

## A digitális gyár koncepciójának alkalmazása

---



A tanulmány célja a digitális gyár elméletének és gyártástervezésben történő gyakorlati alkalmazásának létjogosultság vizsgálata. Megvizsgálom a digitális gyártás célját, bemutatom a gyakorlati alkalmazás lehetőségeit és a folyamatszimuláció készítésének szabványos módszereit. Értekezésemben a járműipari gyártási folyamatok modellezését és optimalizálását vizsgálom, melyben nagy hangsúlyt fektetek a gyártástervezés feladataira. A tanulmányban erre építve a gyártástervezés digitális gyár metódusainak rendszerbe foglalását, felhasználását, annak kihatásait mutatom be. Kidolgozom a modellkészítés folyamatát, a folyamatszimulációk alkalmazását a termelés tervezésben, valamint bemutatom a VDI (Verein Deutscher Ingenieure - Német Mérnökök Szövetsége)/VDA (Verband der Automobilindustrie - Német Autógyártók Szövetsége) irányelveket.

### A DIGITÁLIS GYÁR LÉTJOGOSULTSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Az elmúlt évtizedben a digitális gyár ígéretes technológiának mutatkozott, hiszen az új termékek bevezetésénél a fejlesztési időt és az azzal járó költségeket csökkentette. Szerepét nem csak a tervezési fázisban, hanem a már gyártásban lévő termékeknél is megnövelte.<sup>[2]</sup>

A digitális gyár egy olyan üzleti koncepció, amelynek célja az információk kezelése a gyártási problémák megoldása és a várható nehézségek leküzdése érdekében. Ezáltal elősegíti a nagytömegű szériagyártás gyors bevezetését, illetve támogatja nagyszámú termékváltozat gyártását, melyek a bevétel és a profit maximalizálásának meghatározó tényezői.<sup>[3]</sup>

[1] Audi Hungaria Motor Kft., Kísérleti Motorgyártó Központ, Kísérleti Motorgyártás/-Analízis területvezetője (jozsef.perger@audi.hu).

[2] Chryssolouris, G. et al. (2008): *Digital manufacturing: history, perspectives, and outlook*. Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras, Greece. The manuscript.

[3] Schraft, R. D. - Bierschenk, S. (2005): *Digitale Fabrik und ihre Vernetzung mit der realen Fabrik*.

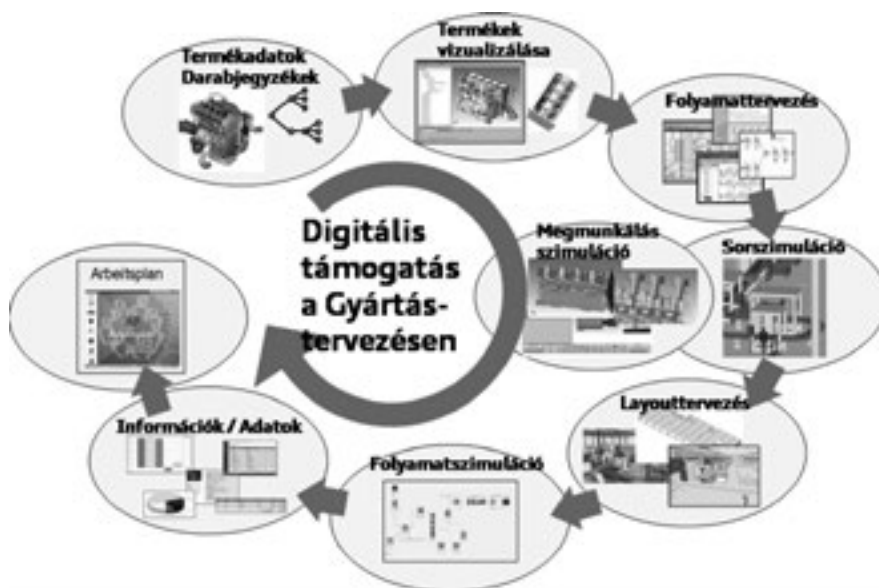
1. ábra: PLM platform



Forrás: Sallay – Molnár, 2013.

A PLM teljes területét lefedik a digitális gyár alkalmazásai (1. ábra). Az információkat egy rendszerbe fogja, amivel a gyors és precíz adatkezelést lehetővé téve a vállalati munkafolyamatok menedzselhetőek. A fejlett technológia már a termék tervezésekor bekapcsolódik a gyártástervezés folyamatába, hiszen már ekkor figyelni kell arra, hogy olyan termékeket tervezzenek, melyeket gazdaságosan a legkorszerűbb technológiai eljárások segítségével lehet gyártani.

2. ábra: Digitális gyártás támogatása



Forrás: Gyártástervezés, Audi Hungaria Motor Kft. – saját szerkesztés.

A terméktervezés nem egyedül a fejlesztő feladata, hanem a gyártástervezőnek is részt kell vennie (2. ábra), hogy gazdaságosan és stabilan jó minőségben gyártható termék szülessen meg. A digitális gyártás eszközei segítségével a gyártástervező már részt tud venni a terméktervezés korai szakaszában, ahol még nagyobb konstrukciós módosítások is lehetségesek. Digitálisan modellezheti a gyártási folyamatot, megvizsgálhatja és értékelheti egy konstrukciós változás hatását a gyártás folyamatára. A tervezési lépéseknek a korábbra hozása az ún. frontloading, ahol a hagyományos termékfejlesztési és gyártási folyamathoz képest sok tervezési tevékenység hamarabb kezdődik. A hosszabb és alaposabb tervezés révén a termék könnyebben, kevesebb hibával vihető át a szériagyártásba.<sup>[4]</sup>

Az információs technológiai rendszerek gyártásával és fejlődésével alakult ki a digitális gyártás és azok technológiái.

A CIMdata definíciója a digitális gyártásra: „Megoldások, amelyek támogatják a folyamattervezés során az együttműködést olyan mérnöki területekkel, mint például a tervezés és a gyártás. Az ilyen megoldások az adott legjobb eljárásokat

[4] Menges, R. (2005): *Frühzeitige Produktbeeinflussung und Prozessabsicherung*. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, No. 1-2. 25-31.; Wöhlke, G. – Schiller, E. (2005): *Digital Planning Validation in automotive industry*. Elsevier B.V.; Kardos, K. – Perger, J. – Horváth, G. – Józsvai, J. (2008): Simulation for development and progress at the AUDI HUNGARIA. In: *19<sup>th</sup> International Conference on Manufuturing*. GTE, MTA-SZTAKI and BME, Budapest; Józsvai, János – Perger, József (2010): *Digital Factory Methods and Applications in Audi Hungaria Motor Ltd*. Automotive World Conference – international science conference, F2010-H-039 FISITA 2010 Congress, Budapest. 2010.05.30–2010.06.04.

használják, és teljes hozzáféréssel rendelkeznek a termék tulajdonságaihoz, beleértve a szerszámozást és a gyártási folyamatterveket is. A digitális gyártás a gyakorlatban olyan eszközök gyűjteménye, amelyek a termékadatokból kiindulva támogatják a szerszámtervezést, gyártást, megjelenítést, szimulációt és egyéb szükséges elemzéseket, amelyek a gyártási folyamatok optimalizálásához szükségesek.” [5]

A német VDI (Verein Deutscher Ingenieure – Német Mérnökök Szövetsége) 4499-es számú irányelve szerint a „digitális gyár egy felső szintű fogalom, amely a digitális modellek, eljárások és eszközök – többek között a szimuláció és a 3D-vizualizáció – átfogó hálózata, melyeket egy átjárható adatmenedzsment integrál. Célja a valós gyárban a termékkel kapcsolatos összes jelentős struktúra, folyamat és erőforrás teljes mértékű tervezése, értékelése és folyamatos javítása.” [6]

A digitális gyártás területei a számítógépes tervezés, tervezési és gyártási folyamat, termék adat- és életciklus-menedzsment, a szimuláció és a virtuális valóság, automatizálás, folyamatirányítás, shopfloor ütemezés, döntéstámogatás, döntéshozatal, gyártási erőforrás-tervezés, vállalati erőforrás-tervezés, logisztika, ellátási lánc menedzsment és az e-kereskedelmi rendszerek. Ezen technológiák keretében használható a digitális gyár és a gyártási koncepciók. [7]

A digitális gyártás célja. [8]

- a termékfejlesztésre és -gyártásra vonatkozó egységes adat- és folyamatmodellt hozzon létre,
- lehetővé tegye az adatok megosztását a konstruktőrök, gyártást irányító mérnökök, beszállítók és más érintettek felé,
- elősegítse az adatok szabványosítását és újrahasznosítását,
- támogassa a megmunkálási és szerelési műveletek szimulációját,
- növelje a gyártás hatékonyságát a gyártási erőforrások optimális felhasználásával,
- felgyorsítsa a termékfejlesztés, prototípus-készítés, szériagyártás-bevezetés folyamatait.

A digitális gyártás rendszerének magja egy elektronikus folyamatterv. Ennek a tervnek tartalmaznia kell a termékek terveit, a gyártáshoz szükséges erőforrásokat, a vállalatnál rendelkezésre álló erőforrásokat és a gyártási folyamat műveleteit. A fejlesztés által létrehozott anyaglistából (Engineering Bill of Materials), amely a tervezési szempontok szerint írja le a termékeket, egy gyártási anyaglistát (Manufacturing Bill of Materials) kell generálni, amely a

[5] Fiat Auto (2005): *The value of Digital Manufacturing in the PLM Environment Case Study*. CIMdata.

[6] VDI (2003): *Verein Deutscher Ingenieure VDA - Richtlinie 4499*.

[7] Chryssolouris, G. et al. (2008): *Digital manufacturing: history, perspectives, and outlook*. Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras, Greece. The manuscript.

[8] Perger J. – Szármas P. (2010): *Nagyvállalat gyártás-szimulációs modell kidolgozásának koncepciója*. Autómobil-Kutató Intézet, Mór.

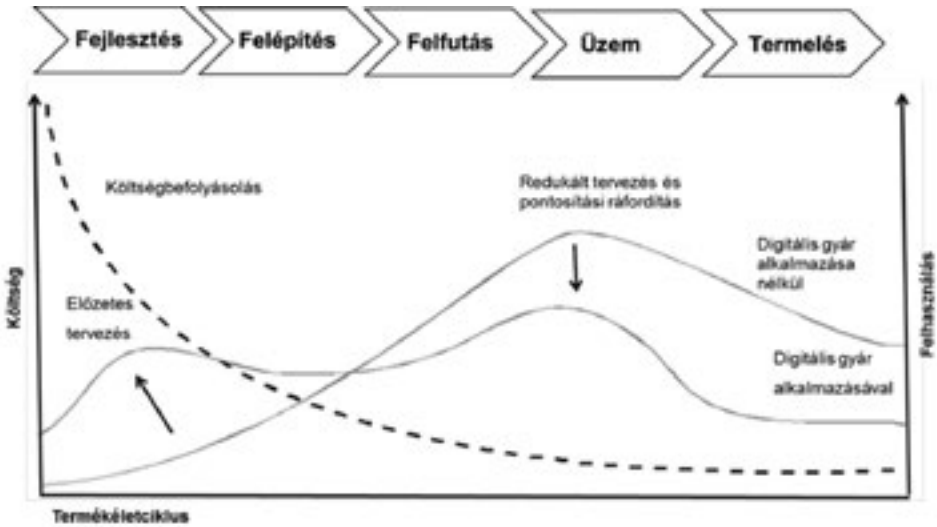
gyártási folyamat szempontjai szerint adja meg a termékeket és a gyártási műveletek folyamatlistáját (Bill of Process), amely részletesen leírja a termék gyártásához szükséges lépéseket (munkautasítások, végrehajtási idők, felhasznált erőforrások stb.).<sup>[9]</sup>

Az Aberdeen Group felmérést készített arról, hogy a gyártástervező cégek miért kényszerülnek a termelékenység fejlesztésére. Kiderült, hogy a versenyképességük fennmaradása érdekében a termékfejlesztési időt 49%-kal és a gyártási költségkeretet 26%-kal kell csökkenteniük, továbbá a nyersanyagköltséget 35%-kal, a termékminőséget és megbízhatóságot 31%-kal és az energia és működési költséget 23%-kal kell megnövelniük. A fejlesztési ciklusidő lerövidítése döntő tényező a piacvezető cégek versenyképességére, mivel a tervezett gyártás elindítását 26%-kal gyakrabban tudják elkezdni, a gyártás elindítása előtt 38%-kal kevesebb idő telik el, és 47%-kal gyorsabban tudják elkezdni a gyártást a digitális eszközökkel nem rendelkező cégekkel szemben.

A piacvezető cégek rendelkeznek azokkal a folyamatokkal és technológiákkal, amelyek szükségesek egy magasabb szintű termelékenység eléréséhez. A piacvezető cégek kezében a digitális gyártás segítségével olyan előnnyel rendelkeznek, ami segíti a gyártókat a már gyártásban lévő termékek módosításában (Engineering Change Orders - ECOs). Az utólagos módosítási igények számos módon akadályozzák a gyártási folyamatot, mivel késéseket okoznak, amíg a gyártók meghatározzák, hogy miképpen tudják bevezetni a kívánt módosításokat. További késéseket és költségeket okoz a módosítások végrehajtásához szükséges utómunka, valamint a gyártás során keletkező selejt. A piacvezetők jelentései szerint az ő esetükben 64%-kal kevesebb utólagos módosítási igények keletkeznek, mint az átlagos teljesítményű vállalatoknál.

[9] Perger, J. - Jósvai, J. - Pfeiffer, A. - Kádár, B. (2009): Introduction of Simulation Method and Possibilities of Standardisation. *International Workshop on Modelling & Applied Simulation*. MAS 2009. Spain, Universidad de La Laguna - Teneriffe. 224-231.

3. ábra: Digitális gyár alkalmazásának kihatása



Forrás: VW Digitale Fabrik – saját szerkesztés..

Nem meglepő, hogy az átlagos vállalatoknál a piacvezető gyártók 2.2-szer jobban tudnak megfelelni az utólagos módosítási igények teljesítésének, úgy, hogy azok minimális hatással legyenek a már teljesített gyártási feladatokra. A kevesebb módosítás és a nagyobb termelékenység alacsonyabb költségeket eredményez, ami rávilágít arra, hogy a piacvezetők alacsonyabb működési költséget tudnak elérni, így 18%-kal előbb tudják teljesíteni a kitűzött céljaikat az átlagos gyártókhoz képest és 2.4-szer gyakrabban. A megnövelt teljesítmény továbbá azt is eredményezi, hogy gyorsabban gyárthatók nagyobb mennyiségek, ami szintén a piacvezetők jelenseiből derül ki. Az átlagos vállalatokkal összehasonlítva a piacvezetők 41%-kal gyorsabban képesek legyártani adott mennyiségű alkatrészt. A piacvezetők által bevezetett módszerek azt mutatják, hogy a gyártásra való megfelelő felkészülés legalább olyan fontos, mint a gyártási folyamat teljesítményének a növelése. Ahhoz, hogy a többi gyártó is elérje a piacvezetők által élvezett előnyöket, be kell vezetniük ugyanazokat a folyamatokat.<sup>[10]</sup>

A digitális gyártás kialakulását az informatikai rendszerek kialakulása tette lehetővé. Az elmúlt évtizedekben az információtechnológia széles körű alkalmazása a gyártásban is bizonyított, éppen ezért folyamatosan fejlesztik. A termék életciklus alatt a költségek alakulását mutatja a 3. ábra, a digitális gyár alkalmazása esetén.

[10] Boucher, M. (2009): *Improving Productivity with Digital Manufacturing and Planning*. Research Brief. Aberdeen Group Inc., Boston.

A korai években a számjegyvezérlés bevezetésével jelentős teljesítménynövekedést és költségcsökkentést értek el a gyártástechnológia területén, ahol meghatározó mérföldkőként jelölhető meg az első számjegyvezérlésű (Numerical Control - NC) marógép kifejlesztése, 1952-ben, amely a lyukszalagon tárolt program cseréjével könnyen átállítható volt lényegében tetszőleges munkadarabok gyártására.<sup>[11]</sup> Az IT bevezetése a termelésbe a számítógép-integrált gyártási koncepcióval (CIM) a 80'-as évek végére tehető, amely előnyben részesíti a teljesítménynövelést, a hatékonyságot, az alkalmazás flexibilitását, termékminőséget és a piacra való időbeni reagálást.<sup>[12]</sup> „A vállalati információs rendszer (Management Information System - MIS) a vállalatvezetést látja el információval és segíti döntéseiben. A CAD (Computer Aided Design) a termék- és gyártóeszköz tervezést, a CAPP (Computer Aided Process Planning) a gyártási folyamatok, a CAST (Computer Aided Storage and Transport) a szállítás, raktározás tervezését szolgálja. A CAQ (Computer Aided Quality) a minőségszabályozás, a PPS (Production Planning System) a termelés-szervezés és ütemezés, az MRP (Manufacturing Resources Planning, ill. Material Requirement Planning) a gyártási, termelési erőforrások tervezésének eszköze, a CAM (Computer Aided Manufacturing) pedig a számítógéppel segített gyártás elfogadott kifejezése.”<sup>[13]</sup>

4. ábra: Digitális gyár bevezetésének folyamatábrája



Forrás: VW Digitale Fabrik - saját szerkesztés.

[11] Horváth M. - Markos S. (1995): *Budapesti Műszaki Egyetem Jegyzet Gépgyártástechnológia*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.

[12] Mátyási Gyula (2001): *NC technológia és programozás*. Budapest Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

[13] Viharos, Z.-J. (1999): *Intelligens módszerek gyártási folyamatok modellezésében és optimalizálásában*. MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet, Budapest.

A 4. ábra mutatja a digitális gyár technológiai bevezetésének folyamatát. A VDI az alábbiak szerint csoportosítja a bevezetést.

#### A VDI 3663 IRÁNYELV ALAPJÁN A CSOPORTOSÍTÁSOK

A digitális gyár jellemzői:

- egységes adat- és folyamatmodell a termékfejlesztés és gyártás terén,
- az adatok megosztása a konstruktőrök, mérnökök, beszállítók és más érintettek felé,
- az adatok szabványosítása, tárolása, keresése, újrahasznosítása,
- megmunkálási és szerelési műveletek szimulációja és optimalizálása,
- a gyártási erőforrások hatékonyabb, gazdaságosabb felhasználása,
- termékfejlesztés, prototípus-készítés, szériagyártás-bevezetés folyamatainak lerövidítése.

Digitális gyár alkalmazásának lehetőségei:

- költségbecslés a gyártástervezés és a gyártási folyamatok tervezése során,
- gyárelrendezés optimalizálása,
- logisztikai kérdések megválaszolása,
- gyártási folyamatok és erőforrások elemei közötti kapcsolatok elemzése,
- indirekt gyártási költségek minimalizálása,
- anyagáram, raktározási stratégia optimalizálása,
- tárolók, pufferek és szállítójárművek mennyiségének és a kihasználtságának optimalizálása.

Míndezek az előnyök biztosítják a jobb minőségű termékek gyártását, a gyorsabb piacra kerülést és a gyártási költségek csökkentését.

A digitális gyár potenciáljai:

- beruházások optimalizálása,
- költségcsökkentés az eddig felhalmozott tapasztalatok felhasználásával,
- tervezési minőség növelése,
- fejlesztés és a gyártástervezés idejének csökkentése,
- együttműködés javítása,
- termékminőség javítása,
- átláthatóság növelése.

A digitális gyártás alkalmazásának előnyei a fenti felsorolásból leolvashatók. A folyamat-szimuláció a digitális gyártási rendszerek egyik eleme, amely komplex gyártási és logisztikai rendszerek tervezésére és elemzésére szolgál. A szimulációk segítségével optimalizálhatók a gyártási folyamatok és csökkenthető a gyártási idő és költség. A gyártósorok szimulációja képes figyelembe venni az anyagáramokat, a megmunkálási és szerelési műveleteket, a munkahelyek ergonómiáját.



A megmunkálási folyamatok szimulációja és a műveletek elemzése pedig a gyártáshoz optimális szerszámgépek kiválasztását segíti.<sup>[14]</sup>

A digitális tervezés eredményeként adódó termékmodellek egyszerűen felhasználhatók a termékek gyártóeszközeinek, valamint a termékek és gyártóeszközök gyártásának, megmunkálásának tervezéséhez. Ezzel a közvetlen, a termékmodellek változtatását automatikusan követő eljárással a gyártási hibák mennyisége, a gyártóeszközök és gyártás költsége nagymértékben lecsökkenthető. A gyártás során fellépő folyamatok teljes körű szimulációját diszkrét eseményvezérelt szimulációval biztosítják.

## FOLYAMATSZIMULÁCIÓ A FOLYAMATTERVEZÉSSEN

A folyamatszimulációs (későbbiekben szimuláció) technikák logisztikai, anyagáramlási és gyártórendszereket vizsgálnak. „A szimuláció egy rendszer leképezése dinamikus folyamataival együtt egy olyan modellben, amellyel kísérletezni lehet. Célja olyan eredmények szerzése, amelyek a valóságban felhasználhatók.”<sup>[15]</sup>

Más megfogalmazásban a szimuláció valamilyen rendszer összetevőit várható fejlődésének, alakulásának számbavétele matematikai modell segítségével. A modell bonyolult rendszerek egyszerűsített, minden részletében áttekinthető, gyakorlatilag megvalósított vagy szemléletesen elképzelt, arányosan lekcinyített vagy felnagyított, matematikailag szabadon leírható, idealizált mása, amely többé-kevésbé helyesen szemlélteti a vizsgált rendszer vagy folyamat sajátosságait.<sup>[16]</sup> A számítógépes szimuláció az egyik legelterjedtebb technikává vált a gyártórendszerek tervezésében, mert lehetővé tette a döntéshozók és a mérnökök számára, hogy megvizsgálhassák a rendszereik komplexitását és a felmerülő változtatások kihatásait.<sup>[17]</sup>

Egy komplex termelésbe való beavatkozás kihatásait leggyorsabban folyamat-szimuláció segítségével lehet megmondani, pontosan ezért játszik fontos szerepet az alkalmazása nemcsak előtervezésnél, hanem a valós termelés mellett is. A szimuláció szükségességét elsősorban a gyártási folyamat ellenőrizhetősége, valamint a „mi lenne, ha...” típusú kérdések megválaszolásai követelték meg. Sok esetben a beszállítói lánc és az igények változása követel meg gyors döntéssorozatot.

[14] Rabe, M. – Spiekermann, S. – Wenzel, S. (2008): *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

[15] VDI (2003): *Verein Deutscher Ingenieure VDA - Richtlinie 4499; VDI (1993): VDI 3633, Blatt 1, Ablaufsimulation von Logistik- Materialfluss- und Produktionssystemen, Grundlagen*. Verein Deutscher Ingenieure, Frankfurt.

[16] Kardos, K. – Perger, J. – Horváth, G. – Jósvai, J. (2008): *Simulation for development and progress at the AUDI HUNGARIA*. In: *19<sup>th</sup> International Conference on Manufacturing*. GTE, MTA-SZTAKI and BME, Budapest.

[17] Baldwin, L. – Eldabi, T. – Hlupic, V. – Irani, Z., (2000): *Enhancing simulation software for use in manufacturing*. *Logistics Information Management*, 13(5). 263-270.

A szimulációs technika nem más, mint technikai rendszerek tervezéséhez, kivitelezéséhez és üzemeltetéséhez általánosan elismert segédeszköz. A szimuláció alkalmazásának súlypontja eredetileg a tervezés biztosítása volt. A szimuláció a tervezés és a megvalósítási folyamat minden fázisában növekvő arányban kerül alkalmazásra és az üzemeltetés ideje alatt is alkalmazzák a termeléstervezés során. A számításokon alapuló szimuláció jelentősége a jövőben megkérdőjelezhetetlen vonásai miatt tovább fog növekedni. Egyrészt kedvezőbbeké válnak a szimulációhoz való feltételek, mivel a szimulációs programozás alkalmazásának lehetőségei a hardver és szoftver fejlődésének köszönhetően folyamatosan bővülnek. Másrészt erősödik annak szükségessége, hogy a szimulációt egyre több területen alkalmazzuk, mivel olyan gazdasági tendenciák, mint

- a termékpalletta növekvő komplexitása és variációs sokszínűsége,
- a minőség iránt támasztott nagyobb követelmények,
- a különleges igényekhez való alkalmazkodás iránti növekvő igény,
- a szolgáltatás idejének és színvonalának emelési követelménye,
- termékek csökkenő élettartama,
- csökkenő sorozatnagyságok,
- költségcsökkentés szükségszerűsége

olyan követelmények teljesítéséhez vezetnek, mint az egyre rövidülő tervezési és fejlesztési ciklusok (egészen a permanens vállaltervezés megvalósításáig) és ezzel egyidejűleg összetettebb technikai rendszerek és intelligensebb stratégiák kidolgozása. A folyamat-szimulációt új létesítmény tervezésénél és a már meglévő létesítmény optimalizálásához egyaránt alkalmazhatjuk. Időt és teljesítményt tudjuk meghatározni és optimalizálni, a szükséges méreteket kiszámítani, maximális sorkihozatalt megbecsülni, a sorkihozatal korlátait felfedni, a hibákból bekövetkező eseményeket elemezni, emberi erőforrások igényeit alátámasztani, a vezérlési stratégiát kidolgozni, ehhez kapcsolódóan különböző stratégiák készítését és elemzését, a rendszerről információ gyűjtését teszi lehetővé a folyamat-szimuláció. Ezekből kifolyólag a termelő terület profitját tudjuk növelni már a korai tervezési fázisban is, ahol sor kerülhet a lehetséges tervezési hibákra.

Az idő és a véletlen előfordulásoktól függő nagyszámú megjelenés és az egyszerű kölcsönös kapcsolaton túlmutató együtthatások alapján a matematikai analitikai módszerek az ilyen típusú rendszerek vizsgálatakor elérik határaikat. Ezzel szemben a szimuláció segítségével a komplex technikai rendszerek időbeni lefutása vizsgálható és kiértékelhető.

A szimuláció előnyei közé tartozik, hogy a még nem létező rendszerek viselkedéséről információk nyerhetők, közvetlen beavatkozás nélkül a létező rendszerek analizálhatóak, gyors rendszerelemzés lehetséges és a rendszer tetszőleges időközben vizsgálható. <sup>[18]</sup>

[18] VDI (2003): *Verein Deutscher Ingenieure VDA - Richtlinie 4499.*

A szimuláció gyakorlati alkalmazásánál nagyon fontos, hogy pontosan meghatározzuk a célját. A szimuláció felépítése és elvégzése során sokféle változat és módszer használható. Ha ezek a módszerek nem megfelelően integráltak egymással, akkor lehetetlen összehasonlítani és összekapcsolni őket úgy, hogy értékelhető eredményt kapjunk. Ezért pontosan tudnunk és definiálnunk kell, mit szeretnénk elérni a szimuláció segítségével.<sup>[19]</sup>

## FOLYAMATSZIMULÁCIÓS MODELLEK OSZTÁLYOZÁSA

A 80-as évek vége óta a szimulációs szoftvercsomagok vizualizációs képességeket kínálnak. A szimulációs rendszerek gyakran más IT rendszerekbe integrálódnak, mint pl. CAX, FEA, gyártástervezés és optimalizáló rendszerek. Míg a digitális leképező szoftver (DMU) lehetővé teszi a gyártómérnökök számára, hogy számítógépen vizualizálják a gyártási folyamatot, amely lehetővé teszi a gyárműködés áttekintését, egy bizonyos gyártási munka számára. A diszkrét esemény-szimuláció (DES) segíti a mérnököket abban, hogy minden egyes műveletre fókuszálhassanak. DES segíthet a döntéshozatal korai fázisaiban (koncept, design és előtanulmányban) kiértékelésekben és a szerelési folyamat számos aspektusának fejlesztésében, mint pl. készlet puffer, ennek helyzete és mérete, a termék mennyiségének és a mix változásának kiértékelésében valamint a folyamat analízisben.<sup>[20]</sup> A szimulációs technológia fejlődése (a virtuális valóság [VR] technológia) lehetővé tette a mérnököknek a virtuális modellekben való elmélyülést. Ezáltal támogatott tevékenységek a gyártervezés, üzemeltetés, oktatás, tesztelés és folyamat ellenőrzése és annak validálása.<sup>[21]</sup> Egyéb alkalmazások közé tartozik az emberi tényezők alapján való ellenőrzés az összeszerelési folyamatok alkalmazásával.<sup>[22]</sup>

*Modell* alatt azt a rendszert értjük, ami egy másik rendszer tulajdonságait kísérletezés céljából másolja le. A legelterjedtebb módszer a diszkrét esemény-orientált modellezés.

[19] Perger J. – Szármas P. (2010): *Nagyvállalat gyártás-szimulációs modell kidolgozásának koncepciója*. Autómobil-Kutató Intézet, Mór; Perger, J. – Jósvai, J. – Pfeiffer, A. – Kádár, B. (2009): Introduction of Simulation Method and Possibilities of Standardisation. *International Workshop on Modelling & Applied Simulation. MAS 2009*. Spain, Universidad de La Laguna – Teneriffe. 224–231.

[20] Papakostas, N. – Makris, S. – Alexopoulos, K. – Mavrikios, D. – Stournaras, A. – Chryssolouris, G. (2006): Modern automotive assembly technologies: status and outlook. In: *Proceedings of the First CIRP International Seminar on Assembly systems*. Stuttgart, 39–44.

[21] Xu, Z. J. – Zhao Z. X. – Baines, R. W. (2000): *Constructing virtual environments for manufacturing simulation*. International Journal of Production Research, 38. 4171–4191.; Chryssolouris, G. – Mavrikios, D. – Fragos, D. – Karabatsou, V. – Pistiolis, K. (2002): *A novel virtual experimentation approach to planning and training for manufacturing processes. The virtual machine shop*. International Journal of Computer Integrated Manufacturing 15(3). 214–221.

[22] Chryssolouris, G. – Mavrikios, D. – Fragos, D. – and Karabatsou, V. (2000): *A virtual reality-based experimentation environment for the verification of human-related factors in assembly processes*. Robotics and Computer-integrated Manufacturing, 16(4) 267–376.

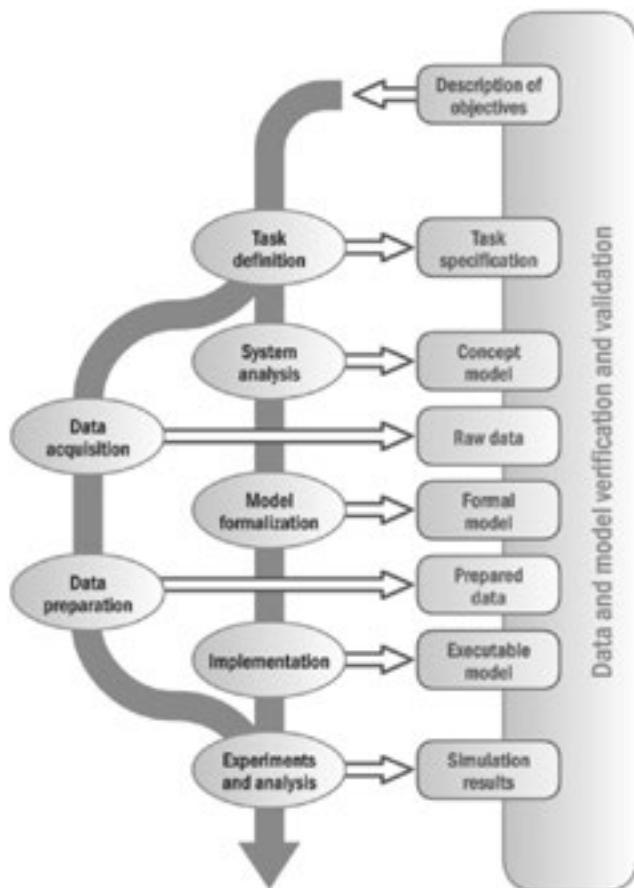
A modellezést két nagy főcsoportra bonthatjuk, ezek a fizikai és matematikai modellek. A fizikai modellezésnél a valós rendszer geometriai felépítése megegyezik a kísérletezett rendszerével. A matematikai vagy analitikus modelleknel a tartalmi vagy analógiában lévő, azonos alakú vagy azonos alakra hozható differenciál egyenlettel felírható rendszereket vizsgálják. A *szimuláció* lehet analóg, hibrid vagy digitális modellezés. Az analóg modellezésnél analóg számítógépeket alkalmaznak, ahol a differenciálegyenlet az analóg számítógép elemeiből épül fel. A hibrid modellezésnél olyan speciális eszközt alkalmaznak, amely a paraméterek beállítását és az eredmények leolvasását, tárolását, megjelenítését digitális számítógép részével végzi el, míg a differenciálegyenlete megoldását analóg számítógép elemek segítségével realizálják. A digitális modellezés szimulációja a differenciálegyenlettel leírható rendszerek számítógéppel való alkalmazása. Ezt három csoportra oszthatjuk fel: folytonos, diszkrét és vegyes. A folytonos digitális modellezésnél a mintavételezés gyakorisága olyan sűrű, hogy a számítási eredmények a vizsgált rendszerre nézve folytonosnak tekinthető. A diszkrét digitális modellezésnél csak bizonyos időpillanatokban vizsgálja az egyes komponensek állapotváltozását. A diszkrét digitális modellezést három csoportra oszthatjuk: eseményorientált, tevékenységorientált és folyamatorientált. A tevékenységorientált szimulációkban másodlagosak az események, a tevékenységek vannak kihangsúlyozva. Az eseményorientált modellezésről akkor beszélünk, ha a modell az események sorozatára van alapozva. A folyamatorientált modellek esetében az előző két tevékenység van összekapcsolva. Vegyes digitális modellezésnél a folytonos és diszkrét elemekből álló rendszerek együttes szimulációját értjük.<sup>[23]</sup>

### Folyamatszimuláció készítésének folyamata

Folyamatszimuláció készítésekor első lépés a probléma megfogalmazása. Definiálni kell a modellkészítés részletezettség fokát, azaz csak azokat a folyamatokat képezzük le számítógépes környezetbe, amiknek kihatásuk van a cél elérésére. Ezért szükséges a pontos cél meghatározása már a legelső fázisban. Az 5. ábrán az ASIM folyamatmodell látható.

[23] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar MMOGI Tanszék (2013): *Rendszer- és Irányítástechnika Csoport honlap*. [http://www.rit.bme.hu/letoltheto/szamszim/F\\_1/Mod\\_felo.html#A%20modellez%E9s%20feloszt%E1sa%20](http://www.rit.bme.hu/letoltheto/szamszim/F_1/Mod_felo.html#A%20modellez%E9s%20feloszt%E1sa%20). Letöltve: 2013.01.06.; Banks, J. (1998): *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

5. ábra: ASIM folyamatmodell



Forrás: Rabe et al. (2008).

A problémát elemezni kell, csak akkor érdemes munkát befektetni egy szimulációs projektbe, ha a probléma egyszerűbb analitikus módon nem kifejezhető vagy nem megbízható, valamint a szimulálandó probléma algoritmusokkal leírható. A következőben a célok és a projektterv meghatározásra, illetve létrehozásra kerül. Ebből meg lehet már határozni a modellkészítés koncepcióját.

Figyelembe kell vennünk, hogy a túl részletes vagy leegyszerűsített modell könnyen félrevezető eredményeket produkálhat. Finoman részletezett modell a paraméterek mérése és beállítása során a hibaforrások számának növekedését hozza magával.

Ezek után kerül megírásra a követelményfüzet, amire hivatkozva történnek az adatbeszerzések.<sup>[24]</sup>

A szimulációs adatbeszerzést általánosan a VDI a következő csoportokra osztja:<sup>[25]</sup>

1. Rendszeradatok
  - a. Megbízások
  - b. Termékadatok
2. Munkaszervezési adatok
  - a. Munkaidő szervezés
  - b. Erőforrásadatok
  - c. Folyamatszervezés (stratégiák, korlátozások)
3. Technikai adatok
  - a. Gyár struktúra adatok
  - b. Gyártási adatok
  - c. Anyagáramlási adatok
  - d. Zavaró adatok

Egy gyártósor modellezéséhez a kutatómunka során a következő adatokra volt szükség: layout, berendezések elhelyezése és méretei, ütemidők, átállási idők, szerszámcsere idők, TPM (Total Productive Maintenance – Teljes körű hatékony karbantartás), illetve műszakrend, rendelkezésre állás a gépeknél, felrakási program, szállítószalagok és a portál hossza és sebessége, berendezésekben a szerszámok neve és annak élettartama, valamint egy aktuális élettartam állapot, tervezett pufferek maximális kapacitása és helye, gépek típusai, selejtszázalékok és utómunka.

Ha a sori kiszolgálás modellezése is szükséges: tárolók mérete és darabszámjai, dolgozók száma, targoncák száma és sebességek, targonca útvonalak, alkatrészek helye a raktárban és az anyagmozgatási idők.

Az adatok beszerzése után következik a modellezési lépés a célok alapján. A modellezés során az elméleti modell alapján szimbolikus modellt vezetnek be a szimulációs szoftverbe.

Az elméleti modell létrehozásakor meg kell határozni, hogy mely folyamatok szükségesek, mely folyamatok hanyagolhatóak el. El kell tudni vonatkoztatni, ehhez szükséges a rendszerelemzés, azaz elemekre való bontás, amely során az eredeti rendszer lényege jön létre kicsinyítés vagy idealizáció formájában.

[24] Kardos, K. – Perger, J. – Horváth, G. – Jósvai, J. (2008): Simulation for development and progress at the AUDI HUNGARIA. In: *19<sup>th</sup> International Conference on Manufuturing*. GTE, MTA-SZTAKI and BME, Budapest; VDA (2010): VDA UAG Ablaufsimulation – VDA Verband der Automobilindustrie. *Ausführungsanweisung Ablaufsimulation in der Automobil- und Automobilzulieferindustrie Vers 2-3*. Frankfurt

[25] VDI (2003): *Verein Deutscher Ingenieure VDA - Richtlinie 4499*.

A modell építéskor a szimulációs szoftver, esetünkben a Tecnomatix Plant Simulation korlátozott elemválasztékkal rendelkezik a valóságos rendszer leképezéséhez, ezért részrendszereket hozunk létre addig, amíg a teljes rendszer nem kerül feldolgozásra. A hierarchiát érdemes felülről lefele (top-down) módon megtervezni, majd a részrendszereket összekötni a lefutási logikák alapján.

A modell megépítése után következik a kísérletezés, valamint a modell helyességének ellenőrzése. Különböző esetek vizsgálata érdekében változtatásokat/paraméterezéseket kell a modell számára definiálni. Ebben a lépésben kell meghatározni, hogy a modellen milyen változtatásokat lehessen végrehajtani.

A szimulációs modell animációs futtatása alapján meg kell határozni a verifikálás során, hogy a modell lefutások a logikus elvárásoknak megfelelnek-e. Meg kell állapítani, hogy a technikai paraméter értékek megfelelően kerülnek-e beállításra és a bemeneti/kimeneti viselkedés helyesen függ-e a rendszerparamétereiktől.

Sztochasztikus adatok felhasználása esetén a modellt különböző véletlen számsorozatok alkalmazásával stabilitás és statisztikai függetlenség szempontjából is ellenőrizni kell.

A modell validálása érdekében nem csak a programozás-technikai szempontokat kell figyelembe venni, hanem a kapott eredmények teljességét és értelmezhetőségét a megfelelő szakemberekkel közösen ellenőrizni szükséges.

A vizsgálandó változatokat egyértelműen kell definiálni, ennek segítségével határozható meg, hogy milyen futtatások szükségesek, tervezhető az elemzés gép- és időigényessége.

Utolsó előtti lépésként a bemeneti feltételek és bemenő adatok körének dokumentálására kerül sor. Külső modelldokumentáció – felhasználói belső modelldokumentáció – fejlesztői eredmények és bevezetendő intézkedések dokumentálása.

A szimuláció dokumentációnak az alábbi elemeket mindenféleképpen tartalmaznia kell:

- a szimulációs tanulmány célja,
- határfeltételek, előfeltevések, lehetséges korlátozások,
- elfogadott célváltozók,
- használt paraméterek és adatok,
- a modell szerkezetének és működésének rövid leírása,
- megjegyzések a szimulációs folyamattal kapcsolatban,
- eredmények, javaslatok, alternatívák.

Utolsó lépés a gyakorlati alkalmazás bevezetése.<sup>[26]</sup>

[26] VDI (2003): *Verein Deutscher Ingenieure VDA - Richtlinie 4499*; VDA (2010): *VDA UAG Ablaufsimulation - VDA Verband der Automobilindustrie. Ausführungsanweisung Ablaufsimulation in der Automobil- und Automobilzulieferindustrie Vers 2-3*. Frankfurt; VDI (1997a): *Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 3633, Blatt 2, Lastenheft/Pflichtenheft und Leistungsbeschreibung für die Simulationsstudie.*; VDI (1997b): *Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 3633, Blatt 5, Integration der Simulation in die betrieblichen Abläufe.*

Összefoglalva a modellkészítés lépései:

- Előkészítés: Probléma meghatározása  
Célok és projektterv meghatározása  
Koncepció kiválasztása a modellezéshez  
Információ és adatgyűjtés
- Modellezés: Modell létrehozása
- Kísérletezés: Verifikáció  
Kísérletezés, a szimuláció futtatása  
Validálás  
Eredmények elemzése, kiértékelése  
Dokumentálás
- Megvalósítás: Gyakorlati alkalmazás

VDA szabványnak megfelelő szimulációs módszerek

A Német Autógyártók Szövetsége (Verband der Automobilindustrie - VDA) létrehozott 2005-ben egy („Ablaufsimulation”) Folyamatszimuláció munkacsoportot, akik a digitális gyár munkacsoportként dolgozzák ki a VDA szabványt: VDA - Ausführungsanweisung Ablaufsimulation in der Automobil- und Automobilzulieferindustrie (Folyamatszimuláció végrehajtási technika), amit folyamatosan tovább is fejlesztenek. Az Audi AG, a BMW Csoport, a Daimler AG, a Volkswagen AG, az Adam Opel GmbH és a ZF Friedrichshafen AG vesz részt ebben a munkában.

A szabvány pontosan meghatározza a szimulációs projekt szerkezetét és ajánlásokat fogalmaz meg a szimulációs modell fejlesztésével kapcsolatban. A VDA szabványban leírt irányvonalak lehetővé teszik a teljes szimulációs projekt strukturált módon való kezelését.

A VDA szabvány tartalmazza:

- a szimulációs projektek szabványos folyamatának leírását, a megvalósítást segítő ajánlásokkal,
- minőségi és menedzsment követelményeket,
- adatkezelési és -ellenőrzési követelményeket,
- a szimulációs modellek verifikációjának és validálásának követelményeit,
- a modellezés és a programozás alapelveit,
- a kísérleti tervezés és kiértékelés, elemzés követelményeit.

A szimulációs tanulmányoknak támogatni kell a tervezési folyamat egyes fázisait, például a szűk keresztmetszetek korai azonosítása révén. A szimuláció célja, hogy megtalálja a paraméterek egy optimális konfigurációját, egy alapmodellből kiindulva és változtatva a folyamat paramétereit.

A pontosan meghatározott célt a célváltozókkal a megbízó határozza meg a specifikációban. A jó minőségű és elegendő mennyiségű adat fontos előfeltétele a megbízható szimulációnak, ezért a megbízónak pontos és átfogó



adatokat kell szolgáltatnia az adott folyamatokról. Ezt követően a szimulációs szakértőknek részletes ellenőrzésnek kell alávetnie a bemeneti adatokat (valószínűségi vizsgálat).

A tényleges modellezést egy koncepcionális modell kifejlesztése után érdemes végezni. A modellezés során a következő alapelveket kell követni:

- a megbízó által megadott szoftvert és referenciamodellt kell alkalmazni,
- minden eseti változót külön véletlenszerű adatfolyammal kell reprezentálni,
- minden paramétert és statisztikai értéket központilag, egységesen kell kezelni.

A modell-verifikáció célja, hogy megvizsgálja a megvalósított logikát és az irányítási folyamatokat, hogy megbizonyosodjon arról, hogy a technikai paraméterek megfelelően vannak beállítva és a modell input/output karakterisztikáját valóban a rendszer paraméterei és nem véletlen folyamatok határozzák meg.

A modell-validáció célja, hogy ellenőrizze, a létező vagy tervezett rendszer jellemzőit valóban pontosan írja-e le a szimulációs modell. Létező rendszereknél a szimulált értékeket a működő rendszer valós értékeihez hasonlítják. Új, tervezés alatt álló rendszereknél, ahol nincsenek valós értékek az összehasonlításhoz, nagyon fontos a tervező és a szimulációs szakértő közös munkája és szoros együttműködése.<sup>[27]</sup>

A szimuláció dokumentációjának a következő elemeket mindenképpen tartalmaznia kell:

- a szimulációs tanulmány célja,
- határfeltételek, előfeltevések, lehetséges korlátozások,
- elfogadott célváltozók,
- használt paraméterek és adatok,
- a modell szerkezetének és működésének rövid leírása, ismertetése,
- megjegyzések a szimulációs folyamattal kapcsolatban,
- eredmények, javaslatok, alternatívák.

A VDA tartalmaz a Plant Simulation szoftver használatával kapcsolatos ajánlásokat is, például az osztálykönyvtárakról, az adatkezelésről, az elnevezésekről, a különböző színek jelentéséről. A VDA külön foglalkozik az automatizálás ipar néhány speciális területével, például az alvázgyártás, a felületkezelés, az összeszerelés, a logisztika és a gyár szimulációval, megadva az általánostól eltérő elemeket e területek modellezésénél.<sup>[28]</sup>

Ebben a tanulmányban a digitális gyár koncepció alkalmazásának létjogosultságát igazoltam a gyártástervezésben, ami elősegíti a vállalat gazdaságos és hatékony felépítését és annak működését.

[27] Rabe, M. - Spiekermann, S. - Wenzel, S. (2008): *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

[28] VDI (2003): *Verein Deutscher Ingenieure VDA - Richtlinie 4499*; Perger J. - Szármes P. (2010): *Nagyvállalat gyártás-szimulációs modell kidolgozásának koncepciója*. Autóomobil-Kutató Intézet, Mór; Mayer, G. - Pöge, C. (2010): *Auf dem Weg zum Standard - Von der Idee zur Umsetzung des VDA Automotive Bausteinkastens*. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.

IRODALOM

- Akadémia-Kiadó Idegen szavak és kifejezések szótára, Budapest. 1989
- Baldwin, L. – Eldabi, T. – Hlupic, V. – Irani, Z., (2000): *Enhancing simulation software for use in manufacturing*. Logistics Information Management, 13(5). 263–270.
- Banks, J. (1998): *Handbook of Simulation. Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Boucher, M. (2009): *Improving Productivity with Digital Manufacturing and Planning*. Research Brief. Aberdeen Group Inc., Boston.
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar MOGI Tanszék (2013): *Rendszer- és Irányítástechnika Csoport honlap*. [http://www.rit.bme.hu/letoltheto/szamszim/F\\_1/Mod\\_felo.html#A%20modellez%E9s%20feloszt%E1sa%20](http://www.rit.bme.hu/letoltheto/szamszim/F_1/Mod_felo.html#A%20modellez%E9s%20feloszt%E1sa%20) Letöltve: 2013.01.06.
- Chryssolouris, G. – Mavrikios, D. – Fragos, D. – Karabatsou, V. – Pistiolis, K. (2002): *A novel virtual experimentation approach to planning and training for manufacturing processes. The virtual machine shop*. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 15(3). 214–221.
- Chryssolouris, G. et al. (2008): *Digital manufacturing: history, perspectives, and outlook*. Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras, Greece. The manuscript.
- Clausing, M. – Heinrich, S. (2008): *Man, Machine, Material - Standardizing workflow simulation in the automotive industry*. ProductData Journal, Darmstadt 1. 23–25.
- Erdey-Grúz Tibor (főszerk.) (1967): *Természettudományi Lexikon*. IV. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Fiat Auto (2005): *The value of Digital Manufacturing in the PLM Environment Case Study*. CIMdata.
- Horváth, M. – Markos, S. (1995): *Budapesti Műszaki Egyetem Jegyzet Gépgyártástechnológia*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Chryssolouris, G. – Mavrikios, D. – Fragos, D. – and Karabatsou, V. (2000): *A virtual reality-based experimentation environment for the verification of human-related factors in assembly processes*. Robotics and Computer-integrated Manufacturing, 16(4). 267–376.
- Jósvai J. – Perger J. (2010): *A jövő járműve - Digitális gyár, módszerek és alkalmazások termelési környezetben*. Palatia Nyomda és Kiadó, Budapest.
- Jósvai J. – Perger J. (2010): *Digitális gyár, módszerek és alkalmazások termelési környezetben*. Pannon Kutatásfejlesztési Közhasznú Alapítvány, Zalaegerszeg.
- Jósvai, János – Perger, József (2010): *Digital Factory Methods and Applications in Audi Hungaria Motor Ltd*. Automotive World Conference - international science conference, F2010-H-039 FISITA 2010 Congress, Budapest. 2010.05.30–2010.06.04
- Kardos, K. – Jósvai, J. – Perger, J. (2008): *Planungsmethoden, Anwendungen und Konzeption im Bereich Digitale Fabrik*. In: *TBF'08 13. Tage des Betriebs- und Systemingenieurs, Wandlungsfähige Produktionssysteme*. Technische Universität Chemnitz, Chemnitz. 356–364.
- Kardos, K. – Perger, J. – Horváth, G. – Jósvai, J. (2008): *Simulation for development and progress at the AUDI HUNGARIA*. In: *19'th International Conference on Manufuturing. GTE - MTA-SZTAKI - BME*, Budapest.
- Kühn, A. (2006): *Digitale Fabrik*. Carl Hanser Verlag, München.

- Mátyási Gyula (2001): *NC technológia és programozás*. Budapest Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Mayer, G. – Pöge, C. (2010): *Auf dem Weg zum Standard - Von der Idee zur Umsetzung des VDA Automotive Bauteinkastens*. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.
- Mayer, G. – Spieckermann, S. (2008): *Lebenszyklus von Simulationsmodellen: Anforderungen und Fallbeispiele aus der Automobilindustrie*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Menges, R. (2004): *Frühzeitige Produktbeeinflussung und Prozessabsicherung mit der digitalen Fabrik*. In: Internationaler Fachkongress Digitale Fabrik in der Automobilindustrie. Ludwigsburg.
- Papakostas, N. – Makris, S. – Alexopoulos, K. – Mavrikios, D. – Stournaras, A.– Chryssolouris, G. (2006): Modern automotive assembly technologies: status and outlook. In: *Proceedings of the First CIRP International Seminar on Assembly systems*. Stuttgart.
- Perger, J. – Jósvai, J. – Pfeiffer, A. – Kádár, B. (2009): *Introduction of Simulation Method and Possibilities of Standardisation*. International Workshop on Modelling & Applied Simulation. MAS 2009 Spain: Universidad de La Laguna – Teneriffe. 224-231.
- Perger J. – Szármes P. (2010): *Nagyvállalat gyártás-szimulációs modell kidolgozásának koncepciója*. Autómobil-Kutató Intézet, Mór.
- Rabe, M. – Spieckermann, S. – Wenzel, S. (2008): *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Sallay, P. – Molnár, Z. (2013): *GraphIT PLM*. www.graphIT.hu. Letöltés ideje: 2013.12.06.
- Schraft, R. D. – Bierschenk, S. (2005): *Digitale Fabrik und ihre Vernetzung mit der realen Fabrik*. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 100., No. 1-2. 14-18.
- Tecnomatix, T. L. (2006): *Plant Simulation, Step-by-Step Help*, UGS Corp.
- Xu, Z. J. – Zhao Z. X. – Baines, R. W.(2000): *Constructing virtual environments for manufacturing simulation*. International Journal of Production Research, 38. 4171-4191.;
- VDA (2010): *VDA UAG Ablaufsimulation - VDA Verband der Automobilindustrie. AusführungsanweisungAblaufsimulationinderAutomobil-undAutomobilzulieferindustrie Vers 2-3*. Frankfurt.
- VDI (1993): VDI 3633. Blatt 1. Ablaufsimulation von Logistik- Materialfluss- und Produktionssystemen, Grundlagen. Verein Deutscher Ingenieure, Frankfurt.
- VDI (1997a): *Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 3633*. Blatt 2. Lastenheft/Pflichtenheft und Leistungsbeschreibung für die Simulationsstudie.
- VDI (1997b): *Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 3633*. Blatt 5. Integration der Simulation in die betrieblichen Abläufe.
- VDI (2003): *Verein Deutscher Ingenieure VDA - Richtlinie 4499*.
- Viharos, Z.-J. (1999): *Intelligens módszerek gyártási folyamatok modellezésében és optimalizálásában*. MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet, Budapest.
- Wöhlke, G. – Schiller, E. (2005): *Digital Planning Validation in automotive industry*. Elsevier B.V.

ENGLISH ABSTRACT

Purpose of this study is to examine the reason for existence of theory and application of the digital factory. It analyses the purposes of the digital factory, introduces the possibilities of its application and the standard methods of creating a process simulation. In my dissertation I analyze the modelling and optimization of production processes of the automotive industry, where I emphasize on tasks of the production planning. In the study I introduce the systematizing of the digital factory-like methods of the production planning, their application and effects based on this. I elaborate the process of creating a model and the application of the process simulations in the production planning and I introduce guiding principles of the VDI (Verein Deutscher Ingenieure - Association of German Engineers)/VDA (Verband der Automobilindustrie - German Association of the Automotive Industry).