

# Simulacije v industrijskih sistemih in prenos znanja

**Simon Čretnik**  
**Siemens d.o.o.**  
**Letališka 29c, 1000 Ljubljana**  
**simon.cretnik@siemens.com**

## *Simulations in industrial systems and knowledge transfer*

The ever-pressing topics like time to production, higher efficiency, higher quality, etc. could have a common solution in effective knowledge transfer where the highest yield would be achieved using bidirectional communication flow “technology providers”  $\leftarrow \rightarrow$  “education system”. As simulation is becoming the cornerstone of modern digital twin concepts the article will focus on Simit as a foundation in simulation topics in Siemens.

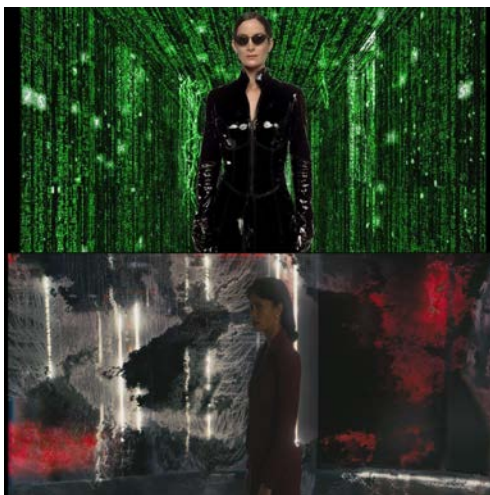
## *Kratek pregled prispevka*

Vedno pereče teme, kot so čas do proizvodnje, večja učinkovitost, višja kakovost itd., bi lahko imele skupno rešitev za učinkovit prenos znanja, kjer bi največji donos dosegli z dvosmernim komunikacijskim tokom „ponudniki tehnologije“  $\leftarrow \rightarrow$  „izobraževalni sistem“. Ker simulacija postaja temelj sodobnega koncepta digitalnih dvojčkov, se bo članek osredotočil na SIMIT kot temelj simulacijskih tem v Siemensu.

## 1 Uvod

Računalniške simulacije predstavljajo situacije iz resničnega sveta uporabljajo pa se tako za osebne kot profesionalne namene. Digitalne igre v različnih oblikah (PC, igralne konzole, tudi telefoni) v veliki večini predstavljajo – simulirajo – resničen svet. Pri igranju uporabnik vede ali nevede pridobiva izkušnje pri rokovanju z različnimi sistemi – npr. vožnja različnih tipov vozil od koles preko vlakov, ladij in letal vse do obstoječih ali šele prihajajočih vesoljskih ladij. Meja med igro in simulacijo je včasih zelo tanka.

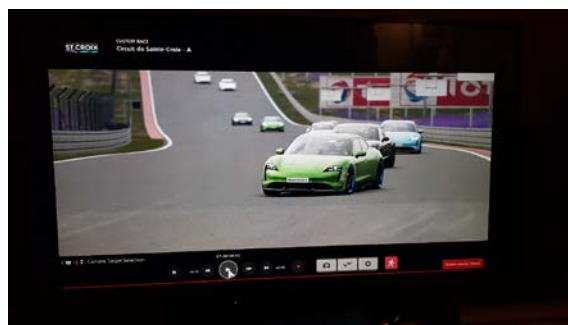
Ko se govori o virtualnih svetovih – tudi tako imenovanih digitalnih dvojčkih – je prav tako v večini primerov mišljena preslikava realnih svetov. Dobre primere ultimativne preslikave realnih svetov lahko vidimo v visokoproračunskih filmih in serijah kot so npr. “Matrica” ali “Zahodni svet”. Velik del takrat fantastičnih komponent znanstveno fantastičnih filmov v preteklosti je v sedanosti že realnost.



Slika 1: Matrica, Zahodni svet.

Če pogledam iz osebnega vidika sem že osnovni šoli s pomočjo simulacij pridobil precej izkušenj na področju, ki me je takrat (in še danes) precej zanimalo – vožnja (še raje dirkanje – trenutno najraje Porsche Taycan v GT na PS4). Prva fizična izkušnja z volanom je

potekala precej bolj gladko kot bi v primeru brez izkušenj s simulacijskimi orodji (igrami). Kot veliko vrstnikov sem na višjih stopnjah izobraževanja imel na voljo manj časa za ukvarjane s simulacijami, sicer s temi za razliko od večine vrstnikov nikoli nisem prekinil. Opazno pa se je zmanjšala količina časa preživetega s simulacijami.



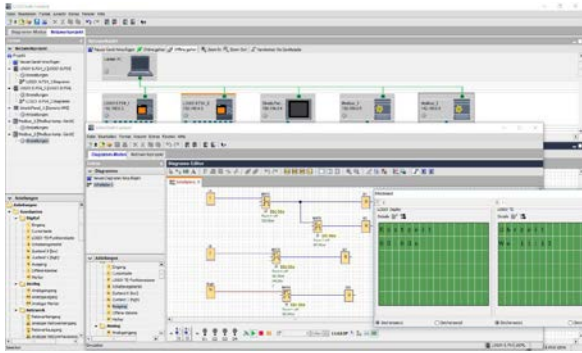
Slika 2: GT.

Zanimivo je torej, da imamo v zgodnejših fazah življenja (beri približno do konca sedme stopnje izobraževanja) veliko stikov s simulacijami (npr. nečak Žiga iz 4. razreda OŠ trenutno z veseljem preizkuša razna vozila v GTA 5), kasneje pa precej manj. Kaj torej storiti, da nas simulacije poglobljeje spremljajo skozi celotno življenjsko obdobje?

Kako združiti vsa ta spoznanja tudi za dvig kakovosti v proizvodnih podjetjih?

## 2 Jedro

Vsekakor je potrebno dvigniti nivo uporabe industrijskih simulacijskih orodjih. Izkušnje v Sloveniji na primer kažejo, da je prvi nivo simulacij, ki zajema simulacije delovanja industrijskih logičnih krmilnikov in HMI vmesnikov v industriji zelo široko v uporabi. Drugi nivo simulacij, ki poleg omenjenega PLK in HMI nivoja vključuje tudi simulacijo določenih naprav kot so recimo frekvenčni pretvorniki, razni merilniki fizičnih količin in podobnih naprav je v uporabi na že precej ožjem spektru.



Slika 3: LOGO! SOFT COMFORT

Ko pridemo do tretjega nivoja simulacij, ki zajema tudi podrobnejše simulacije procesov kot so recimo kemične reakcije pa žal v Sloveniji zelo zaostajamo za ostalimi državami EU. V pogovorih s predstavniki industrijskih podjetij v Sloveniji smo soočeni z izzivom o precejšnjem manku s simulacijami izkušenega osebja. Posledično to pomeni, da je potrebno v takšnih primerih najemati strokovnjake iz tujine. Naše mnenje je da je v nacionalnem interesu Slovenije, da se dvigne nivo poznavanja in uporabe simulacijskih orodij v proizvodnih podjetjih.

Razvoj stroja, postaje, proge in sistema je običajno zaporeden. Mehansko načrtovanje, električno načrtovanje in avtomatizacija se izvajajo drug za drugim. Če pride do napake kjer koli v razvojnem procesu in je ne zaznajo, se stroški napake znatno povečajo v fazi razvoja. Neodkrite napake so lahko drage med zagonom. Virtualni zagon je bistven za zmanjšanje, če ne celo za odpravo teh stroškov. Čeprav navidezni zagon ni nov koncept, zdaj vseprisotni digitalni dvojček, ki je dovolj natančen v kombinaciji z več disciplinarnim strokovnim znanjem ponudnikov, omogoča vodilnim podjetjem, da ga uporabljajo. Za ta podjetja je navidezni zagon še ena dodatna prednost njihove naložbe v simulacijo ali digitalne dvojčke, ki povečuje vrednost pri proizvodnji linij, proizvodnih celic, strojev in celo sistemov. Na primer pri ponudbah za dobavo proizvodnih celic in linij na ključ nekatera avtomobilska podjetja zahtevajo spremljajočo simulacijo, ki potrjuje učinkovitost predlagane rešitve. Še višja dodana vrednost

uporabe simulacijskih orodij je v kompleksnih procesnih okoljih kot so npr. kemijska in farmacevtska industrija. To povpraševanje povzroča, da na primer proizvajalci strojev posodablajo in nadgrajujejo tradicionalne sisteme v korist svojih kupcev ter dolgo življenjsko dobo svoje blagovne znamke in storitev.

Kaj spodbuja uspeh virtualnega zagona?

Virtualni zagoni razvijalcem omogočajo razhroščevanje logike krmiljenja avtomatizacije in kode programabilnega logičnega krmilnika (PLK) v navideznem okolju, preden jo prenesejo v fizično opremo. Simulacija in potrditev avtomatizacijske opreme praktično potrjuje, da bo delovala po pričakovanjih, s čimer se znatno zmanjšajo stroški namestitve sistema in čas zagona. Splošni gonilnik virtualnega zagona je široka razpoložljivost digitalnega dvojčka, ki je navidezna predstavitev fizičnega izdelka, postopka ali sistema, ki se uporablja za razumevanje in napovedovanje lastnosti delovanja fizičnih partnerjev. Uporaba digitalnih dvojčkov lahko vodi do:

**Stiskanje časa:** naročniki lahko nenehno in zelo hitro spreminjajo svoj okus, kar povzroča vzajemno potrebo po hitrem odzivu.

**Prihranek stroškov:** za fizično razhroščevanje zasnove in z njo povezanih kontrol je potrebno manj časa. Odpravljeni so potni, časovni ter materialni stroški, povezani s fizično prisotnostjo ekipe na kraju samem, in v nekaterih primerih z obnovo fizičnega dvojčka, ki je bil poškodovan zaradi napačne logike krmilja. V tem primeru se zamude pri čakanju na nov prototip lahko izkažejo za najdražje. Stranke z dolgimi zagonskimi časi zaradi težav s stroji so finančno prizadete.

**Zmanjšanje tveganja:** vsa preizkušanja je mogoče izvesti, tako da prehodi povzročijo le minimalne težave, brez težav s programom PLK. Vedenje, da bodo težave pravočasno odpravljene, poveča zaupanje in zmanjša stroške, na primer pri pošiljanju stroja in zagonu v novem objektu. Ta postopek, ki je nekoč trajal teden dni, je zdaj lahko končan čez vikend – v

dveh delovnih izmenah. Ko je virtualni zagon ali digitalni dvojček povezan z dejanskim programom fizičnega PLK, omogoča potrditev celotnega sistema avtomatizacije. Na enem koncu se program PLK preizkusi z opazovanjem, kako bi se fizični sistem obnašal, na drugem pa z dejanskim krmilnim programom, ki ponazarja delovanje fizičnega sistema. Siemens ponuja navidezni PLK za praktično vse svoje strojne PLK-je, s čimer naredi virtualni zagon popolnoma virtualni, včasih imenovan tudi programska oprema v zanki »Software in the loop«.

Vse pridobljene vpoglede in odkrite napake je mogoče uporabiti za namene optimizacije, preden se začne resnična proizvodnja. Uporaba virtualizacije podjetju bistveno olajša napredovanje v smeri razpoložljivosti, natančnosti in multidisciplinarnega znanja.

**Izboljšana komunikacija:** dve vseobsegajoči prednosti navideznega zagona sta vzporedno delo in izboljšana komunikacija med oblikovalcem in inženirjem avtomatizacije. Ti vidiki prinašajo učinkovite rezultate, vključno z:

Preverjanjem zaporedja operacij: navidezni vmesnik človek-stroj (HMI) in PLK omogočata razhroščevanje kode. Zelo zgodaj v postopku načrtovanja lahko strojni inženirji izkusijo namen inženirjev avtomatizacije. Inženirji avtomatizacije se lahko bolje povežejo s tem, kar je imel v mislih njihov strojni inženir, in tako dosežejo boljši multidisciplinarni rezultat.

**Izobraževanje:** z navideznim HMI in modelom, ki deluje, se lahko operaterjem zagotovi celovito usposabljanje, da se seznanijo s strojem, preden začnejo le tega fizično uporabljati, kar operaterju zviša stopnjo poznavanja sistema. Tako imenovani OTS »Operator training system« zelo pridobivajo na veljavi še posebej ko v proizvodnih podjetjih prihaja do menjave generacij. Izkušeni operaterji so »živeli« s strojem oziroma procesom in tako pridobili občutke za delovanje le teh. Velik del spoznavanja delovanja strojev in procesov lahko nove generacije operaterjev dobijo z redno uporabo OTS sistemov.

**Promocija:** s simulacijo se dokaže, kako bo stroj delal za kupca v svojem edinstvenem okolju, in natančno potrdi, kaj stroj počne, preden se ga uporabi. En primer je zasnova novega stroja. Programska oprema za načrtovanje in avtomatizacija se združita, da zagotovita dodano vrednost za simulacijo kinematike, vedenjske fizike (gravitacija, trenje in navor), električne arhitekture in celo hidravlike prek digitalnega modela. Če na primer vemo, kako bo stroj deloval v povezavi s kodo za avtomatizacijo, prihranimo čas in osebju avtomatizacije omogočimo, da prej sodeluje s strojnimi inženirjem. Tako se lahko fizični stroj izdelava v tovarniških končnih lokacijah, preden se dokonča kodo.

Navidezni zagon odpravlja napake v zgodnjem razvojnem procesu. Model Six Sigma opisuje pomen odkrivanja možnih napak v zgodnji fazi. Pomaga pri izračunu kvot napak, ki se pojavijo med razvojnim procesom. Pravilo desetice pravi, da se stroški neznane napake, povezani z napakami, povečajo za faktor 10 z ene stopnje dodane vrednosti na drugo. Prej ko je napaka odkrita in odpravljena, cenejša je za organizacijo. Identifikacija napak v zgodnjem življenjskem ciklu izdelka omogoči kakovostni inženirski projekt. Zato je iskanje - napak načrtovanja, napak v razvojnem laboratoriju (predelava delov), pri zagonu (stroj v tovarni) ali pri delovanju (stroj je poslan končnemu kupcu) – v vsaki omenjeni fazi manj idealen in manj ekonomičen.

### **Preskus sprejemljivosti**

Končni kupci sistemov, linij, proizvodnih celic ali prodajalci strojev začnejo zahtevati navidezno tovarniško preizkušanje. Digitalni dvojček je bistvenega pomena za izvedbo te naloge. Podjetja, ki uporabljajo digitalnega dvojčka, imajo konkurenčno prednost pri reševanju zahtev in pridobivanju poslov, kar se vidi tudi iz razprav in napovedi novih trendov v industriji avtomatizacije. Kot je opisano zgoraj, podjetja že znatno skrajšajo svoj čas do prodaje, hkrati pa tudi čas za zagone sistemov, ko so že dostavljeni. Čas zagona je bil nekoč neelastičen.

Potrebno je tisto, kar je potrebno, presenečenja pa se rešijo tako, da se z velikimi stroški omogoči več potrebnih sredstev. Z uporabo digitalnega dvojčka za virtualne zagone lahko prodajalci zdaj svojim strankam ponudijo del teh prihrankov, ki se sicer štejejo kot dobiček. Virtualni zagoni so koristni za vsakogar, kar razvijalcu sistema lahko pripelje tudi več poslov.

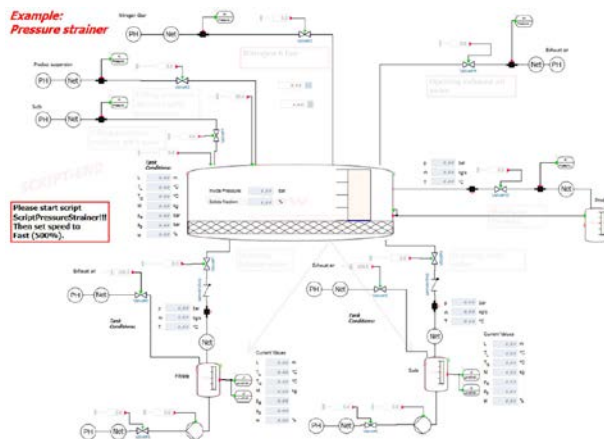
### Zmanjšanje tveganja

Prehod na virtualni zagon je enostaven. Začne se z učenjem orodij in nadaljuje od tam. Ko se strojni inženirji naučijo orodij, postanejo hitrejši in spretnejši za prihodnje projekte. Zagon novega proizvodnega stroja, postaje, linije ali sistema je ključna faza projekta. Prikazuje, ali bo celoten sistem - sestavljen iz mehanike, električnih sistemov in avtomatizacije – deloval kot načrtovano. Nenačrtovano vedenje lahko hitro povzroči zamudo in visoke stroške. Navidezni zagon lahko ta tveganja močno zmanjša.

### Izziv

Naraščajoče stopnje avtomatizacije, nove sistemske funkcionalnosti, večji obrati, prožnejši proizvodni procesi - projekti avtomatizacije so ves čas bolj zapleteni. Da bi izdelke hitreje predstavili na trgu, hkrati pa ohranili visokokakovostno raven, je nujno, da imamo integrirane inženirske postopke s kratkimi časi zagona.

Da bi izpolnili zahteve za obratovanje obrata v npr. steklarski industriji, je usposobljeno osebje ključni vidik za doseganje proizvodnih ciljev. Vendar je usposabljanje na delovnem mestu med obratovanjem težko, ker različni scenariji zahtevajo hitre in učinkovite odzive, novi operaterji pa pogosto nimajo potrebnih izkušenj. Zaradi nadgradnje tovarn in preizkušanja novih scenarijev izjem bo morda treba usposobiti celo izkušene operaterje. Zlasti izjemen scenarij vedno predstavlja tveganje za osebje, okolje ali obrat in zahteva pravilen ukrep ob pravem času.



Slika 4: SIMIT.

### Rešitev

Uporaba SIMIT-a kot virtualnega okolja za usposabljanje, da se zagotovi različne možnosti uporabe pri usposabljanju upravljavcev obratov. Operativno osebje je mogoče usposobiti že pred zagonom naprave - z originalnimi obratovalnimi zasloni in programi za avtomatizacijo.

Digitalni dvojček je ustvarjen z navideznim krmilnikom, krmilnikom, ki je bil posebej razvit za virtualno delovanje in usposabljanje operaterjev. Program za avtomatizacijo se lahko preprosto prenese v emulirani sistem avtomatizacije v tej konfiguraciji »Software-in-the-Loop«.

Vsi ponovljivi scenariji usposabljanja so na voljo na klic med tekočim delovanjem. Vsako situacijo je mogoče realno usposobiti v virtualnem okolju, ne da bi to vplivalo na proizvodnjo ali ogrožanje osebja, okolja ali obrata. SIMIT pa ustvarja idealno podlago za zaščito in prenos operativnega znanja.

Medtem ko je krmilnik simuliran s programsko opremo v zanki, se SIMIT UNIT uporablja za simulacijo IO naprav, priključenih na krmilnik »Hardware-in-the-Loop«. Tako je možno preizkusiti program za avtomatizacijo s simuliranim procesom IO, še preden ga zaženete.



### 3 Zaključek

Velik del obstoječega izziva prenizke stopnje zahtevnosti simulacij v industrijskih okoljih bi lahko rešili z globljim sodelovanjem med izobraževalnimi ustanovami, inštituti, ponudniki tehnološke opreme in seveda podjetji. Dober primer takšnega sodelovanja je Siemens-ov program SCE. V sklopu tega programa je med drugim na voljo širok nabor kurikulumov tudi s področja simulacije – orodje SIMIT.



*Slika 6: Siemens SCE.*

Dober primer bi bil večstopenjski izobraževalno/raziskovalni model. Prva stopnja

je vključitev predmeta, ki podrobneje obravnava simulacije v industriji. Zelo dobro bi bilo da se takšne modele spozna že na nižjih izobraževalnih stopnjah – recimo v srednjih šolah. Na višjih izobraževalnih stopnjah bi lahko delali že na podrobnejših modelih. Na tem nivoju se že pričakuje poznavanje orodij, kurikulum pa služi spoznavanju in izdelavi kompleksnejših modelov. Najvišje stopnje simulacijskih modelov pa bi lahko bile del raziskovalnih nalog, seveda s področij, ki so za industrijska podjetja v Sloveniji najbolj zanimiva.

Viri:

<http://www.siemens.com>

<https://new.siemens.com/global/en/company/sustainability/education/sce/learning-training-documents.html>

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/simit.html>