

METHODOLOGY FOR COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERMODAL AND MULTIMODAL TRANSPORT SERVICING OF CUSTOMER ADDRESSES FROM A PORT CONTAINER TERMINAL ¹

Boril Ivanov, MEng, PhD

Department of Transport,

“Angel Kanchev” Univesity of Ruse

Phone: 082-888-605

e-mail: bivanov@uni-ruse.bg

Abstract: For containerized cargo, insensitive to transshipment operations, the container pre-carriage or on-carriage, as an integral part of intermodal container transport from origin to destination, is subject to comparison with the option involving stuffing or stripping at the port container terminal combined with conventional road transport in the inland leg between the port and the customer address. The present study proposes a methodology for a comparative analysis of these two alternative transport technologies, considering the costs and the main logistics indicators, as well as including an assessment of the influence of the distance of the customer address from the port container terminal.

Keywords: intermodal transport, multimodal transport, port container terminal, container pre-carriage, container on-carriage, container stuffing, container stripping, container unstuffing.

ВЪВЕДЕНИЕ

Контейнерните превози са най-развитата до момента форма на интермодален транспорт и продължават да увеличават своя дял в световен мащаб, измествайки постепенно други традиционни видове транспорт. Тези тенденции обаче не са еднакво ясно очертани в различните по тип отсечки от интермодалния маршрут, както и при различните видове товари. Докато в морската отсечка, при генералните товари, контейнерният превоз става все по-конкурентен спрямо конвенционалния (на неконтейнеризирани товари), то в сухопътните [1], [2] и вътрешноводните [3] отсечки конкуренцията между интермодални и мултимодални решения е далеч по-осезаема. Причините за това са комплексни и са свързани с множество фактори [4]. Някои от тях са обективни, като разстояние на обслужвания клиентски адрес от пристанищния контейнерен терминал, вид на товара и степен на баланс в товаропотока между района на клиентския адрес и пристанището в двете посоки – по общ обем, сезонност и по тип контейнерно оборудване.

Пристанищните контейнерни терминали, в общия случай, са добре технически оборудвани, често автоматизирани [5] и инвестират в ефективно използване на производителността и площите [6]. Въпреки усилията за оптимизация във вътрешните отсечки [7], [8] при интермодалната технология, понякога субективни фактори предreshават избора на мултимодално пред интермодално транспортно решение, като например липсата на необходимата механизация за контейнеризация или деконтейнеризация на товарите при клиентския адрес. Логично, в настоящото изследване фокусът е върху влиянието на обективните фактори върху интермодалните и алтернативни мултимодални технологии в сухопътната отсечка и по тази причина за някои субективни фактори са въведени допускания.

¹ Докладът е представен на научна сесия на 27 октомври 2023 в секция УИТСТЛ с оригинално заглавие на български език: МЕТОДИКА ЗА СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ИНТЕРМОДАЛНО И МУЛТИМОДАЛНО ТРАНСПОРТНО ОБСЛУЖВАНЕ НА АДРЕСИ НА КЛИЕНТИ ОТ ПРИСТАНИЩЕН КОНТЕЙНЕРЕН ТЕРМИНАЛ

МЕТОД

Правят се следните допускания:

1. В района на клиентския адрес не функционира сухо пристанище, т.е. автомобилът, превозващ контейнера, се движи с празния контейнер в едната посока;
2. На клиентския адрес има нужната механизация за контейнеризация или деконтейнеризация на товара;
3. Естеството на товара позволява контейнеризация или деконтейнеризация в пристанищния терминал;
4. Разходите за контейнеризация и деконтейнеризация в пристанищния терминал не се различават.
5. Средната скорост на движение на автомобил с контейнер и с конвенционален товар е еднаква.
6. Времетраенето за товаро-разтоварните операции на конвенционален автомобил и времето за контейнеризация или деконтейнеризация на същото количество товар съвпадат.
7. Рискът от повреди при претоварни операции се приема за правопрпорционален на броя претоварни операции.
8. Рискът от повреди при претоварни операции на даден товар от/на конвенционален автомобил не се различава от този при контейнеризация или деконтейнеризация.
9. За целите на изследването се използва стандартен 40-футов сухотоварен ISO контейнер, като теглото на товара в него се задава 24 тона, за да не се надвишава нормативно разрешената допустима маса от 44 тона на автомобила-контейнеровоз, както и нормативно разрешената допустима маса от 40 тона на композицията от влекач с 13.60 м полуремарке, използвана за целите на изследването при мултимодалната технология за превоз.
10. За целите на изследването се приема, че разходите за превоз на tkm с автомобила-контейнеровоз при интермодалната технология съвпадат с тези на композицията от влекач с 13.60 м полуремарке при мултимодалната технология.

На база горните допускания се сравняват следните два технологични варианта:

Вариант А: Разпростиране на интермодалния превоз с контейнера и в отсечката между клиентския адрес и пристанището;

Вариант В: Мултимодален превоз с контейнеризация/деконтейнеризация в пристанището и вътрешна отсечка между клиентския адрес и пристанището, изпълнявана с конвенционален автомобилен транспорт.

При сравнение на описаните два технологични варианта се изследват следните показатели:

- Сумарни разходи C_i във вътрешната отсечка при вариант А, EUR;
- Сумарни разходи C_m във вътрешната отсечка при вариант В, EUR;
- Времетраене T_i на вътрешния превоз при интермодалния вариант А, EUR;
- Времетраене T_m на вътрешния превоз при мултимодалния вариант В, EUR;
- Коефициент на риск R_i от повреди на товара при интермодалния вариант А.
- Коефициент на риск R_m от повреди на товара при мултимодалния вариант В.

Факторите, които влияят върху наблюдаваните показатели и участват в изчисленията, са следните:

- l_{pa} – разстояние между пристанищния терминал и клиентския адрес, km
- Q_c – тегло на товара в контейнера, t
- Q_t – тегло/тара на празния контейнер, t
- f_{tkm} – преки разходи за автомобилен транспорт, EUR/tkm
- c_e – външни разходи при автомобилен транспорт, EUR/tkm
- c_s – пристанищни разходи за контейнеризация/деконтейнеризация, EUR/t
- v_a – средна скорост на движение на автомобил по маршрута, km/h
- t_s – време за контейнеризация/деконтейнеризация в пристанището, h
- c_{ts} – престой за контейнеризация/деконтейнеризация в пристанището, EUR/h

- r_t – коефициент на риск от повреди при една претоварна операция
- w_c – коефициент на тежест на себестойността
- w_e – коефициент на тежест на емисиите
- w_d – коефициент на тежест на риска от повреди
- w_t – коефициент на тежест на претоварванията
- w_s – коефициент на тежест на срока на доставка

При интермодалния вариант А, разходите се изчисляват като сбор от разходите във всяка от двете посоки по маршрута, изчислени поотделно на база пълен и празен контейнер, съответно отчитайки преките и външните транспортни разходи.

$$C_i = l_{pa}(Q_c + Q_t)(f_{tkm} + c_e) + l_{pa}Q_t(f_{tkm} + c_e), EUR \text{ или след преобразуване} \\ C_i = l_{pa}(f_{tkm} + c_e)(Q_c + 2Q_t), EUR \quad (1)$$

При мултимодалния вариант В, разходите се изчисляват като сбор от преките и външните разходи за превоза на количеството товар в едната посока по маршрута и пристанищните разходи за контейнеризация/деконтейнеризация на количеството товар.

$$C_m = l_{pa}Q_c(f_{tkm} + c_e) + c_sQ_c, EUR \quad \text{или след преобразуване} \\ C_m = Q_c[l_{pa}(f_{tkm} + c_e) + c_s], EUR \quad (2)$$

Времетраенето T_i на вътрешния превоз при интермодалния вариант А ще съвпада с времетраенето на превоза между пристанището и клиентския адрес $t_{pa} = \frac{l_{pa}}{v_a}$.

$$T_i = \frac{l_{pa}}{v_a}, h \quad (3)$$

Времетраенето T_m на вътрешния превоз при мултимодалния вариант В се изчислява като сбор от времетраенето на превоза между пристанището и клиентския адрес $t_{pa} = \frac{l_{pa}}{v_a}$ и времето за контейнеризация/деконтейнеризация в пристанището t_s .

$$T_m = \frac{l_{pa}}{v_a} + t_s, h \quad (4)$$

Предвид допускането, че рискът от повреди при претоварни операции е правопрпорционален на броя претоварни операции, при интермодалния вариант А отчитаме две претоварни операции за самия товар – в клиентския товарен адрес и клиентския разтоварен адрес.

При мултимодалния вариант В отчитаме три претоварни операции – в клиентския товарен адрес, в пристанищния терминал за контейнеризация/деконтейнеризация и в клиентския разтоварен адрес.

В тази връзка $R_i = 2r_t$ и $R_m = 3r_t$

След прилагането на коефициентите на тежест към съответните показатели, които касаят, се извеждат следните формули:

За интермодалния вариант А:

$$C_{wi} = l_{pa}(w_c f_{tkm} + w_e c_e)(Q_c + 2Q_t), EUR \quad (5)$$

$$T_{wi} = w_s \frac{l_{pa}}{v_a}, h \quad (6)$$

$$R_{wi} = 2r_t w_d w_t \quad (7)$$

Където C_{wi}, T_{wi}, R_{wi} са съответно претеглените общи транспортни разходи, претегленото времетраене на превоза и претегления коефициент на риск от повреди по товара при интермодалния вариант А.

За мултимодалния вариант В:

$$C_{wm} = Q_c[l_{pa}(w_c f_{tkm} + w_e c_e) + w_c c_s], EUR \quad (8)$$

$$T_{wm} = w_s (\frac{l_{pa}}{v_a} + t_s), h \quad (9)$$

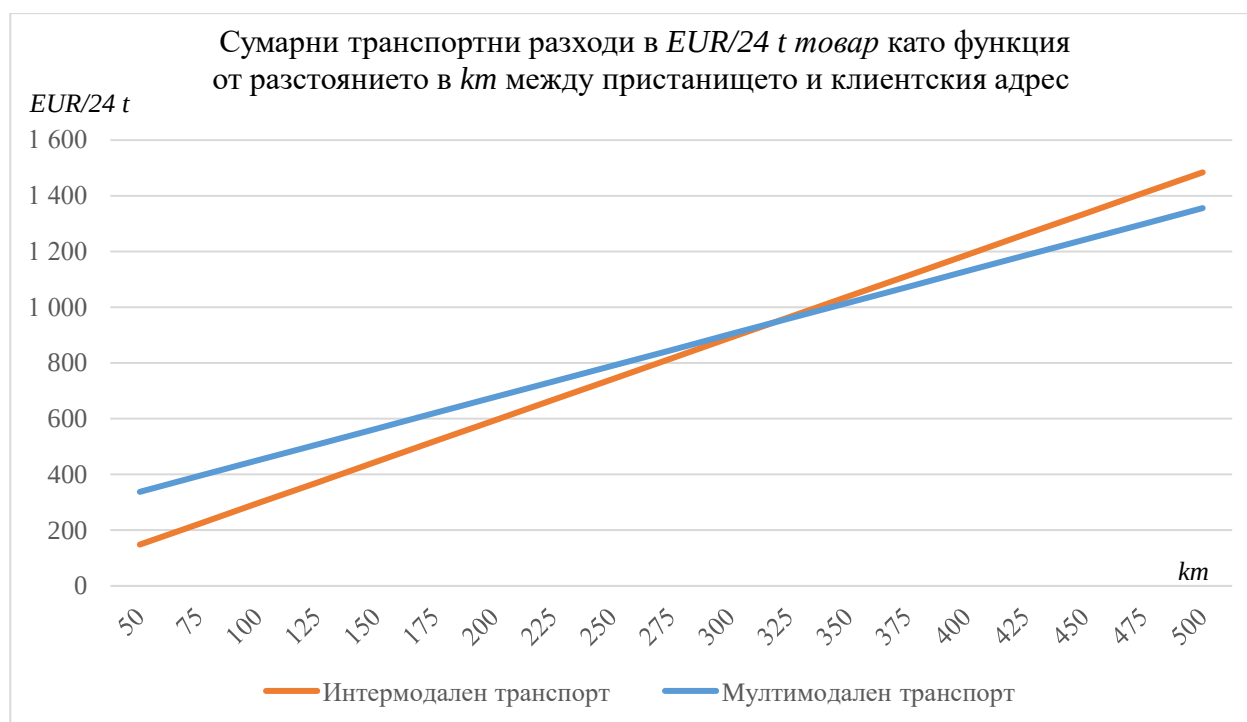
$$R_{wm} = 3r_t w_d w_t \quad (10)$$

Където C_{wm}, T_{wm}, R_{wm} са съответно претеглените общи транспортни разходи, претегленото времетраене на превоза и претегления коефициент на риск от повреди по товара при мултимодалния вариант В.

За изследване влиянието на отдалечеността на клиентския адрес от пристанищния контейнерен терминал l_{pa} е използвана симулация с конкретно зададени стойности на отделните параметри, посочени в таблица 1:

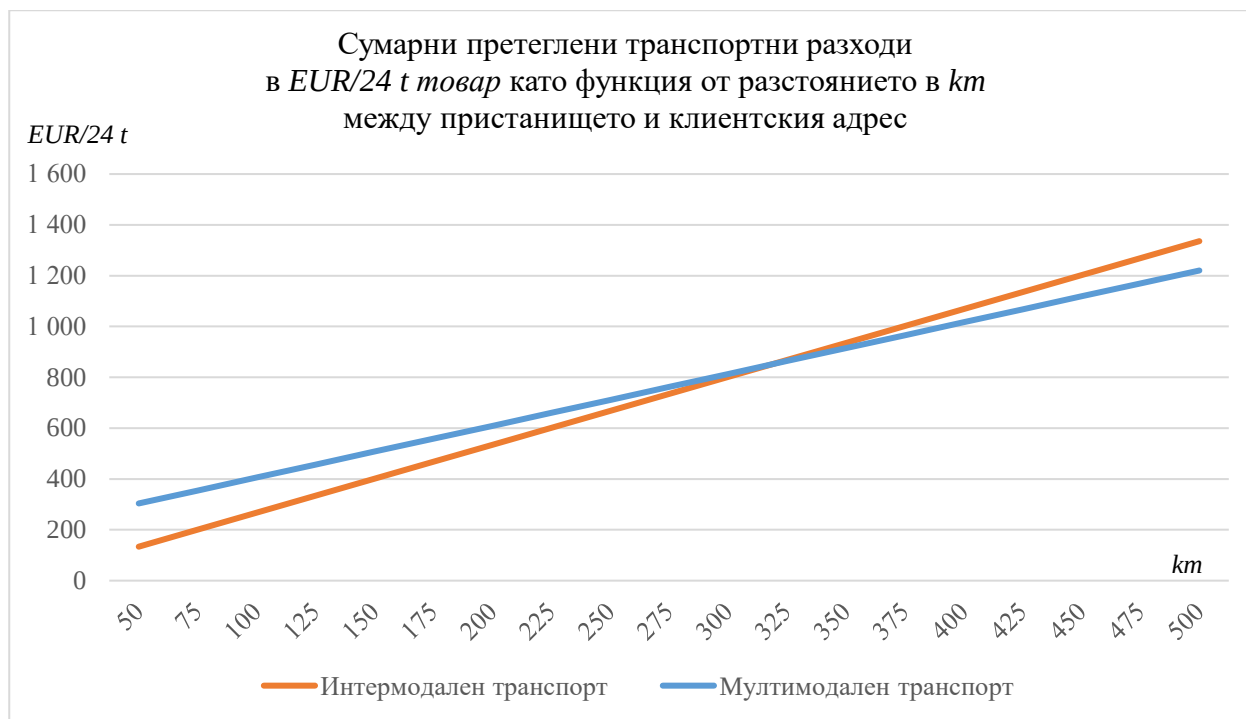
Таблица 1

Параметър	Стойност	Мерна единица	Източник
Q_c	24.000	t	ISO, стандартен 40-футов сухотов. контейнер
Q_t	3.740	t	ISO, стандартен 40-футов сухотов. контейнер
f_{tkm}	0.070	EUR/tkm	Емпирични данни от текущия фрахтов пазар
c_e	0.0243	EUR/tkm	European Commission [9]
c_s	9.35	EUR/t	Тарифа БМФ Порт Бургас 2023 г [10]
v_a	50	km/h	Емпирични данни
t_s	2.00	h	Емпирични данни
c_{ts}	15.0	EUR/h	Емпирични данни
r_t	1.00		Допускане
w_c	0.90		Експертно проучване, РУ, април 2020 г
w_e	0.90		Експертно проучване, РУ, април 2020 г
w_d	0.60		Експертно проучване, РУ, април 2020 г
w_t	0.70		Експертно проучване, РУ, април 2020 г
w_s	0.70		Експертно проучване, РУ, април 2020 г



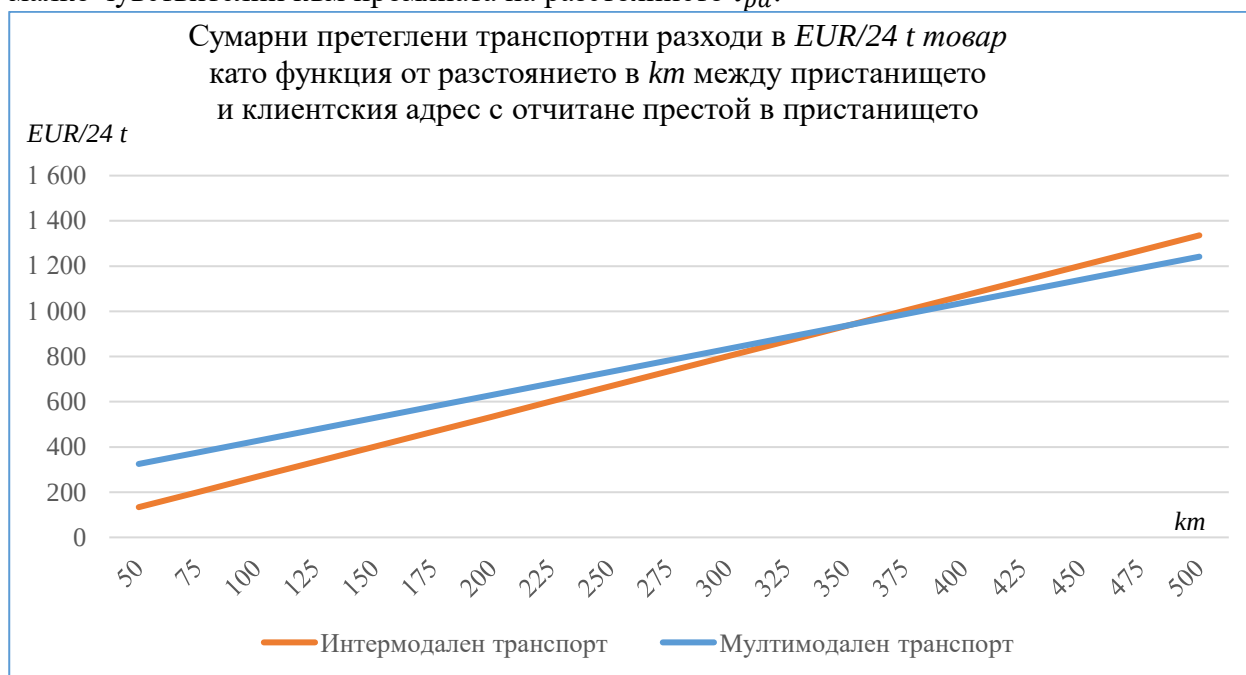
Фиг. 1 Сумарни транспортни разходи в като функция от разстоянието между пристанището и клиентския адрес

От фиг. 1 е видно, че при разстояние l_{pa} над 320 km мултимодалният транспорт става по-конкурентен от интермодалния.



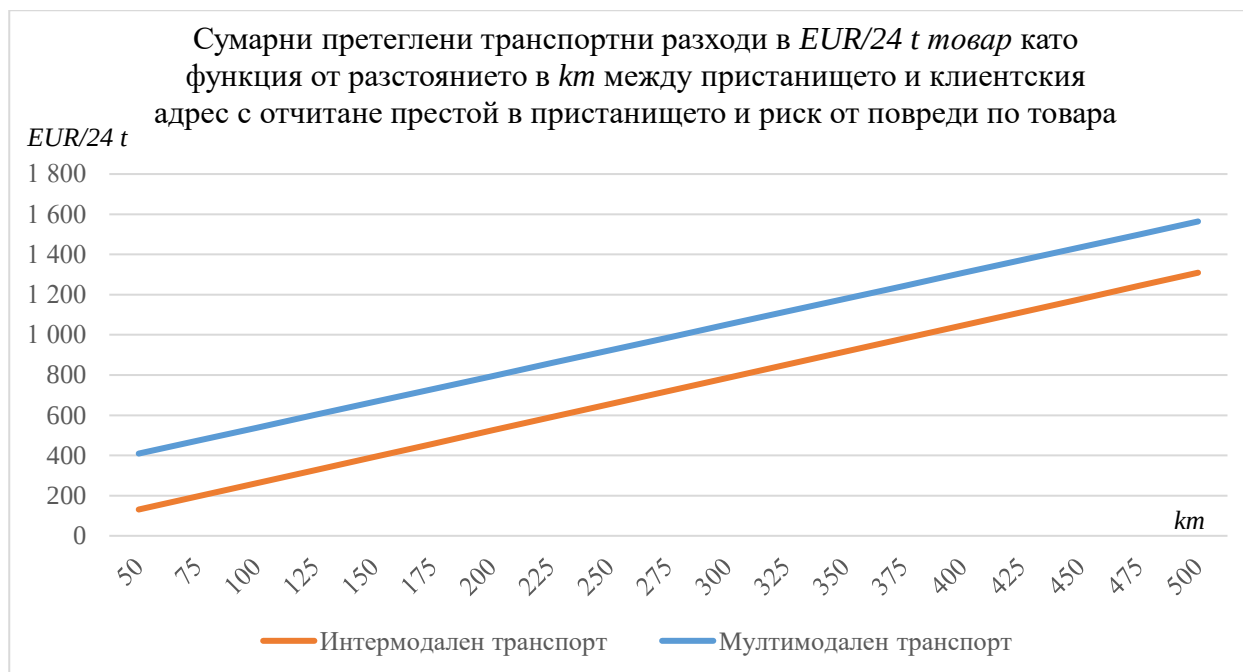
Фиг. 2 Сумарни претеглени транспортни разходи като функция от разстоянието между пристанището и клиентския адрес

Фиг. 2 показва, че при отчитане на тегловите коефициенти на отделните фактори, отново при разстояние l_{pa} над 320 km, мултимодалният транспорт става по-конкурентен от интермодалния, но зависимостта е по-полегата и разликите между двете технологии са по-малко чувствителни към промяната на разстоянието l_{pa} .



Фиг. 3 Сумарни претеглени транспортни разходи като функция от разстоянието между пристанището и клиентския адрес с отчитане престой в пристанището

Фиг. 3 показва, че при отчитане и на престой в пристанището, разстоянието, след което мултимодалният транспорт става по-конкурентен от интермодалния, се увеличава на 350 km поради намаляване наклона на зависимостта при мултимодалния вариант В.



Фиг. 4 Сумарни претеглени транспортни разходи като функция от разстоянието между пристанището и клиентския адрес с отчитане престой в пристанището и риск от повреди по товара

От фиг. 4 е видно, че с прилагането и на коефициентите за риска от повреди по товара R_i и съответно R_m , зависимостите се изменят до степен, че интермодалният транспорт остава устойчиво по-конкурентен от мултимодалния с увеличаване на разстоянието l_{pa} , едновременно поради по-стръмна зависимост и по-високи начални стойности.

ИЗВОДИ

Представената методика дава възможност за комплексно и многопластово сравнение между двата алтернативни вътрешни сегмента на интермодалната и мултимодалната транспортни технологии, отчитайки въздействието на фактори като външни разходи, престой и рискове от повреди по товара, които в практиката се пренебрегват или не им се дава количествено изражение.

С увеличаване на вътрешното сухопътно разстояние между пристанищния контейнерен терминал и клиентския адрес, поради намаляване влиянието на факторите престой и рискове от повреди за сметка на увеличаване влиянието на преките и външните транспортни разходи, при мултимодалната технология сумарните разходи нарастват по-бавно и при определено разстояние (между 320-350 km в условията на Р. България) същата става по-конкурентна от интермодалната. Тези гранични разстояния ще варират в различните страни в света и при изследване на различни пристанища в рамките на дадена страна.

Допълнителното прилагане на коефициентите за тежест на отделните фактори дава възможности за още по-прецизно сравняване на двете транспортни технологии. Следва да се отчита обаче и факта, че използваният в настоящото изследване източник за извеждане на тези коефициенти все пак носи в себе си известна доза субективност и географска ограниченост поради относително неголемия брой експерти, участвали в проучването, както и това, че същите са само от Р. България. При симулация с прилагане на тези стойности на коефициентите за тежест в други географски райони, не са изключени съществени отклонения от реалното съотношение в предимствата и недостатъците на двете транспортни технологии. При широкомащабно международно изследване на експерно мнение, тези тегловни коефициенти биха могли да се прилагат успешно и да дават резултати с по-висока надеждност.

ACKNOWLEDGEMENT

This work shows results of research under Project FNI-RU-02 supported by the fund “Scientific Research” of the University of Ruse.

REFERENCES:

- [1] Min, Hokey, Hyun Jeung Ko, and Chin Soo Lim. “Designing the Global Inland Transportation Network.” *International Journal of Logistics Systems and Management* 5 (2009): n. pag. Web.
- [2] Akbayırlı, Kemal et al. “Container Port Selection in Contestable Hinterlands.” *Journal of ETA Maritime Science* 4.3 (2016): 249–265. Web.
- [3] An, Fen, Hao Hu, and Chi Xie. “Service Network Design in Inland Waterway Liner Transportation with Empty Container Repositioning.” *European Transport Research Review* 7.2 (2015): n. pag. Web.
- [4] Chakkambath, Ranjith Somasundaran. “Port Challenges and Issues of Port and Container Terminal” *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM)* (2021): n. pag. Print.
- [5] Martín-Soberón, Ana María et al. “Automation in Port Container Terminals.” *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 160 (2014): 195–204. Web.
- [6] vanDyck, George Kobina, Stephen Anokye Domfeh, and George Konney. “Container Terminal Land-Utilisation Efficiency in Ghana.” *Journal of Transportation Technologies* 10.01 (2020): 1–15. Web.
- [7] Sterzik, Sebastian, Herbert Kopfer, and Won-Young Yun. “Reducing Hinterland Transportation Costs through Container Sharing.” *Flexible Services and Manufacturing Journal* 27.2-3 (2012): 382–402. Web.
- [8] Zhang, Ruiyou, Won Young Yun, and Herbert Kopfer. “Heuristic-Based Truck Scheduling for Inland Container Transportation.” *OR Spectrum* 32.3 (2010): 787–808. Web.
- [9] European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, Essen, H., Fiorello, D., El Beyrouy, K. et al., *Handbook on the external costs of transport – Version 2019 – 1.1*, Publications Office, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388>
- [10] БМФ Порт Бургас, Условия и цени в сила от 21.04.2023 г., https://navbul-portburgas.com/wp-content/uploads/2023/04/BMF-Port-Burgas-AD-BG-2023_210423.pdf