

Když se fyzika spojí s neuronovými sítěmi

Nová éra CAE simulací s technologiemi Siemens

Inženýrské navrhování v moderním průmyslu bylo odjakživa definováno snahou o snižování nejistoty. Zatímco fyzické testování tuto nejistotu odstraňovalo velmi pomalu a tradiční numerické CAE simulace proces výrazně urychlily, současný tlak na efektivitu vyžaduje technologický skok. Vývojáři čelí výzvě označované jako decision latency – časové prodlevě mezi navržením tvarové změny a získáním výsledků jejího fyzikálního chování. Tradiční 3D numerické simulace proudění, pevnosti či nelineárních nárazů totiž mohou i s využitím HPC clusterů běžet hodiny i dny, což brzdí rychlost inovačního cyklu.

Společnost Siemens Digital Industries Software přináší do tohoto prostředí zásadní změnu. Strategickým krokem se stalo začlenění pokročilých technologií společnosti Altair, které doplňují portfolio Siemens Xcelerator o špičkové nástroje pro simulace, HPC a zejména inženýrskou umělou inteligenci. Spojením klasických fyzikálních solverů s hlubokým učením a no-code datovou vědou se výpočetní časy zkracují z hodin na sekundy. Tento přístup se označuje jako *shift-left*, protože umožňuje inženýrům testovat řádově více designových variant hned v počátečních fázích konceptu – posouvá výpočty v časové ose vývoje doleva, čímž zásadně urychluje uvedení nových produktů na trh.

Tři klíčové technologie inženýrské umělé inteligence

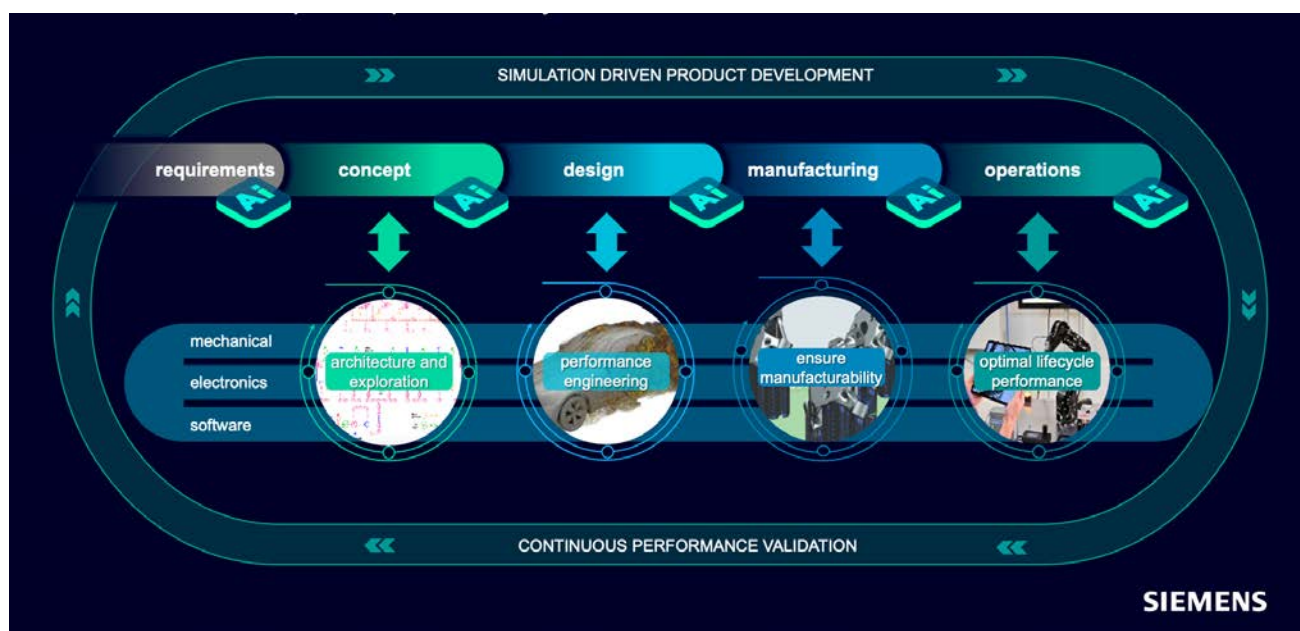
Moderní inženýrská umělá inteligence se liší od běžných generativních modelů tím, že musí dokonale rozumět fyzikálním zákonům, trojrozměrné geometrii a dynamickému chování v čase. V portfolio Siemens tuto novou éru reprezentují především tři zásadní produkty: Simcenter Physics AI, Simcenter RomAI a Rapidminer.

Simcenter Physics AI: Geometrické hluboké učení pro trojrozměrné analýzy

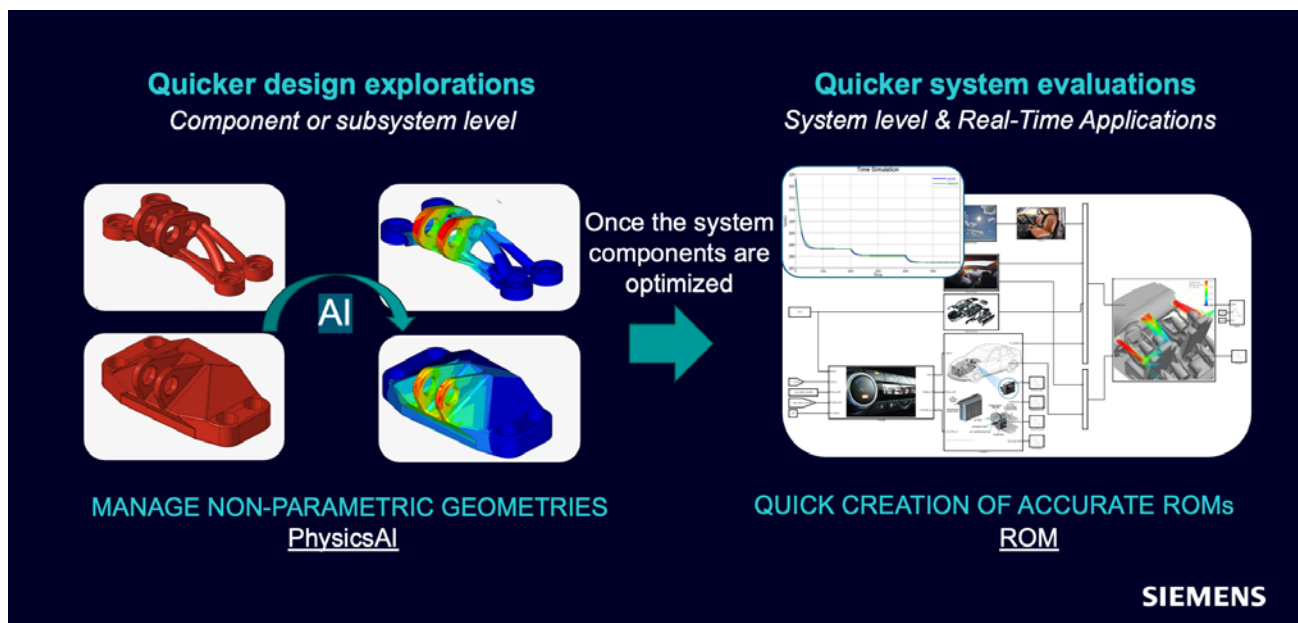
Tradiční „surrogate“ modelování naráží na omezení – pracovat pouze s tabulkovými parametry (skalárními veličinami)

a nedokáže zohlednit složité změny tvaru (ve formě trojrozměrného pole). Simcenter Physics AI tento limit odstraňuje nasazením geometrického hlubokého učení (Geometric Deep Learning). Tento algoritmus se učí přímo ze 3D geometrie CAD modelů nebo výpočetních sítí.

Physics AI funguje jako doménově neutrální nástroj pro predikci mechanické napjatosti, aerodynamiky, teplotních polí, crash simulací a dalších jevů a veličin. Proces probíhá tak, že se nejprve shromáždí historické simulační běhy, na nichž se umělá inteligence v trénovací fázi naučí vztahy mezi tvary a výslednými fyzikálními poli. Jakmile je model vytrénován, dokáže u zcela nového konceptu předpovědět



▲ AI vstupuje do inženýrských nástrojů v celém životním cyklu produktu.



▲ *PhysicsAI se věnuje simulacím 3D fyzikálních problémů zatímco RomAI je zaměřená na modelování řízených a řídicích systémů. V procesu návrhu jsou provázané.*

kompletní trojrozměrné fyzikální pole během několika sekund namísto hodin čekání na solver, což inženýrům dává okamžitou zpětnou vazbu.

Simcenter RomAI: Dynamické modely sníženého řádu v reálném čase

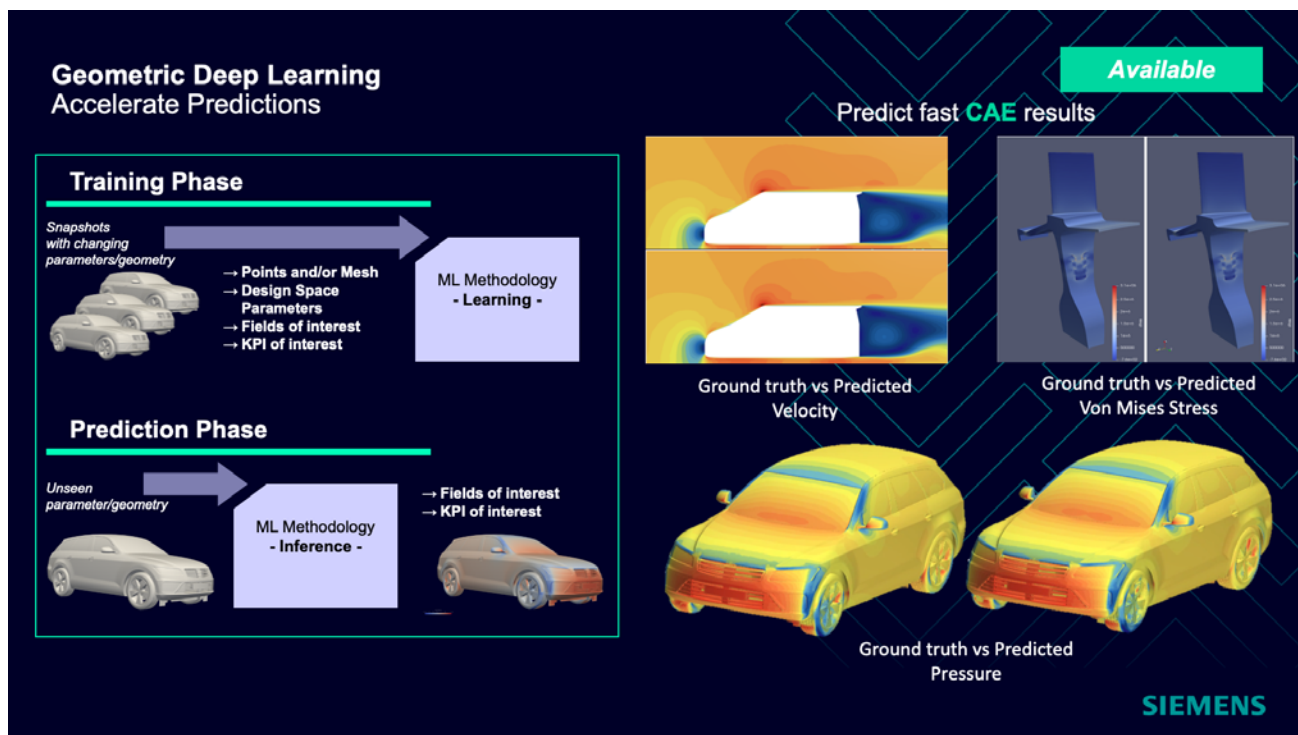
Zatímco Physics AI exceluje v predikci prostorových polí, při vývoji řídicích

softwaru je klíčové simulovat chování systémů v čase. K tomu slouží modely sníženého řádu (Reduced Order Models), které zjednodušují komplexní 3D modely na bleskově běžící rovnice.

Nástroj Simcenter RomAI kombinuje hluboké učení s klasickou teorií dynamických systémů. Na rozdíl od statických regresních modelů dokáže RomAI zachytit

transientní nelineární dynamiku. Výsledné modely pracují s odezvou v řádu milisekund a lze je exportovat pro 1D systémové simulace nebo je nahrát přímo na fyzický hardware jako spustitelné digitální dvojče.

Zásadní výhodou RomAI je intuitivní vizuální rozhraní. Jak uvádí Wang Shuang, supervizor analýz v automobilce Chery: „RomAI nám umožnil pracovat



▲ *Geometrické hluboké učení umožňuje vytvořit modely, kde výstupem je trojrozměrná predikce fyzikálních veličin. Tedy například napětové mapy, rychlostní pole namísto jednotlivých parametrů (skalárních hodnot) v určitých místech.*

s neuvěřitelnou přesností a eliminovat technická úzká hrdla. Pro ty z nás v inženýringu, kteří nemusíme vynikat v programování nebo AI, dělá vizuální rozhraní RomAI trénování modelů jednoduchým a přístupným.“

Rapidminer: No-code datová věda jako stavební kámen CAE dat

Úspěch jakéhokoli projektu postaveného na umělé inteligenci závisí na kvalitě a struktuře vstupních dat. V inženýrské praxi jsou však historická data často nestrukturovaná. Rapidminer AI Studio slouží především jako no-code vizuální platforma pro inženýrskou datovou vědu, která řeší celý řetězec od čištění dat až po nasazení modelů.

Rapidminer umožňuje automatizovat extrakci proměnných ze stovek simulacních souborů. Pomocí shlukování dokáže automaticky analyzovat simulační výsledky podle počtu a intenzity napěťových hotspotů. Rapidminer tak velké datasety rozdělí do přehledných skupin, zkomprimuje dimenzionalitu dat a vytvoří vyváženou trénovací sadu pro downstreamové nástroje, jako je Physics AI, čímž ušetří až 50 % času na přípravu dat.

Inženýrská inteligence v praxi

Následné příklady ukazují reálné průmyslové nasazení těchto tří technologií

u předních světových výrobců v automobilovém průmyslu.

Continental: Vývoj a validace airbagů pod 30 sekund

Simulace nafukování airbagu a interakce s pasažérem představuje extrémně nelineární transientní děj. Tradiční simulace explicitního solveru vyžadovala dvě hodiny čistého výpočetního času na 64 CPU pro každou jednotlivou variantu návrhu, což zásadně brzdilo optimalizační smyčky.

Vývojový tým společnosti Continental se rozhodl pro hybridní přístup. Pro predikci prostorového pole kontaktních sil byl využit model Simcenter Physics AI vytrénovaný na datech ze solveru. Paralelně byl nasazen model Simcenter RomAI, který se z časových řad naučil predikovat průběh zrychlení v čase. Výsledkem byl pokles času predikce chování airbagu ze dvou hodin na méně než 30 sekund, což znamená 240násobné zrychlení. Mezi predikovanými a reálnými výsledky byla navíc prokázána excelentní korelace kontaktních sil a akceleračních křivek.

Magna: Simulace deformačních zón nárazníku za 10 sekund

Vývoj crashových struktur vyžaduje splnění přísných bezpečnostních kritérií při

zachování minimální hmotnosti. Standardní simulace nárazu nárazníku do překážky trvala na HPC systému čtrnáct hodin, což omezovalo počet variant, které mohl inženýrský tým vyzkoušet.

Ve společnosti Magna na tento problém nasadili nástroj Simcenter Physics AI. Model se naučil chápat vztah mezi 3D tvarem nárazníku a jeho deformačním polem. Výsledný čas potřebný k vyhodnocení nového designového návrhu klesl ze čtrnácti hodin na pouhých deset sekund (více než 5000násobné zrychlení) při zachování přesnosti přesahující 97 % ve srovnání s referenčním explicitním solverem. To inženýrům umožnilo provádět interaktivní optimalizace tvarů a získávat okamžitou zpětnou vazbu.

Lucid Motors: Inteligentní klasifikace crash módů karoserie

Při vývoji prémiových elektromobilů je klíčové zajistit robustní deformační chování karoserie při šikmých nárazech, aby byla stoprocentně chráněna trakční baterie v podlaze vozidla. Tradiční nelineární simulace však i v tomto případě limitovaly počet designových iterací z časových důvodů.

Společnost Lucid Motors integrovala technologii Physics AI přímo se svými simulačními daty (LS-Dyna). Inženýři

AI-Driven Airbag Design

Challenge

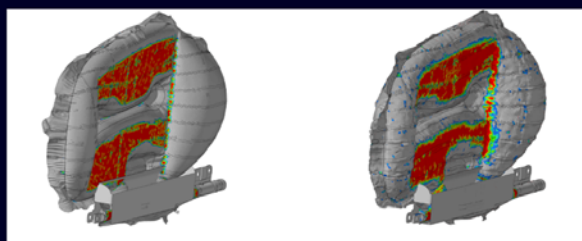
- Airbag simulation is very challenging due to highly transient and complex physics, with high variability of both the airbag and impactor
- Simulation times can be long, slowing the development process

Solution

- PhysicsAI implemented to gain rapid design insight
- Results data from Radioss used to train the machine learning (ML) model

Result

- Runtime reduced from 2 hours to less than 30 seconds
- Excellent correlation between true and predicted results
- Intensity and timing captured by the training model with good degree of accuracy and precision



Traditional Solver (True)

2 hours on 64 CPU runtime

50 samples (6400 CPU-hrs)
for training and validation

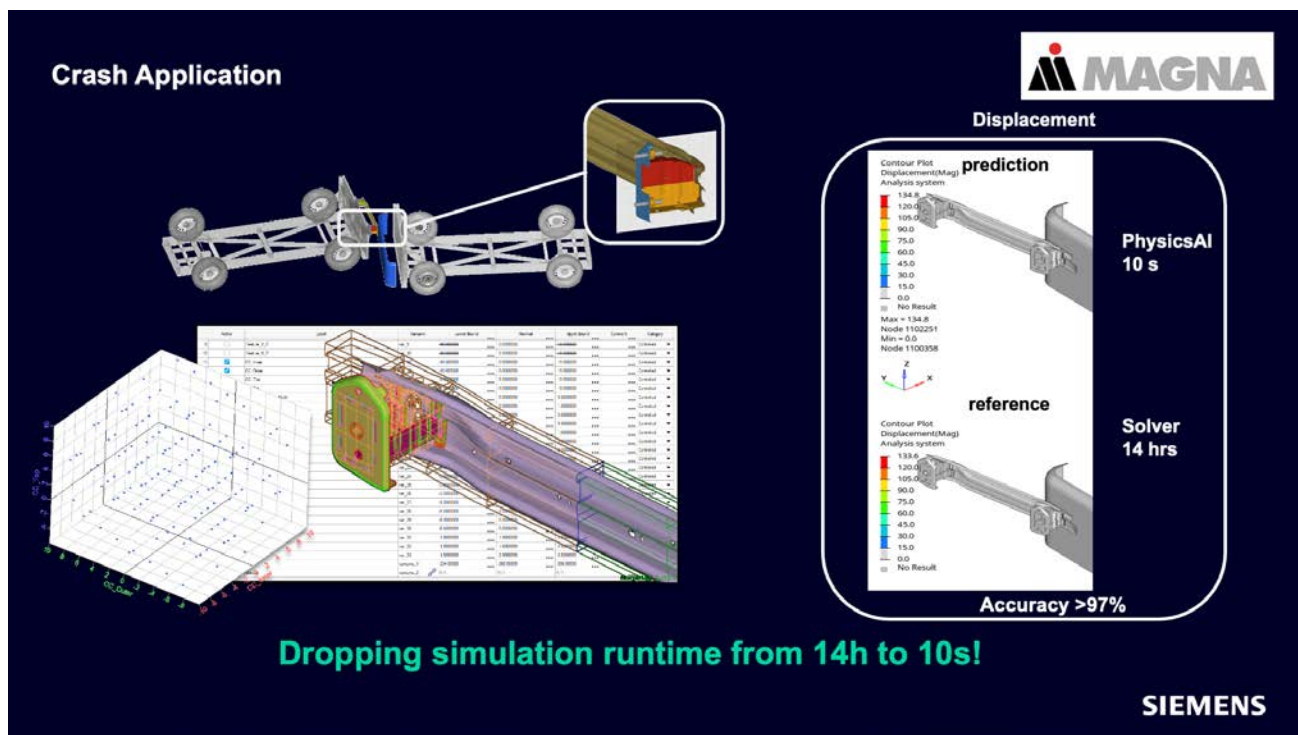
PhysicsAI (Predicted)

30 seconds for prediction,
CAE post-processing environment

–
Setup + Train time

SIEMENS

▲ Nasazení AI v aplikaci vývoje airbagů ve společnosti Continental.



▲ Nasazení AI v aplikaci vývoje deformačních zón a crash testů automobilů ve společnosti Magna.

připravili AI modely, které dokázaly okamžitě analyzovat 3D geometrii deformačních zón a automaticky klasifikovat specifické crash módy, jako je bezpečné axiální borcení nosníků versus nebezpečný ohyb konstrukce. Integrace AI vedla k zásadnímu zkrácení inženýrských cyklů a snížení počtu potřebných designových iterací. Lucid Motors tak zrychlil dodávku lehkých, crash-robustních struktur při minimalizaci reálných materiálových zkoušek.

Optimalizace lisovacích parametrů na lince v reálném čase

Lisování plechových dílů karoserie je v reálné výrobě ovlivněno mnoha proměnnými, jako jsou mechanické vlastnosti plechu či tření v matici. Komplexní simulace tváření plechu v explicitním solveru sice dokáže tato rizika odhalit, ale jeden výpočet trvá přibližně čtyři hodiny, což znemožňuje operátorům lisu reagovat na změny materiálu v reálném čase.

Inženýři na získaných datech vytrébovali model Simcenter RomAI, který se naučil okamžitě predikovat klíčové ukazatele kvality výlisku, jako je odpružení materiálu, ztenčení stěny či riziko vzniku trhlin. Tento model byl následně nasazen jako digitální dvojče přímo u lisu. Čas potřebný k analýze vlivu materiálových

změn na kvalitu dílu se zkrátí ze čtyř hodin na pouhou jednu sekundu. Výrobní tým tak získal možnost provádět okamžité co-když analýzy a optimálně přenastavit parametry lisu podle vlastností aktuální šarže materiálu, což výrazně snížilo zmetkovitost.

Virtuální tenzometry pro odhad provozního zatížení karoserie

Získání přesných dat o zatížení podvozku během jízdy na testovacím polygonu vyžaduje instalaci desítek drahých tenzometrů. Tato instrumentace je finančně nákladná, senzory jsou náchylné k mechanickému poškození a na mnoho kritických míst je fyzicky umístit nelze.

Inženýři nasadili kombinovaný proces. Nejprve byl využit Rapidminer k určení nejvhodnějšího fyzického umístění tenzometrů. Následně byl vycvičen model Simcenter RomAI, který se z časových řad naučil fungovat jako virtuální senzor a dopočítávat zatížení v kritických místech na základě signálů z pouhých několika fyzických akcelerometrů. Reálné testování na polygonu se zkrátilo o polovinu, což přineslo dramatické snížení nákladů na měřicí přístroje a zjednodušilo instrumentaci testovací flotily vozidel při zachování dokonalého přehledu o zatížení celé konstrukce.

Závěr: Shift-Left v praxi

Nasazení inženýrské umělé inteligence v podání technologií Physics AI, RomAI a RapidMiner představuje zásadní milník v evoluci průmyslového vývoje. Výsledky případových studií jasně ukazují, že AI v CAE simulacích není pouhým doplňkem, ale skutečným multiplikátorem inženýrské inovace.

Tento technologický posun mění roli inženýrů. Místo toho, aby trávili dny čekáním na výsledky solverů, mohou vyhodnotit tisíce designových variant během několika vteřin. Mohou zkoumat neotřelé koncepty, objevovat optimální tvary a přicházet s bezpečnějšími, lehčími a udržitelnějšími produkty hned v raných fázích vývoje. Siemens integrací těchto ex-Altair technologií úspěšně demokratizuje umělou inteligenci a dává inženýrům do rukou nástroje, které definují budoucnost průmyslového vývoje.

A co nasazení v tuzemsku? Za Advanced Engineering můžeme jen naznačit, že participujeme na projektu, pro nejmenovanou automobilku, kde zmíněné technologie připravujeme pro produkční nasazení. Zkušenosti bude možné brzy aplikovat i jinde. Rádi se o ně podělíme.

Zdroj [Advanced Engineering](#)