

**Príklady simulačných programov využívaných vo výrobnjej logistike****Examples of simulation programs used in production logistics**Nikoleta Mikušová - Soňa Badiarová<sup>1</sup> - Tomislav Šubaranović<sup>2</sup>**Abstrakt**

Pre efektívne, ekonomické, ale aj ekologické manažovanie výroby je potrebné pri súčasnom technickom a technologickom rozmachu a súčasne aj tlaku konkurencie aplikovať a využívať rôzne inovatívne prostriedky, ktoré sú schopné znížiť, eliminovať nežiaduce stavy vo výrobe, alebo napríklad v počiatočnej fáze výroby celkovo nastaviť výrobný proces v smere najlepšej optimalizácie. V dôsledku týchto skutočností, kolektív autorov prezentuje v autorskom príspevku vybrané simulačné prostriedky využiteľné v logistike výroby, s ktorými majú bohaté skúsenosti autori, ako aj pracovníci Ústavu logistiky, Fakulty BERG, TU v Košiciach a partneri na Univerzite v Belehrade.

**Kľúčové slová:** logistika, simulácia, simulačný program**Abstract**

For efficient, economical, but also environmentally friendly production management, it is necessary for the current technical and technological boom and also depression of competition to apply and use various innovative tools that can reduce, eliminate unwanted states in the production, or for example in the beginning of the production, to set up the production process in the best optimization direction. As a result of this, authors of the paper present in this paper selected simulation programs that can be used in the logistics of production, with which authors have good experiences, as well as researchers of the Institute of Logistics, Faculty BERG, TU of Košice, Slovakia and also researchers of the University of Belgrade, Serbia.

**Key words:** logistics, simulation, the simulation program

---

<sup>1</sup> Technická Univerzita v Košiciach, F BERG, Ústav logistiky, Park Komenského 14, 040 01 Košice, email: nikoleta.mikusova@tuke.sk

<sup>2</sup> Univerzita v Belehrade, Fakulta baníctva a geológie, Džusina 7, 11000 Beograd, Srbsko

## Úvod

Výrobná logistika má svoje uplatnenie v rámci logického usporiadania výroby a výrobného procesu, pretože pomocou vhodne zvolených podporných nástrojov a prostriedkov je schopná zjednotiť nákup, distribúciu, konexiu výrobných a montážnych procesov pomocou manipulácie, skladovania a dopravy. V súčasnej dobe je veľmi významným pomocným prostriedkom výrobnéj logistiky výpočtová technika v podobe rôznych simulačných programov, ktoré sú schopné harmonizovať materiálový a informačný tok, umožňujú detailne analyzovať a monitorovať projektovanie produkcie, integrovať optimálny systém hmotných tokov, plánovať a riadiť výrobu. Prostredníctvom simulácie a simulačných programov vo výrobnéj logistike je možné napodobniť skutočný systém pomocou kreovaného modelu, realizáciu experimentov na vytvorenom simulačnom modeli v simulačnom prostredí a výsledky, zistenia a výstupy simulácie aplikovať na skutočný výrobný systém, či už novo navrhovaný alebo existujúci.

### **Simulačné programy aplikované a využívané vo výrobnéj logistike**

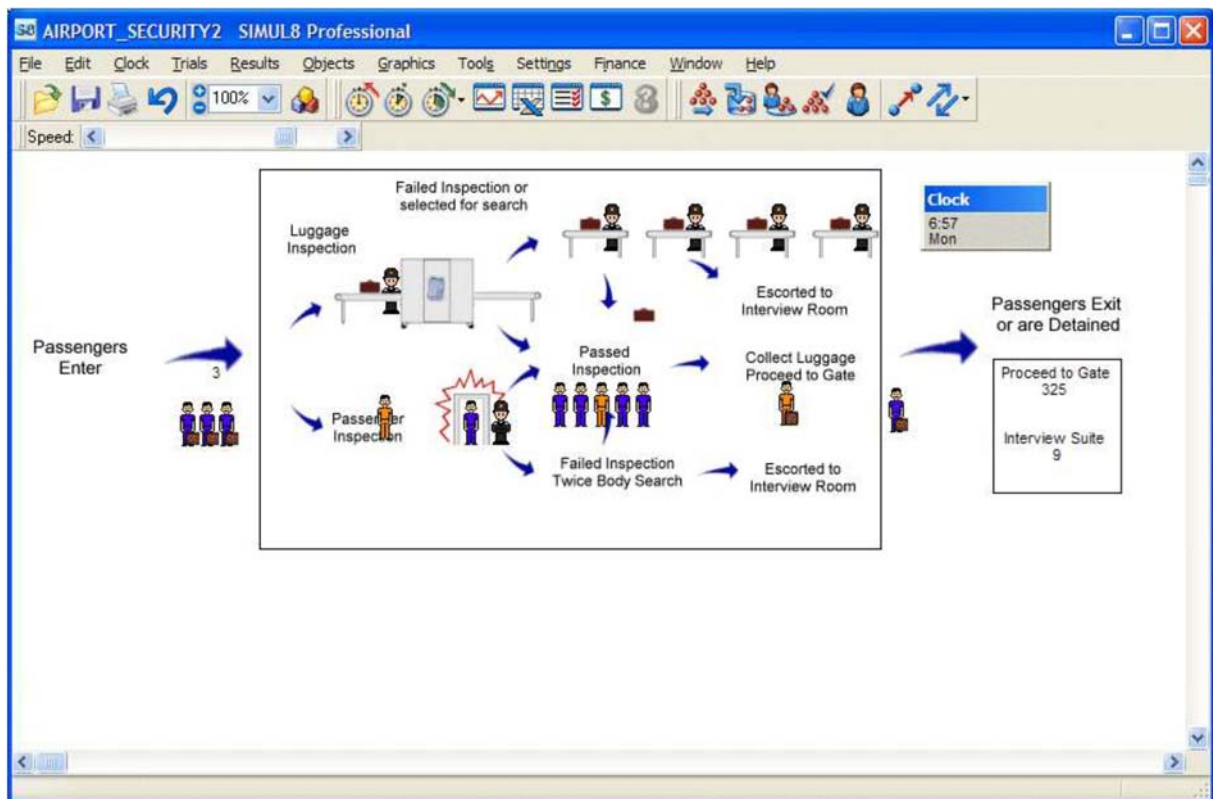
V dôsledku prísneho sledovania nákladov v rámci každého výrobného procesu a logistického riadenia je potrebné overovať možnosti rôznych plánovaných systémov a systémových zmien, hľadať inovatívne a zároveň úspešné a úsporné riešenia. Je potrebné zdôrazniť, že požiadavky na zmeny technologických alebo organizačných opatrení prinášajú so sebou stále určité riziká. Práve prostredníctvom simulačných programov je možné obmedziť, znížiť až eliminovať tieto riziká, a to skutočnosťou, že simulačné programy sú schopné modelovať pracovné prostredie a simulovať dôsledky rôznych rozhodnutí v rámci výrobných procesov. Výsledkom aplikovania simulácie a použitia vhodne zvoleného simulačného programu je vyššia istota, že navrhnuté riešenie je pre organizáciu správne, a to ešte pred samotnou realizáciou v skutočných podmienkach. V ďalšej časti autorského príspevku sú predstavené vybrané simulačné programy, s ktorými majú skúsenosti autori článku a taktiež pracovníci Ústavu logistiky, F BERG, TU v Košiciach a pracovníci Univerzity v Belehrade.

### **Simulačný program Simul8**

Simulačný program Simul8 je simulačný softvér zaradovaný do kategórie cenovo efektívnych a ľahko použiteľných softvérov pre riešenie rôznych úloh logistiky. Pomocou simulačného programu je možné riešiť problémové úlohy obchodných a produkčných procesov, dodávateľského reťazca, informačných tokov a podobne [1] Na Obr. 1 je prezentovaná pracovná plocha simulačného programu Simul8.

Simulačný program disponuje funkciou „Visual Logic“, ktorá je schopná v značnej miere uľahčiť programovanie pre užívateľov aj bez znalostí programovania, a to aplikáciou modulov a inštrukcií krok za krokom. Celé ovládanie simulačného programu je vo výraznej miere zjednodušené využitím funkcií,

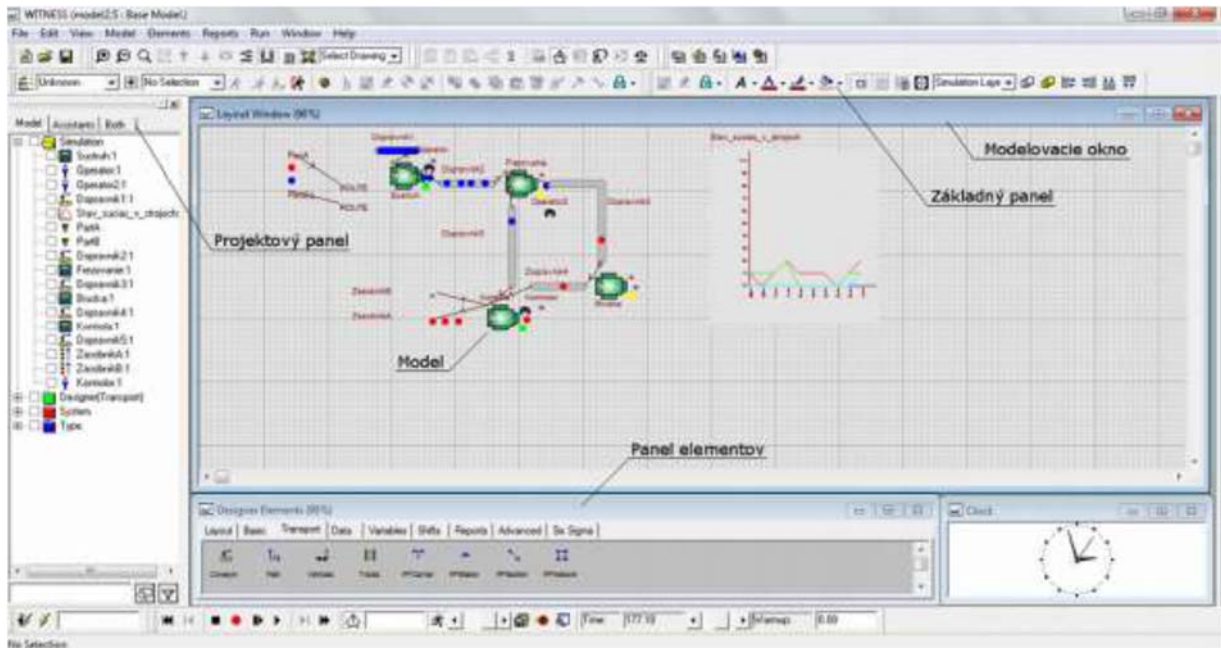
ako sú napríklad objektová orientácia, jednoduché vyhľadávanie optimálnych variant riešenia, vizualizácia a animácia procesov, bezproblémová integrácia súčasných systémov [2].



Obr. 1 Pracovná plocha simulačného programu Simul8 [2]

### Simulačný program Witness

Simulačný program Witness bol vyvinutý anglickou spoločnosťou Lanner Group Ltd. a je považovaný za jeden z najúspešnejších simulačných programov. Program je možné aplikovať pre simuláciu výrobných, logistických, obslužných procesov a má použitie aj pri simulovaní diskretných systémov [3]. Na Obr. 2 je znázornená pracovná plocha simulačného programu Witness.



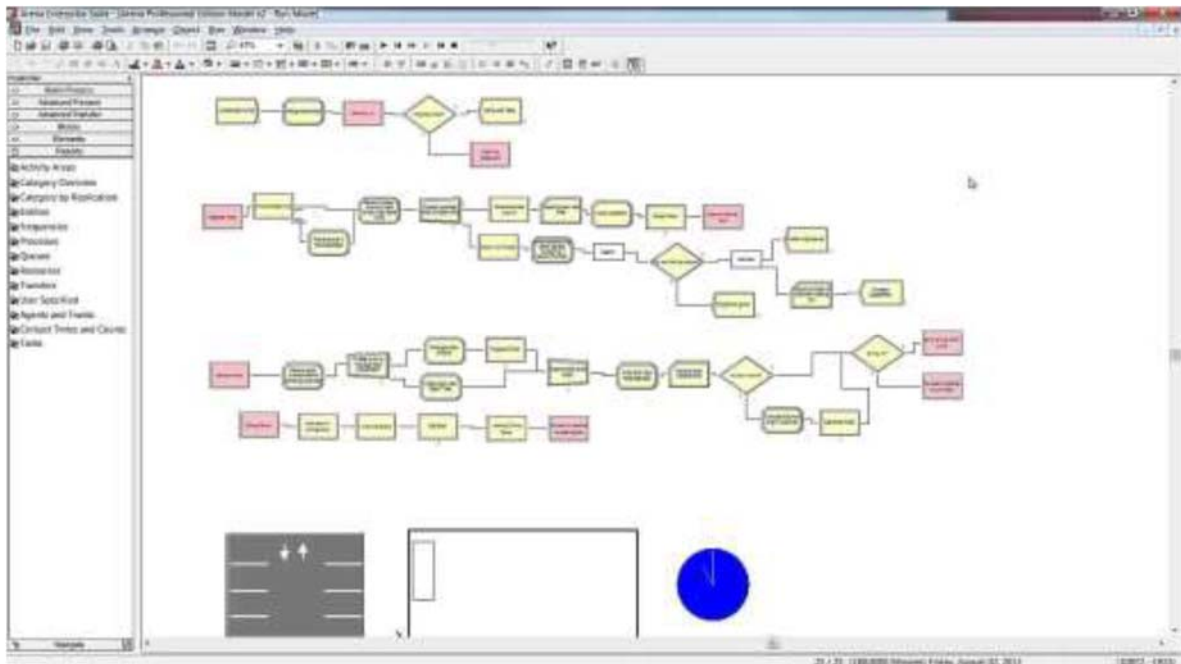
Obr. 2 Pracovná plocha simulačného programu Witness [3]

Simulačný program Witness je schopný optimalizovať modelované systémy a procesy a súčasne ponúka 3D vizualizáciu v reálnom stave. Medzi ďalšie spôsoby aplikácie simulačného programu Witness je možné zaradiť [4]:

- optimalizáciu alokácie výrobných a logistických celkov;
- rozbor materiálového toku;
- rozbor kritických častí procesu;
- kontrolovanie metód riadenie produkcie;
- predpokladanie dôsledkov operatívnych zásahov.

### Simulačný program Arena

Simulačný program Arena sa zaraďuje medzi najčastejšie používané grafické nástroje, ktoré majú uplatnenie pri simulácii diskretných systémov pomocou návrhov, modelov, vizualizácie a realizácie štatistických analýz. Na Obr. 3 je znázornená pracovná plocha simulačného programu Arena. Simulačný program umožňuje riadenie výroby, logistického reťazca, balenia, ďalej je schopný hodnotiť priebeh výrobného procesu, plánovať kapacity, optimalizovať zásoby, zefektívniť stroje, baliace zariadenia, analyzovať varianty dopravy a podobne [5].



Obr. 3 Pracovná plocha simulačného programu Arena [5]

Simulačný program okrem vyššie uvedených faktov a charakteristík poskytuje [5]:

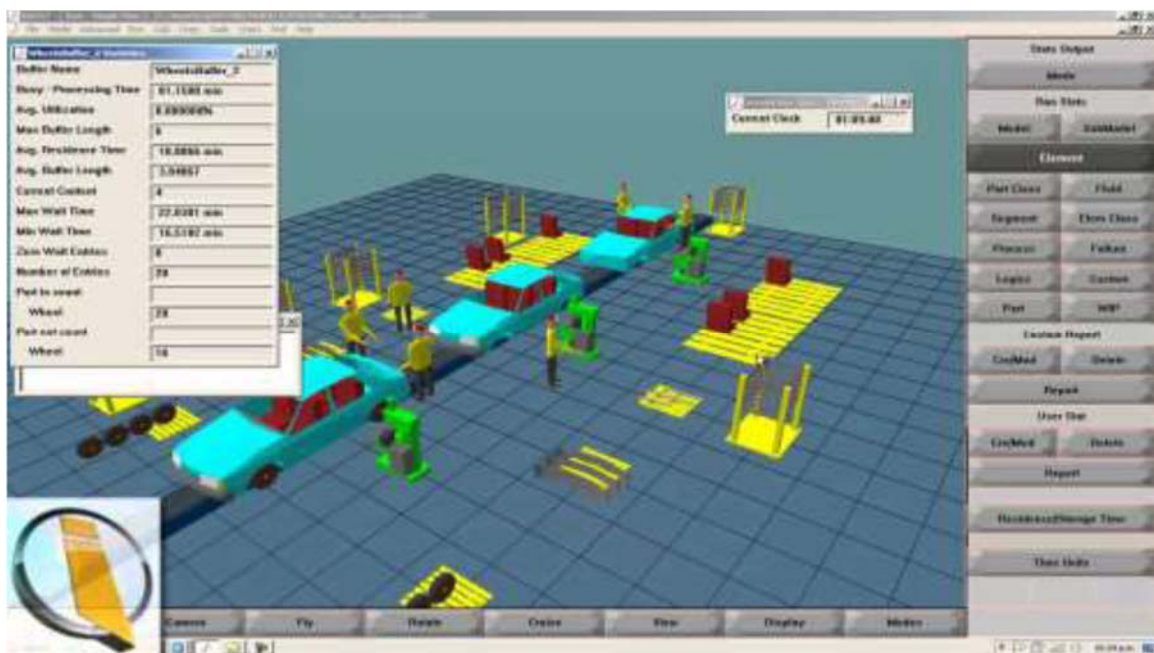
- možnosť vyhodnotenia potenciálnych alternatív smerom k optimalizácii výkonu,
- lepšie pochopenie systémovej výkonnosti, ktorá je založená na veľmi dôležitých faktoroch, ako sú čas, náklady, využitie zariadení, dostupnosť vstupov a zdrojov,
- možnosť zníženia rizika na základe aplikovanej simulácie a realizovania testovania procesných zmien vo výrobnom procese;
- schopnosť kreovať tzv. „what if“ scenár, ktorý slúži pre vyhodnotenie navrhovaných procesných zmien.

### Simulačný program Quest

Simulačný program Quest disponuje kompletnými funkciami pre kreovanie a následnú modifikáciu setov z rôznych množstiev CAD<sup>3</sup> formátov. Na Obr. 4 je znázornená úvodná pracovná plocha simulačného programu Quest.

Simulačný program Quest je komplexný 3D digitálny produkt, ktorý je určený pre analýzu a simuláciu procesov. Na základe vytvoreného 3D modelu je možné determinovať optimálnu alokáciu zariadení, priebežnú dobu výrobného procesu alebo sledovať tok existujúcich nákladov. Pre rýchle modelovanie výrobného procesu slúžia v programe základné stavebné bloky, ako napríklad zásobníky, pracovné bunky s procesmi alebo aj dopravné systémy [6].

<sup>3</sup> CAD = Computer aided design = Návrh pomocou počítača – je to počítačom podporovaný návrh súčiastky alebo tvorba počítačovej dokumentácie pomocou počítačovo podporovaného návrhu súčiastky.



Obr. 4 Pracovná plocha simulačného programu Quest [7]

### Simulačný program ExtendSim

Simulačný program ExtendSim prezentuje simulačný softvér (na Obr. 5 je znázornená pracovná plocha simulačného programu ExtendSim) s vysokou mierou flexibility, ktorý umožňuje kreovať model na základe šiestich simulačných techník, a to Discrete-event<sup>4</sup>, Discrete-rate<sup>5</sup>, Continuous Process<sup>6</sup>, Monte Carlo<sup>7</sup>, State-Action<sup>8</sup> a Agent based<sup>9</sup>. Medzi hlavné oblasti simulačného programu je možné zaradiť výrobu, logistické a dodávateľské reťazce, prepravné operácie, podnikateľské procesy, finančné inžinierstvo alebo napríklad aj poľnohospodársku ekonomiku [8].

Simulačný program ExtendSim sa zaraďuje do skupiny simulačných systémov, ktoré kombinujú možnosť diskretnéj a aj spojitej simulácie. Program umožňuje kreovať dynamické modely pre skutočné procesy v rámci rôznych oblastí [9].

<sup>4</sup> Discrete-event simulation (DES) alebo diskretno-udalostná simulácia umožňuje/dovoľuje prechod stavu systému v závislosti od asynchrónnych diskretných javov, ktoré sa nazývajú udalosťami [8].

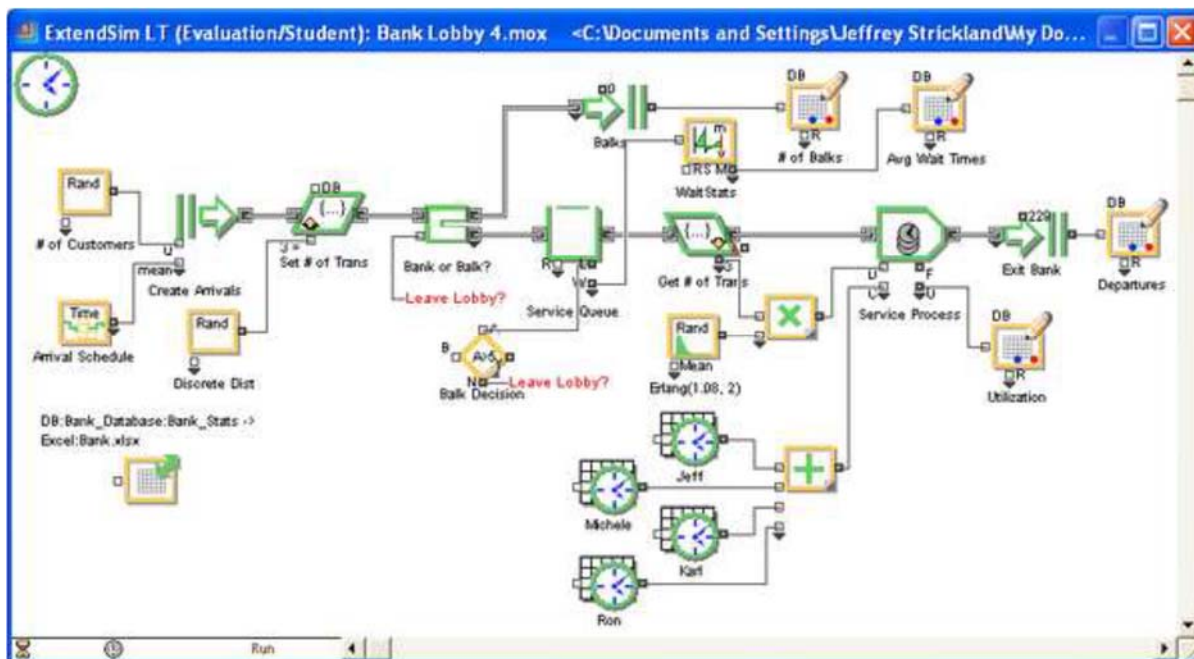
<sup>5</sup> Discrete-rate simulation (RDS) modeluje správanie zmiešaných diskretných a spojitých systémov [8].

<sup>6</sup> Continuous Process simulácia sa vzťahuje na kreovanie modelu systému, ktorý je schopný kontinuálne/nepretržite monitorovať systémovú odpoveď na báze súboru rovníc (obvyčajne diferenciálne rovnice) [8].

<sup>7</sup> Monte Carlo (alebo Monte Carlo experimenty) prezentujú širokú škálu výpočtových algoritmov, s dôrazom na opakované náhodné vzorky, ktoré sú určené pre získanie číselných výsledkov [8].

<sup>8</sup> State-Action modelovanie (alebo stavovo-akčné modelovanie) je spôsob modelovania systému ako súboru diskretných stavov. Model je zložený zo série častí, kde každá časť závisí od predchádzajúceho stavu [8].

<sup>9</sup> Agent-based modelovanie je založené na agentoch/častiach, kde nie je vopred známa modelová dynamika. Informácie sa získavajú z interakcie agentov/častí v modeli [8].



Obr.5 Pracovná plocha simulačného programu ExtendSim [9]

Tvorba modelov z vytvorených blokov vytvára priestor pre skúmanie zložitých procesov, ich vzájomných súvislostí a taktiež pre zmenu parametrov, kde cieľom je nájdenie optimálneho riešenia [9].

### Simulačný program Tecnomatix Plant Simulation

Súčasná prax vyžaduje, aby v dôsledku veľmi rýchlo sa zvyšujúcich požiadaviek na kvalitu výrobkov a taktiež na skracovanie času výroby, ktoré majú priamy súvis so zvyšovaním nákladov, sa pristupovalo k pružným a efektívnym výrobným systémom. Jedným z významných prostriedkov, ktorý je schopný prispieť k zlepšeniu vyššie uvedených skutočností je simulačná aplikácia Tecnomatix Plant Simulation. Na Obr. 6 je znázornená pracovná plocha simulačného programu Tecnomatix Plant Simulation. Aplikácia bola vytvorená spoločnosťou Siemens PLM Software a jej základom je simulácia, modelovanie, rozbor, vizualizácia a súčasne aj optimalizácia výrobných procesov a systémov, materiálov tokov a celkových logistických operácií [10]. Medzi hlavné funkcie tejto simulačnej aplikácie je možné zaradiť nasledovné [10]:

- kreované modely sú objektovo orientované s hierarchickou štruktúrou;
- je vytvorená otvorená architektúra s podporou viacerých rozhraní;
- aplikácia disponuje knižnicou a objektovým manažmentom;
- významnou funkciou je optimalizačný algoritmus;
- aplikácia umožňuje simuláciu a rozbor spotreby energie;
- aplikácia prináša automatickú analýzu výsledkov.

Výhodami simulačnej aplikácie Tecnomatix Plant Simulation sú predovšetkým [10]:

- zníženie systémových nákladov;
- zvýšenie produktivity systému;
- možnosť redukovania zásob;
- optimalizácia spotreby zdrojov a súčasne aj ich reverzného použitia, čo má význam z hľadiska ochrany životného prostredia;
- zníženie pracovného času;
- optimalizácia systémov v smere redukcie spotreby energie.



Obr. 6 Pracovná plocha simulačného programu Tecnomatix Plant Simulation [10]

Prostredníctvom programu Tecnomatix Plant Simulation sa kreuje možnosť tvorby digitálnych modelov logistických systémov, pomocou ktorých sa skúmajú charakteristiky systémov a optimalizuje výkonnosť celého procesu výroby. Pomocou Tecnomatix Plant Simulation sa vytvára možnosť pre optimalizáciu materiálového toku, využívania zdrojov a tak isto logistiku pre všetky úrovne plánovania.

Program ponúka 2D a 3D zobrazenie, čo má význam a prínos pri animácii a zobrazení už najmenších súčiastok až samozrejme po celé komponenty výroby, celé výrobné linky alebo aj zložité a komplexné výrobné systémy. Pomocou programu je možné simulovať všetky druhy produkčných procesov, a to od jednoduchšej výroby až po zložitejšie procesy montáže, ale aj operácie a chod celých zariadení a tovární. Simulácia pomocou programu Tecnomatix Plant Simulation pomôže eliminovať a odstraňovať problémy, ktoré môžu byť počas výroby finančne a tiež aj časovo náročné.



Výhodou tohto programu je aj to, že bez ohrozenia požadovaných výkonov produkčných liniek je schopný minimalizovať investičné náklady a súčasne aj optimalizovať výkon výrobných zariadení na základe výstupov a výsledkov zo simulačného prostredia, a to ešte pred samotným začatím výroby [10].

### **PodĎakovanie**

*Článok vznikol ako súčasť riešenia projektov SK-SRB-2016-0053-2 Návrh logistických nástrojov pre projektovanie dopravných systémov na báze zelenej logistiky, projektu KEGA 009TUKE-4/2016 Návrh špecializovaného školiaceho konceptu orientovaného na rozvoj experimentálnych zručností v rámci edukácie v odbore logistika a projektu KEGA 018TUKE-4/2016 Virtuálne laboratórium pre výučbu počítačovej simulácie a distribuovaných/paralelných výpočtov založených na metóde konečných prvkov.*

### **Záver**

Využitie simulácie a modelovania má v súčasnej dobe veľmi časté uplatnenie v rámci riešenia rôznych logistických, ale aj nelogistických úloh. Simulácia a vhodne zvolený simulačný program umožňujú riešiť reálne výrobné procesy, nedostatky a úzke miesta vo výrobnom procese, alebo v prvotnom štádiu, t.j. pri rozvrhovaní výroby modelovať a vizualizovať komplexnú alokáciu výroby. Samozrejme použitie simulačného programu je závislé od viacerých faktorov, počnúc ľudskými zdrojmi, možnosťami spoločností pre aplikovanie a taktiež dôležitým faktorom je aj ekonomická návratnosť do investovaného simulačného softvéru alebo programu.

### **Literatúra**

- [1] Simulationslösungen für Produktions- und Logistikprozesse. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<https://www.simplan.de/services/distributionslogistik/>>
- [2] Simul8. Process Simulation Software. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<https://www.simul8.com/>>
- [3] Witness. Aplikácie/použitie. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<http://www.innov8.sk/witness/>>
- [4] Ferenčíková, M. – Bigoš, P. Simulácia ako nástroj na riešenie problémov programom Witness. In Transfer inovácií 9/2006. s. 68-72. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <[www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/9-2006/pdf/68-72.pdf](http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/9-2006/pdf/68-72.pdf)>
- [5] Liptáková, A. Simulácia, nástroj podpory plánovania a riadenia výroby. In Posterus – portále pre odborné publikovanie. 2012. Roč. 5. č. 9. s 1-12. ISSN 1338-0087 [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<http://www.posterus.sk/?p=13656>>

- [6] Burieta, J. Simulácia. IPA Slovakia. 2017. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<https://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/simulacia>>
- [7] Arena Simulation Software. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<https://www.arenasimulation.com/>>
- [8] ExtendSim™ - Simulation Modeling Software. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<http://www.extendedanswers.com/extendsim.html>>
- [9] Straka, M. et al. Simulačný systém EXTEND. Technická Univerzita v Košiciach, Košice, 2013. 72 s. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<https://www.researchgate.net/...Extend/links/.../Simulavcn-y-system-Extend.pdf?>>
- [10] Tecnomatix. [Online]. [cit. 2018-07-10]. Dostupné na internete: <<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/tecnomatix/>>