonk Container Terminal	20000	2	0	0	200	3.4	60	3250	40000
Belgija	Euroterminal Genk	35000	2	2	1200	0	0	30	1100	60000
Belgija	BCTN Geel	35000	2	0	0	125	3.4	30	1650	70000
Belgija	Liege Container Terminal	20000	3	3	1350	250	3.4	60	2300	120000
Belgija	Antwerpen Combinant	125000	2	5	3100	0	0	105	3100	150000
Belgija	Genk Haven	30000	3	5	2500	2000	3.4	120	5000	150000
Belgija	Progeco Antwerpen Depot 2	110000	2	0	0	1037	14	525	7400	165000
Belgija	IFB Antwerpen Cirkeldyck	70000	2	4	2400	0	0	150	1600	200000
Belgija	BCTN Meerhout	130000	3	2	800	400	3.4	240	12000	240000
Belgija	Kallo Katoen Natie Terminals (Quay 1227)	563430	4	2	2000	1065	14.5	465	24000	300000
Belgija	Antwerpen Associated Terminal Operator ATO	295000	3	2	1200	200	14.5	145	7000	540000
Belgija	Antwerpen PSA Europa Terminal	720000	4	3	1450	1200	14.5	1380	21000	1700000
Belgija	Noordzee Terminal Antwerpen	790000	3	4	2000	1125	17	1800	37000	2200000
Belgija	DP Antwerp World Gateway Terminal	1234000	4	5	3250	1660	14.5	1965	50000	2800000
Belgija	Antwerpen MSC Home Terminal	1670000	4	4	5400	2900	16	2910	63000	4800000
Belgija	Antwerpen Deurganck Terminal	2000000	4	5	3500	3550	16.5	4650	75000	5700000
Bugarska	Yana Sofia	19400	2	2	900	0	0	60	1000	35000
Česka	Ostrava Senov Metrans	40000	2	4	600	0	0	90	5000	200000
Estonija	Muuga container terminal	490000	3	4	1200	1094	14.5	540	8500	780000
Francuska	Port of Rouen Container Terminal	55600	3	2	900	410	2.5	105	1700	65000
Francuska	Perpignan Saint Charles	75000	2	8	5240	0	0	150	3200	110000
Francuska	Bruay sur l'Escaut (Valenciennes)	35000	3	1	200	100	3	60	2300	120000
Francuska	Strasbourg Terminal Conteneurs Sud	107500	3	4	1280	250	2.7	150	7000	250000
Francuska	Europe0Mourepiane Marseille-Fos	330000	3	2	500	925	11.4	330	4800	250000

Prilog P1. Input-i i output-i za ocenu efikasnosti tipičnih struktura (2/5 - nastavak)

Zemlja	Naziv terminala	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈	Ou
Francuska	Paris Terminal SA (Gennevilliers)	208190	3	4	1100	480	1.8	177	11000	350000
Francuska	Terminal Port Océane (Perrigault 0 APM Terminals)	1096600	3	3	3810	2130	12.9	855	54000	544000
Grčka	Container Terminal of the Piraeus Port Authority (I)	259000	3	4	720	820	12-18	705	20500	1000000
Grčka	Piraeus SEMP III	248000	3	4	2600	1000	19,5	1065	9000	2300000
Grčka	PCT Piraeus Container Terminal (II)	673000	3	4	2600	1480	16,5	2100	45000	3200000
Holandija	Mainport Rotterdam Services Droogdokweg	60000	1	0	0	0	0	30	6000	10000
Holandija	Van Doorn Container Depot BV	107000	1	0	0	0	0	90	10000	13500
Holandija	Kramer Delta Depot	100000	1	0	0	0	0	45	3500	15000
Holandija	Progeco Holland B.V. Depot 2	20000	1	0	0	0	0	45	3300	17000
Holandija	Container Terminal Kampen	18300	2	0	0	100	5.5	30	600	18000
Holandija	Markiezaat Container Terminal	12500	2	0	0	125	2.1	75	2800	22000
Holandija	MEO B.V.	95000	2	0	0	600	14,6	60	4200	25000
Holandija	BCTN Roermond B.V.	10000	2	0	0	240	2,4	45	500	30000
Holandija	Regionaal Overslag Centrum Waalwijk	13000	2	0	0	190	2,4	45	1500	30000
Holandija	Westerborek MCS	30000	2	0	0	185	2,4	75	3000	44500
Holandija	Gorinchem LCG Terminal	22000	2	0	0	350	2,8	120	2500	75000
Holandija	Osse Overslag Centrale	50000	3	2	600	500	2,4	75	2700	75000
Holandija	Verghel Inland Terminal	55000	2	0	0	500	2,3	75	3000	80000
Holandija	Harlingen HOV BV	20000	2	0	0	440	4,6	60	1300	80000
Holandija	Europark-Terminal Coevorden (ETC)	34000	2	5	3350	0	0	30	1500	83200
Holandija	MCS Meppel	22025	2	0	0	140	2,4	60	2400	85800
Holandija	Progeco Holland B.V. Depot 1	35000	2	0	0	150	11,5	105	5500	108000
Holandija	CTU Rivierenland	54164	2	0	0	200	5,5	45	3640	100000
Holandija	CT Vrede Zaandam	20000	2	0	0	100	12	75	1400	100000
Holandija	MCS Leeuwarden	38800	2	0	0	120	2,4	60	3300	128700
Holandija	BCTN Alblasterdam	40000	2	0	0	255	5,2	60	4200	140000
Holandija	CTT Rotterdam Vondelingenplaat	42342	3	3	600	140	11,5	75	5200	140000
Holandija	BCTN Venray	45000	2	0	0	350	2,4	75	6000	150000
Holandija	Kramer Rotterdam Delta Container Services	25000	2	0	0	260	12	270	9400	150000
Holandija	BCTN Nijmegen	33000	2	0	0	310	2,5	90	4000	160000
Holandija	BCTN Den Bosch	45000	2	0	0	295	2,4	105	6200	160000
Holandija	Utrecht Container Terminal (CTU)	22000	2	0	0	200	5,5	45	2100	175000
Holandija	Venlo Hutchison Ports	91000	3	2	1260	155	2,4	120	8000	175000
Holandija	Moerdijk CCT	380000	3	3	2850	1700	8	510	17500	350000
Holandija	Rotterdam RSC 0 Waalhaven	23500	2	8	6000	0	0	210	1968	350000
Holandija	Barge Terminal Tilburg BV	130000	3	4	2700	750	2,3	210	7500	360000

Prilog P1. Input-i i output-i za ocenu efikasnosti tipičnih struktura (3/5 - nastavak)

Zemlja	Naziv terminala	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈	Ou
Holandija	Kramer Rotterdam Container Terminal	170000	4	2	800	400	10	240	20000	500000
Holandija	Rotterdam Beatrix Terminal	262300	3	3	2811	1717	11	405	12200	500000
Holandija	Barge i Rail Terminal Born	185000	3	6	1700	490	3.5	135	12000	520000
Holandija	Rotterdam ECT City	593000	2	0	0	1400	14.15	765	34000	1100000
Holandija	Rotterdam Uniport	540000	3	2	500	2400	14.15	465	22600	1200000
Holandija	Rotterdam Shortsea Terminal	460000	4	9	6150	1800	11.65	885	32500	1440000
Holandija	Rotterdam Euromax	1215000	3	6	4800	1500	19.6	2265	58000	2300000
Holandija	Rotterdam RWG	1080000	4	6	4500	1700	20	1920	24000	2350000
Holandija	Rotterdam APM Terminals Maasvlakte II	8600000	4	4	3000	1500	19.65	1170	100000	2700000
Holandija	APM Terminals Rotterdam	1000000	4	4	3000	1600	16.65	1170	37500	3250000
Holandija	Rotterdam ECT Delta	3620000	4	4	2800	4400	17.5	5610	169680	5000000
Hrvatska	Zagreb Kontejnerski Terminal Vrapče	25000	2	3	1712	0	0	60	1000	30000
Hrvatska	Rijeka Brajdica	168000	3	4	1000	628	11.2	270	9000	390000
Italija	Novara CIM	60000	2	7	4350	0	0	105	800	120000
Italija	Lorenzini Livorno	89200	3	1	400	540	13	390	5000	180000
Italija	Setramar	250000	3	2	1000	608	9.6	165	1200	200000
Italija	Terminal del Golfo La Spezia	73700	3	3	480	337	8-12	150	4500	220000
Italija	Terminal Container Ravenna S.p.A.	250000	3	5	1975	680	10.5	345	14000	285000
Italija	Terminal intermodale Venezia SPA	135000	3	3	1000	1060	11.4	285	5000	300000
Italija	Salerno Container Terminal	100000	2	0	0	829	13	840	12000	500000
Italija	SECH Genoa	232000	3	3	1350	526	14.5	525	20000	500000
Italija	Civitavecchia Terminal	230000	2	0	0	730	15	150	10000	700000
Italija	Trieste Marine Terminal	306000	3	5	3000	770	18	480	48000	800000
Italija	Vado Ligure Genoa0Savona	210000	3	8	2200	700	17	405	11000	900000
Italija	Darsena Toscana Livorno	384000	3	3	1350	1430	13	960	31500	900000
Italija	V.T.E. Genoa	1100000	3	9	11250	1400	15	1305	75000	1500000
Italija	LSCT - La Spezia Container Terminal	270000	3	8	2900	1403	14	690	20000	1500000
Italija	MCT Medcenter Gioao Tauro	1600000	3	6	3090	3391	18	2550	75000	4200000
Kipar	Limassol Limited EUROGATE	340000	2	0	0	620	16	495	23000	500000
Letonija	Riga Container Terminal	364000	3	2	1800	430	10.5	150	6000	110000
Letonija	Riga Universal Terminal	380000	3	3	900	467	12	315	6500	150000
Letonija	Baltic Container Terminal Rihiga	570000	3	5	1250	450	12.5	405	25000	450000
Litvanija	Klaipėdos Smelte	292000	3	6	2520	554	12.5	180	10000	200000
Litvanija	Klaipėda Container Terminal (KCT)	320000	3	4	1520	540	9.9	665	12000	450000
Mađarska	Győr	250000	2	2	600	0	0	60	750	30000
Mađarska	Sopron Container Terminal	40500	2	6	1960	0	0	90	3000	72000

Prilog P1. Input-i i output-i za ocenu efikasnosti tipičnih struktura (4/5 - nastavak)

Zemlja	Naziv terminala	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈	Ou
Madarska	Mahart Container Center	105000	3	5	2120	220	2.5	165	6400	175000
Madarska	Budapest BILK	223000	2	11	6800	0	0	220	3500	220000
Nemačka	Aschaffenburg	20000	3	2	600	160	3.3	45	1760	17000
Nemačka	Gustavsburg Contargo	16000	2	0	0	150	2.5	60	2400	40000
Nemačka	Container-Terminal Hafen Heilbronn	22700	3	3	540	147	2.8	45	500	52000
Nemačka	DUSS Terminal Landshut	31400	2	5	1770	0	0	60	40	60000
Nemačka	Andernach CSA Terminal	42000	3	3	2250	300	2.5	105	4000	70000
Nemačka	Großbeeren	61000	2	4	2100	0	0	45	1200	75000
Nemačka	Stuttgart Hafen	22000	2	3	1950	0	0	75	282	80000
Nemačka	Frankfurt Contargo Industriepark -Höchst GmbH	18000	3	6	1940	250	2.5	90	1800	82000
Nemačka	Emmelsum (Contargo)	34000	3	2	590	300	2.14	54	1500	85000
Nemačka	Regensburg Hafen	30000	2	2	700	0	0	60	1140	92000
Nemačka	Wuppertal-Langerfeld	51300	2	4	2520	0	0	60	667	96000
Nemačka	Duisburg-Meiderich (Hub)	97800	2	4	2840	0	0	60	595	98000
Nemačka	FrankfurtOder PCC Intermodal	50000	2	2	1220	0	0	84	1000	100000
Nemačka	DUSS Ulm-Dornstadt	73200	2	4	2800	0	0	75	1030	100000
Nemačka	Hof Contargo Ziegler Combitrac	12260	2	1	550	0	0	60	1000	100000
Nemačka	Neuss Flohhafenstraße Contargo	32000	3	2	1100	480	2.5	60	5600	120000
Nemačka	Regensburg Ost	80000	2	5	2395	0	0	105	190	130000
Nemačka	Stuttgart Container Terminal SCT	30000	3	2	520	280	2.5	105	4500	140000
Nemačka	Basel-Weil am Rhein DUSS	54000	2	6	3660	0	0	90	800	150000
Nemačka	Duisburg DIT	185000	3	6	4500	250	2.8	180	7500	150000
Nemačka	Contargo Wörth-Karlsruhe GmbH	90000	3	4	1280	458	2.1	165	6500	160000
Nemačka	Kornwestheim	131700	2	8	5200	0	0	120	860	175000
Nemačka	Duisburg - Ruhrort Hafen	78300	2	9	5980	0	0	150	820	200000
Nemačka	Duisburg DeCeTe	190000	3	1	700	800	2.8	270	5750	200000
Nemačka	Leipzig-Wahren	93000	2	8	5600	0	0	165	5100	220000
Nemačka	Nürnberg Hafen	83093	3	10	7000	116	4	135	1044	270000
Nemačka	Emmerich Rhein-Waal-Terminal	45000	3	3	1650	300	2.8	105	4300	300000
Nemačka	DCH Düsseldorf Container Terminal	70000	3	2	800	600	2.5	150	12300	320000
Nemačka	Köln - Eifelort	178000	2	13	8750	0	0	300	840	360000
Nemačka	Hamburg - Billwerder	191000	2	12	7660	0	0	210	1400	370000
Nemačka	Köln-Niehl CTS	132000	3	9	6570	800	2.5	285	10000	700000
Nemačka	Hamburg - Altenwerder (CTA) HHLA	1106000	4	9	6300	1400	16.7	1350	48000	930000
Nemačka	Hamburg - Tollerort (CTT) HHLA	600000	4	5	3500	1205	15.1	1425	16500	1050000
Nemačka	Bremerhaven - MSC Gate	600000	3	6	2760	1220	15.5	1260	32000	1500000

Prilog P1. Input-i i output-i za ocenu efikasnosti tipičnih struktura (5/5 - nastavak)

Zemlja	Naziv terminala	In ₁	In ₂	In ₃	In ₄	In ₅	In ₆	In ₇	In ₈	Ou
Nemačka	KV-Terminal Wilhelmshaven	1300000	3	6	4200	1725	18	1770	62000	2700000
Nemačka	Bremerhaven - NTB North Sea Terminal	1087000	3	6	4680	2220	16.5	2160	46000	3800000
Nemačka	Hamburg - Burchardkai (CTB) HHLA	1400000	4	8	3000	2850	16.5	3315	55000	5200000
Poljska	Gdanski Terminal Konterowy S.A.	67400	3	2	320	365	9.8	120	4200	100000
Poljska	Kutno PCC Terminal	80000	2	4	2800	0	0	165	2500	125000
Poljska	CLIP Container Terminal Swarzędz	100000	2	4	3000	0	0	100	6000	350000
Poljska	Baltic Container Terminal Gdynia	416000	3	3	1800	770	11	840	22800	750000
Poljska	Gdynia Container Terminal	140000	3	4	1900	366	11	405	9200	750000
Poljska	Deepwater Container Terminal Gdansk	762000	3	4	2500	1300	15	1455	55000	3000000
Portugal	LISCONT Operadores de Contentores	120000	3	2	950	630	14.5	675	9070	340000
Rusija	Logistika-Terminal Shushary, St.Petersburg	920000	2	3	2179	0	0	180	14500	200000
Rusija	Kaliningrad Container Terminal	250000	3	3	1650	420	10.5	270	4700	200000
Rusija	Moby Dik LLC in Kronshadt	174000	2	0	0	321	8.9	445	8000	400000
Rusija	Petrolsport	750000	3	6	6874	2201	11	510	30600	1000000
Rusija	First Container Terminal Sankt Peterburg	890000	3	4	1800	780	11.5	1485	33900	1350000
Slovačka	Bratislava Palenisko	21000	3	3	850	275	3	130	1900	50000
Slovenija	Ljubljana Moste	99250	2	4	2000	0	0	60	1520	100000
Slovenija	Koper Luka KT	270000	4	9	4640	596	15	1890	28677	950000
Španija	Noatum Madrid	115000	2	7	3170	0	0	155	2200	107000
Španija	APM Gijón	190000	3	3	850	350	11.2	165	2900	117000
Španija	Noatum Zaragoza Plaza	75000	2	6	4940	0	0	75	3300	165000
Španija	Sud wharf rail terminal (TCB)	50000	2	6	4500	0	0	120	5600	288000
Španija	APM Castellón	120000	3	2	1200	780	14	330	14900	360000
Španija	Noatum Container Terminal Bilbao	440000	3	4	1800	1155	21	645	36700	1000000
Španija	APM Terminals Valencia	370000	3	4	3000	2700	16	1290	36000	1400000
Španija	Total Terminal International Algeciras	358000	3	3	2100	1400	17.5	1470	28640	1800000
Španija	APM Barcelona Muelle Sur Terminal	804000	3	4	1680	1515	16	1485	35000	2300000
Španija	Barcelona Europe South Terminal (BEST)	1000000	3	8	6000	1460	16	1080	68000	2650000
Španija	Noatum Container Terminal Valencia	1450000	3	5	3250	2310	16	1590	76600	3570000
Španija	APM Terminals Algeciras	670000	3	3	1350	2330	17	2340	66000	3700000
Švajcarska	Basel port Swissterminal	12000	3	3	450	170	3.5	30	1700	30000
Švajcarska	Frenkendorf Swissterminal	45000	2	4	1600	0	0	30	5000	60000
Švajcarska	Aarau	20000	2	5	1400	0	0	45	400	60000
Ukrajina	Container Terminal Odessa (CTO) HHLA	350000	3	2	750	970	14	630	20000	850000
V. Britanija	Felixstowe Landguard Terminal	353000	3	3	1500	1285	16	960	32000	450000
V. Britanija	Felixstowe Trinity Terminal	1367000	3	17	10145	2354	15	5340	97600	4000000

Prilog P2. Početna supermatrica težina kriterijuma za lociranje IT

	C ₁	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₉	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₉	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄
C ₁	0.319	0.175	0.506	0.000	1.000	0.339	0.416	0.245	0.179	0.821	0.090	0.462	0.448	0.200	0.267	0.533	0.000
C ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.580	0.000	0.420	0.000	1.000	0.090	0.462	0.448	0.000	0.158	0.000	0.842
C ₄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.171	0.000	0.000	0.829
C ₅	0.319	0.175	0.506	0.000	1.000	0.339	0.416	0.245	0.000	1.000	0.090	0.462	0.448	0.000	0.158	0.000	0.842
C ₆	0.319	0.175	0.506	0.000	1.000	0.339	0.416	0.245	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.171	0.000	0.000	0.829
C ₇	0.319	0.175	0.506	0.000	1.000	0.580	0.000	0.420	0.000	1.000	0.199	0.000	0.801	0.171	0.000	0.000	0.829
C ₉	0.319	0.175	0.506	0.000	1.000	0.339	0.416	0.245	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.171	0.000	0.000	0.829
C ₁₁	0.319	0.175	0.506	0.000	0.000	0.339	0.416	0.245	1.000	0.000	0.000	0.662	0.338	0.000	0.000	0.179	0.821
C ₁₂	0.319	0.175	0.506	1.000	0.000	0.580	0.000	0.420	0.000	1.000	0.090	0.462	0.448	0.000	0.000	0.179	0.821
C ₁₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C ₁₄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C ₁₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.371	0.629	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
C ₁₆	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.406	0.594	0.000	0.000	0.000	0.090	0.462	0.448	0.193	0.258	0.000	0.549
C ₁₉	0.319	0.175	0.506	0.000	0.000	0.580	0.000	0.420	0.179	0.821	0.090	0.462	0.448	0.000	0.158	0.000	0.842
C ₂₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C ₂₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C ₂₄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Prilog P3. Granična supermatrica težina kriterijuma za lociranje IT

	C ₁	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₉	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₉	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄
C ₁	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₃	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₄	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₅	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₆	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₇	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₉	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₁₁	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₁₂	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₁₃	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₁₄	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₁₅	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₁₆	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₁₉	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₂₂	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₂₃	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119
C ₂₄	0,015	0,008	0,023	0,001	0,032	0,036	0,340	0,063	0,013	0,108	0,034	0,053	0,063	0,044	0,019	0,029	0,119

BIOGRAFIJA AUTORA

Mladen Krstić je rođen 18.08.1987. godine u Paraćinu, gde je završio osnovnu školu i Gimnaziju, prirodno-matematički smer. Osnovne akademske studije na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na odseku za logistiku, upisao je 2006. godine. Tokom osnovnih studija ostvario je prosečnu ocenu 9.37 (devet i 37/100), a završni rad na temu "Logistika centralnih gradskih ulica" je odbranio 2009/2010. godine, najvišom ocenom 10 (deset). Master akademske studije je upisao 2010. godine. Tokom master studija ostvario je prosečnu ocenu 9.57 (devet i 57/100), a master rad na temu "Lociranje terminala *City* logistike i rutiranje vozila za distribuciju u gradu" je odbranio 2010/2011. godine, najvišom ocenom 10 (deset). Doktorske akademske studije na Saobraćajnom fakultetu upisao je 2011. godine i položio sve ispite predviđene nastavnim planom i programom i ostvario prosečnu ocenu 9.80 (9 i 80/100).

Na Saobraćajnom fakultetu je zaposlen, najpre u zvanju saradnika u nastavi, za užu naučnu oblast "Intermodalni transport, logistički centri i *city* logistika", od 01.01.2011. godine, a onda u zvanju asistenta, za istu užu naučnu oblast, od 15.03.2012. Angažovan je na izvođenju nastave na predmetima: Osnovi logistike, Intermodalni transport, Logistički centri i *City* logistika, na osnovnim akademskim studijama, i na predmetima: Tehnologije intermodalnog transporta, Planiranje i projektovanje logističkih centara i Posebne oblasti *city* logistike, na master akademskim studijama.

U dosadašnjem istraživačkom radu je u svojstvu autora ili koautora učestvovao u objavljivanju jednog rada u monografiji međunarodnog značaja, 5 radova u časopisima sa SCI liste, 7 radova u međunarodnim i domaćim časopisima i 19 radova na međunarodnim i domaćim konferencijama i skupovima. Kao član autorskog tima učestvovao je u izradi 4 naučno-istraživačkih i stručnih studija i projekata.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Младен Крстић

Број индекса ДС11Д011

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

"Моделирање структуре терминала интермодалног транспорта"

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 10.07.2019.

Младен Крстић

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора _____ Младен Крстић _____

Број индекса _____ ДС11Д011 _____

Студијски програм _____ Саобраћај _____

Наслов рада _____ "Моделирање структуре терминала интермодалног транспорта" _____

Ментор _____ Проф. др Слободан Зечевић _____

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____ 10.07.2019. _____

_____ *Младен Крстић* _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

"Моделирање структуре терминала интермодалног транспорта"

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

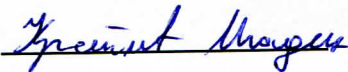
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, 10.07.2019.



1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.