



The International Journal of
TRANSPORT & LOGISTICS
Medzinárodný časopis
DOPRAVA A LOGISTIKA

ISSN 1451-107X

MODELOVÁNÍ JEDNODUCHÉHO PROCESU ODBAVOVÁNÍ ZAVAZADEL JAKO SOUSTAVY DOPRAVNÍKŮ

MODELLING OF A SIMPLE BAGGAGE HANDLING PROCESS AS A CONVEYOR SYSTEM

Vladimír Hanta¹, Jaroslav Poživil²

¹ Faculty of Chemical Engineering ICHT Prague, Department of Computing and Control Engineering, Technická 5, 166 28 Praha 6, Czech Republic, tel.: +420 220 444 212, fax: 420 220 445 053, e-mail: hantav@vscht.cz

² Faculty of Chemical Engineering ICHT Prague, Department of Computing and Control Engineering, Technická 5, 166 28 Praha 6, Czech Republic, tel.: +420 220 444 212, fax: 420 220 445 053, e-mail: pozivil@vscht.cz

Abstrakt: Tvorba počítačových modelů a experimenty s těmito modely se od druhé poloviny minulého století začaly používat k návrhu a zlepšování výrobních, obslužných a logistických procesů. Bylo možné prověřit i situace a podmínky, které nešlo z různých důvodů provést na existujících reálných objektech. Simulační postupy [2] často vedly ke zlepšení efektivity, snižování nákladů a zvýšení zisku.

V příspěvku je popsán jednoduchý systém odbavování zavazadel modelovaný jako systém diskrétních událostí v prostředí simulačního programu Witness 2008.

Klúčové slová: modelování a simulace, systémy diskrétních událostí, odbavování zavazadel na letištích, systém dopravníků

Abstract: Since the second half of the last century, creating computer models and experimentation with the models have begun to be applied to design and improving production, service and logistic processes. It has been possible to verify the situations and conditions that could not be carried out on the existing real objects. Simulation experiments [2] often lead to efficiency improving, cost reducing and profit increasing.

A simple system of baggage handling modelled as a discrete event system in the environment of Witness 2008 simulation program is described in the contribution.

Key words: modelling and simulation, discrete event systems, airport baggage handling, conveyors system

1 ÚVOD

Důležitou částí letištní infrastruktury je systém odbavování zavazadel. Systém zajišťuje identifikaci, třídění a dopravu zavazadel všech cestujících. Přitom čas na odbavení je omezen – všechna zavazadla musí být připravena 10-15 minut před odletem. Nároky na systém odbavování zavazadel se zvyšují s rostoucím počtem cestujících, letů a letových destinací. Jediným řešením je plně automatizovaný systém odbavování zavazadel. Automatický systém by měl především eliminovat chyby v třídění, které jsou časté při ruční manipulaci a které jsou nejčastější přičinou ztráty zavazadel. Pro analýzu a vylepšování systému odbavování zavazadel může být s úspěchem využit simulační model.

2 ODBAVOVÁNÍ ZAVAZADEL NA LETIŠTÍCH

Systém odbavování zavazadel [4], který patří mezi nejdůležitější podsystémy provozu letišť, má tři hlavní úkoly (**Obr. 1**):

- dopravit zavazadla od odbavovací přepážky k vozíku nebo kontejneru v odletovém prostoru,
- dopravit zavazadla od příletu k odletu při tranzitu,
- dopravit zavazadla z letadel, která právě přistála, na výdejový karusel pro cestující.

Proces začíná u odbavovací přepážky. Její pracovník vloží údaje o letu do počítače, vytiskne visačku s čárovým kódem, který obsahuje veškeré údaje o letu, a připevní ji na zavazadlo, které zváží. Zavazadla nejprve projdou bezpečnostní kontrolou. Poté dopravník dopraví zavazadlo k soustavě skenerů, které přečtou čárový kód. Od této chvíle je v každém okamžiku počítačový systém informován o pohybu zavazadla. Automatický skener čárových kódů mívá

1 INTRODUCTION

The baggage handling system is an important part of the airport infrastructure. The system transports, screens and sorts the bags of all passengers. The available time is limited: all bags have to be ready 10-15 minutes before flights are departing. With escalating number of passengers, flights and destinations, baggage handling systems requirements are increasing. There is no doubt about it – automated baggage handling is the only way to go. The system should eliminate the mis-sorts that can frequently happen with manual handling, and which are the most important cause of lost bags. For investigation and improvement of baggage handling process simulation model can be used.

2 AIRPORT BAGGAGE HANDLING SYSTEM

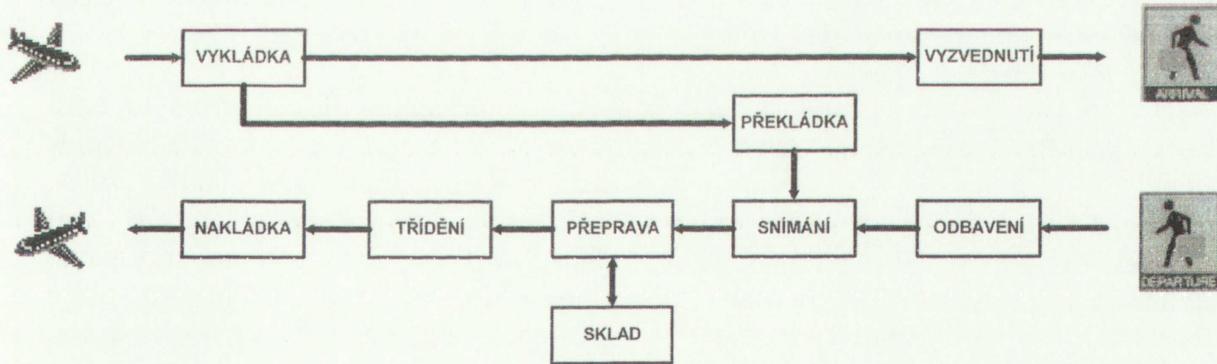
A baggage handling system [4] that belongs among the most important subsystems of airport operation has three main jobs (**Fig. 1**):

- move bags from check-in area to the departure gate,
- move bags from one gate to another during transfers,
- move bags from the arrival gate to the baggage-claim area.

The process begins at check-in desk. The agent feeds the flight itinerary into a computer; a tag with flight information in the form of a bar code is printed and attached to each piece of luggage. Conveyors take bags through X-ray machines and other security devices. After that an array of automatic bar-code scanners scan the labels on every piece of baggage. Hereafter the system knows where the bag is at all times. The automatic bar-code scanner is usually able to scan the

úspěšnost okolo devadesáti procent. V případě, že se skeneru nepodaří visačku přečíst, třídič vyklopí zavazadlo na stanici ručního kódování. Po ručním sejmoutí kódu se zavazadlo vrací na standardní cestu. Zavazadla putují dál na třídicí dopravník, který podle pokynů řídicího systému posunuje zavazadla na skluzavy jednotlivých letů. Chyby při třídění jsou noční můrou manažerů odbavování zavazadel, protože způsobují dodatečné náklady a zpoždění dodání zavazadla. Proto jsme věnovali pozornost vlivu úspěšnosti třídění i při našich simulacích. Po eventuální kontrole se zavazadla nakládají na vozíky či kontejnery jednotlivých letů. Zavazadla z letadel, která právě přistála, jsou roztržiděna na tranzitní a cílová. Cílová zavazadla jsou dopravena dopravníkem na některý z karuselů, kde na ně již čekají cestující, kteří právě přiletěli. Součástí systému je i automatický sklad předčasně odbavených zavazadel a zavazadel, která na tranzit musí čekat.

bar codes on about 90 percent of the bags that pass by. The unidentified bags are routed to another conveyor to be manually scanned. The conveyor system equipped with junctions and sorting machines has to sort all of the bags from all the different airlines and automatically route them to the proper departure gate. When a bag comes to a junction, a machine called pusher either lets it pass or pushes it onto another conveyor. Sorting errors are the biggest fear of airport managers responsible for baggage handling operations because of the high costs and delays they can cause. That is why we have started our simulation with this problem. Bags coming off a plane are already sorted, so it is easy to keep transferring bags separate from the terminating bags. When the bags get to the baggage-claim area, they are loaded onto a conveyer that deposits them onto the carousel. For transfer baggage or baggage which has been checked early there is a temporary storage system.



Obr.1 Zjednodušené schéma procesu odbavování zavazadel na letištích

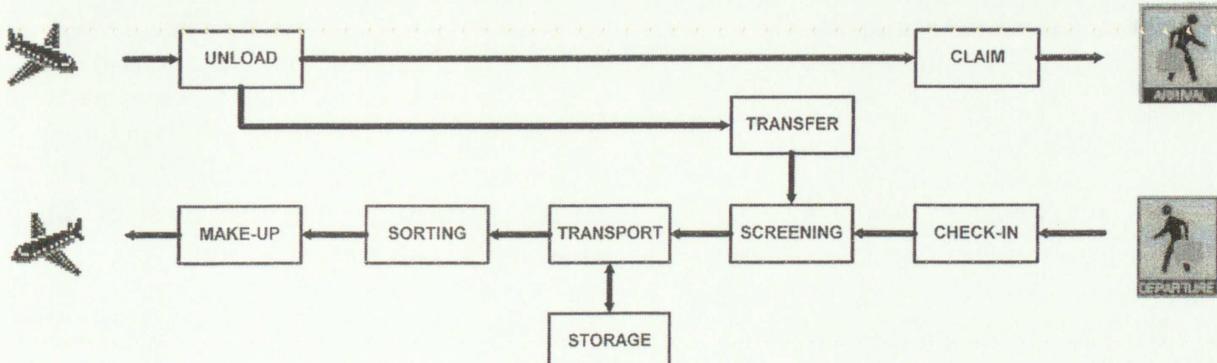


Fig.1 Simplified flow chart of airport baggage handling process

3 MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍKŮ JAKO SYSTÉMŮ DISKRÉTNÍCH UDÁLOSTÍ

Dopravníky (Conveyors) jsou jedním z prostředků pro modelování dopravy materiálu v programech pro simulaci systémů diskrétních událostí. Simulační program Witness 2008 [5] má definovány dva typy dopravníků – každý z nich má dvě formy: pevné (Fixed) a akumulující (Queuing):

- indexované (Indexed) dopravníky, jejichž délka je dána počtem částí (Parts) – objektů, které přepravují a rychlosť indexem, což je čas, za který se část posune o jednu pozici. Skutečnou velikost částí na tomto typu není možné modelovat, podstatné jsou pouze počty částí a jejich vzdálenost daná počtem mezilehlých pozic.
- spojité (Continuous) dopravníky, jejichž délka a rychlosť jsou dány pomocí standardních fyzikálních jednotek. Tyto dopravníky už umožňují modelovat rozdílné rozměry částí popsané systémovými atributy délka (Length), šířka (Width) a výška (Height).

Propojení dopravníků navzájem a s ostatními prvky modelu je popsáno vstupními a výstupními pravidly. Indexované dopravníky mají definované dvě diskrétní události – vstup a výstup částí. U spojitych dopravníků je možné ještě do libovolné vzdálenosti od konce nebo počátku dopravníku umístit senzory, pro které jsou definovány další události podle fáze přechodu části přes senzor. Kromě počátku a konce lze u indexovaných dopravníků popisovat pozice částí pomocí indexů (celá čísla), u spojitych dopravníků pomocí senzorů (reálná čísla). K vizualizaci dopravníků lze použít řádu grafických prvků, nejhodnější je použití cesty (Path), která nejvíce odpovídá realitě.

3 MODELLING OF CONVEYORS AS DISCRETE EVENT SYSTEMS

Conveyors are one of the means for material transport modelling in programs for simulation discrete event systems. Witness 2008 simulation program [5] has defined two basic types of conveyors – each of them has two forms: fixed and queuing:

- Indexed conveyors whose length is given by the number of parts – objects to be transported and size by the index time that is the time in that parts move by one position. Real sizes of parts cannot be modelled using this type. The number of parts and their distances given by the number of intermediate positions are essential.
- Continuous conveyors whose sizes and speed are given in standard physical units. These conveyors enable to model different sizes of parts described by means of system attributes Length, Width and Height.

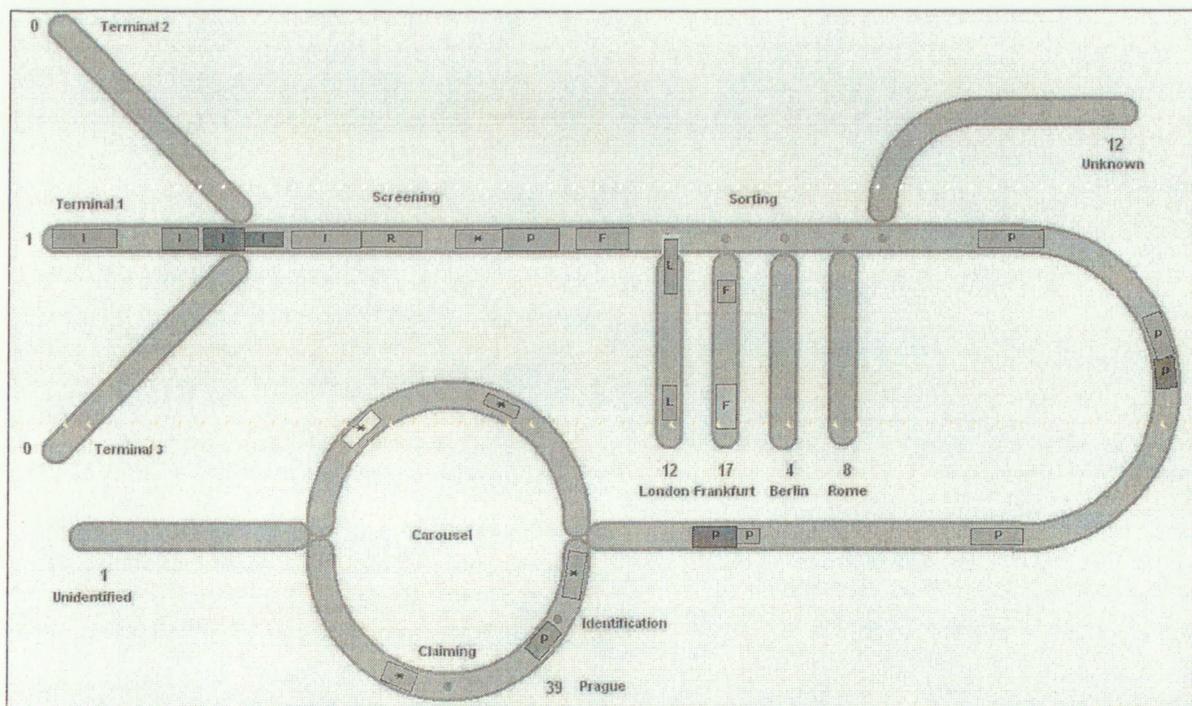
Connection of conveyors to each other and with other elements of a model is described by input and output rules. Indexed conveyors have defined two discrete events – input and output of parts. Continuous conveyors enable to place sensors at any position on the conveyors. For sensors additional events can be defined depending on the phase of part passing the sensor. In addition to the front and rear the position of parts on indexed conveyors can be described by indices (integers). For continuous conveyors sensors can be used for positioning of parts (real numbers). Conveyors are visualized by a number of graphics; the most suitable graphic element is Path that most of all corresponds with reality.

4 POPIS MODELU ODBAVOVÁNÍ ZAVAZADEL

Vytvořený model jednoduchého procesu odbavování zavazadel (**Obr. 2**) popisuje část systému odbavování zavazadel po příletu letadel: identifikaci zavazadel podle čárového kódu, jejich předtřídění na cílová a transitní zavazadla, roztržení transitních zavazadel podle konečné destinace a dopravu cílových zavazadel na výdejové karusely. Popsaný systém je modelován pomocí desíti vzájemně propojených spojitých dopravníků. Rychlosť pohybu zavazadel je stejná na všech dopravnících. Její velikost lze měnit, je použita hodnota 1 m.s^{-1} . Jsou dopravována ze tří terminálů podle předem stanoveného rozvrhu na centrální dopravník. Tento rozvrh může být deterministický (podle letových řádů) nebo náhodný (podle dlouhodobých údajů). Ve vytvořeném modelu vstupují zavazadla do systému rychlostí 1 zavazadlo za 3 sekundy v dávce 1000 zavazadel. Jsou náhodně směrovaná na jeden ze tří terminálů v poměru 2:1:1.

4 DESCRIPTION OF THE BAGGAGE HANDLING PROCESS

The model of a simple baggage handling process (**Fig. 2**) describes a part of baggage handling system: baggage identification by means of bar codes, their pre-sorting into terminating and transit baggage, sorting of transit baggage according to their destination and transport of terminating baggage to reclaim carousels. This system is modelled using ten connected continuous conveyors. The baggage movement speed is the same for all conveyors. Its size can be modified; the value of 1 m.s^{-1} is used. Baggage is transferred from three terminals to the central conveyor according to the schedule specified in advance. The schedule can be deterministic (according to timetables) or random (according to long-term data). Baggage enters the model at 1 piece per 3 seconds in the batch of 1000 pieces. They randomly directed to one of three terminals in the ration 2:1:1.

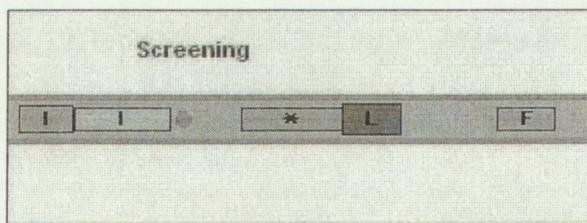


Obr. 2 Simulační model jednoduchého procesu odbavování zavazadel jako soustavy dopravníků

Fig. 2 Simulation model of simple baggage handling process as a system of conveyors

Zavazadla na centrálním dopravníku procházejí automatickým snímáním čárového kódu (**Obr. 3**). Čárový kód je přečten s volitelnou pravděpodobností správného přečtení. Tato hodnota závisí na použitém systému čtení čárového kódu (jednoduché laserové snímače kolem 65 %, kamerové systémy s rekonstrukcí čárového kódu až 90 %, snímače RFID více než 90 %). Transitní zavazadla jsou tříděna a přesunuta do oddělených skladů podle destinací. V modelu jsou použity čtyři transitní destinace (Londýn, Frankfurt, Berlín a Řím). Neidentifikovaná zavazadla s neznámým čárovým kódem jsou přesunuta do zvláštního skladu, kde se musí zpracovat ručně. Cílová zavazadla (destinace Praha) pokračují až na výdejový karusel, ze kterého si je cestující vyzvedávají. U výdajového karuselu jsou použity dva proměnné parametry: průměrná hodnota pozornosti cestujících a maximální počet oběhů zavazadel na karuselu. Zavazadla neodebraná z karuselu jsou po dosažení maximálního počtu oběhu přesunuta do zvláštního skladu.

Baggage on the central conveyor goes through bar code automatic scanning system (**Fig. 3**). Bar codes are read with optional probability of correct reading. This value depends on used system of bar code reading (simple laser scanners about 65 %, camera systems with reconstruction of bar code up to 90 %, RFID scanners more than 90 %). Transit baggage are sorted and moved into separated storages according to their destinations. Four transit destinations (London, Frankfurt, Berlin and Rome) are used in the model. Unidentified baggage with unknown bar codes is moved into a special storage where they must be handled manually. Terminating baggage (destination Prague) continue to the reclaim carousel where bags are to be collected by passengers. There are used two variable parameters in the model: the average value of passenger attention and the maximum number of baggage rounds on the carousel. The baggage uncollected from the carousel is moved after reaching the maximum number of rounds into another special storage.



Obr. 3 Detail snímání čárového kódu
Fig. 3 Detail of bar code scanning

5 SIMULAČNÍ EXPERIMENTY NA MODELU

Na vytvořeném modelu části procesu odbavování zavazadel byla provedena řada simulačních experimentů, ve kterých se měnily tři důležité parametry:

- úspěšnost čtení čárového kódu zavazadel při průchodu snímačem (postupně 65 % až 100 %),

5 SIMULATION EXPERIMENTS WITH THE MODEL

A number of simulation experiments were carried out with the created model of the part of baggage handling process. Three important parameters parameter were varied during them:

- successfullness of baggage bar code reading at scanner (from 65 % up to 100 %),

- úspěšnost cestujících při identifikaci svých zavazadel (50 % až 90 %)
- počet oběhů karuselu (1 oběh až 8 oběhů).
- passenger attention to identification of their baggage (50 % up to 90 %),
- the number of baggage rounds on the carousel (1 round up to 7 rounds).

Tab. 1 Počty nevyzvednutých zavazadel vzhledem k pozornosti cestujících**Tab. 1** Numbers of uncollected baggage depending on passenger attention

Oběhy karuselu Carousel rounds	Pozornost cestujících Passenger attention	Nevyzvednutá zavazadla Uncollected baggage
2	50%	54
2	60%	18
2	70%	9
2	80%	3
2	90%	0

První série simulačních experimentů sledovala počty zavazadel neodebraných z výdejového karuselu v závislosti na průměrné pozornosti cestujících. Dílčí výsledky pro dva oběhy karuselu jsou shrnuty v **Tab. 1**. Pak byla zjištována minimální hodnota pozornosti cestujících potřebná pro zajištění spolehlivého odběru všech zavazadel v závislosti na počtu oběhu zavazadel na výdejovém karuselu (**Tab. 2**). V závěrečné řadě experimentů byla sledována závislost počtu úspěšně a neúspěšně přečtených čárových kódů na kvalitě a spolehlivosti snímacího systému (**Tab. 3**).

The first series of simulation experiments monitored the number of baggage uncollected from reclaim carousel depending on average passenger attention. The partial results for two carousel rounds are summarized in **Tab. 1**. Then the minimum values of passenger attention needed for guaranteed total collection of baggage depending on the reclaim carousel rounds were found out (**Tab. 2**). In the final series of experiments the dependence of the number of read and unread bar codes on the quality and reliability of the scanning system was observed (**Tab. 3**).

Tab. 2 Minimální potřebná pozornost cestujících pro odběr všech zavazadel**Tab. 2** The minimum needed passenger attention for total baggage collecting

Oběhy karuselu Carousel rounds	Pozornost cestujících Minimum passenger attention
1	94%
2	87%
3	81%
4	71%
5	61%
6	55%
7	49%

Tab. 3 Počty přečtených a nepřečtených čárových kódů v závislosti na úspěšnosti snímání
Tab. 3 Numbers of read and unread bar codes depending of scanning successfulness

Úspěšnost čtení čárového kódu Successfulne ss of bar code scan	Destinace Londýn Destination London	Destinace Frankfurt Destination Frankfurt	Destinace Berlín Destination Berlin	Destinace Řím Destination Rome	Destinace Praha Destination Prague	Čárový kód nepřečten Unread bar code
65%	106	134	58	29	311	362
70%	113	141	62	32	333	319
75%	124	152	65	37	360	262
80%	133	164	70	40	386	207
85%	143	173	77	43	416	148
90%	149	184	81	44	446	96
95%	154	193	86	47	467	53
100%	167	201	86	51	495	0

6 ZÁVĚRY

Letiště systémy zpracování zavazadel mají rozhodující vliv na spokojenosť cestujících. Jsou popsány dva případy systémů zpracování zavazadel na velkých letištích (1995 Denver [1], 2008: Terminal 5 Heathrow [3]), které měly při otevření velké problémy. V obou případech došlo k velikým ztrátám, kterým se bylo možné vyhnout, pokud by byla provedena simulace navrhovaného systému zpracování zavazadel zaměřená na úzká místa a vliv náhodných selhání některých subsystémů.

V příspěvku je popsán jednoduchý model odbavování zavazadel vytvořený v prostředí simulátoru Witness 2008. Simulační model je založen na systému vzájemně propojených spojitéch dopravníků. Základem bezporuchového chodu systému zpracování zavazadel je správné přečtení čárového kódu přiděleného zavazadlu. Proto byl zkoumán vliv úspěšnosti jeho přečtení na odbavení zavazadel. Dále byl zkoumán vliv pozornosti cestujících při vyzdvihnutí zavazadel. Simulace se ukázaly jako úspěšné. Simulační experimenty prokázaly, že použitá metodika umožňuje modelovat i složitější systémy zpracování zavazadel na letištích. Dalším krokem je využití modelu

6 CONCLUSIONS

The baggage handling system at an airport plays a crucial role in keeping travellers satisfied. There are described two cases of baggage handling systems at large airports (1995 Denver [1], 2008: Terminal 5 Heathrow [3]) that have great problems on the day of opening. In both cases enormous losses were created that could have been eliminated if simulation of the designed systems should have carried out with the aim directed to identify bottlenecks and effects of random failures of some subsystems.

In the contribution, a simple model of baggage handling created in Witness 2008 simulation program is described. The simulation model is based on a system of connected conveyors. Essential for its error-free operation is correct scanning of bar codes of every piece of baggage. That is why effects of scanning successfulness on baggage handling were examined. Further, influence of traveller attention to baggage recognition was examined. Simulation approach has proven to be successful. Simulation experiments show that used method enables to model also more complex airport baggage handling systems. The next step is to use simulation model for evaluation of capacity pro

vyhodnocení kapacitních požadavků a pro testování možných změn v systému řízení odbavování zavazadel.

requirements and for testing of planned changes in the system control.

Literatúra / References

- [1] Donaldson, A.J.M: A Case Narrative of the Project Problems with the Denver Airport Baggage Handling System (DABHS) [on line]. (2002) London, Middlesex University, School of Computing Science. [cit. 2008-05-12] <<http://www.cs.mdx.ac.uk/research/SFC/Reports/TR2002-01.pdf>>
- [2] Robinson S.: Successful Simulation. A Practical Approach to Simulation Projects. (1994) London, McGraw-Hill, 246 p. ISBN 0-07-707622-2.
- [3] Thompson, R.: British Airways reveals what went wrong with Terminal 5 [on line]. Computer Weekly, 5, 14. 2008. [cit. 2008-05-26] <<http://www.computerweekly.com/Articles/2008/05/14/230680/british-airways-reveals-what-went-wrong-with-terminal.htm>>
- [4] VanDerLande Industries Inc. Baggage Handling [on line]. (2008) Marietta, Georgia, U.S.A. [cit. 2008-03-12] <<http://www.vanderlande.us/US/BAGGAGEHANDLING/Pages/Default.aspx>>
- [5] WITNESS 2008. Upgrade Traning. (2008) Houston, Texas, U.S.A., Lanner Group, 50 p.

Recenzia/Review: Ing. Gabriel Fedorko, PhD.