



Stavebnictví a Průmysl 4.0

Vladimír MAJÍK

Praha, 23.4.2018

www.ciirc.cvut.cz

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC)
České vysoké učení technické v Praze



Digitální ekonomika a průmyslová výroba



Pro je hnací silou dnešního rozvoje společnosti průmyslová výroba?

- ✓ **Konvergence komunikačních, počítačových a automatizačních technologií**, Mooreův zákon stále platí, průmyslová sféra nejlépe připravena
- ✓ **Virtualizace**: vzniká IoT (Internet věcí), propojuje se fyzický svět výroby se světem virtuálním, každý **objekt fyzického světa** může mít svého **dvojníka ve světě virtuálním a stát se aktivním elementem komunikace**
- ✓ **Nové technologie**: aditivní 3D tisk, cloudy, metody kybernetiky, umělé inteligence a strojového učení, strojové vnímání, blockchainy, **agentní technologie** atd.
- ✓ **Nové obchodní modely** založené na vysoké autonomii jednotlivých výrobních i nevýrobních složek podniků, na vazby na tzv. **okolí továrny**, vedou k **individualizaci produkce**
- ✓ Vznikají **složité výrobní systémy, které lze řídit pouze decentralizovaně** : komunity autonomních subsystémů (agentů)



4. průmyslová revoluce

– Technologické pokroky

- 1. průmyslová revoluce: pára
 - 2. průmyslová revoluce: elektřina
 - 3. průmyslová revoluce: počítače a roboti
 - 4. průmyslová revoluce: Kyberneticko-fyzikální systémy (CPS)

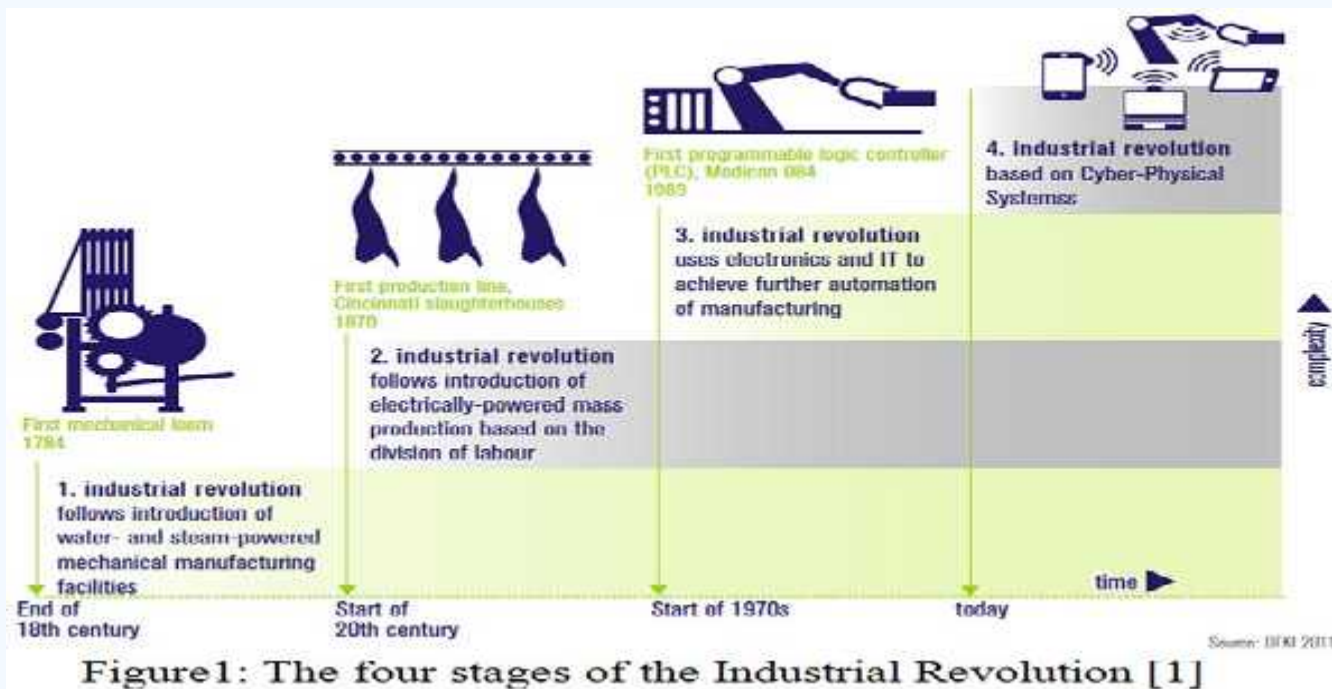


Figure 1: The four stages of the Industrial Revolution [1]



Klíčové vize



Hlavní myšlenka:

Počítaním propojením

- ✓ výrobních strojů,
- ✓ opracovávaných produktů a polotovarů
- ✓ všech osob zapojených do procesu (prostřednictvím rozhraní)
- ✓ všech dalších systémů a subsystémů průmyslového podniku

vytvorit **inteligentní distribuovanou síť rozrodých entit** podél celého řetězce vytvářejícího hodnotu, přičemž subsystémy pracují relativně autonomně a paralelně, navzájem dle potřeby komunikují – každý fyzický systém má své **virtuální dvojce** i **virtuální obraz** ve virtuálním světě

Propojení internetu věcí a internetu služeb =

vytvorení **kyberneticko – fyzického prostoru**, v němž jsou už jen nejasné hranice mezi reálným a virtuálním, které se dle potřeby posouvají

Postupně se objevuje **třetí dimenze**, kterou nelze ignorovat:

vedle dvou technologicky orientovaných světů, **fyzického světa výrobního a virtuálního světa služeb** je třeba počítat i se **světem sociálním**, který začíná s oběma technologickými silami interagovat



Klíčové vize 4. průmyslové revoluce



Integrovaný výrobní systém chápaný jako kyberneticko-fyzický systém je **systémem velmi složitým**, který lze řídit pouze na základě principů **decentralizace, asynchronní adresné komunikace a koordinace.**

Trojí znalostně orientovaná integrace průmyslových systémů :

- **Integrace horizontální (hodnotového řetězce)** – tedy plná průmyslová integrace (**nikoliv pouze propojení informačních systémů !!**) zabezpečující vše od podání objednávky, přes zásobovací řetězec, vývoj, výrobu až k expedici a distribuční síti

- **Integrace vertikální (vnitropodniková)** – znalostně podporovaná integrace od úrovně řízení v reálném čase, přes plánování a rozvrhování výroby a ERP systémy až k rozhodování na nejvyšší úrovni

- **Integrace inženýrské podpory (životního cyklu)** napříč celým inženýrským řetězcem – od výzkumu, vývoje, prototypování, rozvrhování výroby až po ošetření celého životního cyklu výrobku



Totální prosí ování



Úplně **stejná filosofie** Industry 4.0 může být využita v

- Technologické přepracování výroby
- Plánování a rozvrhování kdekoli, včetně logistiky
- řízení dodavatelského řetězce
- ERP komunikaci
- Přehled řízení životního cyklu výrobku
- Přehled zabezpečování zdrojů (energetických, surovinových atd.)

a všechny tyto systémy mohou být totálně propojeny v rámci jediné inteligentní sítě



➔ **Totální inteligentní prosí ování**
všech aktivit spojených s průmyslovou výrobou



Klíčové vize – Složitě systémy jako systémy agentní

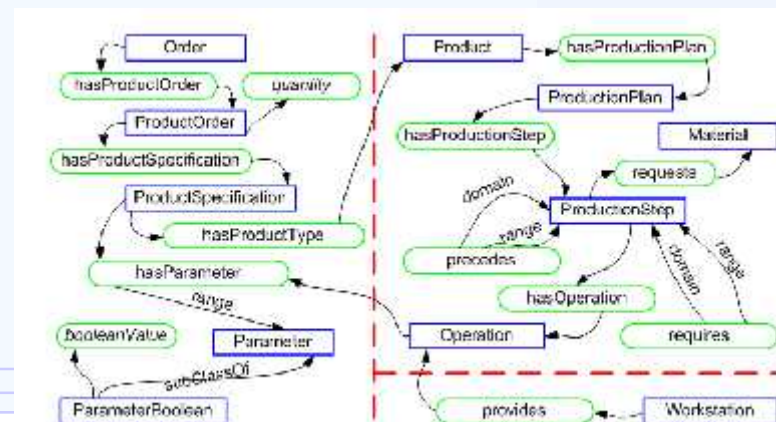
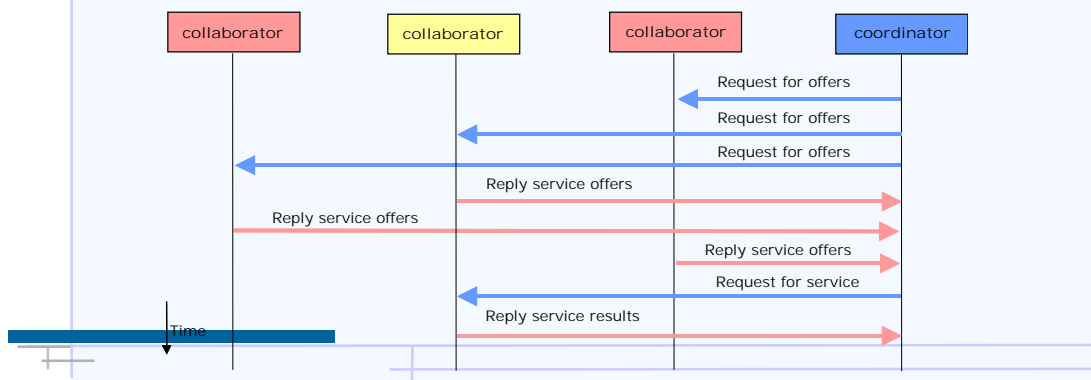


Každý stroj, transportní zařízení, poloproduct, výrobek, oddělení atd. reprezentovány ve virtuálním světě jako autonomní entita = **SW agent**

Agenti:

- Obsahuje všechnu informaci o daném elementu (**data container, semantic memory, embedded memory**)
- Komunikují mezi sebou, jen když je třeba
- Schopni se dohadovat podle standardních vyjednávacích pravidel a protokol (**contract-net-protocol, aukce** atd.), přičemž trvale mají na paměti a sdílejí **GLOBÁLNÍ CÍL** složitěho systému

Jeich vzájemná komunikace využívá **sémantickou informaci** skladovanou **v sémantických/ontologických strukturách** (znalosti o struktuře podniku, procesech, organizaci, historických datech atd.)





Agentní systémy – metodologický význam

- Nový přístup **směřující k nové teorii systémů**, vyžaduje změnu myšlení – tato teorie však stále a citelně chybí
- Vhodný pro specifikaci, návrh a realizaci nejrozšířenějších distribuovaných systémů
- K dispozici platformy, realizující multiagentní systémy, včetně základních služeb, komunikačních a dohodovacích protokolů, umění, sémantiky a ontologií, meta-agentů, distribuovaného umění atd. (**standardy FIPA**)
- Modely agentů umožní propojování (nehmotných) distribuovaných znalostí s reálným světem
- První praktické aplikace v nejrozšířenějších oblastech
- Mnoho teoretických problémů stále stěží přitahuje pozornost výzkumu (**emergentní chování, stabilita, adaptabilita**)



Složité systémy jako systémy agentní



- ✓ Rozhodující budou tzv. **agenti-informatická/digitální dvojíta** nesoucí základní informaci o „svém“ objektu a využívající p íslušné ásti **znalostní ontologie i blockchainový zp sob ukládání dat**
- ✓ **Technologie blockchain** – bude sloužit jako technologie pro bezpečné a nemanipulovatelné ukládání historie i dohodnuté ásti budoucnosti
- ✓ Agentní systémy budou fungovat p edevším **v módu poskytování služeb** → realizace formou **architektur orientovaných na služby** (v informatickém slova smyslu)
- ✓ Takováto vize však podporuje i **poskytování služeb na úrovni obchodních model** : Službou může být nejen výroba individualizovaného produktu, ale i například sdílení výrobní linky i stroje s jinou firmou

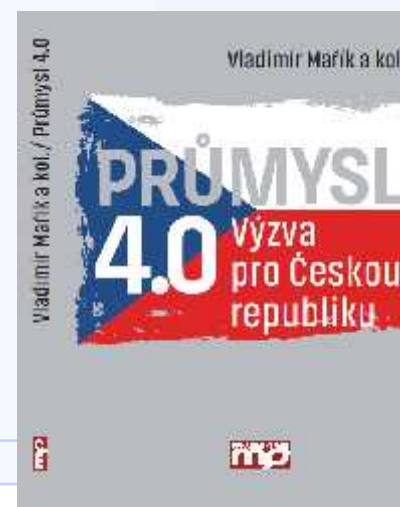


Národní iniciativa Průmysl 4.0



- ✓ **Národní iniciativa** vznikla jako reakce na potřeby a požadavky českého průmyslu za osobní podpory min. MPO J. Mládka a byla MPO koordinována
- ✓ Práce zahájeny v červenci 2015, **15.9.2015 – iniciativa vyhlášena na MSVB**
- ✓ Vytvoření tímu o 11 lidech, na expertním dokumentu o 190 stranách pak pracovalo **87 expertů v 11 odborných skupinách**
- ✓ **Dokument je komplexní**: v každé z 11 tematických kapitol analyzuje výchozí stav, naznačuje trendy vývoje, přináší SWOT analýzu a důležitou **součástí jsou návrhy konkrétních opatření** (celkem 47 klíčových a dalších 140 podrobných)
- ✓ **Dokument dokončen 3.2.2016**
- ✓ **Kniha v Management Press – 26.5.2016**

PRŮMYSL
4.0



Obsah návrhu Iniciativy Průmysl 4.0



1. Úvod
2. Specifická situace průmyslu v ČR
3. Technologické předpoklady a vize
4. Nové požadavky na aplikovaný výzkum v ČR
5. Bezpečnost systémů
6. Standardizace
7. Právní a regulační aspekty
8. Dopady na trh práce, kvalifikaci pracovní síly a sociální dopady
9. Vzdělávání
10. Průmysl 4.0 a efektivita využívání zdrojů
11. Investice podporující Průmysl 4.0

PRŮMYSL
4.0



Iniciativa Průmysl 4.0



Vláda iniciativu přijala dne 24.8.2016 a usnesla se na vytvoření **Aliance Společnost 4.0**, která bude zastřešovat řešení dopadů na celou společnost

15.2.2017 Aliance Společnost 4.0 založena – rozhodnutím vlády ČR, klíčovou roli hraje **Vládní výbor pro digitální agendu**:

Inovovaný Akční plán pro Společnost 4.0 (září 2017) hovoří o stavebnictví, avšak jenom o BIM a legislativních procesech!

V květnu 2017 založen **Akademický poradní výbor Aliance Společnosti 4.0**

Zabývá se rozvojem vizí v posledních dvou letech, zejména dopady na zaměstnanost, vzdělávání, ale též **na stavebnictví a chytrá města**:

Průpravuje se rozšíření vize o Stavebnictví 4.0 (Ing. Fibiger a další)



Průmysl 4.0 nemůže fungovat v izolaci



-Zavádění principů Průmyslu 4.0 v průmyslu má jen omezený význam, **pokud okolí továrny v etnám st. nebude fungovat „postaru“**, bez uplatnění principů Průmyslu 4.0

-Jedná se především o zásadní konceptní změny **v energetice, dopravě, stavebnictví, Smart Cities atd.** (často používané označení 4.0 znamená – v souladu s principy Průmyslu 4.0)

Základní podmínkou úspěchu Společnosti 4.0 je digitalizace a virtualizace, ale vlastním jádrem **znalostní (kybernetická) integrace** ve všech oblastech (konkrétně například pro energetiku):

-**horizontální** (od výrobců k uživatelům a od uživatelů demand-driven služeb k poskytovatelům)

-**vertikální** (například od systémů řízení generátorů, baterií, trafostanic v reálném světě, přes komunikační systémy, operační centrálu až k nejvyššímu managementu) a

-**ve směru inženýrské podpory** (od specifikace požadavků přes simulace, virtuální realitu až ke konkrétním návrhům realizace a realizaci, ke sledování a podpoře provozu a obchodu)





- Základem celé **decentralizované distribuční soustavy** bude
 - **soustava chytrých sítí** (smart grids) rozsahu části okresu, každá vytvářející samostatný ekosystém chovající se navenek někdy jako spotřebitel jindy jako výrobce (mění se profil spotřeby)
 - **páteční síť** tvořená klasickými centralizovanými zdroji (ta by měla v roce 2030 pokrývat jen 70% spotřeby, v roce 2040 jen 60% a tento podíl by měl nadále klesat)
- **Chytré síť** budou tedy **zahrnovat jak zdroje** (alternativní elektrárny, zdroje odpadního tepla, kogenerační jednotky, baterie, domy), tak **souasn spotřebitele**, ale i **prosumery** (kteří se někdy chovají jako zdroje, jindy jako spotřebitelé) – všechny tyto prvky se budou v lokálním měřítku optimalizovat s cílem maximální soběstačnosti





-Základními autonomními **subsystémy chytrých sítí** budou **výrobní podniky, systémy dopravních služeb i městského osvětlení, obytné tvrti i rekreační zóny, lokální distribuční soustavy LDS,** apod. - jasné prolínání s chytrými městy

-Autonomní subsystémy obytných tvrtí se mohou opírat o **chytré budovy** s významnou měrou soběstačnosti (vybavené např. FV zdroji, zásobníkem energie, kogeneračním zdrojem a plnou automatizací provozu s predikcí spotřeby) i jejich dynamicky se strukturující konglomeráty

-Klíčovou roli budou hrát **zásobníky energií** (baterie, zásobníky teplé vody, setrvačkové zásobníky, akumulátory, elektromobily)

-Všechny takovéto autonomní subsystémy budou **posilovat k zajištění stability dodávek** a postupně nahradí v této funkci fosilní elektrárny.





- **Nejde jen o digitalizaci** – ale o znalostní integraci uvnitř systém stavebnictví, ale i navenek (s energetikou, dopravou atd.)
- **BIM** je důležitou součástí, ale **není to zdaleka všechno**
- **Další oblasti a úkoly** stavebnictví, které je třeba integrovat:
 - Výrobní kapacity pro výrobu a přepravu stavebních hmot a komponent
 - Robotizovaná výstavba
 - Legislativní procesy, například k získání stavebního povolení
 - Automatizace budov a jejich napojení na energetickou, dopravní a jinou infrastrukturu
 - Procesy údržby budov
- Bude nutno vytvářet **agentové komunikační prostředí, tedy v tísňi menší síť**, které lze posléze propojovat a integrovat



Co dělat v rámci Stavebnictví 4.0?



-Základní technologický předpoklad - vhodní **virtuální dvojníci prvků chytré sítě**, kteří budou obsahovat jednak znalosti o principech a pravidlech chování toho prvku, který reprezentují, jednak konkrétní data o současném stavu, ale též znalosti o principech chování a současném stavu kooperujících partnerů.

-Stavebnictví 4.0 bude vyžadovat **postupný vývoj virtuálních dvojníků všech elementů** v sílušných komunikačních sítích, tj. například v chytrých domech a jejich komponentech až na úrovni jednotlivých místností, systémů jejich vytápění, větrání, systémů vodního a odpadového hospodářství, zásobování energiemi, dopravních subsystémů (včetně parkovišť), elementů administrace procesů, systémů a subsystémů BIM atd. na základě vytváření vhodných modelů chování těchto prvků.

-**Znalosti musí každý dvojník prvku sítě získávat z kontejnerů ontologických znalostí**, udržovaných ve specializovaném autonomním SW agentu ontologických znalostí. Data získává každý dvojník buď přímo z fyzického objektu, který reprezentuje, nebo dotazem k dvojníku prvku, který tu informaci má k dispozici.



Co dělat v rámci Stavebnictví 4.0?



-Začít využívat dostupné **metody umělé inteligence pro rychlou analýzu velkých dat a dále rychlé znalostmi podporované vyjednávání a rozhodování**. Učení z minulých příkladů je velice vítaným, zatím nepříliš často užívaným nástrojem.

-Nejedná se o žádné záhadné orakulum, ale o seriózní využívání dnes dostupných rigorózních metod rozvíjených v rámci vědní disciplíny, která se nazývá **umělá inteligence**.

-Například **induktivními metodami učení** získávat dlouhodobější pravidla platící pro chování systému, **metodami rozpoznávání** detekovat podezřelé jevy v síti. Velmi populárními se stávají metody tzv. „**hlubokého učení**“ (**deep learning**), založené na umělých neuronových sítích, poskytující i vysvětlování..

-Těchto metod je možné již dnes využívat **pro řízení, diagnostiku i predikci zasílovaných systémů**.





Průmysl 4.0 je především novou filosofií řízení složitých systémů, vyžadující zásadní konceptní změnu v myšlení, která se musí uplatnit i ve stavebnictví (Stavebnictví 4.0)

Opírá se o teorii agentních systémů: jedná se množinu inteligentních interagujících a vyjednávajících autonomních jednotek

Všechny prvky se stávají aktivními hráči

Přináší zcela nové business modely: výroba jako služba, dodávka energie jako služba, mobilita jako služba, výstavba, pronájem a údržba nemovitostí jako služba

Přináší nové architektury podnikové informatiky – směrem k otevřeným strukturám a službám



Shrnutí



Základní podmínkou je digitalizace a virtualizace, ale vlastním jádrem znalostní (kybernetická) integrace – **jedná se o kybernetickou revoluci**

-Zavádění principů Průmyslu 4.0 v průmyslu, v dopravě, energetice i stavebnictví **má jen omezený význam, pokud nebude probíhat ve všech těchto oblastech souasně**, ruku v ruce

-Jde o **celospolečenský fenomén**, který musí být podpořen změnou v myšlení, v systémovém pohledu na věc – **MYŠLENÍ 4.0 – nutno nastavit nový mentální model**

-Největší úsilí je v této chvíli potřeba zaměřit na energetiku jako páteř všeho – ta v plánovaných investicích zaostává nejvíce

