

VYUŽITIE POČÍTAČOVEJ SIMULÁCIE V LOGISTIKE STAVEBNÉHO PROCESU

AN APPLICATION OF COMPUTER SIMULATION IN CONSTRUCTION LOGISTICS

Gabriel Fedorko¹, Štefan Ficzeri²

Anotace: Článok sa venuje možnostiam aplikovania počítačovej simulácie v logistike stavebného procesu. V článku je popísaný model dopravy betónu a realizovanie betonáže. V rámci simulačného experimentu je prezentovaná možnosť aplikácie modelu na konkrétny stavebný proces.

Kľúčová slova: simulácia, logistika, stavebný proces.

Summary: The paper presents an application of computer simulation in construction logistics. The proposed model simulates the transportation and placement of concrete. A possibility of applying the model to specific construction process is presented within the simulation experiment.

Key words: simulation, logistics, construction process.

ÚVOD

Počítačová simulácia patrí v súčasnosti medzi kľúčové metódy v rôznych oblastiach logistiky. Je to predovšetkým z toho dôvodu, že ponúka širokú škálu výhod ako je napr. podpora rozhodovania medzi rôznymi alternatívnymi riešeniami, predikcia budúceho vývoja na základe dostupných údajov a pod.. Existujú však oblasti logistiky, kde bolo aplikovanie počítačovej simulácie donedávna trochu zaznávané. Jednou z takýchto logistických oblastí, ktorá využívanie výhod počítačovej simulácie využívala v menšej miere je stavebná logistika.

„Pojem stavebná logistika označuje odvetvovú aplikáciu logistiky v stavebníctve. Jej úlohou je koordinované riadenie hmotných a nehmotných tokov výstavbového procesu pre zabezpečenie optimálnych cieľov stavebného projektu, týkajúcich sa nákladov, času a kvality“ (1).

1. APLIKÁCIA SIMULÁCIE V STAVEBNÍCTVE

Vlastnosti počítačovej simulácie predurčujú jej potenciálne aplikovanie v nasledujúcich problémových oblastiach stavebnej logistiky:

¹ doc. Ing. Gabriel Fedorko, PhD. , Technická univerzita Košice, Fakulta BERG, ÚLPaD, Park Komenského 14, 040 01 Košice, Tel.: +4216023125, E-mail: gabriel.fedorko@tuke.sk

² Ing. Štefan Ficzeri, Technická univerzita Košice, Fakulta BERG, ÚLPaD, Park Komenského 14, 040 01 Košice, Tel.: +4216023125.

- Modely riadenia zásob – cieľom systému riadenia zásob je určenie hodnoty parametra zásobovania a minimalizácii zásob. Môže to riešiť problém dodacej lehoty alebo veľkosti zásob. Simulácia je možným nástrojom na riešenie plánovania.
- Modely hromadnej obsluhy – znakom skupiny hromadnej obsluhy sú obmedzené zdroje, o ktoré súperia požiadavky. Kvôli nízkemu počtu zdrojov čakajú požiadavky vo frontoch. Riešenie tohto problému zabezpečuje zosúladienie intenzity obsluhy a intenzity príchodu požiadaviek.
- Modely riadenia projektu – cieľom je získať nákladové, časové a iné charakteristiky projektov. Modely su založené na metódach sieťovej analýzy.
- Modely rozhodovania za rizika – uplatnenie simulácie dochádza pri rozsiahlych úlohách, kde je počet rozhodovacích uzlov veľmi veľký. (3,4,5)

1.1 Logistika stavebného procesu

„Proces výstavby sa v súčasnosti vyznačuje pomerne vysokými nákladmi, problémami s dodržaním termínov a nízkou produktivitou.

Uvedená situácia je okrem iného spôsobená aj nedostatočnou organizáciou logistických procesov prebiehajúcich na stavenisku. Realizácia hlavných činností predstavuje približne iba 30 % z celkového času výstavby. Ďalších 30 % pripadá na prepravu materiálov, premiestňovanie pracovníkov, ktorí pri tom nevykonávajú žiadne činnosti, hľadanie materiálu alebo náradia, potrebného pre realizáciu ďalších prác, upratovanie a prekládku materiálov, technické a organizačné prerušenia“ (2).

V rámci logistiky ľubovoľnej stavby patrí medzi najdôležitejšie činnosti proces betonáže. Tento proces patrí medzi kľúčové faktory, ktoré ovplyvňujú dodržiavanie jednotlivých časových termínov, vplývajú na výslednú kvalitu finálneho produktu a v poslednej miere ovplyvňujú aj finančnú stránku celého procesu.

Betonáž môže byť realizovaná tak, že buď betón sa produkuje v areály, kde je stavebný proces realizovaný alebo sa dováža z miesta nachádzajúceho sa mimo stavebného areálu. V tomto druhom prípade tak do celého procesu logistiky stavebného procesu vstupuje faktor dopravy. Práve na riešenie takýchto a im podobných logistických úloh je v rámci stavebnej logistiky vhodné použiť počítačovú simuláciu.

2. SIMULÁCIA DOPRAVY BETÓN V RÁMCI STAVEBNÉHO PROCESU

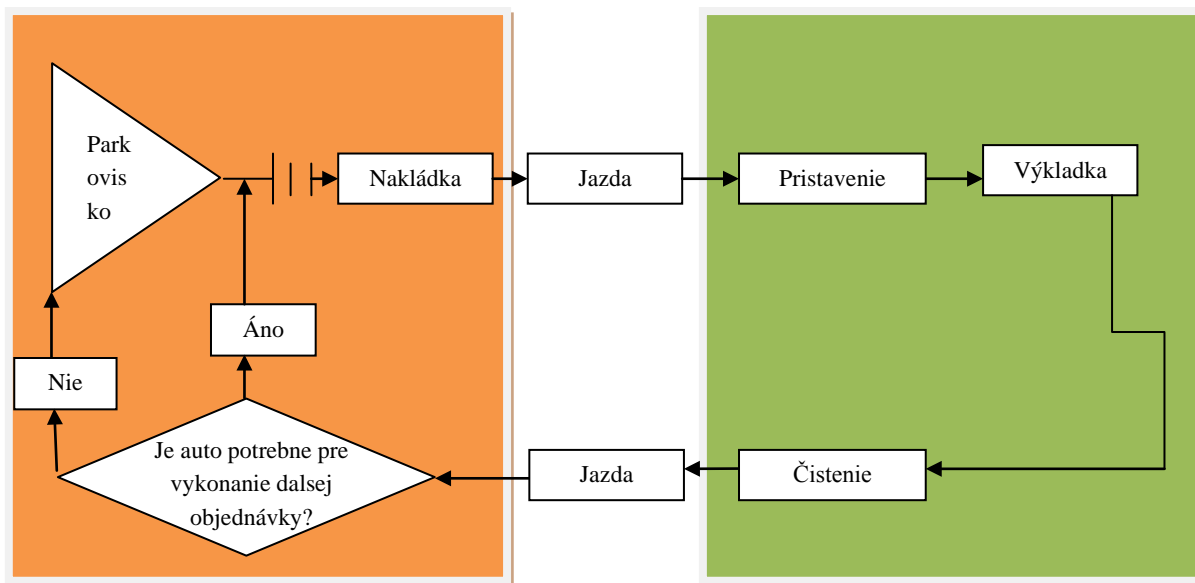
Pre overenie aplikovania simulácie v procese prípravy a plánovania dopravy betónu v rámci stavebného procesu bol analyzovaný reálny proces, ktorý bol pobrobne popísaný a formalizovaný.

Začiatok celého procesu začínajú nákladné automobily prichádzajúce na nakládku z parkoviska firmy produkujúcej betónovú zmes. Obslužný pracovník betonárky nastavuje na zmiešavači požadovanú konzistenciu betónu a následne je schopný do 20 minút naložiť hociktoré vozidlo firmy. Domiešavač po naložení okamžite odchádza za stáleho miešania betónu k zákazníkovi na miesto vykládky. Na mieste vykládky vodič vypíše tzv. „Výdajku betónových zmesí“. Po obhliadnutí dostupnosti terénu a vzájomnej dohode so zákazníkom vodič pristaví auto na vykládku, resp. auto pripojí k pumpe.

Po vyčerpaní všetkého betónu vodič manuálne pomocou vysokotlakovej čistiacej pištole na vodu vyčistí svoje vozidlo.

Pripojenie k pumpe na čerpanie betónu má však jednu nevýhodu. Pumpa nedokáže dostať úplne všetok betón z domiešavača, resp. 0,5 m³ betónovej zmesi pumpa nedokáže vytlačiť pre nedostatok tlaku. V takom prípade zákazníkovi tento obsah vodič vypusti na nejaké určené miesto na zem.

Po ukončení procesu čistenia auto odchádza späť na firmu. Pokiaľ je auto ďalej potrebné pre ďalšiu zákazku, prichádza znova na nákladku, ak je momentálne nepotrebné ide na parkovisko na svoje určené odstavné miesto. Celý uvedený proces je možné popísať blokovou schémou na Obr. 1. Na jej základe bol následne vytvorený simulačný model.



Zdroj: Autor

Obr. 1 - Blokovaná schéma procesu prepravy betónu

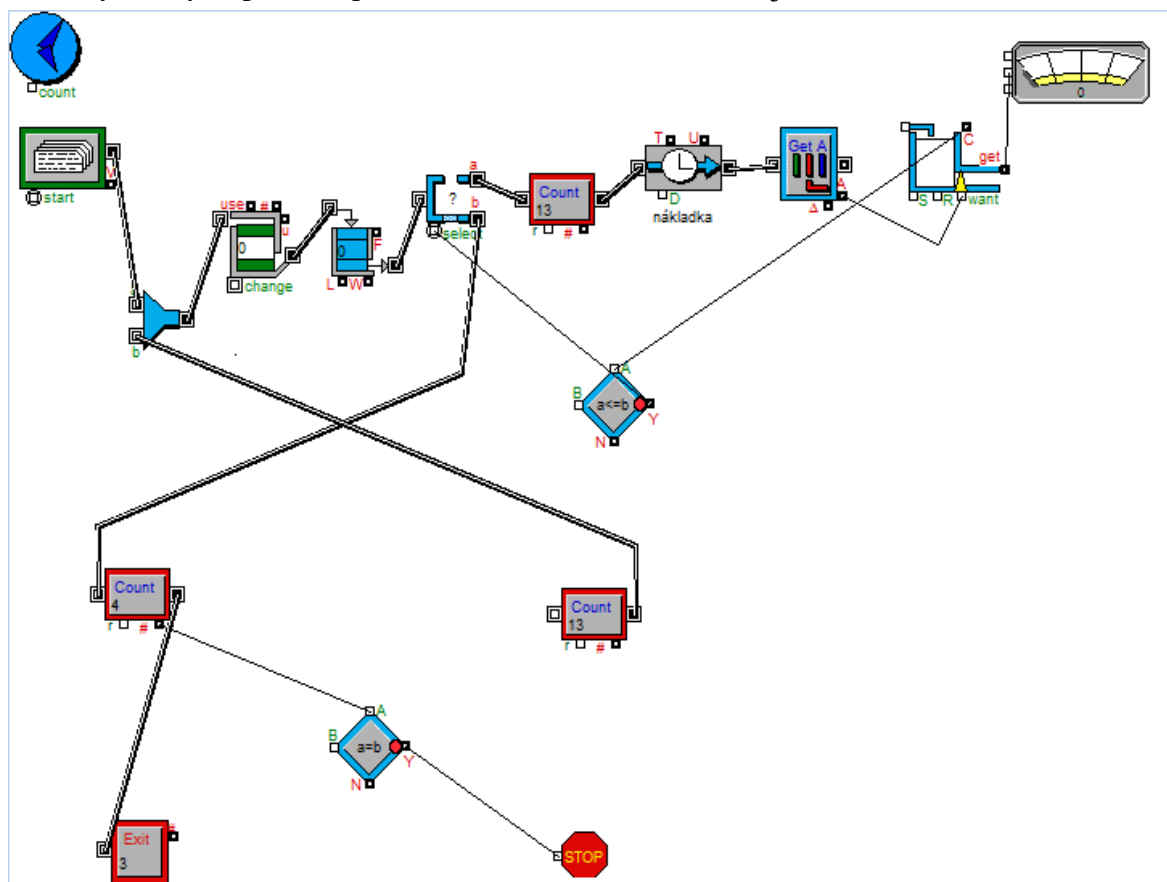
2.1 Simulačný model

Na základe blokovej schémy na Obr. 1 bol pomocou programu Extend vytvorený simulačný model prepravy betónu na konkrétnu stavbu. Cieľom bolo porovnanie výsledkov získaných simulačným experimentom so skutočnými záznamami získanými pri preprave betónu na stavbu.

Príchod vozidiel na nákladku a ukončenie prepravy znázorňuje Obr. 2. Pre vytvorenie tohto submodelu boli použité bloky z jednotlivých knižníc programu Extend, ktoré slúžia pre prípravu diskretných simulačných modelov.

Tento submodel generuje príchod domiešavačov, ktoré má firma k dispozícii k vykonaniu betonáže. V rámci tohto submodelu sa tiež dohliada na vyvezené množstvo betónu z betonárky a potreba vozidiel pre ďalšiu prepravu betónu. Blok „Program“ nám generuje príchod vozidiel, ktoré máme k dispozícii k realizácii prepravy betónu. Prvý príchod vozidiel na nákladku je zabezpečovaný hornou vetvou bloku „Combine“. Ďalej na nákladku prichádzajú spodnou vetvou, pokiaľ sú potrebné pre ďalšiu prepravu. Vozidlá prichádzajú na

nakládku v rovnakých intervaloch. Vozidlá sa točia v okruhu prepravy, pokiaľ nie je na mieste vykládky dopravené požadované množstvo betónovej zmesi.



Zdroj: Autor

Obr. 2 - Príchod vozidiel na nakládku a ukončenie prepravy

Odoslané množstvo betónovej zmesi je kontrolované pomocou bloku „*Holding Tank*“, ktorý je prednastavený na požadovanú kapacitu. Blok je prepojený s blokom „*Select DE Output*“, ktorý po prekročení kapacity automaticky prepne svoju spodnú vetvu na ktorej je simulované ukončenie simulácie. Vozidlá prichádzajú na parkovisko, teda do bloku „*EXIT*“ postupne po prečerpaní požadovanej betónovej zmesi. Po príchode posledného vozidla sa simulácia zastaví. Jazdu vozidiel z miesta nakládky do miesta vykládky a naopak znázorňuje Obr. 3.



Zdroj: Autor

Obr. 3 - Jazda vozidiel na stavbu

Tab. 1 - Namerané hodnoty reálneho stavu procesu prepravy betónu

Druh voz.	Por.číslo	čas príchodu	čas odchodu	m ³	činnosť P	Doba N	Doba V	čakanie	doba jazdy s nakl	doba jazdy bez nakl	doba jazdy spolu	km s nakl	km bez nakl	km spolu
Pumpa	1	8:00	16:15		495		235	220		60	60	20	20	40
Domiešavač	1	8:10	8:30	8		20	20	0	25	20	45	20	20	40
Domiešavač	2	9:10	9:30	8		30	20	0	25	20	50	20	20	40
Domiešavač	3	10:00	10:15	8		20	15		25	20	50	20	20	40
Domiešavač	4	10:55	11:15	8		30	20	0	30	30	60	20	20	40
Domiešavač	5	11:35	11:50	8		20	15	0	25	20	50	20	20	40
Domiešavač	6	11:50	12:05	8		25	15	0	25	30	55	20	20	20
Domiešavač	7	12:20	12:40	8		30	20	0	25	25	50	20	20	40
Domiešavač	8	13:05	13:25	8		20	20	0	25	25	50	20	20	40
Domiešavač	9	13:20	13:40	8		25	15	5	25	30	55	20	20	40
Domiešavač	10	13:50	14:10	8		30	20	0	30	20	60	20	20	40
Domiešavač	11	14:35	14:50	8		25	15	0	25	25	50	20	20	40
Domiešavač	12	14:55	15:15	8		25	20	0	25	30	55	20	20	40
Domiešavač	13	15:25	15:45	8		30	20	0	25	20	60	20	20	40

Z Tab. 1 je možné pozorovať, že jednotlivé domiešavače neprichádzali na nakládku v pravidelných intervaloch, čo viedlo k veľkým prestojom prečerpávacej pumpy na stavbe.

Samotný prestoj pumpy sa tak pohyboval okolo 52%, čo predstavuje viac ako polovičnú nevyužitelnosť. Táto skutočnosť tak znamená, že napríklad financie za použitie pumpy by sa dali vďaka efektívnemu plánovaniu stavebného procesu ušetriť. Ďalšou nevýhodou uvedenej situácie bola potreba dočasnej odstavnej plochy pre čakajúce domiešavače na stavenisku, zvýšená úroveň hluku a produkcia emisií.

Jednou z možností ako sa celý proces betonáže mohol zefektívniť, bol ten, kde by sa naplánoval počet domiešavačov, ktoré by dopravu zabezpečovali a tiež by sa bol vypracoval plánových časov príchodu na stavenisko.

Pri napláňovaní počtu aplikovaných domiešavačov a času príchodov jednotlivých domiešavačov na stavbu by sa na základe počítačovej simulácie /simulačného modelu/ skrátil proces betonáže až o 85,5 min, čo by predstavovalo ušetrenie času približne 20,09 % oproti sledovanému reálnemu procesu. Pri tvorbe plánu bolo vychádzané z predpokladu, že domiešavače mohli prichádzať v pravidelných intervaloch po 20-tich minútach (s 5% toleranciou na kompenzáciu aktuálnej dopravnej situácie), vzhľadom nato že vykládka jedného domiešavača sa pohybuje od 15 do 20 min. (Tab. 2).

Tab. 2 - Porovnanie údajov o reálnom systéme a výstupných údajov simulácie

	Reálny systém	Simulácia	Odchýlka
Trvanie betonáže (min)	425,5 min	340 min	-85,5 min
Počet cyklov	13	13	0
Priemerný výkon (m ³ .hod ⁻¹)	14,66	18,37	3,71
Priem. objem v 1 cykle (m ³)	8	8	0

Podobných scenárov je možné pri plánovaní stavebných procesov vypracovať niekoľko, pričom výber optimálneho riešenia je možné výhodne realizovať pomocou jednoduchých simulačných experimentov.

ZÁVER

Aplikovanie počítačovej simulácie v logistike stavebného procesu predstavuje prostriedok pre zefektívnenie plánovania jednotlivých stavebných etáp. Môže byť použitá ako na strane stavebníka, tak aj na strane jednotlivých dodávateľov. Jej úlohou je pôsobiť ako efektívny rozhodovací nástroj predovšetkým v takých oblastiach ako je doprava materiálu, plánovanie zemných prác, manipulácia so stavebným materiálom, skladovanie apod.. Ďalšou možnosťou je využiť počítačovú simuláciu pre definovanie všeobecne platných pravidiel, ktoré je možné vypracovať a pre potreby plánovania stavebných procesov veľmi rýchlo operatívne aplikovať.

Článok je súčasťou riešenia grantového projektu VEGA 1/0922/12, VEGA 1/0184/12 a projektu VEGA 1/0036/12.

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) *Stavebná logistika [online]. c2007 [cit. 2013-02-02]. Dostupné z <<http://dal.hnonline.sk/c1-24928070-stavebna-logistika>>.*
- (2) *Organizačné aspekty stavebnej logistiky [online]. c2007 [cit. 2013-02-02]. Dostupné z <<http://dal.hnonline.sk/c1-24929170-organizacne-aspekty-stavebnej-logistiky>>.*
- (3) TALIAN, J. : Metodika optimálneho environmentálneho hodnotenia stavebných technológií (Optimalizácia integrovaného stavebného procesu pomocou simulácie) : Dizertačná práca. Bratislava: STU SvF, 2010. 69 s.
- (4) HROMADA, J. , GREGOR, M., KRAJČOVIČ, M. Ako vybrať najvhodnejší simulačný softvér [online]. [cit. 2013-11-02] Dostupné na internete: <<http://fstroj.utc.sk/journal/sk/50/50.htm>>.
- (5) DLOUHÝ, M., FÁBRY, J., KUNCOVÁ, M., HLADÍK, T. Simulace podnikových procesů., Brno:Computer Press., 2007. 208 s. ISBN : 978-80-251-1649