

TEORETICKÝ RÁMEC NÁVRHU SIETE INTERMODÁLNEJ PREPRAVY

THE THEORETICAL FRAMEWORK FOR INTERMODAL TRANSPORT NETWORK DESIGN

Anežka Grobarčíková¹ Jarmila Sosedová²

Anotace: Cieľom predloženého príspevku je priniesť teoretický prehľad problematiky tvorby siete intermodálnej prepravy a ilustrovať základné princípy vytvárania návrhu simulačného modelu.

Klíčová slova: intermodálna preprava, model, sieť.

Summary: The aim of the present paper is to bring a theoretical overview of the development of intermodal transport network and illustrates the basic principles of the design of simulation model.

Key words: intermodal transport, model, network.

ÚVOD

V druhej polovici 20. storočia priniesla kontajnerizácia vlnu globalizácie a predstavovala symbol medzinárodného obchodu. V dnešnej dobe je takmer každý výrobok navrhovaný a vytvorený prostredníctvom globálnych dodávateľských reťazcov, ktoré sa prostredníctvom outsourcingu snažia získať prístup k najlepšej kvalite pri čo najnižších nákladoch. Intermodálna preprava „od dverí k dverám“ predstavuje v tomto ohľade neodmysliteľnú súčasť celého dodávateľského reťazca pre priemyselné výrobky a ich súčasti.

Narastajúci význam intermodálnej prepravy v Európe, ako samostatne sa vyvíjajúceho prepravného systému, otvára nové možnosti inovatívnym riešeniam pri tvorbe prepravného procesu. Vzhľadom k vysokému podielu cestnej dopravy na prepravnom trhu je kombinovaná preprava jediným riešením na zabezpečenie trvalo udržateľného rozvoja, stálej mobility a hlavne optimálnych nákladov na prepravu. Práve túto otázku rieši Biela kniha (1), kde je definovaný jasný zámer presunu 30 % cestnej prepravy na dlhé vzdialenosti (nad 300 km) do roku 2030 na energeticky efektívnejší druh dopravy, ktorým môže byť železničná, vnútrozemská alebo námorná doprava. Do roku 2050 by to malo byť viac ako 50 %.

Pre hlbšie pochopenie problematiky návrhu sietí a simulačných modelov je nevyhnutné poskytnúť prehľad o vedeckých prácach a projektoch, ktoré boli riešené v oblasti návrhu dopravných sietí vnútrozemskej a intermodálnej prepravy. Najväčší podiel výskumov bol

¹ Ing. Anežka Grobarčíková, Žilinská univerzita v Žiline, F PEDAS, Katedra vodnej dopravy, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Tel.: +421415133552, E-mail: anezka.grobarcikova@fpedas.uniza.sk

² doc. Ing. Jarmila Sosedová, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, F PEDAS, Katedra vodnej dopravy, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Tel.: +421415133552, E-mail: jarmila.sosedova@fpedas.uniza.sk

zameraný na návrh a optimalizáciu konkrétnych typov sietí (železničná, cestná nákladná,..), avšak iba pár z nich sa zaoberala aj problematikou dizajnu siete vnútrozemskej vodnej dopravy.

1. PREHĽAD ŠTÚDIÍ Z OBLASTI NÁVRHU SIETÍ V INTERMODÁLNEJ PREPRAVE

Prvú formuláciu návrhu siete intermodálnej prepravy priniesli Crainic a Rousseau. Predstavili všeobecný postupový rámec na základe sieťovej optimalizácie modelu. Teodor Crainic a Kim (2) taktiež vo svojej ďalšej práci sumarizovali pomocou modelovania a následného matematického programovania prístup pri tvorbe takejto siete. Jardar Andersen sa vo svojej práci zameril na problematiku pravidelnej – linkovej prepravy, kde je daný proces dopravných operácií definovaný prostredníctvom terminálov pôvodu a určenia, trasy, rýchlosti a prepravnej kapacity. Rob van Nes vysvetlil dva hlavné prístupy pri návrhu intermodálnej siete – návrh novej siete od nuly a zlepšenie existujúcej siete. Hlavný rozdiel je v úrovni detailov, s ktorými sa pracuje. V práci zosumarizoval metódy návrhu sietí optimalizovaním modelov pre návrh cestnej siete. Návrh Hub a následná lokalizácia ostatných terminálov v sieti bola preskúmaná prácami od rôznych autorov, najvýznamnejšie sú od Limbourga, Illia Racunica a Rafaya Ishfaq. (3)

Nákladná doprava po vnútrozemských vodných cestách je typická pre návrh siete typu strom, a to hlavne z geografických dôvodov. Notteboom (4) sa vo svojich prácach taktiež venuje problematike intermodálnej prepravy, napr. vo svojej práci aplikoval typ takejto siete pozdĺž Rýnu. Neskôr vo svojej ďalšej práci študoval rozdiely a podrobnosti medzi návrhom takejto kontajnerovej siete na Rýne a rieke Jang-c'-ťiang. Rob Konings (5) vo svojej štúdií riešil všeobecné otázky intermodálnej vnútrozemskej prepravy - návrh siete, rozdelenie uzlov a konkurenčné stratégie. Konings vo svojej štúdií preukázal, že návrh siete pre vnútrozemskú vodnú dopravu závisí od veľkosti plavidla a doby obratu plavidla.

Najviac štúdií je zameraných na analýzu a optimalizáciu vnútrozemskej vodnej dopravy v prístavoch Rotterdam a Antverpy. Je len pár štúdií z oblasti návrhu siete intermodálnej prepravy na Dunaji. Najobsiahlejšia je COLD - *Container Liner Service Danube*. V štúdií bola rozsiahle charakterizovaná uskutočniteľnosť takejto siete.

Projekty z oblasti zakomponovania kombinovanej dopravy do európskej dopravnej siete, kde vystupovalo aj Slovensko, sú napr. Chemlog, BATCo, FLAVIA, SoNorA, SCANDRIA. Chemlog TT - Spolupráca v chemickej logistike v strednej a východnej Európe, projekt bol zameraný na hľadanie efektívnej a bezpečnej prepravy chemických produktov medzi východnou a strednou Európou s využitím kombinovanej dopravy. BATCo (*Baltic Adriatic Transport Cooperation*) si kládla za cieľ spojenie Baltického a Jadranského mora rozšírením existujúceho paneurópskeho dopravného koridoru VI z Gdaňska až do talianskych prístavov Terst/Benátky a do Bologne. FLAVIA (*Freight and Logistics Advancement in Central/South-East Europe - Validation of trade and transport processes, Implementation of improvement actions, Application of co-coordinated structures*) rieši intermodálne spojenie strednej Európy s juhovýchodnou Európou a s krajinami v oblasti Čierneho mora. SoNorA

(*South-NORTH Axis*) a SCANDRIA (*The Scandinavian-Adriatic Corridor for Innovation and Growth*) riešili ekologický a inovatívny dopravný koridor medzi baltickým a jadranským regiónom.

Medzi ďalšie projekty z oblasti intermodálnej prepravy patril projekt TRANSit MED (*TRANSport Intermodal Transit*), ktorý riešil kompletnú platformu na podporu intermodálnej prepravy v oblasti Stredozemného mora. APRICOT (*Advanced pilot tri-modal transport chains for the corridors West to South/South-East Europe for combined transport*) mal v cieľoch začlenenie vodnej dopravy do prepravy „od dverí k dverám“ a tým odbremenenia cestnej dopravy najmä v alpskom regióne pozdĺž hlavných dopravných koridorov.

Najnovší projekt z oblasti intermodálnej prepravy na Dunaji je NEWS (*Development of a Next generation European Inland Waterway Ship and logistics system*). Hlavným cieľom je návrh novej generácie kontajnerových vnútrozemských plavidiel a nového logistického systému prepravy kontajnerov po vnútrozemských vodných cestách, hlavne po Dunaji.

2. TEORETICKÝ RÁMEC NÁVRHU SIETE INTERMODÁLNEJ PREPRAVY

Definícia intermodálnej dopravnej siete je odvodená od špecifikácií intermodálnej dopravy a znamená logisticky prepojenú sústavu pomocou dvoch alebo viac druhov dopravy s rovnakými atribútmi (3). Mnoho dopravcov pri návrhu novej siete nepočíta so všetkými faktormi, ktoré vstupujú do intermodálneho prepravného procesu. Ak chceme navrhnuť intermodálnu sieť je nevyhnutné si zvoliť pravidlá pre prepravu prvkov a navrhnuť spoločné zásady pre danú sieť. Meranie výsledkov celého dodávateľského reťazca je kľúčové pre všetky zúčastnené strany, pretože poskytuje jasné údaje o výkonnosti „benchmark“ služieb, teda služieb ktoré možno medzi sebou ľahko porovnávať.

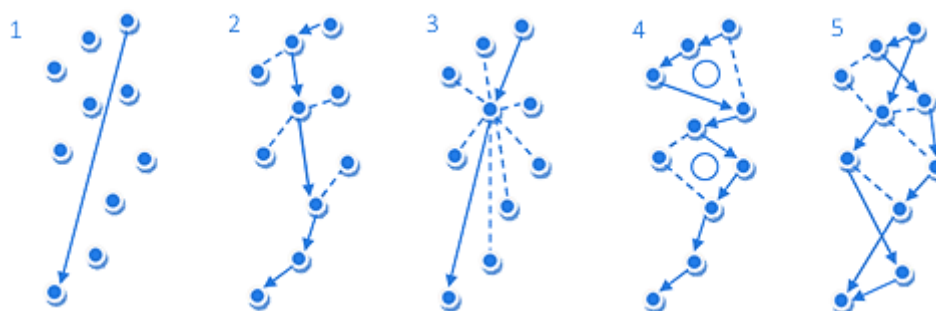
Medzi hlavné kategórie výkonnostných ukazovateľov reťazca intermodálnej prepravy možno zaradiť:

- prepravné (*pricing outcomes*) – sledovaním celkových nákladov, ktoré musí prepravca zaplatiť od miesta určenia do miesta doručenia na jednu IPJ;
- finančné výsledky vrátane ziskovosti (*financial outcomes*) – na finančné výsledky sa možno pozeráť z pohľadu prepravcu, ako aj z pohľadu dopravcu v celom dodávateľskom reťazci;
- časovanie (*timing*) – tranzitné časy, frekvencia služby a spoľahlivosti;
- kvalita servisu / strata a poškodenie (*service quality /loss and damage control*) – pomer počtu strát a škôd na počet prepravených IPJ, pomer nárokov škôd a strát na IPJ;
- jednoduchosť použitia (*ease of use*) - týka sa hlavne administratívnych postupov, ako je jednoduchosť dokumentácie, chybovosť fakturácii, schopnosť sledovania zásielky a ďalšie aspekty vzťahu medzi klientom a danou službou. (7)

Existuje mnoho typov sietí popisovaných v odbornej literatúre. Tie najjednoduchšie spojenia vyplývajú z 3 základných štruktúr dopravných systémov:

- lineárna štruktúra (*line structure*),
- prstencová štruktúra (*ring structure*),
- hviezdicová štruktúra (*star structure*).

V závislosti od umiestnenia uzlov a požiadaviek prepravných tokov, môžu byť tieto systémy spojené do rôznych dvojdimenzionálnych až trojdimenzionálnych tvarov. Najznámejšie sú zobrazené na Obr. 1.



Zdroj: (3)

Obr. 1 - Príklady dopravných sietí

1- Lineárny (*Direct link - Line*), 2 – Strom (*Corridor*), 3- Hviezda (*Hub - and - Spoke*),
4 – Statické cesty (*Static routes*), 5 – Dynamické cesty (*Dynamic routes*)

Pri návrhu siete intermodálnej prepravy sa sledujú dva hlavné ciele:

- sieť, ktorá bude mať významnú, udržateľnú a konkurencieschopnú výhodu,
- sieť, ktorá bude mať dobrý potenciál pre vstup na trh.

Oba tieto ciele sú zamerané predovšetkým na marketing, avšak majú taktiež veľký vplyv na celkovú technologickú funkčnosť systému. Cieľom návrhu je vyvinúť takú sieť, ktorá bude schopná vstúpiť na trh a udržať sa tam prilákaním dostatočného dopytu. Prvý prezentovaný cieľ zastrešuje cenovú výhodu, výhodu vo vzťahu k externým nákladom a vo vzťahu k životnému prostrediu. Kompletná analýza dopytu z pohľadu odosielateľa a príjemcu a z pohľadu konkurencie je nevyhnutným prvým krokom pri budovaní dopravného systému. (3)

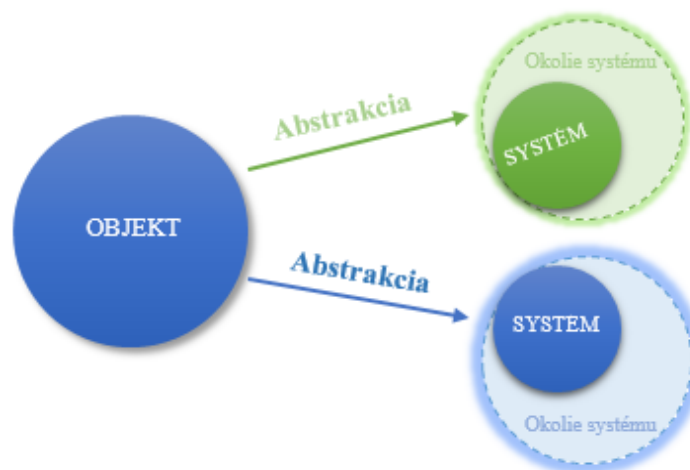
3. NÁVRH SIMULAČNÉHO MODELU

Na začiatok predstavíme základnú terminológiu z oblasti modelovania a simulácie, ktorá je nevyhnutným predpokladom pre úspešné zvládnutie danej problematiky.

3.1 Systém a jeho prvky

V procese modelovania a simulácie je úlohou skúmanie objektov, ich vlastností a činností, pričom skúmané objekty môžu reálne existovať alebo môžu byť len plánované. Pri skúmaní objektov zanedbávame aspekty, ktoré nie sú vzhľadom na charakter nášho skúmania

podstatné a zameriame len na jeho podstatné vlastnosti. Vtedy zavádzame v objekte skúmania isté abstrakcie, ktoré nazývame systémy (6). To znamená, že od nepodstatných vlastností abstrahujeme alebo inými slovami v danom skúmanom objekte sme vymedzili systém (Obr. 2).



Zdroj: Autori podľa (6)

Obr. 2 - Vymedzenie systému na objekt skúmania

Pri skúmaní objektov je nevyhnutné uvažovať aj o jeho okolí, ktoré má na jeho činnosti a vlastnosti nezanedbateľný vplyv. Abstrakciou okolia objektu skúmania nazývame okolie systému, ktorý obdobne ako systém obsahuje len podstatné časti okolia objektu.

Každý systém je zložený z prvkov (elementov), ktoré taktiež nazývame entity. Entity predstavujú fyzické, prípadne logické komponenty objektu skúmania, ktoré môžeme na základe ich vlastností rozdeľovať podľa rôznych kritérií. Táto kategorizácia nám neskôr uľahčí analýzu činnosti systému i budovanie modelu systému. Každý prvok systému má svoje vlastnosti – atribúty, ktoré ho charakterizujú. Najprirodzenejším a často i najlepším spôsobom posúdenia správania sa skúmaného systému, je nevyhnutné vykonať experimenty na priamom objekte skúmania. Pri tomto postupe je potom možné okamžite identifikovať dopady vykonaných zmien bez prípadného skreslenia z dôvodu použitia nesprávnych modelov, resp. nesprávnych vstupných dát. Z tohto pohľadu je taktiež dôležité zohľadnenie času vo vymedzenom systéme. Ak čas nie je v predmetnom systéme obsiahnutý, teda od času sme abstrahovali, hovoríme o statickom systéme. Na druhú stranu systémy, v ktorých je čas významnou vlastnosťou a berieme ho pri skúmaní do úvahy, sú označované ako dynamické systémy.

Modelovaním nazývame výskumnú metódu, ktorej podstatou je náhrada skúmaného systému (originálu) jeho modelujúcim systémom (modelom) s cieľom získať pomocou pokusov (experimentov) s modelom informácie o origináli (6). Alebo môžeme teda skrátene hovoriť, že originál (teda modelovaný systém) nahrádzame jeho modelom (modelujúcim systémom).

Ak používame dynamický modelujúci systém, ktorý nahrádza dynamický modelovaný systém, hovoríme o simulácii. Pre označenie dynamického modelujúceho systému používame

pojem simulačný systém alebo skráteno simulačný model. Modelovanie, pri ktorom je použitý simulačný model nazývame simulácia.

Simulácia je teda výskumná metóda, ktorej podstatou je náhrada skúmaného dynamického systému (originálu) jeho simulačným modelom, s ktorým sa experimentuje s cieľom získať informácie o pôvodnom skúmanom dynamickom systéme (6).

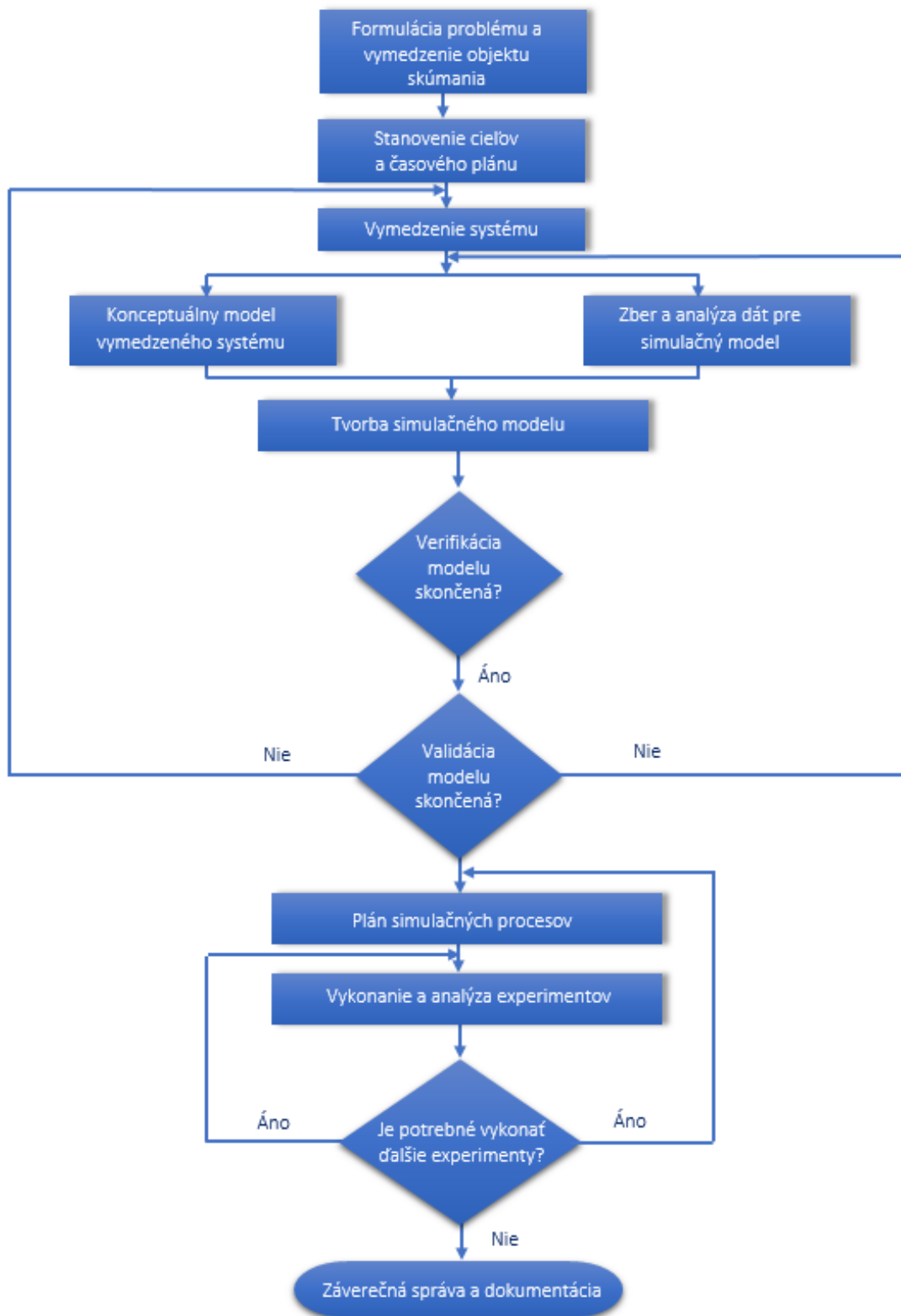
Postup krokov pri skúmaní systémov pomocou modelovania a simulácie môžeme rozdeliť na dve základné etapy:

- návrhu a tvorby simulačného modelu,
- experimentovania.

Pri návrhu a tvorbe simulačného modelu vykonávame postupne 12 etáp, ktoré možno vykonávať sekvenčne, prípadne paralelne (sled jednotlivých etáp je znázornený na Obr. 3).

Sled jednotlivých krokov je nasledovný:

1. Formulácia problému a vymedzenie objektu skúmania
2. Stanovenie cieľov a časového plánu
3. Vymedzenie systému
4. Konceptuálny model vymedzeného systému
5. Zber a analýza dát pre simulačný model
6. Tvorba simulačného modelu
7. Verifikácia simulačného modelu
8. Validácia simulačného modelu
9. Stanovenie plánu simulačných experimentov
10. Vykonanie a analýza experimentov
11. Korekcia plánu experimentov (Je potrebné vykonať ďalšie experimenty?)
12. Záverečná správa a dokumentácia



Zdroj: Autori podľa (6)

Obr. 3 - Sled krokov pri skúmaní systémov pomocou modelovania a simulácie

Ako každá iná metóda, aj simulácia má svoje výhody i nevýhody. Pokiaľ chceme danú metódu použiť, je dôležité identifikovať tieto vlastnosti. Medzi základné výhody počítačovej simulácie môžeme zaradiť:

- **vykonávanie kontrolovaných experimentov** – pomocou modifikácií vstupných parametrov simulačného modelu je možné vykonávať experimenty, ktorými je potrebné preveriť a preskúmať správanie sa systému, na základe toho je možné vykonať analýzu širokého spektra vlastností modelovaného systému bez dodatočných nákladov;
- **úspora finančných prostriedkov** – využitím simulácie sa nám otvárajú možnosti overiť správanie sa systému v predstihu a na základe toho máme šancu pozmeniť systém tak, aby jeho správanie sa zodpovedalo stanoveným kritériám;
- **expánzia času** – prispôsobenie rýchlosti plynutia času našim potrebám;
- **pomáha porozumeniu fungovaniu systému** – pri tvorbe modelu sa zvyčajne vykonáva podrobná analýza konkrétnych oblastí, ako aj činností v celom systéme, čo môže výrazne pomôcť pri pochopení fungovania systému ako celku.

Na druhej strane k nevýhodám počítačovej simulácie je možné zahrnúť:

- **vytvorenie komplexného modelu môže byť časovo náročné** – tvorba modelov niektorých typov systémov, kde vystupuje aj ľudský faktor, môže byť veľmi náročná úloha, ktorá si okrem odborných znalostí vyžiada taktiež značné množstvo času;
- **štatistické spracovanie pri stochastickom charaktere vstupov** – pri skúmaní systémov je nevyhnutné rešpektovať náhodné vplyvy, ktoré ovplyvňujú činnosť systému – zanedbanie adekvátnych vstupov by malo následky na validitu celého simulačného modelu;
- **vytvorenie modelu vyžaduje odborné znalosti** – aby sme od experimentovania s modelom mohli očakávať správne výsledky, je nevyhnutné, aby model do určitej miery verne reprezentoval modelovaný systém a jeho činnosť. (6)

ZÁVER

Po navrhnutí intermodálneho systému bude možné hľadať hlavné úzke miesta, ktoré vymedzia objekt ďalšieho skúmania. Vytvorenie dostatočnej databázy získaných poznatkov umožní identifikovať celkom presný objekt ďalšieho skúmania a formulovať jasný cieľ, ktorý chceme simuláciou dosiahnuť. Následne sa prostredníctvom vykonávania experimentov pomocou simulácie budeme snažiť identifikovať dopad zmien na daný systém pri zapojení vnútrozemskej plavby. Výsledný návrh optimalizácie úzkych miest môže priniesť zlepšenie súčasných postupov a prispieť k efektívnejšiemu fungovaniu celého systému.

Príspevok je spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0331/14 "Modelovanie distribučného logistického systému s využitím softvérových riešení".

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) EURÓPSKA KOMISIA. *Biela kniha - Plán jednotného európskeho dopravného priestoru – Vytvorenie konkurencieschopného dopravného systému efektívne využívajúceho zdroje.* Brusel, 28.3.2011, KOM(2011) 144 v konečnom znení.

- (2) CRAINIC, T. G. a KIM, K. H. *Intermodal Transportation*. Departement management et technologie, Universite du Quebec a Montreal. [online]. [cit. 2014-28-08]. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.91.4249&rep=rep1&type=pdf>
- (3) BURENCO, I. *Intermodal inland water transport networks design*: diplomová práca. Dresden: Dresden international university, 2011.
- (4) NOTTEBOOM, T. *The interdependence between liner shipping networks and intermodal networks*. In: Proceedings of the IAME 2002 Conference Maritime Economics. Dostupné z: http://www.cepal.org/transporte/perfil/iame_papers/proceedings/notteboom.doc
- (5) KONINGS, R. *Intermodal Barge Transport: Network Design, Nodes and Competitiveness*: dizertačná práca. Delf: TRAIL Research School. 238 s. ISBN 978-90-5584-121-9
- (6) MÁRTON, P. a ADAMKO, N. *Praktický úvod do modelovania a simulácie*. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline v EDIS, 2011. 264 s. ISBN 978-80-554-0387-8.
- (7) OECD, 2002. *Benchmarking Intermodal Freight Transport*. [online]. [cit. 2014-28-08]. Dostupné z: <http://www.internationaltransportforum.org/pub/pdf/02BenchmarkingE.pdf>