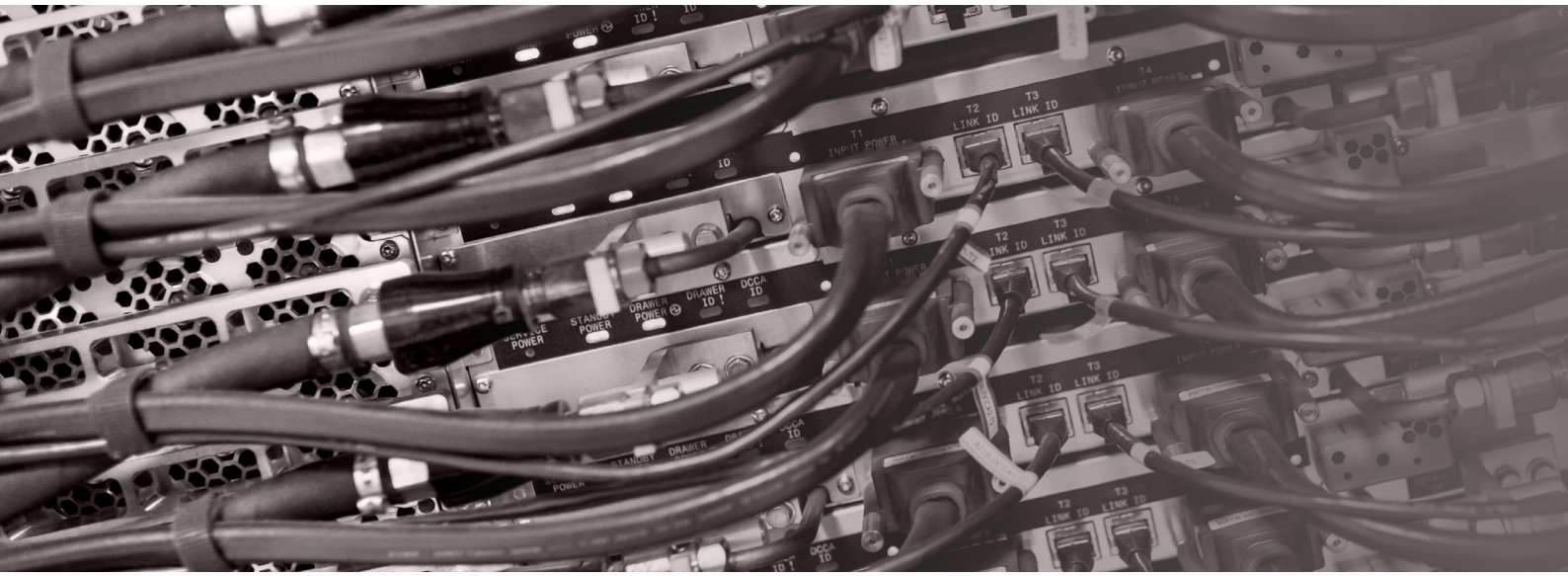
SLOVENSKÁ
AKADÉMIA
VIED

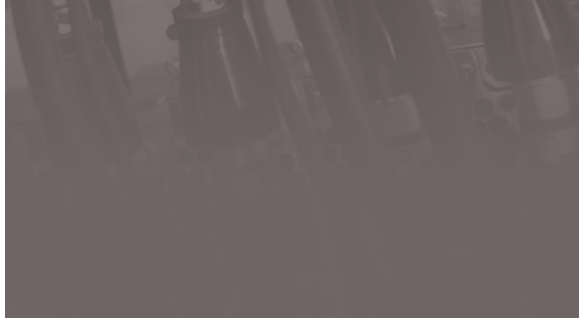
ŠTÚDIA
USKUTOČNITEĽNOSTI

MOŽNOSTI VZNIKU NÁRODNÉHO SUPERPOČÍTAČOVÉHO KOMPETENČNÉHO CENTRA V PODMIENKACH SR

OBSAH

1.	Manažérske zhrnutie	2
2.	Úvod	6
3.	Vysvetlenie skratiek a pojmov	12
4.	Význam a prínos HPC, HPDA, AI a Cloud...	18
5.	Analýza prostredia	34
6.	Strategická vízia NSC	60
7.	Analýza prínosov a vplyvu NCS	78
8.	Alternatívy konceptu NCS	98
9.	Cestovná mapa NCS	110
10.	Projektový plán	122
11.	Analýza finančných zdrojov	136
12.	Stručná právna analýza	142
13.	Analýza udržateľnosti	150
14.	"Cost Benefit" Analýza	160
15.	Záver	172


T1
INPUT POWER
T2
LINK ID
T3
LINK ID
STANDBY
POWER
DRAWER
POWER
DRAWER
ID !
DCCA
ID



KAPITOLA

Manažérske ZHRNUTIE

Vysokovýkonné počítanie (HPC) je v súčasnosti považované za kľúčovú technológiu podporujúcu základný a aplikovaný výskum vo vedeckých disciplínach a v priemysle. V snahe posilniť svoju konkurencieschopnosť investovali v posledných dvoch desaťročiach európske, čínske, japonské a americké iniciatívy významné finančné prostriedky do budovania svojich HPC systémov s cieľom získať čo najväčší výpočtový výkon. Rovnako postupovali aj okolité členské štáty EÚ, vrátane Českej republiky.

Vysokovýkonné počítanie umožňuje vedeckým pracovníkom získavať nové poznatky, podporuje inovácie a pomáha pri dosahovaní prielomových objavov. Vďaka efektívnemu spracovaniu komplexných dát pomáha HPC zvyšovať naše chápanie zložitých vedeckých problémov a vytvárať tak inovácie zvyšujúce konkurencieschopnosť podnikov, efektivitu verejnej správy a úroveň vedy a výskumu v krajine.

Slovensko je, svojou veľkosťou a otvorenou ekonomikou, priamo vystavené zmenám, ktorými prechádza globálne hospodárstvo, spoločnosť a klíma. Digitálne technológie, akými sú umelá inteligencia, vysokovýkonné dátové analýzy, robotika, nanotechnológie či blockchain, majú a v budúcnosti budú mať veľký vplyv na úspešnú transformáciu priemyslu, zamestnanosti, vedy a výskumu i celej spoločnosti.

Pre úspech Slovenska v tejto digitálnej transformácií bude nevyhnutné vybudovať a rozvíjať inovatívny ekosystém založený na partnerstve súkromného, akademického a verejného sektoru.

Cieľom tejto štúdie uskutočniteľnosti je poskytnúť detailnú analýzu súčasného stavu v oblasti HPC na Slovensku a v zahraničí a na základe priorít Digitálnej stratégie Slovenska, strategického dokumentu schváleného Vládou Slovenskej republiky v máji 2019, odporúčať systémové opatrenia zabezpečujúce dlhodobú konkurencieschopnosť krajiny, zvyšovanie jej inovačného potenciálu a životnej úrovne občanov.

Hlavným odporúčaním štúdie je vytvorenie Národného superpočítačového centra (NSC) s dvomi hlavnými prioritami. Tou prvou je zabezpečiť adekvátny a dlhodobo

udržateľný vysokovýkonný systém (superpočítač na národnej úrovni) slúžiaci potrebám a dopytu akademického, súkromného a verejného sektoru na Slovensku. Systém, ktorý bude podporovať vývoj a inovácie s využitím vysokovýkonného počítania (HPC), vysokovýkonných dátových analýz (HDPA, Big Data) a umelej inteligencie (AI). Druhou prioritou (NSC) je vytvorenie Národného HPC kompetenčného centra, ktoré svojimi službami a expertízou podporí vznik a rozvoj digitálneho ekosystému na Slovensku a zvyšovanie adopcie HPC a HPDA vo všetkých sektoroch slovenskej spoločnosti.

Štúdia zároveň rešpektuje súčasné východiská, akými sú napríklad nízka miera využívania HPC v priemysle a verejnej správe, nedostatok vedeckých kapacít na slovenských univerzitách, či nedostatok finančných zdrojov na rozvoj HPC systémov, a odporúča postupné budovanie infraštruktúry a posilnenie kompetencií v jednotlivých oblastiach priemyslu a verejnej správy. Príkladom tohto postupu je aj rozdelenie plánu Národného HPC kompetenčného plánu do niekoľkých fáz. Kým v počiatočnej fáze, s limitovanými finančnými zdrojmi a začínajúcim HPC ekosystémom, sa kompetenčné centrum zameria na podporu (dnes) najvýznamnejších sektorov podnikania (výroba, nové materiály, finančný sektor), v priebehu nasledujúcich rokov vytvorí platformu na efektívnu adopciu a využívanie HPC a nových digitálnych technológií vo všetkých odvetviach priemyslu s inovačným potenciálom a dopytom po jeho službách.

S podporou akademického, súkromného a verejného sektoru a v spolupráci s európskymi partnerskými organizáciami (napr. v rámci EuroHPC JU) majú nové Národné superpočítačové centrum a jeho HPC kompetenčné centrum všetky predpoklady úspešne a efektívne podporiť stratégiu digitálnej transformácie Slovenska a priamo prispieť k významným objavom a inováciám v akademickom výskume, podnikaní a verejnej správe podporujúcim zvyšovanie konkurencieschopnosti slovenského hospodárstva, životnej úrovne spoločnosti a atraktivity Slovenska pre priame zahraničné investície a prílev talentov.

Vysokovýkonné počítanie umožňuje vedeckým pracovníkom získavať nové poznatky, podporuje inovácie a pomáha pri dosahovaní prielomových objavov.

C11

KAPITOLA

2.1. Legislatívne východiská

Dňa 7. mája 2019 Vláda Slovenskej republiky svojim rozhodnutím č. 206/2019 schválila návrh Stratégie digitálnej transformácie Slovenska 2030.

Dňa 3. júla 2019 svojim rozhodnutím č. 337/2019 Vláda Slovenskej republiky schválila návrh Akčného plánu digitálnej transformácie Slovenska na roky 2019 – 2022.

Oba strategické dokumenty vychádzajú z rozhodnutí a strategických priorít Európskej komisie zameraných na vytvorenie digitálneho ekosystému v Európskej únii a digitálnej a dátovej infraštruktúry s cieľom zabezpečiť konkurencieschopnosť európskeho podnikateľského sektoru, zvýšiť inovačný potenciál európskej vedy a výskumu a plne využiť potenciál digitálnych technológií vo verejnej správe a jej službách.

V júni 2018 prijala Európska komisia legislatívny návrh na vytvorenie programu CEF2 „Connecting Europe Facility Programme for 2021 – 2027". CEF2, vychádzajúci z predchádzajúceho programu CEF, je priamo riadený Európskou komisiou a podporuje rozvoj strategickej vysokovýkonnej infraštruktúry za účelom spájania a integrácie únie a jej regiónov v oblasti dopravy, telekomunikácií a energetiky.

6. novembra 2018, na základe direktívy Európskej únie Regulation (EU) 2018/1488 a s podporou 25 členských štátov EÚ bolo oficiálne založené spoločenstvo na podporu vysokovýkonného počítania (HPC) v Európe – „the European high-performance computing joint undertaking (EuroHPC JU)".

Ako súčasť nasledujúceho dlhodobého rozpočtu Európskej únie (Multiannual Financial Framework) predložila Európska komisia v júni 2019 návrh programu digitalizácie Únie – Digital Europe Program (DEP) – program zameraný na budovanie a rozvoj digitálnych kapacít EÚ a zabezpečenie širokej adopcie digitálnych technológií využívaných občanmi a podnikateľskými subjektmi. Na podporu digitálnej transformácie európskej spoločnosti a hospodárstva navrhuje Európska komisia vyčleniť prostriedky vo výške 9,2 miliárd €. DEP program má ambíciu výrazne zvýšiť investície v oblasti superpočítačov (2,7 miliárd €), umelej inteligencie, kybernetickej bezpečnosti, pokročilých digitálnych zručností a zabezpečenia širokej miery využívania digitálnych technológií v rámci európskej spoločnosti a hospodárstva. Jeho hlavným cieľom je zvýšiť konkurencieschopnosť Európy v rámci globálneho digitálneho trhu a zároveň jej technologickú autonómnosť.

Dňa 17. apríla 2019 podporil Európsky parlament návrh Európskej komisie na vytvorenie inovačného rámca na podporu a posilnenie vedy a výskumu v Európskej únii v období 2021 – 2027. Ambíciou „Horizon Europe", ktorý v nasledujúcom programovom období nahradí Horizon 2020, je výrazne posilniť inovačnú kapacitu Európy, jej konkurencieschopnosť a vytváranie nových pracovných miest v súlade s prioritami európskeho spoločenstva, sociálno-ekonomického modelu a hodnôt Európskej únie.

2.2. Ekonomické a spoločenské východiská

Digitálne technológie postupne prenikajú do všetkých oblastí našej spoločnosti, vrátane podnikania, vedy, výskumu, vzdelávania či služieb verejnej správy a samosprávy. Pomáhajú pri získavaní nových poznatkov, dosahovaní revolučných objavov tam, kde to tradičnými nástrojmi a postupmi v minulosti nebolo možné. Umožňujú súkromným spoločnostiam urýchliť a spresniť vývoj ich nových produktov a služieb, a tým neustále zvyšovať hodnotu poskytovanú zákazníkom a ich celkovú spokojnosť. Poskytujú inštitúciám verejnej správy analýzy veľkých dát v reálnom čase, možnosť vytvárať simulácie rôznych scenárov budúceho vývoja a nástroje na prijímanie účinných operatívnych a legislatívnych opatrení.

Superpočítače sú dôležitým nástrojom pri riešení komplexných úloh a problémov, napríklad pri presnej predpovedi dôsledkov prírodných katastrof (veľkosti a trasy búrkových pásiem, či rozsahu povodní) umožňujú včas aktivovať varovné systémy, a tým chrániť ľudské životy a znížiť potenciálne škody na majetku a infraštruktúre.

Superpočítače taktiež významne pomáhajú pri vývoji nových liekov a nových liečebných metód pre pacientov s rakovinovými ochoreniami, Alzheimerovou chorobou, kardiologickými či zriedkavými genetickými diagnózami.

HPC a vysokovýkonné dátové analýzy (Big Data) pomáhajú aj v priemysle a podnikaní. Významne znižujú čas potrebný na dizajn nových produktov a služieb a ich uvedenie na trh, urýchľujú vývoj nových materiálov, zvyšujú efektivitu vo využívaní surovín a zdrojov a optimalizujú proces rozhodovania sa. Vďaka tomu sa tradičné odvetvia stávajú viac efektívnymi, zvyšujú hodnotu svojich produktov a služieb a znižujú záťaž na životné prostredie.

2.3. Národné východiská /v rámci SR/

Kapacita a výkon vysokovýkonnej infraštruktúry v Slovenskej republike je v súčasnosti poddimenzovaná a nezodpovedá potrebám akademického výskumu a vzdelávania na slovenských univerzitách. V porovnaní s Českou republikou výkon národného superpočítačového systému dosahuje len 5% HPC systému v ostravskom IT4Innovation superpočítačovom centre.

Ekosystém v oblasti vysokovýkonného počítania na Slovensku je obmedzený len na akademickú obec a vybrané inštitúcie verejnej správy (Slovenský meteorologický ústav).

Spolupráca medzi priemyslom, verejnou správou a akadémiou pri využívaní digitálnych technológií s podporou vysokovýkonného počítania na Slovensku neexistuje.

Plánované investície na rozvoj HPC infraštruktúry a ekosystému v období 2014 – 2020 neboli realizované.

Slovenská republika sa v rámci členstva v EuroHPC JU pripojila k programu budovania siete národných HPC kompetenčných centier a vyčlenila finančné prostriedky vo výške €100,000 ročne na obdobie 2020-2022.

Kapacita a výkon vysokovýkonnej infraštruktúry v Slovenskej republike je v súčasnosti poddimenzovaná a nezodpovedá potrebám akademického výskumu a vzdelávania na slovenských univerzitách.

Power 775 supercomputer
IBM
Power 775 supercomputer
IBM

Power 750

KAPITOLA

3

3.1. Vysvetlenie skratiek a pojmov

High Performance Computing (HPC)

High performance computing (HPC) alebo vysokovýkonné počítanie (VVP) znamená využívanie superpočítačov a počítačových klastrov na riešenie numericky alebo dátovo náročných úloh z rôznych oblastí vedy a techniky. Príkladom sú aplikácie v medicíne (genomika, „in silico" dizajn liečiv), vo fyzike (meteorologické a klimatické modely, jadrová a časticová fyzika), v chémii (vlastnosti atómov a molekúl, korelácia medzi štruktúrou a reaktivitou), ale aj v ekonomike (risk investícii, rast akcií) a v mnohých ďalších odvetviach.

Superpočítače

Za superpočítače sú považované systémy, ktoré svojím výkonom vysoko prevyšujú bežné osobné počítače. Na meranie výpočtového výkonu sú používané rôzne štandardizované testy, akým je napríklad LINPACK (LINear equations software PACKage) benchmark. Jednotkou výpočtového výkonu počítačov je Flop (počet operácii s plávajúcou desatinnou čiarkou (floating point) za sekundu). Moderné superpočítače dosahujú výkony na úrovni teraFlopov (10^{12}) až petaflopov (10^{15}). Agregátny výpočtový výkon je ovplyvnený aj ďalšími parametrami, akými sú oneskorenie a priepustnosť dátových sietí, prostredníctvom ktorých procesory alebo uzly superpočítača komunikujú, oneskorenie a priepustnosť komunikácie s úložiskom dát a pod. Všetky tieto parametre determinujú škálovateľnost, čiže efektivitu paralelných výpočtov s narastajúcim počtom využívaných procesorových jadier.

Big Data

Big data je oblasť počítačovej vedy, ktorá sa zaoberá spracovaním a analýzou dátových setov, ktoré sú príliš veľké alebo komplikované pre účely bežných nástrojov používaných na spracovanie dát.

High Performance Data Analytics (HPDA)

High performance data analytics (HPDA) alebo vysokovýkonná dátová analýza znamená využívanie superpočítačových systémov v kombinácii s nástrojmi big data na úšely spracovania dát, ktoré je tak možné realizovať oveľa rýchlejšie ako s použitím bežnej výpočtovej techniky.

Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence (AI) alebo Umelá inteligencia sa dá charakterizovať ako používanie výpočtovej techniky na riešenie úloh špecifických pre inteligentné organizmy (najčatejšie človeka), príkladom je rozpoznávanie obrazcov a tvárí, rozpoznávanie hlasu alebo tlmočenie z cudzieho jazyka.

Machine Learning (ML)

Machine learning (ML) alebo Strojové učenie je odvetvie AI, ktoré pracuje s predpokladom, že sa počítačový program dokáže sám (teda bez zásahu programátora) vylepšovať vďaka "učeniu sa", napr. rozpoznávaním vzorcov v tzv. tréningovej sade dát. Takýto program sa dá potom nasadiť na riešenie komplexných problémov.

Deep Technologies

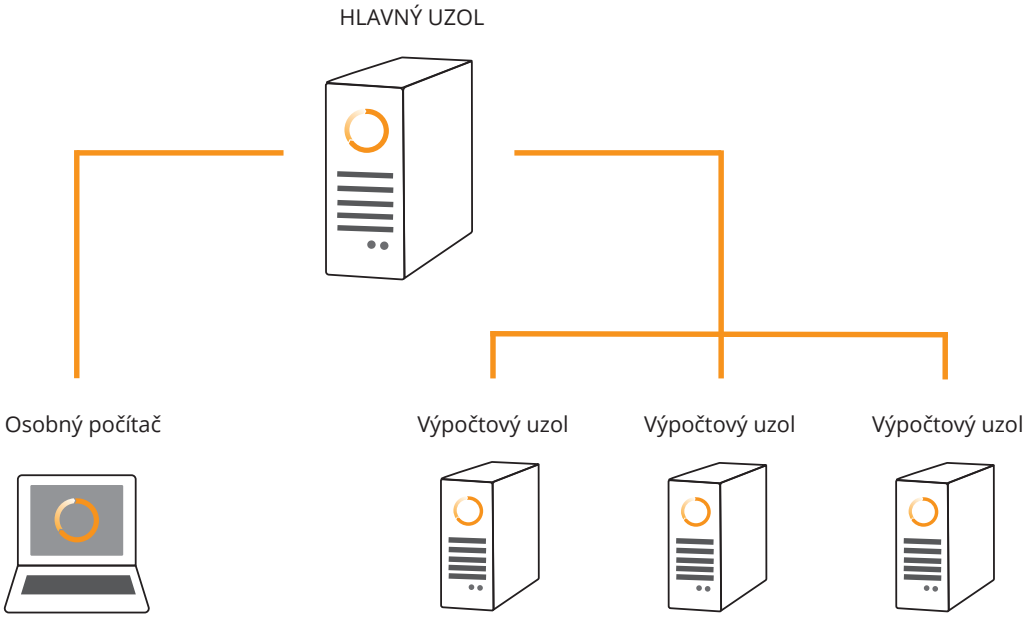
Znamená používanie prelomových vedomostí z rôznych oblastí (inžinierstvo, matematika, fyzika, medicína) a nových nástrojov (ako HPC, AI a ML) na technologické aplikácie (charakteristicky začínajúcimi spoločnosťami - startupmi).

Key Enabling Technologies (KET)

Key Enabling Technologies (KETs) alebo Kľúčové inovačné technológie sú skupinou šiestich technologických oblastí (mikro a nanoelektronika, nanotehnológie, biotechnológie, pokročilé materiály, fotonika a pokročilé výrobné procesy) so širokou paletou použitia a s veľkým potenciálom tvorby nových pracovných miest.

Klastrové počítanie

Výpočtový klaster sa skladá z viacerých počítačov, pospájaných vysokorýchlostnou lokálnou sieťou, ktoré spolupracujú aby sa navonok javili ako jednoliaty systém. Klastre sa kvôli svojej cenovej efektivite obvykle používajú hlavne na zvýšenie výkonu a dostupnosti. Pre svoje fungovanie využívajú software, ktorý umožňuje vysokovýkonné distribuované počítanie. Výkonnosť klastrov je často ďalej zvyšovaná grafickými akcelerátormi. Vysoká dostupnosť (HA – high availability) sa dosahuje redundanciou niektorých zdrojov klastra a zaručuje jeho nepretržité fungovanie aj v prípade, že niektorý z týchto komponentov zlyhá.



Massively parallel processing (MPP)

Massively parallel processing znamená spúšťanie zložitých (napr. vedeckých) výpočtov na viacerých výpočtových uzloch. Na rozdiel od klastrového počítania sú tieto uzly hustejšie integrované a lepšie optimalizované pre distribuované výpočty. Vyššia hustota a množstvo procesorov a rýchlejšie prepojenia medzi výpočtovými uzlami zabezpečujú lepšiu a rýchlejšiu komunikáciu medzi procesmi a vyšší agregovaný výkon. MPP je vhodné pre najzložitejšie vedecké výpočty s veľkým množstvom komunikácie medzi procesmi.

Cloud

Používanie vzdialených serverov prostredníctvom Internetu pre ukladanie, správu a spracovanie dát. Dáta sú teda používateľovi prístupné z ľubovoľného počtu zariadení.

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) alebo Internet vecí je systém prepojených prístrojov, senzorov a (jednoduchých) zariadení pripojených cez internet, ktorý autonómne posiela dáta na vzdialené servery, kde môžu byť neskôr analyzované.

5G

Nová generácia bezdrôtového (mobilného) prenosu dát (rýchlejšieho a robustnejšieho ako pri predošlých technológiách), ktorá sa postupne nasadzuje po celom svete.

EuroHPC JU

EuroHPC Joint Undertaking (JU) alebo Spoločný podnik EuroHPC je organizácia, ktorej vznik iniciovala Európska Komisia a ktorá má za cieľ vytvoriť paneurópsku HPC infraštruktúru s výkonom, ktorý dostane európske HPC na špičkovú úroveň. Okrem podpory vývoja európskych HPC technológií sa EuroHPC snaží aj o lepšiu adopciu HPC vo verejnom a súkromnom sektore.

AI4EU

AI4EU je európska platforma, ktorá má za cieľ znižovať inovačné bariéry, posilňovanie transferu technológií a urýchľovanie rastu startupov a malých a stredných podnikov. Platforma má pôsobiť ako sprostredkovateľ služieb, algoritmov, nástrojov, výpočtových prostriedkov, dát a tréninguv oblasti AI.

PRACE

Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE) alebo Partnerstvo pre pokročilé počítanie v Európe je medzinárodné neziskové združenie so sídlom v Bruseli. Jeho cieľom je poskytovanie prístupu k špičkovým európskym superpočítačom (hlavne súťažným spôsobom pre špičkové vedecké tímy), ako aj propagácia HPC, sprostredkovanie tréningu a vývoj HPC algoritmov.

ETP4HPC

European Technology Platform for High-Performance Computing (ETP4HPC) alebo Európska technologická platforma pre vysokovýkonné počítanie je neziskové združenie (so silným akcentom na priemysel) s cieľom maximalizovania ekonomických a spoločenských prínosov HPC pre európsky výskum, priemysel a občanov.

Horizon Europe

Návrh Európskej Komisie na náhradu programu Horizon 2020 s celkovým rozpočtom vo výške 100 mld EUR.

Digital Europe Programme

Je program EÚ zameraný na budovanie strategických digitálnych kapacít a rozvoj a nasadzovanie digitálnych technológií pre potreby občanov a podnikov.

SME (MSP)

Small and medium-sized enterprise (SME) alebo Malý a stredný podnik (MSP) je podľa odporúčania EÚ č. 2003/361 definovaný maximálnym počtom zamestnancov (do 250) alebo ročným obratom (do 50 miliónov EUR).

13
14

KAPITOLA

4

Význam a prínos

HPC, HPDA, AI a Cloud

pre národné hospodárstvo,
vedu a výskum, vzdelávanie
a priemysel

Zámer

Cieľom tejto kapitoly je poskytnúť základné informácie v oblasti vysokovýkonného počítania (HPC), o súčasnom využívaní superpočítačov a vysokovýkonných softvérových riešeniach v oblasti dátových analýz, umelej inteligencie a paralelného počítania, ako aj o trendoch a budúcich aplikáciách v kľúčových odvetviach národného hospodárstva, vedy a výskumu a verejnej správy.

Obsah

4.1. Úvod do problematiky vysokovýkonných počítačov

4.2. Veda a výskum

4.3. Priemysel

4.4. Verejná správa a samospráva

Stručné zhrnutie

Superpočítače sú systémy s masívnou kapacitou a výpočtovým výkonom schopné spracovať a analyzovať obrovské množstvá dát rádovo v priebehu milisekúnd.

V kombinácii so softvérovými aplikáciami v oblasti paralelného počítania, dátových analýz (Big Data) a umelej inteligencie pomáhajú superpočítače pri dosahovaní prielomových objavov v základnom a aplikovanom výskume, zvyšovaní konkurencieschopnosti a efektivity podnikateľských subjektov, k väčšej efektivite organizácií verejnej správy, a tým k zvyšovaniu životnej úrovne a hospodárskeho rastu v danej krajine.

Inovácie technologických spoločností prinášajú každý rok vyšší výkon a znižovanie ceny za rovnakú jednotku výkonu. Spolu s konvergenciou v oblasti vysokovýkon-ného počítania, cloudu a umelej inteligencie sa už v súčasnosti zvyšuje dostupnosť k službám a aplikáciám superpočítačových centier a prevádzkovateľov cloudu aj pre menšie krajiny a ich akademické, súkromné a verejné organizácie.

4.1. Úvod do problematiky vysokovýkonných počítačov

High Performance Computing (HPC) alebo vysokovýkonné počítanie (VVP) znamená využívanie superpočítača a techník paralelného spracovania dát na riešenie komplexných problémov. HPC technológia je založená na vývoji paralelných výpočtových algoritmov a administratívnych nástrojov vysokovýkonných systémov umožňujúcich paralelné počítanie veľkých dátových súborov.

Najvýkonnejší superpočítač na svete

Podľa aktuálneho zoznamu TOP500 najvýkonnejších superpočítačov na svete (zverejneného 20.novembra 2019) je v súčasnosti najvýkonnejším HPC systémom superpočítač SUMMIT prevádzkovaný Ministerstvom energetiky Spojených štátov amerických v Oak Ridge National Laboratory, Južná Karolína s 2,415 miliónmi jadier a maximálnym výkonom 200,8 petaFlops** (alebo 200 miliónov miliárd výpočtových operácií za sekundu).

zdroj TOP500.org
** R-Peak

Základný rozdiel medzi osobným počítačom, alebo výkonným firemným serverom, a superpočítačom, je v agregátnom výpočtovom výkone poskytnutom veľkým počtom procesorových jadier pracujúcich (počítajúcich) súčasne. Kým osobný počítač vybavený najnovšími procesormi od spoločností Intel alebo AMD má bežne 4 až 8 jadier (výkonnejšie 18) a servery od 32 do 64, počet jadier v HPC systémoch sa pohybuje rádovo v tisíckach až miliónoch. Bez vysvetlenia hlbokého technického detailu môžeme superpočítač opísať ako súbor veľkého množstva serverov navzájom prepojených tak, aby umožnili riešiť komplexné výpočtové úlohy a/alebo vykonať spracovanie dát na čo najväčšom počte jadier súčasne (paralelne). Špeciálne upravený je aj spôsob ukladania a čítania dát na úložiská (pozostávajúce z pevných diskov alebo SSD), kde je nutné zabezpečiť jednotný prístup všetkých výpočtových uzlov.

Masívny výkon HPC systémov umožňuje vykonať množstvo výpočtových operácií, spracovať komplexné štatistické modely alebo simulácie (napr. obtekanie častíc vzduchu po povrchu vrtule lietadla či kapoty nového automobilu) mnohonásobne rýchlejšie ako na najvýkonnejšom osobnom počítači.

Výkon osobného počítača roku 2019

Apple iMac 27 vyhodnotený portálom PCMag ako top osobný počítač roku 2019 vybavený vo svojej najvyššej konfigurácii (s grafickou kartou Vega 64X) dosahuje výkon 12 teraFlop (12 tisíc miliárd výpočtových operácií) za sekundu*.

zdroj: pcmag.com
* single precision

Kým v minulosti boli HPC systémy výlučne určené pre, už spomenuté, paralelné výpočtové algoritmy, súčasné superpočítače sú budované tak, aby svoj výkon a kapacitu mohli poskytnúť aj takým vedným disciplínam, ktoré sa primárne venujú analýze a inteligentnému spracovaniu veľkých dátových súborov, či už v reálnom alebo čo najkratšom čase. Popri vysokovýkonnom paralelnom počítaní, dnes najväčšie HPC centrá poskytujú svoje služby a výkon aj pre HPDA (High Performance Data Analytics – vysokovýkonnostné dátové analýzy), AI (Artificial Intelligence – umelá inteligencia), ML (Machine Learning – strojové učenie) a DL (Deep Learning – hlboké učenie).

S exponenciálnym rastom množstva dát, ktoré vznikajú každú sekundu (aj vďaka miliardám senzorov v rámci IoT – Internet vecí) a vďaka rastúcej prenosovej rýchlosti dátových sietí žijeme v období, kedy potreba spracovania týchto údajov, ich vyhodnotenie, správna interpretácia a ich včasné a presné využitie, nie je len výsadou vybraných nadnárodných spoločností a vládnych organizácií veľkých krajín. Vďaka neustálym inováciám v oblasti cloud-u, rastúcemu výkonu smartfónov a osobných počítačov, môžu aplikácie v oblasti veľkých dát (Big Data) a umelej inteligencie využívať aj bežní spotrebitelia, malé a stredné podniky i stredné a vysoké školy.

Čo však v prípade, že potrebujeme v krátkom čase spracovať obrovské množstvo dát (napríklad satelitné snímky z meteorologickej družice) a s pomocou algoritmov a ďalších zdrojov informácií zostaviť presnú predpoveď počasia na najbližšie 3 dni na presnom mieste na Slovensku s rozlohou 100 krát 100 metrov? Najvýkonnejšiemu osobnému počítaču by táto úloha trvala desiatky rokov, no vďaka výkonu a kapacite superpočítačov je možné spracovať takéto množstvo informácii a získať presnú predpoveď v relatívne krátkom čase.

Nasledujúca tabuľka 4.1 uvádza vybrané aplikácie využívajúce vysokovýkonné počítače vo verejnej správe, súkromnom sektore, akademickom výskume či vzdelávaní.

Tieto a mnoho ďalších aplikácií umožňujú rozvoj a inovácie v stovkách vedných disciplín, podnikateľských odvetviach i službách verejnej správy a samosprávy.

Tabuľka 4.2 obsahuje vybrané odvetvia a oblasti využívajúce vo svojej činnosti, výskume a inováciách vysokovýkonné počítanie, vysokovýkonné dátové analýzy a disciplíny umelej inteligencie s využitím výkonu a kapacity superpočítačov.

Verejná správa a samospráva	Analytické modely a simulácie využívané pri vytváraní legislatívy
	Inteligentné spracovanie veľkých dát a automatizácia v službách obyvateľom a podnikateľskému prostrediu
	Vysoko výkonnostné simulácie a analýzy pre bezpečnosť, zdravotnú starostlivosť, energetiku, sociálny systém, vzdelávanie, dopravu a iné kľúčové oblasti štátu a samosprávy
Súkromné spoločnosti	Agilný vývoj nových strojárenských produktov a ich „digitálne“ testovanie
	Vývoj nových a optimalizácia existujúcich služieb
	Vývoj nových materiálov (ekologických, energeticky efektívnejších)
	Vývoj nových technológií napr. v oblasti dopravy, energetiky, IT hardvéru
	Simulácie a vytváranie inovatívnych obchodných modelov
	Zvyšovanie produktivity a efektívnosti využitím disciplín AI
Veda a výskum	Štatistické modely
	Superpočítačové simulácie
	Inteligentné analýzy veľkých dát s využitím strojového učenia a hlbokého učenia
Vzdelávanie	V oblasti paralelného programovania
	V oblasti vysoko výkonnostných dátových analýz
	V oblasti umelej inteligencie a strojového učenia

Tab. 4.1. Aplikácie s využitím výkonu a nástrojov superpočítačov

Veda, výskum a vzdelávanie	Podnikateľský sektor	Verejná správa a samospráva
Matematika	Automobilový priemysel	Inteligentná verejná správa
Štatistika	Strojárska výroba	Inteligentná legislatíva
Fyzika	Produkty pre spotrebiteľov	Inteligentné mestá a regióny
Chémia	Energetika	Vzdelávanie
Strojárstvo	Nové liečivá	Dopravná infraštruktúra
Biológia a farmácia	Diagnostika ochorení	Zdravotná starostlivosť
Medicína	Biotechnológie	Poľnohospodárstvo
Softvérové inžinierstvo	Banky a investičné spoločnosti	Bezpečnosť
Klimatológia	Poisťovne	Energetika
Geológia	Sektor služieb	Vodné hospodárstvo
Sociológia a verejná správa	Vývoj inteligentných systémov	
Ekonómia	Kybernetická bezpečnosť	
Kvantové počítanie		

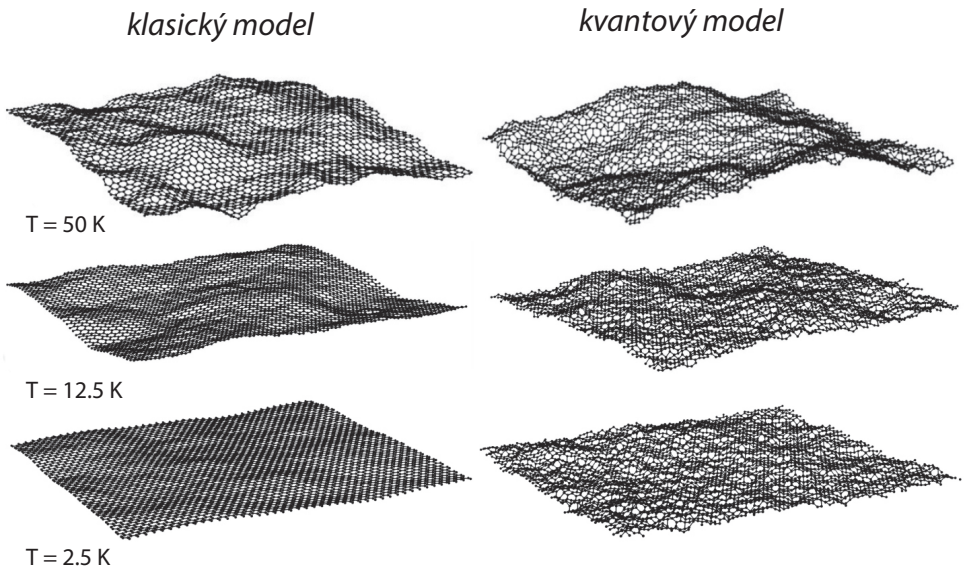
Tab. 4.2. Aplikácie HPC a HPDA v jednotlivých oblastiach spoločnosti

4.2. Príklady projektov akademického výskumu s podporou HPC

Kvantové vlny na graféne – výskum mikrosveta (quantum space)

Ak máme na stole vyžehlený obrus, je plochý a hladký. To, že sa sám od seba nezvlní, sa nám zdá samozrejmé. Môže sa niečo, čo je prirodzene ploché, samo zvlniť? Podľa našej bežnej skúsenosti nie. Ale naša skúsenosť pochádza najmä z kontaktu s vecami, ktoré sú podobne veľké, ako my sami. Je možné, že v nejakom inom svete, napríklad v mikrosvete atómov, táto naša skúsenosť neplatí a je to inak?

Pre odpoveď sa treba obrátiť na fyziku, ktorá dokáže skúmať aj mikrosvet. A ten nás prekvapí: môže sa to zvlniť aj samé, len to musí byť dostatočne tenké. Najlepšie by bolo, keby to bolo také tenké, že to už nemôže byť tenšie. Aký je najtenší materiál, ktorý si vieme predstaviť? Keďže látka sa skladá z atómov, najmenšia hrúbka je jeden atóm. Menej sa už nedá, pretože atóm nevieme, jednoducho povedané, „rozdeliť na dve polovice“. Ale môže niečo také - membrána s hrúbkou jedného atómu - vôbec existovať? Bude to držať pohromade, keď je to také tenké? Dá sa to vyrobiť? A ak áno, z čoho?



Obr 4.1.

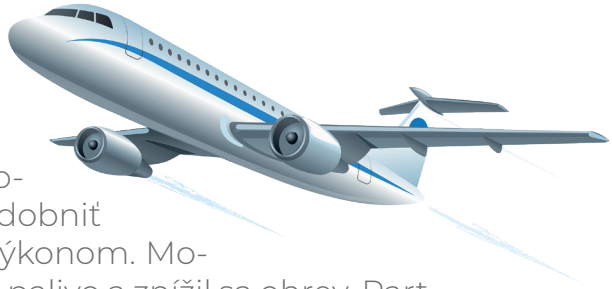
Zvlnený grafén z klasických a kvantových simulácií pri teplote 50 K , 12.5 K a 2.5 K. Výchylka vo zvislom smere je pre názornosť zväčšená desaťnásobne.

Výskumný tím pod vedením Prof. Romana Martoňáka z Katedry experimentálnej fyziky, Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave sa tejto problematike venoval a vo svojom výskume využil numerický náročné simulácie a analýzy HPC systém poskytovaný národným projektom SIVVP (Slovenská infraštruktúra pre vysokovýkonné počítanie). Ich výskum ukázal, že kvantové vlny sú úplne iné, ako tie klasické. Na dlhých vzdialenostiach sú slabšie, a preto grafén ostane plochý. Na krátkych vzdialenostiach sú však silnejšie, a preto grafén „zdrsnia“. Jednoducho

povedané, kvantový grafén pri veľmi nízkej teplote je plochejší ale zároveň drsnejší, než ten klasický. Článok o štruktúre kvantového grafénu bol publikovaný 4. apríla 2018 v časopise Physical Review B v sekcii Rapid Communications, ktorá uverejňuje krátke články prezentujúce vysoko originálne a významné výsledky v oblasti fyziky kondenzovaných látok. Bol tiež označený ako tip vydavateľa (tzv. Editors' Suggestion).

Supravodičové elektromotory
– Čisté a tiché lietadlá

Európska únia prijala rozhodnutie s víziou významne zredukovať CO_2 emisie v oblasti komerčných letov. Ciele týkajúce sa emisií ACARE Flightpath 2050 sa snažia o zníženie oxidu uhličitého o 75 %, oxidu dusíka a tuhých častíc o 90 % a hluk o 65 % v porovnaní s rokom 2000. Drastické znižovanie si vyžaduje drastické vylepšenia. Elektrické a hybridné lietadlá by mohli umožniť takéto radikálne zníženie. Tieto nové lietadlá si však vyžadujú veľmi silné a ľahké elektromotory, ktoré aktuálne neexistujú.



Elektrotechnický ústav SAV sa podieľa na európskom projekte ASuMED (program Horizont 2020), zameranom na výstavbu laboratórneho motora s výkonom 1 MW a hustotou výkonu 20 kW/kg. Tento motor, s hmotnosťou približne 50 kg, by sa mohol pripodobniť motoru vášho auta, avšak s viac ako 10-násobným výkonom. Motor musí byť tiež veľmi účinný (99,9 %), aby sa ušetrilo palivo a znížil sa ohrev. Partnermi projektu sú spoločnosť Rolls-Royce PLC, výrobca motorov pre komerčné lietadlá, OSWALD Elektromotoren, nemecká spoločnosť vyrábajúca vysokovýkonné elektromotory, špičkové nemecké výskumné centrá a vysoké školy (Karlsruhe Institute of Technoloty a Hochschule Aschaffenburg), Univerzita v Cambridge (so špecializáciou na supravodivé magnety), DEMACO (navrhuje kryostat motora), Air Liquide, odborník na kryogénne technológie s rozsiahlymi skúsenosťami v leteckom priemysle, SuperOx, Airbus a Siemens.

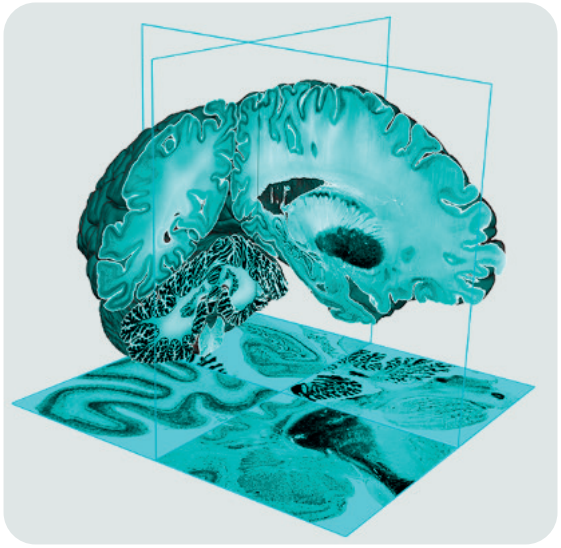
Pozn.: *Uvedené výskumné projekty boli realizované slovenskými vedeckými tímami s využitím Slovenskej infraštruktúry pre vysokovýkonné počítanie.*

Mapovanie ľudského mozgu
– prostredníctvom HPC a Deep Learning

Ľudský mozog je pre vedcov jeden z najkomplexnejších systémov. Unikátnym spojením výskumu v oblasti neurológie, komplexnej simulácie a viacstupňového modelovania, pracuje vedecký tím v nemeckom výskumnom centre Julich na zmapovaní a pochopení tohto komplexného orgánu. Jednou z ich hlavných priorít bolo vytvorenie detailnej 3D mapy mozgu /Obr 4.2/ s pomocou tisícov histologických rezov snímaných moderným mikroskopom s ultra vysokým rozlíšením. Mapovanie mozgu je veľmi časovo náročné a nie všetky jeho procesy je možné automatizovať. Zahŕňa analýzy komplexných vzorcov distribúcie buniek v rôznych samostatných blokoch. Cieľom nemeckého tímu je vytvoriť novú generáciu nástrojov na mapovanie mozgu s využitím vysokokapacitných obrazových zariadení, algoritmov strojového učenia a HPC. Podarilo sa im natrénovať hlbokú neurónovú

sieť schopnú rozpoznávať a interpretovať dáta na mikroskopických obrazových snímkach mozgových tkanív z rôznych oblastí mozgu. Inteligentná sieť sa učí presne popísať stav pacientovho mozgu na základe anotácií na mikroskopických snímkach a svoje zistenia skombinovať s informáciami v existujúcich atlasoch mozgu.

Projekt v Julichu je len jedným z mnohých výskumov na svete, ktorých snahou je čo najlepšie pochopiť štruktúru a fungovanie mozgu a vďaka tomu zvýšiť našu schopnosť včas diagnostikovať potenciálny zdravotný problém pacienta a navrhnúť efektívnu liečbu.



Obr 4.2.
3D model mapy mozgu.

4.3. Príklady využitia HPC v podnikateľskom prostredí

Výrobné spoločnosti a inžiniering

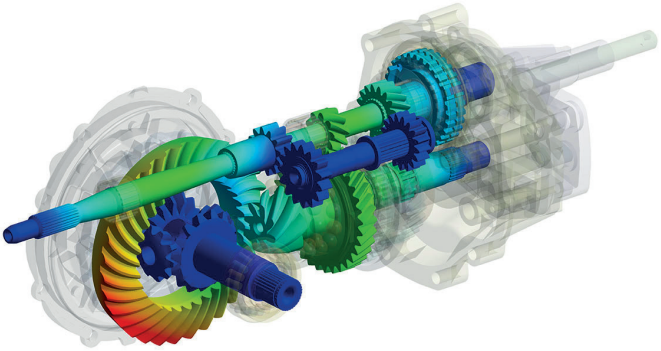
Vývoj nových produktov pri nižších nákladoch a ich uvedenie na trh, skôr ako to spraví konkurencia, je kľúčové pre efektívnu konkurencieschopnosť výrobných spoločností. Aj preto v posledných rokoch rastie využitie počítačovo podporované inžinierstvo – Computer Aided Engineering (CAE) a superpočítačové simulácie prinášajúce lepšie produkty za kratší čas a nižšie náklady.

Dizajn a simulácie sú však procesy náročné na výpočtový výkon často vyžadujúce týždne kalkulácií na bežných systémoch používaných v súkromných spoločnostiach. Aj to je dôvod, prečo firmy meniace svoj tradičný proces vývoja produktov na digitálny dizajn a simulácie prototypov využívajú služby poskytovateľov superpočítačovej infraštruktúry:

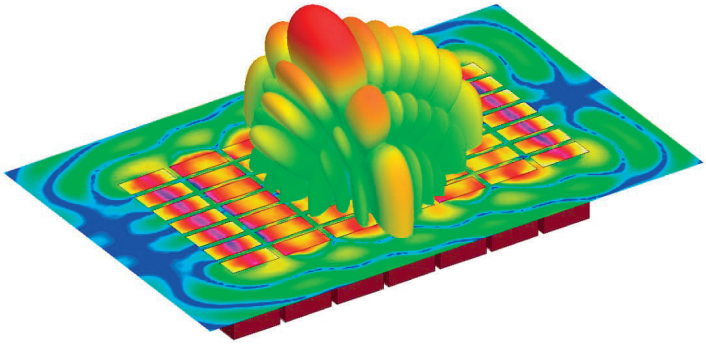
Tradičný model	Digitálny dizajn
Dizajn prototypu	Dizajn prototypu
Výroba fyzického prototypu	Vytvorenie digitálneho modelu prototypu
Testovanie	Virtuálne testovanie vlastností prototypu
Opakovanie procesu výroby a testovania prototypu (1-3x) až kým nie je pripravený do produkcie	Opakovanie procesu virtuálneho testovania a úpravy prototypu až kým nie je pripravený do výroby

Vďaka vyššej rýchlosti a počítačovému výkonu HPC systémov, rýchlejšiemu prístupu k dátam a špecializovaným softvérovým aplikáciám, získavajú spoločnosti z automobilového priemyslu, letectva, strojárenstva alebo výroby spotrebného tovaru výrazné zrýchlenie času a zníženie nákladov na vývoj nových produktov.

Poskytovatelia HPC infraštruktúry, spolu s partnermi v oblasti vývoja HPC softvéru, poskytujú zákazníkom z výrobného sektoru ucelené riešenia v oblastiach ako počítačová simulácia obtekania častíc (Computational Fluid Dynamics), simulácia štrukturálnej mechaniky (Computational Structural Mechanics), počítačová elektromagnetika (Computational Electromagnetics).



Obr 4.3.
Simulácia štrukturálnej mechaniky (Computational Structural Mechanics).

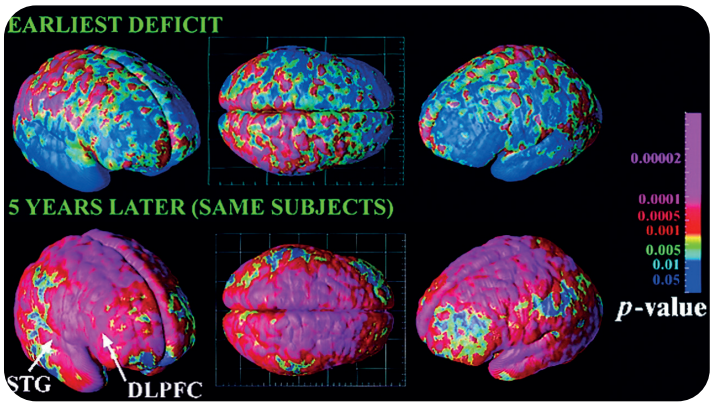


Obr 4.4.
Simulácia elektromagnetického poľa (Computational Electromagnetics).

Medicína a biotechnológie

Vďaka HPC môžu farmaceutické spoločnosti, poskytovatelia zdravotnej starostlivosti alebo biotechnologické spoločnosti výrazne urýchliť nové objavy, udržať si svoju konkurencie-schopnosť a zlepšiť efektivitu liečby pacientov.

Simulácie, modelovanie na úrovni molekúl, správa a spracovanie obrovských dátových súborov, ďalšia generácia analýzy DNA sú len vybrané oblasti moderných vied o živote, ktoré sa opierajú o robustnú kombináciu analýzy veľkých dát a vysokovýkonného počítania (HPC). Hlavným limitujúcim faktorom pre napredovanie v oblasti týchto techník v súčasnosti je výpočtová kapacita a výkon systémov.



Obr 4.5.
Využitie HPC pri výskume liečby schizofrénie.

Kybernetická bezpečnosť

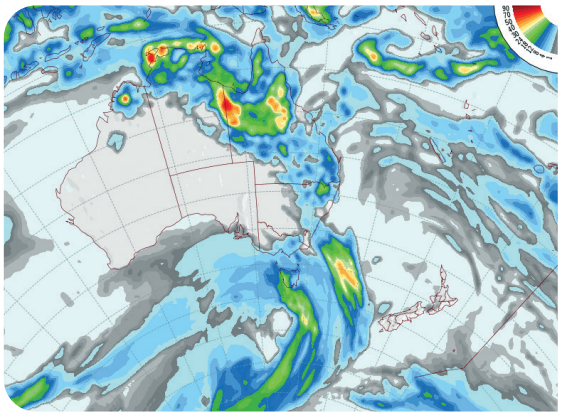
Tradičný prístup k zabezpečeniu počítačových systémov proti hrozbám je založený na dizajne ochranného štítu („firewall“), autentifikácia identity či virtuálne privátne siete. Efektívnosť týchto bezpečnostných bariér je však po zverejnení každého závažného narušenia, či úniku dát, predmetom odbornej diskusie. S nárastom množstva, dôvernosti a citlivosti dát uložených v počítačových systémoch zároveň rastie aj schopnosť „hackerov“ prekonať ochranné bariéry ich majiteľa či prevádzkovateľa. To vyvoláva potrebu po ešte bezpečnejších systémoch, ktoré (okrem iného) dokážu efektívne odhaliť kybernetický útok už pri prvom pokuse, identifikovať jeho rozsah, ochrániť citlivé informácie, validovať dáta a obsah uložených dokumentov, ochrániť duševné vlastníctvo, či zabezpečiť odolné šifrovanie dát.

Vysoký výkon a kapacita superpočítačov umožňuje vykonať veľké množstvo kontrolných operácií za extrémne krátky čas. Moderné metódy na identifikáciu kybernetickej kriminality využívajú nové postupy, akou je napríklad krížová analýza dát prichádzajúcich z rôznych externých zdrojov. Tieto nové techniky sú však náročné na výpočtový výkon systému a vyžadujú použitie HPC.

4.4. Príklady využitia superpočítačov vo verejnej správe a samospráve

HPC a vysokovýkonné počítačové systémy pomáhajú transformovať a zvyšovať kvalitu služieb verejného sektora. S využitím najnovších softvérových nástrojov poskytujú prostriedky na vývoj novej generácie služieb a platforiem na ich poskytovanie, čo prináša zvýšenie životnej úrovne jednotlivcov i celej spoločnosti. Počnúc predpoveďou počasia a spracovaním dát zo satelitných snímok, až po štatistické analýzy a prediktívne modely pre prijímané legislatívne opatrenia. HPC prináša potrebné zvýšenie rozlíšenia a presnosti pre dátové analýzy a vysokovýkonné počítanie v mnohých oblastiach.

Vďaka HPC a HPDA aplikáciám môžu napríklad príslušné organizácie verejnej správy využívať meteorologické modely a vyhodnocovať dáta zo satelitných snímok na prijímanie opatrení alebo schvaľovanie žiadostí v poľnohospodárstve, vodohospodárstve, životnom prostredí, stavebníctve alebo pri prevencii živelných katastrof a plánovaní nasadenia záchranných zložiek. HPC a HPDA dáva organizáciám verejnej správy nástroje na získavanie prehľadu a hĺbkových analýz, aké bolo v minulosti nepredstaviteľné.



Obr 4.6.
HPC model predpovede zrážok.

Inteligentná doprava (Smart Transport)

S využitím najnovších technológií v oblasti umelej inteligencie a vysokovýkonného počítania (HPC) je možné vyvíjať inovatívne riešenia zamerané na optimalizáciu a plynulosť dopravy v rámci existujúcej cestnej a železničnej siete, zvyšovanie bezpečnosti na cestách a agilné plánovanie budúcej dopravnej infraštruktúry. Kontinuálny zber dát, ich analýza a inteligentné spracovanie počas sezónnych výkyvov, meniaceho sa počasia alebo nehôd pomáha prispieť k merateľným ekonomickým prínosom ako napríklad spotreba paliva, nižšie dopravné zápchy, menší počet nehôd alebo kratší reakčný čas pre zásah záchranných zložiek. To všetko spolu so znížením karbónovej stopy a zaťažením životného prostredia.

Zdravotná starostlivosť

Vysokovýkonné počítanie umožnilo výrazné napredovanie v oblasti medicíny a zdravotníctva. Vysokovýkonná analýze dát prispieva a v budúcnosti ešte viac prispeje k získavaniu nových poznatkov a k štandardizácii efektívnej zdravotnej starostlivosti. Superpočítače sú schopné analyzovať obrovské množstvá informácii v priebehu milisekúnd a poskytnúť základ pre efektívnu diagnózu rozličných ochorení a návrh efektívnej liečby pre konkrétneho pacienta. Vysokovýkonné počítanie sa stalo základným prvkom podporujúcim výskum v mnohých oblastiach medicíny a prispieva k súčasným aj budúcim prelomovým objavom v oblasti prevencie a liečby chorôb. Aj tých, ktoré dnes tradičnými metódami nevieme vyliečiť.

Čoraz širšie využívanie superpočítačov schopných prístupu k takmer nekonečným zdrojom dát vo veľkých zdravotníckych organizáciách i malých ambulanciách umožní profesionálnym dátovým analytikom tvoriť novú úroveň štandardizácie pre väčšinu pacientov, ktorí tak dostanú rovnakú, no vždy zmysluplnú a účinnú zdravotnú starostlivosť.

Bezpečnosť jednotlivca a spoločnosti

Spracovaním historických dát a monitorovaním aktuálnych dát (napríklad zo zariadení IoT) poskytujú superpočítače bezpečnostným a záchranným zložkám neoceniteľné poznatky a informácie slúžiace k plánovaniu preventívnych opatrení a efektívnych zásahov v prípade nehôd, prírodných alebo priemyselných katastrof. Bez vysokovýkonného počítania a nástrojov na vizualizáciu dát by ich spracovanie tradičnými technológiami nebolo možné a efektívne.

Prepojením poznatkov a dát zo zdravotníckych superpočítačových systémov so systémami bezpečnostných a záchranných zložiek je možné, už priamo na mieste nehody, poskytnúť pacientovi účinný spôsob prvej pomoci.

Poľnohospodárstvo

Popri už spomenutých dátových analýzach satelitných snímok pre účely modelovania vplyvu počasia na rastlinnú a živočíšnu výrobu pomáhajú superpočítačové techniky dátovej analýzy, simulácie a počítačových modelov aj v prípade výskytu epidémií, ktoré môžu negatívne ovplyvniť chov domácich a hospodárskych zvierat (ale aj chorôb napádajúcich hospodárske rastliny a flóru v lesných porastoch). Vďaka prístupu k informáciám z relevantných zdrojov pomáhajú vysokovýkonné

počítače vytvoriť presnú analýzu aktuálneho stavu a poskytnúť príslušným organizáciám modely na simuláciu možného vývoja na prijatie efektívnych opatrení a využitie potrebných prostriedkov. Tieto modely slúžia nielen v čase aktuálnej epidémie, no zároveň pomáhajú vytvárať a prijímať opatrenia na ich prevenciu.

Inteligentné mestá a regióny

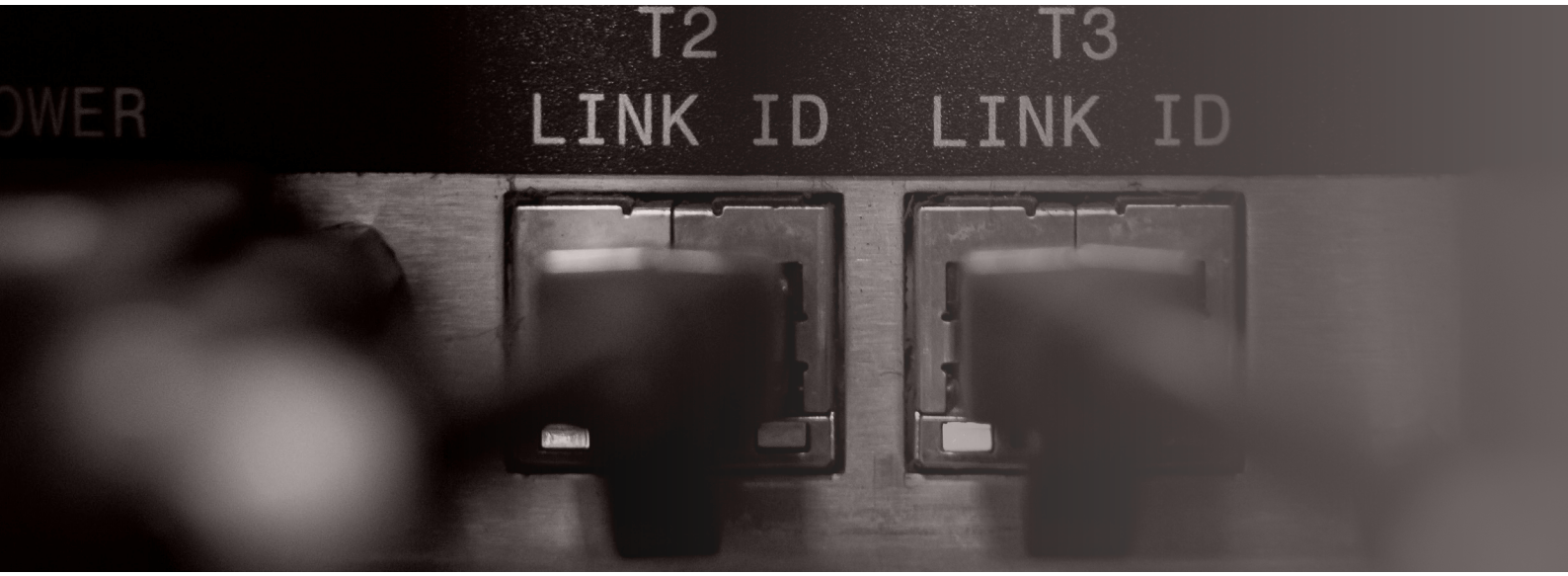
Vďaka novým digitálnym technológiám sa mestá stávajú inteligentnejšími v poskytovaní svojich služieb a v komunikácii s občanmi a podnikateľskými subjektmi. Na základe predpokladu, že do roku 2050 pribudne v mestách na celom svete 2,5 miliardy ľudí, je nevyhnutné, aby sa mestá a ich inštitúcie stali inteligentnými (zdroj: Smart Cities Council).

Inteligentné mestá využívajú dáta z pripojených zariadení (senzorov, radarov a kamier) a analytické nástroje na ich spracovanie. Dáva im to možnosť zvyšovať plynulosť premávky, zabezpečiť bezpečnosť verejnosti, znižovať znečistenie prostredia, chrániť a udržiavať majetok mesta, či zlepšovať poskytované služby. Možnosti uplatnenia digitálnych technológií v inteligentných mestách sú široké. Od sledovania stavu cestných komunikácií a mostov, cez sledovanie hladiny vôd v záplavových zónach až po optimalizáciu pouličného osvetlenia či nepretržité poskytovanie služieb občanom vďaka prístupu na portál mesta cez mobilné zariadenia.

Potrebujete zaparkovať v centre mesta? Vyskúšajte mobilnú aplikáciu vášho mesta a získajte okamžitý prehľad o najbližších voľných parkovacích miestach. Aj keď sme v súčasnosti ešte ďaleko od plne inteligentných miest, už dnes nájdeme vo svete aj na Slovensku príklady, ktoré sa blížia k mestám budúcnosti.

Vyššie opísané scenáre využitia digitálnych technológií generujú obrovské množstvá dát prichádzajúcich zo senzorov a zariadení IoT roztrúsených po celom meste. Vo väčšine prípadov je potrebné tieto dáta analyzovať. Vo veľmi krátkom čase, ak nie okamžite. Objem dát a potreba ich okamžitého spracovania je oblasť, kde vysokovýkonné počítanie v inteligentných mestách prináša pridanú hodnotu.

Už dnes hrá HPC v mestách kľúčovú rolu pri dosahovaní ich cieľov v bezpečnosti, v efektívnom využívaní zdrojov a v celkovom zvyšovaní kvality života. Inteligentné mestá s prístupom k vysokovýkonnému počítaniu majú potenciál optimalizovať produkciu a spotrebu energie, pohotovostnú službu alebo tok tovarov a služieb alebo umožniť mestskej infraštruktúre adaptovať sa autonómne na aktuálne zmeny a udalosti, akými sú silné búrky alebo dopravné zápchy. Technológie inteligentných miest dokonca môžu zlepšiť inšpekcie kvality jedla a pomôcť identifikovať deti najviac vystavené riziku otravy olovom. Ekosystém HPC podporuje vývoj prelomových počítačových modelov, ktoré takéto využitie digitálnych technológií umožní.


OWER
T2
LINK ID
T3
LINK ID

KAPITOLA

05

Analýza prostredia

Zámer

Miera využívania prínosov vysokovýkonného počítania vo vede, výskume, v podnikateľskom prostredí aj vo verejnej správe je vysoko závislá od vyspelosti HPC ekosystému, spolupráce medzi jeho jednotlivými článkami a efektívnymi investíciami do jeho rozvoja.

Táto kapitola prináša stručný pohľad na HPC ekosystém v Európskej únii, analýzu kľúčových faktorov úspechu v krajinách s vyspelou HPC infraštruktúrou a popis aktuálneho stavu HPC v Slovenskej Republike.

Obsah

5.1. Ekosystém HPC v EÚ

5.2. HPC v Slovenskej republike

Stručné zhrnutie

Základný a aplikovaný výskum podporený vysokovýkonnými počítačovými systémami a softvérovými aplikáciami využívajúcimi paralelné počítanie, dátové analýzy a disciplíny umelej inteligencie prináša prielomové objavy a inovácie vo všetkých disciplínach spoločnosti a hospodárstva.

Slovenský HPC ekosystém je v súčasnosti obmedzený na akademický sektor a jeho rozvoj bol limitovaný nedostatkom investícií, nedostatkom vedeckých kapacít na slovenských univerzitách a nízkou úrovňou zapojenia všetkých relevantných partnerov, vrátane súkromného a verejného sektora.

Medzi pozitívne faktory pre akceleráciu rozvoja HPC a HPDA ekosystému patrí (okrem iných) podpora inovatívnym technológiám zo strany Európskej komisie a vlády Slovenskej republiky, expertíza a skúsenosti partnerov z vyspelých krajín EÚ dostupné v rámci vznikajúcich HPC, Big Data a AI platforiem na európskej úrovni ako aj rozvoj a podpora inovatívnych projektov v súkromnom a akademickom sektore na Slovensku.

5.1. Ekosystém HPC v EÚ

HPC ekosystém v Európskej únii tvoria dodávatelia technológií a riešení pre vysokovýkonú infraštruktúru, prevádzkovatelia dátových centier (HPC centrá), sprostredkovatelia kapacity a poskytovatelia odborných služieb v jednotlivých priemyselných odvetviach a sektoroch spoločnosti, ako aj samotní zákazníci – súkromné spoločnosti, univerzity, akademické výskumné tímy a organizácie verejnej správy a samosprávy.

Vyspelosť HPC ekosystému, úroveň spolupráce medzi priemyslom, akadémiou a štátom, a tým aj vplyv na podnikanie, vedu, výskum a inovácie sú však v jednotlivých krajinách EÚ rozdielne. Podľa štúdie Európskej investičnej banky a EuroHPC Joint Undertaking je možné členské štáty EÚ (z pohľadu vyspelosti a prínosov HPC ekosystému) rozdeliť do 3 kategórií:

- Krajiny s vysokou adopciou HPC a HPDA technológií v priemysle, akadémii a verejnej správe a s rastúcou výpočtovou kapacitou (Nemecko, Francúzsko, Veľká Británia, Švajčiarsko, Taliansko)
- Štáty s rastúcim využitím vysokovýkonného počítania v akademickom výskume, priemysle a verejnej správe a adekvátnymi výpočtovými zdrojmi (Španielsko, Fínsko, Česká republika...)
- Krajiny s limitovanými HPC kapacitami a ekosystémom obmedzeným na akademický výskum (Slovenská republika, Chorvátsko, Estónsko, Malta...)

Štruktúru HPC ekosystému v Európskej únii a jeho hlavné oblasti z pohľadu činnosti jednotlivých subjektov ilustruje Obrázok 5.1.

Obr 5.1.
HPC ekosystém v EÚ (zdroj: Európska investičná banka).

Tabuľka 5.1 poskytuje detailný pohľad na kľúčových partnerov v HPC ekosystéme, ich úlohu a prínosy pre rozvoj vysokovýkonného počítania v jednotlivých krajinách i na úrovni Európskej únie. Zároveň obsahuje aj analýzu súčasného stavu v oblasti HPC a HPDA v Slovenskej republike.

Kategória	Stručný popis a stav v EÚ	Stav v SR
Výrobcovia čipov a kritických komponentov	Technologické spoločnosti zamerané na vývoj a predaj čipov a procesorov pre HPC systémy. Popri najväčších producentoch ako Intel, NVIDIA a IBM prichádzajú v súčasnosti na trh nové spoločnosti s inováciami v oblasti výkonu a energetickej efektívnosti. V rámci stratégie EÚ zameranej na zabezpečenie technologickej suverenity podporila Európska komisia v roku 2018 vznik Európskej procesorovej iniciatívy (EPI), konzorcia európskych spoločností zameraného na vývoj prvého európskeho mikroprocesora pre HPC, automobilový priemysel a IoT (Internet vecí).	Podobne ako v EÚ, v Slovenskej republike nesídli žiaden výrobca čipov a kritických komponentov. Potenciál pre rozvoj slovenského a európskeho ekosystému predstavuje spoločnosť Tachyum, ktorá od roku 2018 rozvíja svoje R&D centrum zamerané na vývoj nového univerzálneho vysokovýkonného a energeticky efektívneho procesora.
Systémoví integrátori a špecialisti na dátové úložiská a sieťovú infraštruktúru	Spoločnosti zamerané na vývoj a implementáciu HPC riešení využívajúcich kritické komponenty, technológie a metódy nevyhnutné na dosiahnutie vysokého výkonu, efektívnej prevádzky a udržateľného ekonomického modelu HPC infraštruktúry.	Žiadne zastúpenie (resp. fyzické kapacity) HPC systémových integrátorov na Slovensku.
Independent Software Vendors (ISVs – nezávislí vývojári softvérových riešení)	Vyvíjajú a predávajú softvérové aplikácie pre vysokovýkonné počítanie. Významný počet európskych ISV patrí medzi globálnu špičku v oblasti HPC aplikácií vhodných na simulácie a modelovanie. Vo väčšine prípadov sa zameriavajú na úzko špecializovaný segment trhu. V súčasnosti však čelia konkurencii globálnych hráčov s menšou špecializáciou, no s väčšími zdrojmi a ambíciou rozšíriť svoj biznis aj na tradične užšie (niche) špecializované segmenty.	Na Slovensku v súčasnosti nepôsobí žiadna softvérová spoločnosť zameraná na vývoj HPC aplikácií. Mnohé zo softvérových spoločností zameraných na priemysel však majú potenciál využiť svoje know-how a zručnosti na inovovanie svojich tradičných aplikácií na aplikácie založené na paralelnom počítaní. Potenciál rastu ISV komunity v oblasti HPC a HPDA predstavujú aj spoločnosti zamerané na vývoj softvéru v oblasti umelej inteligencie a spracovania veľkých dát.

Kategória	Stručný popis a stav v EÚ	Stav v SR
HPC centrá	Ponúkajú kapacitu na vysokovýkonnostné počítanie na predinštalovanom hardvéri. Keďže väčšina finančných zdrojov na výstavbu a prevádzku HPC infraštruktúry v poslednom desaťročí pochádzala z verejných zdrojov, jej významná väčšina je prevádzkovaná akademickými inštitúciami. Vzhľadom na vysoké vstupné investície predstavujú súkromné HPC centrá v Európe menšinu. Popri veľkých nadnárodných spoločnostiach s vlastnou HPC infraštruktúrou (Daimler, BASF, ENI) pôsobia vo vyspelých krajinách EÚ aj súkromné spoločnosti poskytujúce služby (HPC ako služba) inovatívnym spoločnostiam podnikajúcim v oblasti strojárskej výroby, biotechnológií či softvérového vývoja. Okrem limitovaných finančných prostriedkov v EÚ čelia títo HPC prevádzkovatelia aj silnej konkurencii zo strany globálnych hráčov v oblasti cloud computing ako Amazon Web Services, Google, či Microsoft, ktorých hlavnou konkurenčnou výhodou je robustnosť ich infraštruktúry a ekosystému (zahrňujúceho napríklad trhovisko nezávislých vývojárov HPC aplikácií), čo má priamy vplyv na atraktívnosť ich ponuky a konkurencieschopnú cenotvorbu.	6 akademických pracovísk s HPC systémami združených v SIVVP (Slovenská infraštruktúra pre vysokovýkonné počítanie). 1 organizácia verejnej správy s vlastným HPC systémom (Slovenský hydrometeorologický ústav). Žiadne súkromné HPC centrum. Agregovaný výkon SIVVP (t.j. väčšiny slovenského akademického HPC) predstavuje len 5% výkonu superpočítačov v ostravskom HPC centre IT4Innovation (20x menší).
Sprostredkovatelia HPC	Predstavujú dôležitú rolu v HPC ekosystéme vďaka svojim expertným vedomostiam a skúsenostiam v jednotlivých odvetviach zameraných na vývoj a inovácie. Sú kľúčovým faktorom v prepájaní HPC centier (vlastníci infraštruktúry), ISVs (nezávislí producenti softvérových aplikácií) a koncových zákazníkov a vytváraní spoločných projektov. Ich skúsenosť a expertíza sú dôležité predovšetkým pre malé a stredné podniky so žiadnou alebo minimálnou predchádzajúcou skúsenosťou v oblasti HPC a HPDA. Vďaka sprostredkovateľom HPC majú noví HPC zákazníci možnosť zoznámiť sa s potenciálom HPC a HPDA pre ich podnikanie.	Žiaden súkromný sprostredkovateľ HPC. Zvyšovanie informovanosti o HPC a podporu pre používateľov v akademickej oblasti zabezpečuje Centrum spoločných činností SAV. Iniciatívy zamerané na podnikateľské prostredie a verejnú správu v súčasnosti neexistujú.

Kategória	Stručný popis a stav v EÚ	Stav v SR
HPC zákazníci	Najväčšou skupinou používateľov HPC v Európe sú verejné inštitúcie pôsobiace v oblasti výskumu a vývoja. Táto skutočnosť sa odráža vo využívaní najvýkonnejších európskych HPC systémov, kde takmer 94% strojového času je alokovaných na výskumné aktivity. Komerčnými používateľmi sú zväčša veľké korporácie, ktoré HPC využívajú na znižovanie nákladov na výskum a vývoj prostredníctvom počítačových simulácií prototypov nových produktov (na rozdiel od ich fyzickej výroby a testov). Napríklad automobilový priemysel využíva HPC modelovanie na optimalizáciu dizajnu a výroby nových prototypov na dosiahnutie dôležitých parametrov akou je napríklad energetická efektivita. Avšak miera využívania HPC medzi malými a strednými podnikmi je v Európe veľmi limitovaná, je to hlavne kvôli nízkej informovanosti o možnostiach HPC a vstupným bariéram, medzi ktoré patria aj adekvátne nástroje financovania projektov pre MSP.	Rovnako ako v EÚ, aj na Slovensku tvoria väčšinu používateľov HPC akademické organizácie (Slovenská akadémia vied a slovenské univerzity). Organizácie verejnej správy sú zastúpené malým počtom vysoko špecializovaných pracovísk (ako napr. SHMÚ). Veľké súkromné spoločnosti patriace do nadnárodných štruktúr využívajú infraštruktúru svojich materských spoločností. Malé a stredné podniky využívajú služby HPC centier v susedných krajinách alebo globálnych poskytovateľov cloud computing.

Tab. 5.1. Kľúčoví partneri v hodnotovom reťazci HPC.

5.1.1. HPC Infraštruktúra v Európskej únii

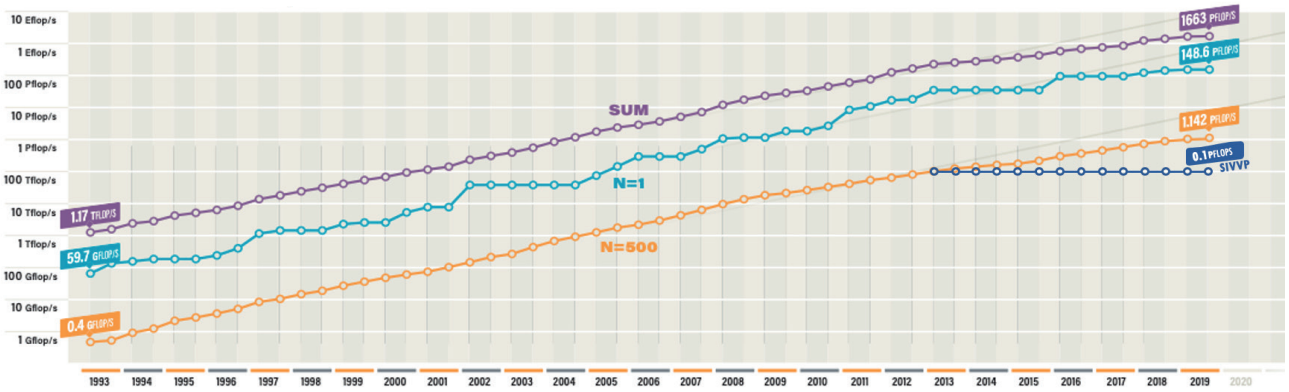
Jedným z kľúčových parametrov pre hodnotenie superpočítačových systémov je ich výkon a kapacita. Od nich, okrem iného, priamo závisí zameranie, rozsah a dostupnosť služieb pre zákazníkov jednotlivých HPC centier.

Najuznávanejším prehľadom (rebríčkom) HPC systémov v tejto oblasti je zoznam 500 svetovo najvýkonnejších systémov zverejňovaným portálom TOP500.org dvakrát do roka. Tento zoznam je zostavovaný panelom expertov a pri porovnávaní výkonu využíva metodiku založenú na High Performance Linpack benchmark. Aktuálny zoznam Top500 bol zverejnený v novembri 2019 a je verejne dostupný na https://www.top500.org/lists/2019/11/.

Podľa aktuálneho zoznamu je najvýkonnejším HPC systémom na svete superpočítač Summit prevádzkovaný Ministerstvom energetiky Spojených štátov amerických.

Medzi desiatkou najvýkonnejších systémov sa umiestnili dve európske HPC centrá. Najvýkonnejším európskym HPC systémom je v súčasnosti Piz Daint vo Švajčiarskom národnom superpočítačovom centre (CSCS) v Lugane, ktorému v tomto rebríčku patrí 6. priečka. Jeho výkon predstavuje 14% výkonu amerického systému Summit. Druhým európskym zástupcom v prvej desiatke je Leibniz-Rechenzentrum (Leibnizovo výpočtové centrum) v nemeckom Garchingu, blízko Mníchova. Jeho superpočítač SuperMUC-NG dosahuje 13% výkonu americkej jednotky a obsadil 9. miesto.

Graf 5.1 ilustruje vývoj v oblasti výkonu HPC systémov od roku 1993. Fialová krivka predstavuje celkový výkon všetkých systémov umiestnených v TOP500. Podľa prehľadu z novembra 2019 dosiahol tento výkon 1 663 petaFlops (1 663 miliárd miliárd výpočtových operácií za sekundu). Modrá krivka predstavuje výkon víťaza zoznamu TOP500, kým žltá zachytáva výkon „najslabšieho" systému umiestneného v aktuálnom rebríčku. Kým výkon amerického systému Summit dosiahol úroveň 148,6 petaFlops (148,6 miliárd miliárd operácií za sekundu), výkon čínskeho systému na 500. priečke je 1,142 petaFlops (1 142 miliónov miliárd operácií za sekundu), teda necelé jedno percento výkonu superpočítača Summit.



Graf 5.1.

Vývoj výkonu HPC systémov, zdroj: top500.org.

Tmavomodrou je na grafe zobrazený výkon najvýkonnejšieho zo superpočítačov SIVVP. Jeho teoretický výkon je 0,1 petaFlops, čo predstavuje 0,7 promile (7 desaťtisícin) výkonu Summitu. Porovnávanie slovenskej infraštruktúry s najvýkonnejšími systémami v USA alebo Číne však pravdepodobne nemá zmysel. Relevantnejší obraz o stave na Slovensku poskytuje porovnanie s krajinami podobnej veľkosti a vyspelosti, napríklad s Českou republikou, kde v súčasnosti pôsobí niekoľko stoviek špičkových vedeckých pracovníkov so slovenským občianstvom.

Napriek podobnej východiskovej situácii po roku 2010 sa investície do rozvoja HPC infraštruktúry na Slovensku zastavili uvedením SIVVP do prevádzky v roku 2012 a jej rozšírením v roku 2014. Na rozdiel od Slovenska, český HPC ekosystém inves-

toval tak do rozvoja nových HPC systémov ako aj do rozvoja vedeckovýskumných iniciatív a projektov. Najväčším HPC centrom v Českej republike je Národné superpočítačové centrum IT4Innovations na Vysokej škole banskej Ostrave. V súčasnosti prevádzkuje 3 superpočítače. Najvýkonnejší z nich, Salomon, dosahuje výkon 1,457 petaFlops a umiestnil sa na 375. mieste v rebríčku TOP500. Teoretický výkon systému Salomon je 2 petaFlops, čo predstavuje 20x väčší výkon ako celého systému SIVVP na Slovensku.

Tabuľka 5.2 /na nasledujúcej dvojstrane/ poskytuje prehľad krajín, ktorých HPC systémy boli v novembri 2019 zaradené do zoznamu 500 aktuálne najvýkonnejších HPC systémov na svete. Popri inštitúcii prevádzkujúcej superpočítač s najvyšším výkonom v krajine obsahuje údaje o jeho R_{max} výkone, umiestnení v TOP500, počet všetkých superpočítačov v aktuálnom rebríčku a ich celkový výkon.

Tabuľka 5.3 obsahuje aktuálne parametre najvýkonnejšieho slovenského HPC systému vo formáte tabuľky 5.2.

Štát	Inštitúcia	Názov najvýkonnejšieho HPC systému	Výkon (R_{max}) PFlops	Poradie TOP500	Počet HPC systémov umiestnených v TOP500	Celkový výkon systémov v TOP500
Slovensko	SAV	Aurel	0.1	-	0	0.1

Tab 5.3. Parametre Slovenskej infraštruktúry pre vysokovýkonné počítanie.

Priorita Európskej komisie
– technologická suverenita a vedúca rola EÚ v inováciách

V roku 2018 iniciovala Európska komisia vznik medzinárodného spoločného projektu členských štátov EÚ a pridružených partnerov (Nórsko, Švajčiarsko a Turecko) zameraného na rozvoj výskumu a inovácií s využitím vysokovýkonného počítania a vysokovýkonných dátových analýz – EuroHPC Joint Undertaking.

Jednou z hlavných priorít EuroHPC JU je podporiť vybudovanie konkurencieschopnú HPC a HPDA infraštruktúru v rámci EÚ. Strategický plán EuroHPC JU je založený na 3 fázach. V prvej fáze, v roku 2020, podporiť zvýšenie kapacity a výkonu národných superpočítačových centier, ktoré prejavili záujem a poskytli spolufinancovanie. Do tejto výzvy sa zapojilo 5 členských štátov – Česká republika, Bulharsko, Luxemburg, Slovinsko a Portugalsko.

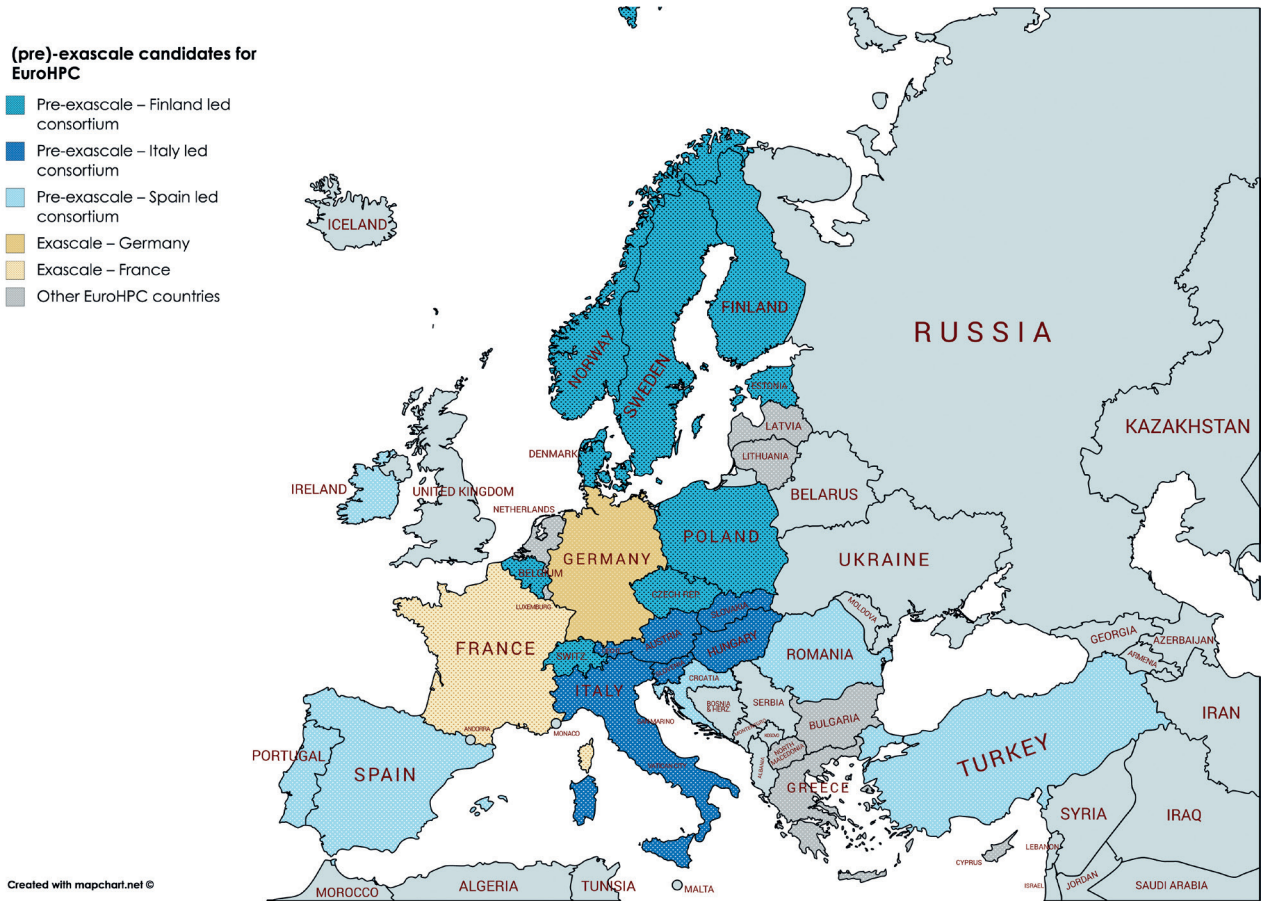
Druhá fáza, na prelome 2020 a 2021 je zameraná na vybudovanie 3 vysokovýkonných superpočítačových systémov s výkonom nad 200 petaFlops (tzv. preexascale systémy). Do výzvy sa zapojili 3 konzorciá vedené CSC vo Fínsku, CINECA v Taliansku a BSC v Španielsku (viď Obr.5.2). Slovenská republika sa spolu s Rakúskom, Maďarskom, Slovinskom pripojila k talianskemu konzorciu.

Tab. 5.2. Prehľad európskych krajín s HPC centrami umiestnenými v TOP500 (november 2019).

Štát	Inštitúcia	Názov najvýkonnejšieho HPC systému
Francúzsko	Total Exploration Production	PANGEA III
Nemecko	Leibniz Rechenzentrum	SuperMUC-NG
Veľká Británia	United Kingdom Meteorological Office	MetOffice
Taliansko	Eni S.p.A.	HPC4
Holandsko	Software Company (M)	N/A
Írsko	Software Company (M)	IA4
Švajčiarsko	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)	Piz Daint
Španielsko	Barcelona Supercomputing Center	MareNostrum
Švédsko	KTH - Royal Institute of Technology	Beskow
Nórsko	Software Company (M)	NY A1
Rakúsko	Vienna Scientific Cluster	VSC-4
Fínsko	CSC (Center for Scientific Computing)	Puhti
Poľsko	Cyfronet	Prometheus
Česká republika	IT4Innovations National Supercomputing Center	Salomon
EÚ Spolu		

Výkon (R_{max}) PFlops	Poradie TOP500	Počet HPC systémov umiestnených v TOP500	Celkový výkon systémov v TOP500
17.86	11	18	68.89
19.48	9	16	66.89
7.04	27	11	32.14
12.21	16	5	30.10
1.65	298	15	24.74
1.65	303	14	23.09
21.23	6	2	23.13
6.47	30	2	7.62
1.80	213	2	4.77
1.65	334	2	3.30
2.73	93	1	2.73
1.71	232	1	1.71
1.67	241	1	1.67
1.46	375	1	1.46
		91	292.22

Tretia fáza počíta s vybudovaním 2 HPC systémov s výkonom nad 1 exaFlops (1 000 petaFlops). Plánovaný termín je v rokoch 2023 – 24 a okrem podpory a spolufinancovania hostiteľských krajín (Nemecko a Francúzsko) Európska komisia počíta s využitím kritických technológií vyvinutých v Európskej únii.



Obr 5.2.

Konzorciá a hostiteľské krajiny EuroHPC pre-exascale a exascale systémov.

5.1.2. HPC vo vede a výskume

Vo väčšine členských štátov Európskej únie zastrešujú podporu vedeckovýskumných iniciatív s využitím HPC národné superpočítačové centrá, v spolupráci s národnými akadémiami vied, verejnými i súkromnými univerzitami.

V štátoch s väčšou populáciou a väčším počtom vedeckovýskumných organizácií (napr. Nemecko, Francúzsko, Veľká Británia) pôsobí niekoľko HPC centier poskytujúcich akademickým používateľom strojový čas a potrebnú podporu pri príprave a realizácii vysokovýkonného počítania pre účely ich projektov.

Najväčšie z nich poskytujú (označované ako Tier 0 centrá) svoje kapacity aj používateľom z iných členských štátov, napríklad v rámci európskej iniciatívy PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe).

Prehľad vybraných členských krajín EÚ a ich národných HPC centier ilustruje Tab.5.3.

Členský štát	HPC Centrá poskytujúce služby akademickej obci	Vybraní partneri/ zákazníci	Hlavné oblasti vedy a výskumu podporované HPC
FRANCÚZSKO	CEA - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	Európske iniciatívy vedy a výskumu Univerzity Vedecko-výskumné centrá	Bezpečnosť a obrana, priemyselné aplikácie, klíma a životné prostredie, jadrová energia, hmota a vesmír, obnoviteľné zdroje energie, zdravie a medicína
	CCRT - Research and Technology Computing Center		Projekt ľudského mozgu, matematika, fyzika, chémia, biológia a biotechnológie, ...
	CINES National Computer Center of Higher Education		
NEMECKO	Gauss Centrum pre výkonné počítanie s 3 národnými superpočítačovými centrami: 1. Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) Garching / Mníchov	Univerzity Regionálne, národné a európske centrá vedy, výskumu a inovácií	3 národné centrá poskytujú infraštruktúru a služby pre európskych používateľov a národných používateľov. LRZ podporuje astro- a geo-fyzikálny výskum a pokrýva výskum v oblasti energetickej efektívnosti a chladenia HPC systémov, architektúry procesorov a vizualizácie
	2. JSC Juelich		JSC sa špecializuje na podporu používateľov z oblasti fyziky, chémie a biológie. V oblasti HPC sa špecializuje na nové hardvérové technológie a analýzy výkonnosti.
	3. HLRS Stuttgart		HLRS poskytuje podporu používateľom v oblasti výroby a stavebníctva. Zároveň sa špecializuje na tréning používateľov, spoluprácu s priemyslom a paralelné programovanie. Popri činnosti LRZ, JSC a HLRS Gauss Centrum koordinuje aj činnosť Gauss Aliancie, siete 15 HPC systémov (Tier 2) slúžiacich vede a výskumu v rámci hlavných nemeckých regiónov.

Tab. 5.3.
Vybrané európske HPC centrá a ich podpora vedy a výskumu.

Členský štát	HPC Centrá poskytujúce služby akademickej obci	Vybraní partneri/ zákazníci	Hlavné oblasti vedy a výskumu podporované HPC
TALIANSKO	CINECA	Univerzity Národný inštitút pre nukleárnu fyziku Národné vedecko-výskumné centrá CERN	Výskum vesmíru, chémia, fyzika, biotechnológie, medicína, zdravotníctvo, kultúrne dedičstvo, geológia, klíma a iné.
VEĽKÁ BRITÁNIA	National supercomputing centre EPCC, University of Edinburgh	Univerzity Národné vedecko-výskumné centrá	Digitálne hospodárstvo, energia, inžinierstvo, globálne trendy a neistoty, technológie pre zdravotníctvo, informačné technológie, matematika, fyzika.
	HPC Midlands Plus	Univerzity a vedecko-výskumné centrá	Výskum v oblasti inžinierstva a fyziky.
	N8 HPC	Univerzity a vedecko-výskumné centrá	Digitálne zdravie, digitálne humánne vedy, materiály a výroba, udržateľná infraštruktúra, počítačové vedy.
	ARCHIE-WeSt	Univerzity Glasgow, Glasgow Caledonian, West of Scotland a Stirling	Astrofyzika, bioinformatika, počítačová chémia, počítačová dynamika obtekania častíc, výskum Zeme, energetické modelovanie, molekulárne simulácie v biologických systémoch, molekulárne simulácie v strojárstve, fyzika fotónov a plazmy, obnoviteľné energie.

Tab. 5.3.
Vybrané európske HPC centrá a ich podpora vedy a výskumu.

Členský štát	HPC Centrá poskytujúce služby akademickej obci	Vybraní partneri/ zákazníci	Hlavné oblasti vedy a výskumu podporované HPC
ŠPANIELSKO	Barcelona Super-computing Centre	Katalánska univerzita a ďalšie španielske univerzity	Atmosféra, bioinformatika, klíma, umelá inteligencia, vzdelávanie, fúzna reakcia, geofyzika, materiálové vedy, spoločenské simulácie, big data, biomechanika, model Zeme, genómové inžinierstvo, modelovanie molekúl, kvantové počítanie a iné.
	Super-computing and Visualization Center of Madrid (CeSViMa), Technical University of Madrid	Sieť španielskych univerzít	Výskum mozgu hlodavcov (a v budúcnosti ľudského mozgu) v rámci medzinárodného projektu Blue Brain.
ČESKÁ REPUBLIKA	IT4Innovation	Univerzity Akademický výskum	Popri podpore používateľov z akademickej sféry v oblastiach ako chémia, fyzika a biotechnológie rozvíja IT4Innovations aj vlastné výskumné programy, a to v nasledovných oblastiach: IT riešenia pre krízové situácie, metódy numerického modelovania v inžinierstve, nanotechnológie,spracovanie informácií, vývoj softvéru pre paralelné počítanie, spracovanie informácií z multimediálnych dát, bezpečné a spoľahlivé architektúry a siete, HPC knižnice a výkonné počítanie pre priemysel

Tab. 5.3.
Vybrané európske HPC centrá a ich podpora vedy a výskumu.

Členský štát	HPC Centrá poskytujúce služby akademickej obci	Vybraní partneri/ zákazníci	Hlavné oblasti vedy a výskumu podporované HPC
FÍNSKO	CSC	Univerzity Akademický výskum	Prostredníctvom vysokovýkonných dátových analýz, optimalizácie kódu a vizualizácie podporuje CSC výskum v oblastiach ako biológia, chémia, počítačové inžinierstvo, geológia, výskum jazykov a iné humánne vedy, matematika a štatistika, či fyzika.
SLOVINSKO	HPC RIVR	Univerzity Akademický výskum	Biotechnológie a genómové inžinierstvo, umelá inteligencia a strojové učenie, kybernetická bezpečnosť a výskum v oblasti Blockchain technológií.
MAĎARSKO	NIIF	Univerzity Akademický výskum	Biotechnológie a génové inžinierstvo, dizajn liečiv, medicína, biológia, teoretická a počítačová chémia.
POĽSKO	The Polish Grid Infrastructure PL-Grid	Univerzity Akademický výskum	Geofyzika a geológia, astrofyzika, teoretická a bioorganická chémia, energetika, civilné inžinierstvo, urgentné počítanie a simulácie vývoja kritických udalostí.
BULHARSKO	Najväčší HPC systém = AGH University of Science and Technology in Kraków	Bulharská akadémia vied Technická univerzita a Univerzita medicíny Sofia	Životné prostredie a klíma, biológia a výskum liečiv, chémia a vývoj softvéru.

Tab. 5.3.
Vybrané európske HPC centrá a ich podpora vedy a výskumu.

5.1.3. Spolupráca a podpora HPC projektov v podnikateľskom prostredí

V súvislosti s prioritou Európskej komisie v oblasti zvyšovania konkurencieschopnosti a inovácie malých a stredných podnikov hlavné európske HPC centrá v posledných rokoch zaviedli a v súčasnosti rozvíjajú programy a iniciatívy zamerané na zvyšovanie povedomia o význame vysokovýkonného počítania a dátových analýz pre podnikanie, vzdelávanie v oblasti používania paralelného počítania, optimalizáciu kódu a používanie HPC aplikácií v priemysle.

Najprogresívnejším európskym HPC centrom v tejto oblasti je HLRS v nemeckom Stuttgarte. Okrem poskytovania prístupu k HPC infraštruktúre, podpory a služieb v oblasti optimalizácie aplikácií, inovatívneho prístupu pri vytváraní nových technológií a produktov, či zriaďovaní prístupov na strane komerčných používateľov založilo HLRS centrum (spolu s vládou Baden- Württemberg) aj špecializované organizácie ako SICOS BW GmbH a HWW GmbH. Ich cieľom je osobný prístup a podpora priemyslu, hlavne MSP v oblasti vysokovýkonného počítania. V súčasnosti HLRS obsluhuje viac než 60 malých a stredných podnikov s ročným obratom 2 – 3 milióny EUR.

Ďalší príklad intenzívnej spolupráce superpočítačového centra a priemyslu môžeme nájsť V Mníchove. Národné centrum LRZ tam v roku 2017 založilo Bavorské kompetenčné centrum pre Big Data (BBDC) s cieľom informovať, podporovať a vzdelávať partnerov z bavorských malých a stredných podnikov v technologických oblastiach ako veľké dáta, umelá inteligencia a strojové učenie.

Na podporu informovanosti, vzdelávania a zvýšenia miery používania HPC a HPDA malými a strednými podnikmi v Európskej únii vyhlásila Európska komisia v rámci programu Horizon 2020 výzvu na vytvorenie siete národných HPC kompetenčných centier s dôrazom na služby a podporu MSP a vytváranie spoločných projektov výskumu a inovácie medzi priemyslom a akadémiou.

Slovenská republika sa do výzvy pripojila a v konzorciu s ďalšími 27 národnými kompetenčnými centrami vedenom HLRS podala žiadosť o spolufinancovanie v novembri 2019.

5.1.4. Podpora verejnej správy v oblasti HPC

Miera využívania vysokovýkonného počítania v organizáciách verejnej správy jednotlivých členských štátov Európskej únie sa líši v závislosti od veľkosti krajiny a vyspelosti jej HPC ekosystému.

V krajinách ako Francúzsko, Nemecko a Taliansko prevádzkujú najväčšie štátne agentúry svoje vlastné HPC systémy na podporu ich činnosti v oblasti energetiky, meteorológie, štatistiky a finančnej politiky alebo bezpečnosti. V ostatných oblastiach úzko spolupracujú s národnými superpočítačovými centrami a priamo podporujú spoločné výskumné iniciatívy a akademickou obcou v oblastiach zdravotnej starostlivosti, inteligentnej verejnej správy, dopravy a i.

Prípadová štúdia

Irish Center for High End Computing (ICHEC)
ÍRSKO

Popri činnosti národného superpočítačového centra, ktoré poskytuje prístup k zdrojom vysokovýkonného počítania pre akademické organizácie, súkromné spoločnosti a inštitúcie verejnej správy, ICHEC intenzívne spolupracuje s Met Éireann (Írska meteorologická služba) na viacerých dlhodobých projektoch. Spoločne prevádzkujú systém na vytváranie klimatických modelov, ktorými prispievajú do globálnej siete partnerov, s cieľom lepšie pochopiť ako sa zmení naša klíma v priebehu 21. storočia. Výsledky výskumu ICHEC sú taktiež kľúčové pre vytváranie novej legislatívy a opatrení. Centrum bolo autorom vplyvnej správy EPA „Klimatické predpovede pre Írsko“ v roku 2015.

Skúsenosť s prácou veľkého objemu klimatických dát a v oblasti vytvárania modelov počasia viedlo k spolupráci s Európskou vesmírnou agentúrou (ESA) v oblasti spracovania satelitných snímok. Od roku 2014 ICHEC prevádzkuje archív a rozvíja kapacity na spracovanie satelitných dát. Spoločne s organizáciami ako Teagasc (Agricultural and Food Development Authority) a EPA (Environmental Protection Agency) vyvíja ICHEC aplikácie založené na spracovaní dát v reálnom čase pre podporu rozhodovania v oblasti poľnohospodárstva alebo prípravách na možné záplavy. Tieto dáta od roku 2018 zároveň sprístupňuje írskym výskumným tímom a organizáciám verejnej správy prostredníctvom (na tento účel vytvoreného) portálu.

ICHEC zároveň poskytuje organizáciám verejnej správy a štátnym inštitúciám školenia a vzdelávacie programy pre ich zamestnancov. Ich kurzov v oblasti dátových vied (data science) a vizualizácie dát sa napríklad zúčastnili pracovníci z viac ako 15 ministerstiev a vládnych organizácií, ako Ministerstvo zdravotníctva, Ministerstvo financií, verejných zdrojov a reformy alebo Ministerstvo školstva. V súčasnosti ICHEC rozvíja kurzy v oblasti hlbokého strojového učenia (deep learning), v dôležitej disciplíne podporujúcej mnohé systémy umelej inteligencie (AI).

Jednou z oblastí, ktoré ICHEC v súčasnosti rozvíja, je inteligentná doprava v Írsku. Centrum pracuje na projekte, ktorého cieľom je vytvoriť konzorcium kľúčových organizácií zodpovedných za plánovanie budúceho systému dopravy v krajine. Za týmto účelom ICHEC plánuje využiť svoje znalosti a kapacity v oblasti inovatívnych technológií ako AI v kombinácii s rastúcim výpočtovým výkonom HPC systému. Výsledkom bude vytvorenie inovatívnych riešení využiteľných pri optimalizácii toku dopravy v írskych mestách, zvýšení bezpečnosti na cestách aj pri plánovaní dlhodobého rozvoja dopravnej infraštruktúry v krajine.

V menších členských štátoch organizácie verejnej správy intenzívne využívajú infraštruktúru a kompetencie národných HPC centier a podporujú výskum v kľúčových oblastiach ich pôsobenia spolu s akademickými inštitúciami a podnikateľskými subjektmi. Vlastné (menšie) HPC systémy prevádzkujú len vybrané agentúry, napríklad meteorologické ústavy.

5.1.5. Európske iniciatívy na podporu HPC ekosystému

Medzi kľúčové iniciatívy zamerané na rozvoj a spoluprácu v rámci európskeho ekosystému HPC a HPDA patria:

EuroHPC Joint Undertaking

EuroHPC JU je právny subjekt, ktorého úlohou je združiť európske a národné zdroje v oblasti HPC a koordináciou a financovaním zabezpečiť:

- Vytvorenie pan-európskej superpočítačovej infraštruktúry: obstaranie a vybudovanie dvoch superpočítačových systémov, ktoré svojim výkonom budú patriť do TOP 5 na svete a aspoň dvoch ďalších, ktoré sa v globálnom rebríčku umiestnia medzi 25 najvýkonnejšími HPC systémami. Táto infraštruktúra bude slúžiť používateľom zo súkromného a verejného sektora v oblasti základného a aplikovaného výskumu vo viac ako 800 vedných a priemyselných disciplínach.
- Podporu aktivít v oblasti výskumu a inovácií: rozvoj európskeho superpočítačového ekosystému, stimulácia technologických odvetví a umožnenie prístupu k výkonu a kapacite superpočítačov a relevantným aplikáciám pre veľký počet používateľov vo verejnom aj súkromnom sektore, vrátane malých a stredných podnikov.

PRACE

Poslaním PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) je umožniť vznik vedeckých objavov a rozvoj aplikovaného výskumu a vývoja vo všetkých odborných disciplínach, a tým zvýšiť konkurencieschopnosť Európy a prospech pre jej spoločnosť. PRACE sa snaží naplniť toto svoje poslanie prostredníctvom partnerstiev európskych HPC centier ponúkajúce výpočtové zdrojov superpočítačov a služby v oblasti spracovania dát.

Prostredníctvom podpory výskumných iniciatív sa PRACE taktiež snaží posilniť používanie HPC v súkromnej sfére a priemysle. Záujmom PRACE je zvýšiť energetickú efektívnosť superpočítačových systémov a znížiť negatívny dopad na životné prostrednie.

PRACE je medzinárodná nezisková organizácia so sídlom v Bruseli s 26 stálymi členmi (vrátane Slovenskej republiky) reprezentovaných prevádzkovateľmi HPC infraštruktúry a odbornej kapacity v oblasti vysokovýkonného počítania, vysokovýkonných dátových analýz a služieb pre výpočtovo náročné vedecké a technicky orientované aplikácie.

Superpočítačové systémy využívané výskumnými a vedeckými tímami v rámci programov PRACE sú prevádzkované 5 členmi PRACE – BSC (Španielsko), CINECA (Taliansko), ETH Zurich/CSCS (Švajčiarsko), GCS (Nemecko) a GENCI (Francúzsko).

ETP4HPC

European Technology Platform (ETP) for High-Performance Computing (HPC) je nezávislá nezisková organizácia súkromných spoločností. Jej hlavným poslaním je propagovať európsky výskum a inovácie v oblasti vysokovýkonného počítania s cieľom maximalizovať ekonomické a spoločenské prínosy HPC v odbornej (vedeckej a podnikateľskej) a laickej verejnosti. Hlavnou úlohou ETP4HPC je navrhovať priority výskumu a obsah programov zameraných na HPC technológie a ich využitie. Jedným z prostriedkov je publikovanie strategického dokumentu „Strategic Research Agenda“ (SRA). Tento strategický dokument slúži ako základ pre EuroHPC JU na definovanie obsahu technologických pracovných programov HPC v Európskej Únii.

ETP4HPC je zároveň zástupcom súkromného sektora v EuroHPC JU, ktorý prispieva nástrojmi a zdrojmi (svojich členov) k vybudovaniu európskych globálne konkurencieschopných HPC systémov a zabezpečeniu adekvátnej technologickej a aplikačnej expertíze v EÚ. Zástupcovia ETP4HPC sa taktiež osobne podieľajú na činnosti pracovnej skupiny zameranej na výskum a inovácie (Resarch and Innovation Advisory Group/RIAG). Toto združenie je tiež aktívnym podporovateľom iniciatívy PRACE.

Členovia ETP4HPC pokrývajú (z hľadiska oblasti svojho podnikania) širokú oblasť expertízy. Od technologických spoločností aktívnych v európskom HPC ekosystéme až po používateľov HPC technológií (počnúc veľkými priemyselnými konglomerátmi, cez malé a stredné podniky po organizácie akademického výskumu).

BDVA

Big Data Value Association (BDVA) je medzinárodné neziskové združenie právnických osôb s viac ako 200 členmi z celej Európy s vyváženým zastúpením veľkých, malých aj stredne veľkých priemyselných odvetví, výskumných organizácií a podnikov využívajúcich technológie Big Data. BDVA je partnerom Európskej komisie v implementácie „Big Data Value“ PPP programu zastupujúcim podnikateľský (súkromný) sektor. Spoločnou víziou tohto PPP programu je pozícia Európy ako svetového lídra vo vytváraní hodnoty veľkých dát.

Poslaním BDVA je budovanie inovatívneho ekosystému, ktorý umožní digitálnu transformáciu Európu prostredníctvom spracovania dát a umelej inteligencie a zabezpečí maximálny prínos pre jej hospodárstvo a životnú úroveň. Cieľom BDVA je dosiahnuť a dlhodobo si udržať vedúcu pozíciu Európy v oblasti tvorby hodnoty prostredníctvom Big Data a v oblasti umelej inteligencie.

AI4EU

V rámci programy H2020 a s podporou Európskej komisie bolo v januári 2019 založené konzorcium zamerané na vybudovanie prvej európskej „on demand“ platformy v oblasti umelej inteligencie – AI4EU.

Medzi hlavné priority projektu AI4EU patria:

- Vytvorenie a podpora európskeho ekosystému pokrývajúceho všetkých 28 členských štátov a podporujúceho spoluprácu všetkých európskych hráčov v oblasti umelej inteligencie (vedci, podnikatelia, MSP, priemysel, finančné inštitúcie, občania,...).
- Vytvorenie európskej „AI on-Demand" platformy na podporu AI ekosystému a zdieľanie zdrojov v oblasti umelej inteligencie vytvorených v rámci európskych projektov, vrátane služieb, expertízy vo výskume a inováciách v oblasti AI, kritických komponentov infraštruktúry pre umelú inteligenciu, zdrojov dát (datasets), vysokovýkonných počítačových systémov a prístup k počiatočnému (seed) financovaniu inovatívnych projektov využívajúcich túto platformu.
- Implementácia pilotných projektov s aktívnou účasťou priemyslu.
- Výskum a vývoj v 5 kľúčových navzájom prepojených oblastiach umelej inteligencie (explainable AI, physical AI, verifiable AI, collaborative AI, integrative AI), ktoré sú základom aplikácií umelej inteligencie v reálnom svete.
- Financovanie MSP a začínajúcich podnikov (startupy), ktoré sa venujú výskumu a vývoju nových riešení v oblasti AI.
- Vytvorenie European Ethical Observatory, ktorého úlohou je dozerať na dodržiavanie vysokých etických, právnych a sociálno-ekonomických štandardov pri realizácii európskych projektov v oblasti umelej inteligencie.
- Popora európskej strategickej agendy v oblasti výskumu a inovácií.
- Zabezpečenie dllhodobej udržateľnosti tejto platformy na podporu európskej AI komunity.

5.2. HPC v Slovenskej republike

5.2.1. História

Prvá a doposiaľ jediná iniciatíva o zriadenie a sprístupnenie superpočítačových služieb na národnej úrovni vznikla v roku 2008.

Na základe výzvy MŠ SR bola vypracovaná analýza využitia superpočítačov a vysokovýkonných klastrov v oblasti vedy a výskumu v SR, ktorej výsledkom bolo vytvorenie dvoch pracovných skupín a následne dvoch návrhov národných projektov: Národné superpočítačové centrum a Národná gridová infraštruktúra.

Rozhodnutím MŠ SR boli však tieto dva zámery zlúčené a v roku 2009 vznikol spoločný návrh projektu – Slovenská infraštruktúra pre vysokovýkonné počítanie (SIVVP), na základe ktorého bola v rámci Operačného programu výskum a vývoj zverejnená (uzavretá) výzva na národný projekt pod kódom OPVaV/K/RKZ/NP/2009-1, s celkovým rozpočtom 25 965 000 EUR.

Hlavným prijímateľom NFP bolo Výpočtové stredisko SAV a partnermi projektu boli Ústav informatiky SAV v Bratislave, Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici a Technická univerzita v Košiciach.

V priebehu roku 2012 bola zrealizovaná inštalácia výpočtových systémov: superpočítača IBM P775 (neskôr nazvaného „Aurel", podľa významného slovenského fyzika a technika Aurela Stodolu) pozostávajúceho z 3072 výpočtových jadier združených do 96 výpočtových uzlov spojených rýchlou dátovou sieťou, s celkovou výpočtovou kapacitou 94 Tflops, pamäťovou kapacitou 24 TB a s 600 TB kapacitou externého úložiska. V čase inštalácie sa Aurel dokonca objavil na 335. mieste v zozname 500 najvýkonnejších superpočítačov na svete (TOP500.org).

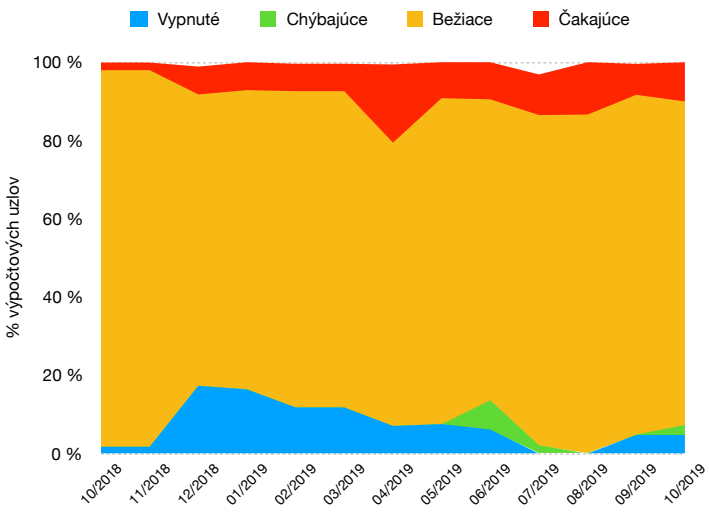
Na detašovanou pracovisku Výpočtového strediska SAV v Žiline bol inštalovaný klaster z výpočtových uzlov IBM 750, 755 a 780, na dátových centrách partnerských organizácii menšie klastre (s cca 600 výpočtovými jadrami na inštaláciu) s architektúrou x86 a rôznorodou konfiguráciou (dátové siete typu Infiniband alebo Ethernet, s/bez výpočtových grafických kariet atď.). V roku 2014 sa realizovala druhá fáza projektu SIVVP, v ktorej Výpočtové stredisko SAV rozšírilo kapacitu superpočítača Aurel na finálnych 128 Tflops a partneri taktiež rozšírili výpočtové a/alebo dátové kapacity svojich zariadení zhruba o jednu tretinu.

5.2.2. Využitie HPC infraštruktúry na Slovensku

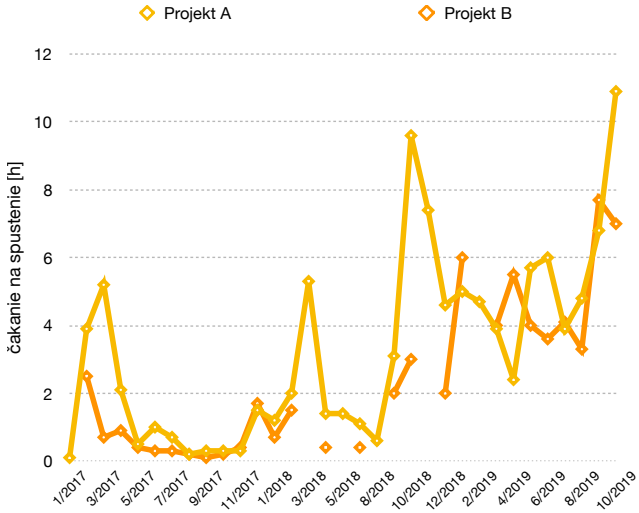
Výpočtový výkon poskytovaný infraštruktúrou SIVVP, konkrétne superpočítačom Aurel, doposiaľ využilo, alebo stále využíva, takmer 300 používateľov zoskupených v 110 projektoch. Používatelia pochádzajú prevažne z univerzít (dominantne Univerzita Komenského a Slovenská Technická Univerzita), ústavov SAV (Fyzikálny ústav, Chemický ústav, Geofyzikálny ústav a ďalšie), ako aj súkromných spoločností (napr. VÚJE, a.s.). Vďaka HPC zdrojom poskytovaných projektom SIVVP bolo doposiaľ zrealizovaných viac ako 100 vedeckých prác publikovaných v renomovaných zahraničných vedeckých časopisoch a tento počet neustále narastá.

Vyťaženosť superpočítača je vysoká (úplná vyťaženosť je nedosiahnuteľná kvôli manažmentu rezervácií výpočtových uzlov pre paralelné výpočty s rôznymi nárokmi na zdroje), viď. obrázok 5.2, poskytovaný výkon však zďaleka nepokrýva potreby používateľskej základne. Toto konštatovanie nevyplýva iba zo zistení v rámci prieskumu uskutočnenom počas stretnutia používateľov superpočítača Aurel v roku 2018, kde sa až 86% opýtaných vyslovilo, že by vedeli efektívne využiť rozšírenú kapacitu HPC zdrojov. Je ho taktiež možné dokumentovať aj na základe Obrázku 5.3, ktorý zachytáva nárast doby čakania na spustenie úlohy pre dva najvýznamnejšie projekty v rámci SIVVP (Projekt A – hlavný riešiteľ doc. Tomáš Bučko, Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, Projekt B – prof. Ivan Štich, Fyzikálny ústav SAV).

Odhadnúť reálny rozsah potrieb používateľov, či už z akademickej, komerčnej alebo štátnej sféry nie je jednoduché. Najspoľahlivejšie je aktuálne možné posúdiť dopyt v akademickej sfére, ktorý je limitovaný viacerými faktormi, hlavne však nedostupnosť proprietárneho aplikačného softvéru, nedostatočnou kapacitou výpočtových zdrojov, nevyhovujúcou architektúrou HPC riešenia, ako aj nedostatočnou informovanosťou o jej dostupnosti a podmienkach využívania.

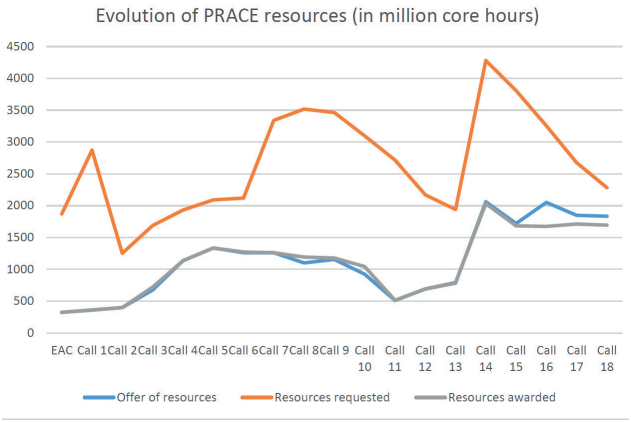


Graf 5.2.
Priemerné využitie zdrojov SIVVP.

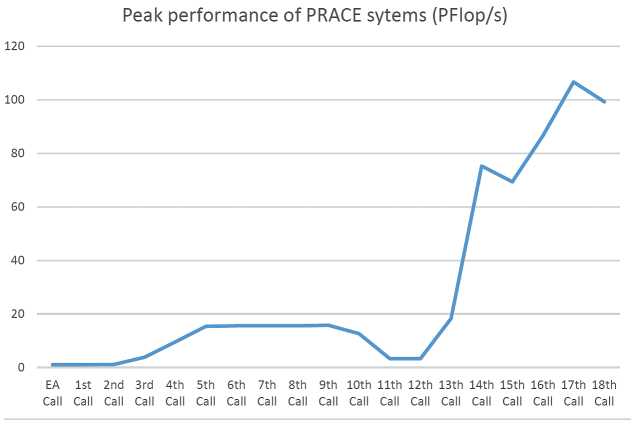


Graf 5.3.
Doba čakania na výpočty v SIVVP.

SIVVP eviduje niekoľkých používateľov, ktorí v dôsledku nedostatočných kapacít realizujú svoj excelentný výskum využitím HPC zdrojov poskytovaných v zahraničí, hlavne na európskych Tier-0 a Tier-1 superpočítačoch prostredníctvom projektu PRACE, ale aj inde. Superpočítač Aurel aktuálne poskytuje približne 2 milióny core-hodín (t. j. hodín výpočtového času na 1 procesorové jadro) mesačne, kým bežný rozsah každého jedného z vedeckých projektov predkladaných v rámci Tier-0 výziev PRACE je v rádoch desiatok miliónov core-hodín, t.j. prekračujúci ročnú výpočtovú kapacitu celého SIVVP.



Graf 5.4.
Vývoj zdrojov strojového času v rámci PRACE.



Graf 5.5.
Vývoj výkonu HPC systémov v PRACE.

Rast dopytu po HPC službách v priestore EÚ je možné demonštrovať na množstve core-hodín požadovaných a poskytnutých na Tier-0 superpočítačoch v rámci projektu PRACE, viď. Obrázok 5.4. Vývoj množstva poskytnutého strojového času v jednotlivých výzvach („Call X“, s niekoľko mesačnými odstupmi) zjavne nie je monotónny, súvisí s aktuálnymi možnosťami a vôľou zapojených výpočtových centier. Okrem badateľne stúpajúceho trendu (od počiatočných stoviek miliónov core-hodín v prvej fáze projektu, až po takmer 2000 milión core-hodín v druhej fáze) je podstatné zdôrazniť, že požiadavky používateľov systematicky prekračujú posky-

tovaný strojový čas (v priemere) troj- až päťnásobne (odchýlky sú opäť dôsledkom špecifík jednotlivých výziev).

Popri náraste celkového poskytovaného strojového času treba navyše brať do úvahy aj nárast výpočtového výkonu superpočítačov zapojených do spomenutých výziev.

Z Obrázku 5.5 je zrejmý dramatický nárast, zo zlomkov PFlops (t. j. 10 na 15-tu „Floating point operations per second" - aritmetických operácií s pohyblivou desatinnou čiarkou za sekundu) až na (vyše) 100 PFlops. Nárast výpočtového výkonu spolu s nárastom množstva poskytovaného výpočtového času jasne demonštruje enormný dopyt po službách HPC v Európe. Nakoniec treba podotknúť, že iba 20 až 30% výpočtovej kapacity Tier-0 európskych superpočítačov je poskytnutá prostredníctvom projektu PRACE, zvyšok sa rozdeľuje na národnej úrovni.

5.2.3. Aktuálny stav HPC ekosystému na Slovensku

Na rozdiel od iných členských štátov EÚ i našich partnerov v rámci V4, investície do superpočítačovej infraštruktúry a rozvoja ekosystému v oblasti HPC a HPDA na Slovensku úplne chýbali. Posledné finančné zdroje na zvýšenie výkonu superpočítača Aurel a ďalších piatich menších HPC systémov (na STU, UZA, UMB, TUKE a SAV) boli investované v roku 2014.

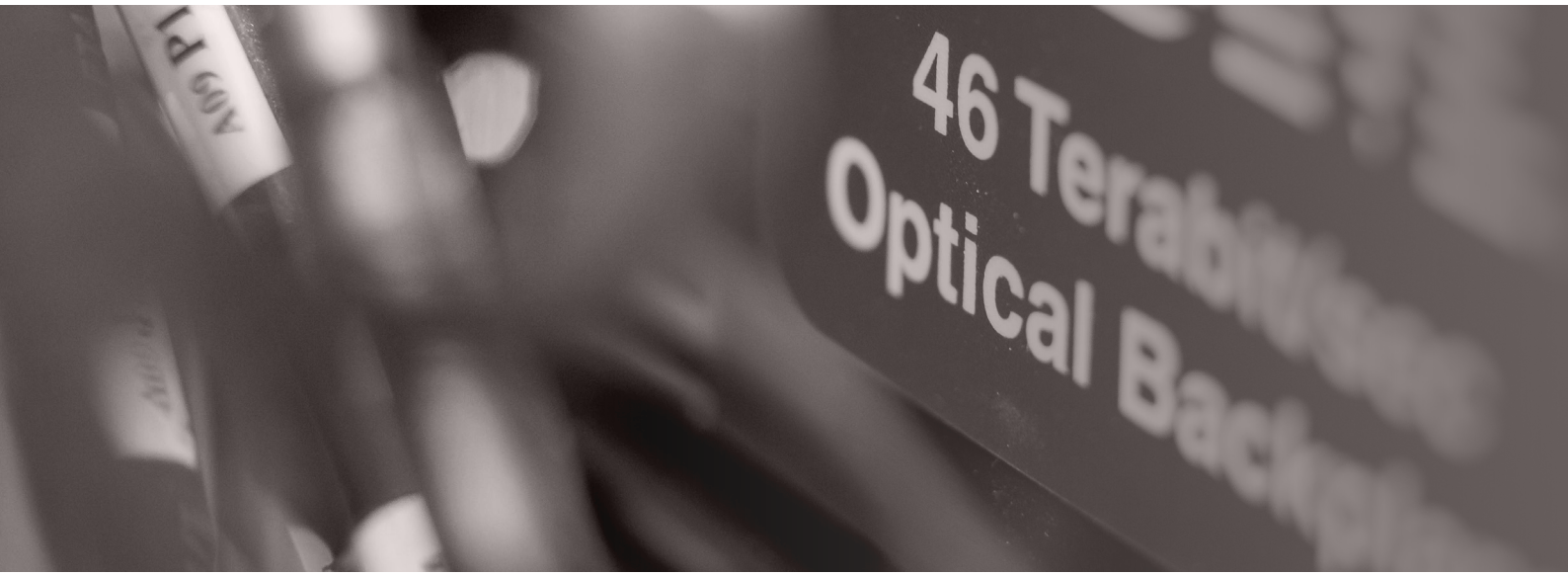
Na druhej strane, dynamický rozvoj iniciatív, výskumných projektov a súkromných spoločností v oblasti umelej inteligencie, veľkých dát (Big Data) a robotizácie prináša so sebou rastúci dopyt po výpočtovom výkone a infraštruktúre pre vysokovýkonné počítanie a vysokovýkonné dátové analýzy.

Významným potenciálom pre rozvoj ekosystému HPC a HPDA spočíva taktiež zriaďovanie výskumných (R&D) centier na Slovensku, a to v oblasti polovodičov (napr. spoločnosť Tachyum), batérií pre automobily s elektrickým pohonom (InoBat), technológií na efektívnu ťažbu nerastných surovín (GA Drilling), v oblasti umelej inteligencie (Good AI Applied, GlobalLogic) alebo Big Data (Exponea).

Podrobná analýza SWOT a PEST sú súčasťou kapitoly 13 – „Analýza udržateľnosti".

Dynamický rozvoj iniciatív, výskumných projektov a súkromných spoločností v oblasti umelej inteligencie, veľkých dát (Big Data) a robotizácie prináša so sebou rastúci dopyt po výpočtovom výkone a infraštruktúre pre vysokovýkonné počítanie a vysokovýkonné dátové analýzy.

C17
C18


46 Terabit/s
Optical Backp

KAPITOLA

Strategická VÍZIA Národného superpočítačového centra

Zámer

Inovatívne technológie, akými sú vysokovýkonné počítanie, vysokovýkonné dátové analýzy a umelá inteligencia, patria bezpochyby medzi kľúčové faktory nevyhnutné pre rozvoj vedy, základného a aplikovaného výskumu a vzdelávania. Nové objavy, vynálezy a inovácie vznikajúce vďaka týmto technológiám podporujú vzdelávanie, efektívnu verejnú správu, rast a konkurencieschopnosť podnikov i celého hospodárstva, a tým aj zvyšovanie životnej úrovne spoločnosti a atraktívnosť krajiny pre prílev investícií a talentov.

Cieľom tejto kapitoly je definovať víziu Národného superpočítačového centra, jeho úlohu, náplň činnosti, rozsah služieb a kľúčové priority. V súlade so Stratégiou digitálnej transformácie Slovenska a jej Akčného plánu na roky 2020 – 2022.

Obsah

6.1. Vízia
6.2. Poslanie
6.3. Ciele
6.4. Štruktúra NSC
6.5. Úloha NSC
6.6. Kľúčoví aktéri
6.7. Stručný popis NSC

Stručné zhrnutie

Na základe skúseností a overenej praxe v krajinách s vyspelým HPC a HPDA ekosystémom je pre Slovensko (vzhľadom na jeho veľkosť a zdroje) vhodné zastrešiť vysokovýkonnú infraštruktúru na národnej úrovni, koordináciu a poskytovanie služieb HPC a HPDA pre akademickú obec, verejnú správu a podnikateľské subjekty v rámci jednej špecializovanej inštitúcie - Národnom superpočítačovom centre.

Hlavnými piliermi Národného superpočítačové centrum bude vysokovýkonná infraštruktúra s adekvátnym výkonom a kapacitou pre akadémiu, verejnú správu a priemysel (podporujúca aplikácie HPC, Big Data a AI) a HPC kompetenčné centrum poskytujúce služby používateľom v oblasti informovanosti, vzdelávania a podpory, zastupujúce Slovenskú republiku v príslušných platformách EÚ a aktívne podporujúce rast inovatívneho ekosystému v krajine.

Vzhľadom na obmedzené zdroje v krátkodobom horizonte počíta nové Národné superpočítačové centrum s postupným rastom (fázy rozvoja v Kapitole 9).

6.1. Vízia

Víziou Národného superpočítačového centra je inovatívny ekosystém súkromných spoločností, akademických inštitúcií a organizácií verejnej správy podporujúci vedu a výskum na Slovensku, vzdelávanie a rozvoj talentov, inovácie v súkromnom aj verejnom sektore a vznik a rozvoj nových prelomových projektov (startup-ov).

Z pohľadu ambícií Národného superpočítačového centra je možné túto víziu opísať nasledovne:

Slovenské univerzity a vedecké pracoviská publikujú výsledky svojich výskumných projektovvprestížnych zahraničných vedeckých časopisoch. Vďaka špičkovému výskumuna pôde univerzítrastie počettalentovaných, skúsených a inovatívnych pedagógov, ktorí vytvárajú kvalitné prostredie pre štúdium a prispievajú k rastúcemu počtu úspešných absolventov a postgraduálnych študentov. Inovácie, vynálezy a prelomové objavy v oblasti chémie, fyziky, nových materiálov, či biotechnológií vytvorené na akademickej pôde a v spolupráci s priemyslom sa stávajú súčasťou každodenného života. Štátne organizácie a samosprávy prijímajú dôležité rozhodnutia a legislatívne opatrenia založené na dôkladnej analýze veľkých dátových vstupov a prediktívnych modelov. Súkromné spoločnosti využívajú vysokovýkonné počítačové simulácie pri vývoji produktových prototypov. Náhradou tradičného procesu založeného na fyzických prototypoch je „virtuálny“ vývoj nových produktov, ktorý je rýchlejší a presnejší. Vďaka superpočítačom získavajú inovatívne spoločnosti výrazné skrátenie času medzi prvotným nápadom a uvedením ich nového produktu do predaja. Uviesť inováciu na trh vsprávny čas a v dostatočnom predstihu pred konkurenciou je vo väčšine prípadov dôležitým predpokladom pre komerčný úspech samotného produktu a jeho producenta. Začínajúce spoločnosti s medzinárodným potenciálom (európskym, či globálnym) využívajú podporu a spoluprácu s technologických partnerov, akademických inštitúcií a v erejného sektora od svojho vzniku, cez prvé prototypy až po fázu rastu. Vďaka tejto podpore a spolupráci zostávajú nové a rastúce spoločnosti na Slovensku a mnohé z nich vytvárajú okolo seba novú sieť partnerov a dodávateľov zo súkromného iakademického sektora.

6.2. Poslanie

Rastúci dopyt po vysokovýkonnej výpočtovej kapacite pre základný a aplikovaný výskum na slovenských univerzitách, inovatívny spôsob vývoja a testovania nových prototypov a simulovanie obchodných modelov v súkromnej sfére, zvlášť v segmente malých a stredných podnikov, prípravu a prijímanie kvalifikovaných rozhodnutí založených na analýze veľkých dátových vstupov a na udržanie kybernetickej bezpečnosti vo verejnej správe, vyžaduje vybudovanie výkonnej a škálovateľnej infraštruktúry s vysokým výpočtovým výkonom a optimálnymi prevádzkovými nákladmi, vrátane udržateľnej energetickej spotreby.

Samotná hardvérová infraštruktúra sa však nezaobíde bez expertov vo všetkých troch sektoroch (akademická obec, podniky a verejná správa), s expertnými vedomosťami a skúsenosťami v oblasti správy a rozvoja vysokovýkonnej infraštruktúry, kybernetickej bezpečnosti, vývoja a optimalizácie programov pre paralelné počítanie a strojové učenie, ako aj v správe a analýze veľkých dátových súborov (Big Data).

Na základe skúseností krajín s vyspelým ekosystémom v oblasti vysokovýkonného počítania a umelej inteligencie, ako aj vzhľadom na veľkosť, kapacitu a zdroje slovenského hospodárstva a akademickej sféry, je vhodné, aby úlohu koordinácie a rozvoja slovenského ekosystému zastrešovalo jedno odborné pracovisko s vysokokvalifikovaným personálom, spolupracujúce s predstaviteľmi všetkých relevantných sektorov a inštitúcií, vrátane súkromnej sféry a európskych inštitúcií zameraných na oblasť HPC a umelej inteligencie.

Túto úlohu by malo zastrešiť nové Národné superpočítačové centrum (ďalej len NSC) Slovenskej republiky, ktorého prioritou je zabezpečiť pre používateľov z akademickej sféry, súkromného sektora a verejnej správy:

- Prístup k infraštruktúre vhodnej pre aplikácie v oblasti HPC, HPDA, ale aj strojového učenias dostatočnou kapacitou.
- Prístup k špecializovaným HPC a HPDA aplikáciám a softvérovým nástrojom, prípadovým štúdiám akontaktom na partnerov vrámci európskej amedzinárodnej komunity vtejto oblasti.
- Podporu pre rast počtu a zvyšovanie odbornosti odborníkov voblasti HPC aHPDA na Slovensku (školenia, knižnice, mentoring apodporapri optimalizácií algoritmov, spolupráca pri vytváraní vzdelávacích plánov).
- Podporu pre akademické vedeckovýskumné tímy pri využívaní HPC infraštruktúry aalgoritmov vo svojich projektoch.
- Podporu pre súkromné spoločnosti pri implementácii superpočítačových simulácií vo svojom podnikaní.
- Prístup k informáciám omožnostiach financovania HPC aHPDA projektov (grantové výzvy, partnerstvá v rámci Európskej únie, nástroje finančných inštitúcií).

6.3. Ciele

V súlade s akčným plánom Digitálnej transformácie Slovenska sa nové Národné superpočítačové centrum zameria na 4 hlavné priority a z nich vyplývajúce ciele:

Cieľ	Partneri / Zákazníci	Účel / Zameranie
Vybudovať a dlhodobo rozvíjať infraštruktúru pre HPC, HPDA a AI na Slovensku	Akademický sektor	Podpora vedeckovýskumných projektov a vzdelávacích programov
	Organizácie štátnej a verejnej správy	Podpora rozhodovania a plánovania
	Existujúce súkromné spoločnosti	Podpora „proof of concept“ projektov s cieľom zvýšiť adopciu HPC a HPDA v malých a stredných podnikoch
	Novovznikajúce spoločnosti (startup)	Akcelerácia podnikateľského plánu
Vytvoriť platformu na rozvoj talentov v oblastiach HPC a HPDA	Súkromný sektor	Zvyšovanie podielu MSP aktívne využívajúcich HPC simulácie a dátové analýzy vo svojich procesoch
	Slovenské univerzity a organizácie akademického výskumu	Podporu vzdelávania študentov na vybraných fakultách a rozvoj výskumných projektov využívajúcich HPC, HPDA a AI
	Organizácie štátnej a verejnej správy	Rozšírenie a aktívne využívanie HPC a HPDA aplikácií vo verejnom sektore
	Samotné NSCC	Zabezpečenie chodu a rozvoja Centra

Cieľ	Partneri / Zákazníci	Účel / Zameranie
Poskytovať profesionálne služby, podporu a poradenstvo pre používateľov HPC, HPDA a AI infraštruktúry	Všetky hore uvedené skupiny	Uľahčenie prechodu na využívanie HPC a HPDA vo výskumných projektoch a ich aplikácia v biznis procesoch súkromných a verejných organizácií
Spolupracovať s relevantnými partnermi na budovaní slovenského ekosystému HPC a HPDA	Partneri na európskej úrovni (HPC kompetenčné centrá, prevádzkovatelia HPC a HPDA infraštruktúry)	Zabezpečenie transferu vedomostí a skúseností zo zahraničia
		Umožniť prístup k HPC a HPDA výpočtovému výkonu presahujúcemu kapacity NSC – pre projekty náročné na výpočtový výkon a kapacitu a pre súkromných používateľov po skončení fázy „proof of concept“
		Prístup k nástrojom financovania a odbornej podpory projektov
	Kľúčové rezorty a organizácie slovenskej verejnej správy	Podpora rozvoja a inovácií v oblastiach kybernetickej bezpečnosti, cloud computing, alebo dátovej infraštruktúry
	Akademická komunita	PSpolupráca pri plánovaní a realizácii programov NSC určených pre vedu, výskum a vzdelávanie
	Partneri zo súkromného sektora	Podpora pri budovaní a dlhodobom rozvoji HPC a HPDA ekosystému na Slovensku (inovatívne spoločnosti pôsobiace v hodnotovom reťazci HPC a HPDA)
		Efektívnejší dosah na kľúčové segmenty podnikateľských subjektov a podpora ich vzdelávacích a rozvojových programov (profesné organizácie, inkubátory, relevantné kompetenčné centrá a digitálne inovačné huby)

Tab. 6.1. Ciele Národného superpočítačového centra.

6.4. Štruktúra NSC

Naplniť poslanie a ambície nového Národného superpočítačového centra je závislé od úspešného vybudovania a schopnosti dlhodobo prevádzkovať a rozvíjať dve vzájomne sa dopĺňajúce časti NSC:

- Superpočítačové centrum spravujúce a poskytujúce infraštruktúru (strojový čas) pre používateľov z akademického prostredia, podnikateľské subjekty a organizácie verejnej správy (detailnejší popis cieľových skupín je popísaný v nasledujúcom texte).
- Kompetenčné centrum pre HPC poskytujúce:
  a. odborné informácie (týkajúce sa konkrétneho využitia HPC a HDPA vo výskumných projektoch a každodennej prevádzke akademických, súkromných a verejných organizácií),
  b. školenia a odborný rozvoj pre používateľov a ich odborné tímy,
  c. transfer vedomostí, skúseností a prípadových štúdií z krajín EÚ,
  d. podporu pilotných projektov HPC a HPDA používateľov centra (prostredníctvom HPC a HPDA laboratória a poradenstva pri plánovaní, realizácii a ďalšom vývoji tzv. „proof of concept“ projektov) a zastupovanie Slovenskej republiky v európskych HPC a HPDA iniciatívach.

Superpočítačové centrum	Kompetenčné centrum pre HPC
Vysokovýkonný počítačový systémpodporujúci HPC, Big Data a AI, adekvátny pre uspokojenie potrieb a dopytu z akademickej sféry, verejnej správy a podnikateľského prostredia	Služby pre používateľov Transfer vedomostí a skúseností Školenia a odborný rozvoj Podpora pilotných projektov Aktívna účasť na rozvoji inovatívneho ekosystému Zastupovanie Slovenska v príslušných platformách Európskej únie

Tab. 6.2.
Základná štruktúra NSC.

6.5. Úloha NSC

Ako kritický článok v ekosystéme inovatívnych technológií a digitálnej transformácie Slovenska preberie Národné superpočítačové centrum nasledujúce úlohy/roly:

Úloha / Rola	Popis
Správca HPC a HPDA infraštruktúry na Slovensku	Správa a rozvoj národného HPC a HPDA systému s dostatočnou kapacitou a výkonom pre akademickú obec, pilotné projekty v súkromnom sektore a HPC/HPDA aplikácie štátnej a verejnej správy. Vďaka univerzálnej architektúre vysokovýkonného systému budú môcť používatelia využívať výkon a kapacitu centra pre aplikácie tak v oblasti HPC a HPDA ako aj v oblasti umelej inteligencie a strojového učenia.
Sprostredkovateľ prístupu k výpočtovej kapacite presahujúcej NSC, poskytovanej na úrovni európskych HPC iniciatív	Pre vedeckovýskumné projekty vyžadujúce vyššiu kapacitu a výkon ako bude dostupný v Národnom centre. Pre súkromné spoločnosti vyžadujúce produkčné využívanie HPC a HPDA vo svojej činnosti.
Inkubátor talentov	V rámci vzdelávacích programov kompetenčného centra a v spolupráci s univerzitami a ich fakultami.
Inkubátor projektov a riešení	Pre akademickú sféru. Pre súkromný sektor, s dôrazom na MSP. Pre začínajúce podniky. Pre organizácie štátnej a verejnej správy.

Tab. 6.3.
Úlohy NSC a jeho zákazníci (používatelia).

Úloha / Rola	Popis
Knižnica	Softvérových aplikácií Dátových súborov Nástrojov na programovanie a optimalizáciu HPC/HPDA kódu Prípadových štúdií v rámci EÚ a vedúcich svetových HPC centier
Sprostredkovateľ vedomostí, skúseností, kontaktov a partnerstiev v rámci EÚ	Pre zákazníkov zo všetkých 3 kľúčových sektorov: – akademického, – súkromného, – verejného.

Tab. 6.3.
Úlohy NSC a jeho zákazníci (používatelia).

6.5.1. Podpora pre akademickú obec

NSC poskytne riešiteľským tímom z akademického prostredia a študentom slovenských univerzít prístup ku kapacite a výkonu univerzálneho dátového centra, služby a podporu potrebné na výpočty, simulácie, modelovanie, analýzy alebo vytváranie samostatne sa učiacich systémov (unsupervised learning).

Prostredníctvom školení a workshopov s možnosťou „hands-on“ testovania algoritmov v HPC laboratóriu Národného centra bude NSC pomáhať rozširovať počet a zvyšovať kvalitu expertov v oblasti HPC a HPDA na Slovensku. Cieľom NSC je taktiež poskytnúť časť kapacity svojich expertov v rámci vyučovacieho procesu na slovenských vysokých školách a na konzultácie riešiteľov diplomových a dizertačných prác.

Prostredníctvom prípadových štúdií a spájaním slovenských riešiteľov s expertmi v EÚ prispeje NSC k zvyšovaniu kvality slovenských projektov a zároveň k rozšíreniu oblastí základného a aplikovaného výskumu na Slovensku, napríklad v oblasti kvantového počítania alebo bio-informatiky.

V rámci národného HPC ekosystému, NSC vytvorí platformu na prepájanie akademických riešiteľov s priemyslom a verejnou správou. Vďaka novým partnerstvám a spoločným projektom získajú tímy z akademického prostredia nové podnety, expertízu a spätnú väzbu, ako aj možnosť (v relevantných prípadoch) prispieť k aplikácii výsledkov ich výskumu do praxe.

6.5.2. Podpora NSCC pre podnikateľský sektor, primárne pre malé a stredné podniky

Paralelné počítanie a simulácie na vysokovýkonných počítačoch umožnili vývojovým tímom vo výrobných spoločnostiach výrazne zrýchliť vývoj nových prototypov a spresniť ich kvalitatívne parametre. Softvérové riešenia na simuláciu obtekania častíc vzduchu alebo kvapaliny, simuláciu chemických reakcií, analýzu nákupného správania zákazníkov či schopnosť algoritmov učiť sa a prijímať rozhodnutia bez zásahu človeka, sú už dnes využívané v rozličných odvetviach priemyslu a obchodu.

Slovenské Národné superpočítačové centrum, v spolupráci so zástupcami slovenského priemyslu a príslušných inštitúcií, má ambíciu vytvoriť prostredie a poskytnúť nástroje slovenským spoločnostiam na adopciu týchto technológií, kľúčových pre ich konkurencieschopnosť a úspech na medzinárodných trhoch.

Vzhľadom na súčasnú štruktúru slovenskej ekonomiky a zameranie inovatívnych spoločností pôsobiacich na Slovensku, sa v prvých rokoch svojho fungovania bude sústrediť Národné superpočítačové centrum na tieto trhové segmenty:

Segment trhu	Využitie / Prínos HPC a HPDA
Automobilový priemysel	HPC – transformácia vývoja z tradičného prototypovania na HPC simulácie výrazne urýchli a v mnohých prípadoch zníži náklady na vývoj nových alebo inováciu súčasných produktov. Nielen pre výrobcov automobilov, ale aj pre ich subdodávateľov. AI/ML – vývoj autonómneho riadenia vozidiel bude v nasledujúcej dekáde jednou z hlavných priorít automobilového priemyslu. Vývoj systémov, softvéru a hardvérových komponentov a ich testovanie bude využívať najnovšie poznatky v oblasti autonómnej umelej inteligencie a spracovania veľkých dát v reálnom čase. Aplikácia umelej inteligencie v riadení a optimalizácii výrobných procesov a dodávateľského reťazca bude rovnako dôležitou oblasťou
Strojárenský priemysel	HPC – rovnako ako v prípade automobilového priemyslu HPDA + AI/ML – riadenie výroby, dodávateľského reťazca, autonómne robotické systémy

Tab. 6.4.
Prioritné segmenty trhu v počiatočnej fáze činnosti NSC.

Segment trhu	Využitie / Prínos HPC a HPDA
Vývoj a výroba nových materiálov	HPC – simulácie na overenie fyzikálnych vlastností a konkrétnych aplikácií nových materiálov (nanotechnológie, biodegradovateľný plast, ...)
Biotechnológie a medicína	HPC – simulácia intereakcie biomolekúl a účinných látok, rýchle sekvenovanie DNA, diagnostika ochorení... HPDA + AI/ML – simulácia ľudských orgánov a ich interakcia s účinnými látkami, interpretácia výsledkov a automatická diagnostika z rádiologických vyšetrení...
Finančné služby	HPC a HPDA – simulácie a analýzy správania sa zákazníkov, investorov, trhov; komplexné aktuárske analýzy pre inováciu a personifikáciu poistných produktov,... AI/ML – analýza sentimentu a predikcia vývoja na finančných trhoch; poskytovanie služieb zákazníkom bez „živého“ pracovníka finančnej inštitúcie.
Vývoj riešení v oblasti veľkých dát a inteligentného riadenia výroby, podnikateľských procesov, štátnej správy a samosprávy	Spracovanie relevantných dát z interného aj externého prostredia v reálnom čase; vytvorenie presnej analýzy a relevantnej predikcie; schopnosť prístupu a spracovania dát poskytovaných IoT zariadeniami; Smart industry; Smart City; Smart Government...
Vývoj softvéru v oblasti umelej inteligencie a strojového učenia	Popri už vyššie uvedených aplikáciách slovenské softvérové spoločnosti a novovznikajúce firmy v oblasti AI identifikujú nové oblasti využitia umelej inteligencie v podnikaní, službách zákazníkom, logistike, obchode, marketingu a ďalších odvetviach. Vytvorenie tzv. General AI je v súčasnosti najväčšou výzvou top talentov vo svete umelej inteligencie. Popri gigantoch ako IBM, Microsoft či Google majú svoje ambície aj menšie spoločnosti a tímy, ako napríklad slovensko-česká spoločnosť Good AI.

Tab. 6.4.
Prioritné segmenty trhu v počiatočnej fáze činnosti NSC.

Prípadová štúdia

Príklad využitia numerických simulácií

Spoločnosť Daimler tieto technológie využíva nielen vo vlastnej firme, ale aj v spolupráci s národným počítačovým centrom v nemeckom Stuttgarte (HLRS). V nedávnej minulosti uviedli spoločný program osvety, vzdelávania a podpory pre celý dodávateľský reťazec spoločnosti Daimler, s cieľom zvýšiť flexibilitu, efektivitu a inovatívnosť dodávateľských firiem, a tým aj kvalitu a spoľahlivosť ich produktov.

Popri vyššie uvedených oblastiach bude NSCC monitorovať aktuálny stav a trendy v iných segmentoch a bude postupne rozširovať svoje pokrytie podľa dopytu a potrieb trhu. Spolupráca v rámci európskej siete superpočítačových centier umožní NSCC flexibilne prispôsobiť svoju ponuku a prístup k požadovanej expertíze a odborníkom na nové priemyselné oblasti a segmenty.

6.5.3. Verejná správa

Národné superpočítačové centrum chce byť partnerom organizácií štátnej správy a samosprávy poskytujúcim infraštruktúru a odborné poradenstvo v oblasti HPC a HPDA.

Pre inštitúcie využívajúce vysokovýkonné počítanie (ako napr. Slovenský hydrometeorologický ústav alebo Štatistický úrad) bude môcť NSC poskytnúť potrebnú (dodatočnú) infraštruktúru (výpočtový výkon) a služby (optimalizácia behu programov, implementácia nových paralelných algoritmov a pod.).

V spolupráci s inštitúciami a úradmi, ktoré v rámci Digitálnej transformácie vyvíjajú nové služby pre obyvateľov a podnikateľské subjekty, bude NSC aktívne podporovať adopciu a aplikáciu HPC a HPDA, a poskytne laboratórne prostredie pre testovanie pilotných konceptov.

Pre Národný bezpečnostný úrad a bezpečnostné zložky Slovenskej republiky poskytne NSC prístup k infraštruktúre, výpočtovej kapacite a expertíze, podľa potreby.

Expertízu v budovaní univerzálneho dátového centra a HPC/HPDA technológií bude NSC zdieľať a konzultovať s inštitúciami zodpovednými za budovanie a rozvoj vládneho cloud dátového centra a dátových skladov.

6.6 Kľúčoví aktéri (stakeholders)

Pre úspešný rozbeh a následný rozvoj Národného superpočítačového centra bude dôležitým faktorom efektívna spolupráca s partnermi a podporovateľmi NSC a slovenského HPC/HPDA ekosystému.

6.6.1. Verejná správa

Spolupráca a podpora zo strany príslušných štátnych úradov (vymenovať) je kľúčová pre zabezpečenie efektívnej spolupráce NSC s inštitúciami verejnej správy (ako používatelia služieb NSC) a verejnými vysokými školami. Garancia podpory zo strany Slovenskej republiky je taktiež dôležitá pre deklarovanie pozície NSC ako národného zástupcu v európskych HPC sieťach (EuroHPC, PRACE). Zabezpečenie dlhodobého financovania (spolufinancovania) je rovnako kritickým predpokladom úspechu budúceho centra.

Kľúčoví partneri vo verejnej správe:

- Inštitúcia verejnej správy s delegovanou zodpovednosťou za koordináciu akčného plánu Digitálnej Transformácie Slovenska a naň nadväzujúce programy – v súčasnosti Úrad vicepremiéra pre investície a informatizáciu Slovenskej republiky.
- Inštitúcia verejnej správy zodpovedná za vedu a výskum a vzdelávanie – v súčasnosti Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu.
- Inštitúcia verejnej správy zodpovedná za kybernetickú bezpečnosť – v súčasnosti Národný bezpečnostný úrad.
- Inštitúcia verejnej správy zodpovedná za štátny cloud – Ministerstvo financií SR.
- Riadiaci orgán pre európske štrukturálne investičné fondy
- Organizácie verejnej správy využívajúce HPC a HPDA (Slovenský meteorologický ústav, Štatistický úrad, NCZI, Sociálna poisťovňa, UPSVAR, ...).
- Organizácie zodpovedné za rozvoj a podporu podnikateľského prostredia (SBA, Ministerstvo hospodárstva SR, SARIO, Slovenský investičný holding, SZRB...).

6.6.2. Akademická obec

Zvyšovanie povedomia o prínose HPC a HPDA nástrojov pri realizácii výskumných projektov, výchova expertov v oblasti aplikácie HPC a HPDA v akademickom výskume a v praxi a využívanie vysoko výkonnej infraštruktúry a služieb Národného superpočítačového centra sú nemysliteľné bez úzkej spolupráce a koordinácie s predstaviteľmi akademickej obce na Slovensku.

Kľúčovými partnermi NSC v tejto oblasti sú:

- Slovenská akadémia vied a jej ústavy
- Slovenské univerzity a ich fakulty, konkrétne:
  - Fakulty zamerané na vzdelávanie v oblasti informatiky , matematiky a štatistiky – na výchovu odborníkov v oblasti HPC a HPDA
  - Fakulty s vedeckými kapacitami a projektmi využívajúcimi HPC a HPDA (v súčasnosti alebo budúcnosti)
  - Ostatné fakulty zamerané na oblasti, kde majú HPC a HPDA praktické využitie (chémia, fyzika, strojárstvo, medicína, ekonómia, ...)

6.6.3. Priemysel

Partnerstvá a spolupráca so súkromnými spoločnosťami a profesnými združeniami je kľúčovým faktorom nielen pre úspešné naplnenie poslania Národného superpočítačového centra, ale aj pre zvýšenie dopadu jeho aktivít a iniciatív.

V rámci budúcej spolupráce s inovatívnymi spoločnosťami v oblasti hardvérových a softvérových riešení pre HPC a HPDA centrá, bude NSC schopné vybudovať a rozvíjať národnú superpočítačovú infraštruktúru na Slovensku a služby pre používateľov HPC a HPDA. NSC bude zároveň môcť získané poznatky a expertízu zdieľať s európskymi partnermi pri budovaní európskej infraštruktúry smerujúcej k post exascale systémom.

Partnerstvami NSC a s podporou popredných softvérových spoločností na Slovensku budú môcť získať slovenskí HPC/HPDA používatelia prístup k výkonným aplikáciám paralelného počítania a výkonných dátových analýz vo svojom výskume a inováciách.

Vďaka spolupráci s profesnými združeniami ako Republiková únia zamestnávateľov, Klub 500, SOPK, Americká obchodná komora, Slovak AI či IT asociácia Slovenska a s digitálnymi inovačnými centrami a inkubátormi startupov, bude NSC schopné efektívne realizovať svoje vzdelávacie, komunikačné a poradenské iniciatívy zamerané na súkromné spoločnosti pôsobiace na Slovensku, s dôrazom na malé a stredné podniky.

Proces zavedenia HPC a HPDA nástrojov v interných procesoch súkromných spoločností si vyžiada zmenu ich finančného modelu a pravdepodobne aj externé zdroje financovania. Na uľahčenie tejto transformácie bude NSC spolupracovať s organizáciami verejnej správy podporujúcimi inovácie v podnikateľskom prostredí, ako aj finančnými inštitúciami poskytujúcimi nástroje financovania pre malé a stredné podniky. V prípade úspešného vytvorenia týchto finančných nástrojov NSC zabezpečí potrebnú úroveň informovanosti a uľahčí prístup k ich poskytovateľom.

6.6.4. Partneri v rámci európskej únie

Členstvo Slovenskej republiky v Európskej únii a jej inštitúciách poskytuje národnému HPC ekosystému neoceniteľné výhody pre jeho efektívne budovanie a akceleráciu.

Vďaka členstvu Kompetenčného centra pre HPC v európskej sieti 28 národných HPC kompetenčných centier bude môcť NSC a celý jeho ekosystém využívať:

- Prístup k informáciám z oblasti využívania, nasadzovania a rozvoja HPC najdôležitejších odvetviach, transfer vedomostí a zručností
- Prístup k európskej HPC a HPDA infraštruktúre, ak dopyt slovenských riešiteľov presiahne kapacitu a výkon Národného centra
- Prístup k strategickým partnerom v Európe pre spoluprácu a rozvoj výskumných a inovačných projektov na Slovensku
- Prístup k nástrojom financovania NSC a výskumných projektov na Slovensku

NSC bude v tejto oblasti spolupracovať a zastupovať slovenské záujmy v EuroHPC Joint Undertaking, Sieti národných HPC kompetenčných centier, AI4EU, PRACE a v ďalších relevantných iniciatívach a organizáciách podporujúcich aplikáciu HPC a HPDA v akademickej sfére, v podnikateľskom prostredí, vo verejnej správe a samospráve.

6.7 Stručný popis Národného superpočítačového centra

Nezávisle od zvolenej alternatívy pri budovaní a rozvoji Národného superpočítačového centra (detaily uvedené v kapitole 8) strategické ciele NSC sú:

a. vytvoriť, dlhodobo rozvíjať a spravovať modernú a vvýkonnú infraštruktúru pre HPC a HPDA na národnej úrovni
b. zabezpečiť adopciu HPC a HPDA v základnom a aplikovanom výskume v akademickej sfére, vo vývoji a inováciách v súkromných spoločnostiach a v rozhodovaní a činnostiach verejnej správy a samosprávy
c. zabezpečiť rast talentov a potrebnú úroveň HPC vzdelania a kompetencií vo všetkých troch sektoroch
d. vytvoriť platformu na podporu a rast inovatívneho ekosystému v rámci Slovenska

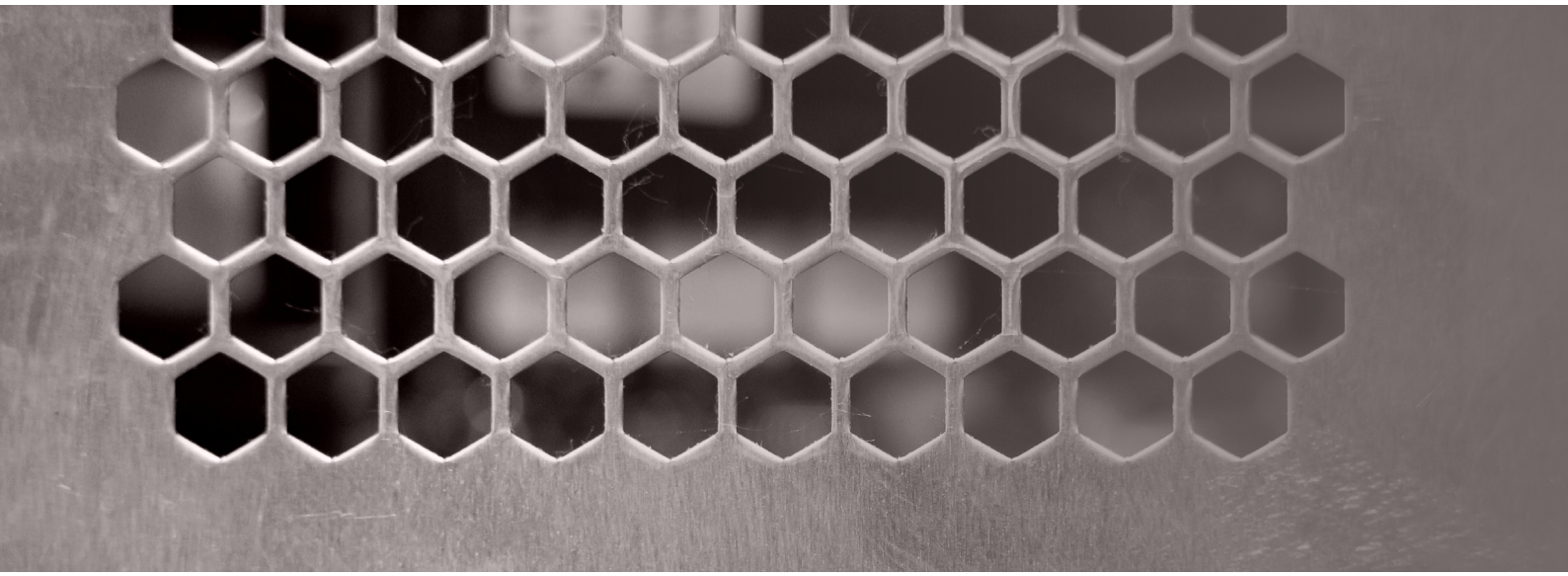
Činnosť a priority NSC vychádzajúce z týchto strategických cieľov budú združené v 3 základných pilieroch NSC:

a. Infraštruktúra HPC
b. Kompetenčné centrum
c. Vedecká rada*

Úloha / Rola	Kľúčové piliere a ich vzťah k strategickým prioritám NSCC		
	Infraštruktúra HPC	HPC Kompetenčné centrum	Vedecká rada *
Vytvoriť, dlhodobo rozvíjať a spravovať modernú a vysoko výkonnú infraštruktúru pre HPC a HPDA na národnej úrovni	Národná superpočítačová infraštruktúra		Poradný hlas pri dimenzovaní výkonu a kapacity národnej HPC infraštruktúry
Zabezpečiť adopciu HPC a HPDA v základnom a aplikovanom výskume akademickej obce, vo vývoji a inováciách v súkromných spoločnostiach a v rozhodovaní a činnostiach verejnej správy a samosprávy	HPC Lab slúžiaci na tréning používateľov a pilotné projekty	Osveta, informovanosť, vzdelávanie, poradenstvo, podpora pri nasadzovaní a využívaní HPC a HPDA, sprostredkovanie informácií a vedomostí z európskych HPC centier	Podpora iniciatív zameraných na akademickú obec Riadiaci orgán v oblasti priamej podpory a programov zameraných na výskumné projekty využívajúce HPC
Zabezpečiť rast talentov a potrebnú úroveň HPC vzdelania a kompetencií vo všetkých troch sektoroch	HPC Lab poskytujúci bezplatne sofvérové nástroje a dátové súbory v rámci vzdelávacích programov NSCC	Vzdelávacie iniciatívy NSCC pre expertov a používateľov	Aktívna podpora pri zavádzaní HPC a HPDA do učebných osnov slovenských univerzít
Vytvoriť platformu na podporu a rast inovatívneho ekosystému v rámci Slovenska	HPC Lab prístupný na testovanie hardvérových a softvérových inovácií	Vzdelávanie v oblasti HPC a HPDA na slovenských univerzitách (viac v kapitole 7)	Podpora iniciatív zameraných na partnerstvá medzi súkromným sektorom a akadémiou

Tab. 6.5. Strategické priority a kľúčové piliere NSC.

* Vedecká rada je (navrhovaný) poradný orgán Národného superpočítačového centra zložený zo zástupcov slovenskej akademickej obce – SAV a slovenských univerzít – s cieľom zabezpečiť maximálnu efektívnosť iniciatív a služieb NSC pre slovenskú vedu, výskum a vzdelávanie.



KAPITOLA 7

ANALÝZA prínosov a vplyvu Národného superpočítačového centra

Zámer

Cieľom tejto kapitoly je zhrnúť potenciálne prínosy a vplyv vzniku a úspešného pôsobenia Národného superpočítačového centra (NSC) na hospodárstvo, vedu a výskum, verejnú správu, a tým aj na celú spoločnosť Slovenskej republiky.

Pri vyhodnocovaní dopadov a vplyvu boli použité poznatky a skúseností vybraných európskych krajín s vyspelým ekosystémom vysoko výkonného počítania (HPC) a dáta Európskej komisie, Európskej investičnej banky a globálnej analytickej spoločnosti IDC.

Obsah

7.1. Prínosy NSC pre naplnenie Stratégie Digitálnej Transformácie Slovenska (DTS) a jej Akčného plánu 2019 – 2022

7.2. Úloha a prínos NSC v rámci Európskej únie

Stručné zhrnutie

Priority Národného superpočítačového centra a služby jeho HPC kompetenčného centra sú v súlade s Akčným plánom Digitálnej Transformácie Slovenska.

Podporou inovatívneho ekosystému, malých a stredných podnikov, akademickej obce a verejnej správy prispeje NSC k zvýšeniu miery využívania HPC a HPDA v podnikaní, základnom a aplikovanom výskume, vzdelávaní a efektívnej a inteligentnej verejnej správe.

Prínosy činnosti Národného superpočítačového centra budú mať priamy vplyv na ekonomický rast, zvyšovanie inovačného potenciálu, úroveň vzdelávania, bezpečnosť a kvalitu života v Slovenskej republike.

7.1 Prínosy NSCC pre naplnenie stratégie digitálnej transformácie slovenska (DTS) a jej akčného plánu 2019-2022

Hlavným cieľom Národného superpočítačového centra je vytvoriť predpoklady pre napĺňanie príslušných častí stratégie Digitálnej transformácie Slovenska. To je možné dosiahnuť vytvorením ekosystému, ktorý bude podporovať súkromné spoločnosti v ich inovačnom potenciáli, racionalizáciu verejnej správy a v úzkej spolupráci s akademickým sektorom podporí rozvoj vedy a výskumu na Slovensku.

Vytvorením a rozvojom Kompetenčného centra pre HPC a vybudovaním moderného superpočítačového dátového centra má NSC ambíciu svojimi službami a expertízou aktívne prispievať k štrukturálnym zmenám v slovenskej ekonomike, spoločnosti, vede a výskume.

Tabuľka 7.1. zobrazuje strategické priority Digitálnej transformácie Slovenska a stručný popis vplyvu a prínosov Národného superpočítačového centra v jej príslušných ustanovaniach.

Prioritné oblasti DTS		Prínos a vplyv NSC
Spoločnosť a vzdelávanie	Školstvo	Absolventi s digitálnymi zručnosťami a vysoké školy atraktívne pre študentov, pedagógov a vedcov.
	Zdravotníctvo	Efektívna a kvalitná zdravotná starostlivosť založená na analýze dát a využívaní inovatívnych technológií v medicíne.
	Sociálna politika	Racionalizácia sociálnej politiky s prihliadnutím na výsledky trendov a prognóz štatistických modelov.
	Kybernetická bezpečnosť	Spoľahlivé a vysokovýkonné systémy na prevenciu kybernetických útokov a efektívnu obranu.

Tab. 7.1.
NSC a Digitálna transformácia Slovenska.

Prioritné oblasti DTS		Prínos a vplyv NSC
Hospodárstvo	Podnikanie	Zvýšenie konkurencieschopnosti na medzinárodných trhoch, podpora začínajúcich podnikov a projektov s rastovým potenciálom.
	Priemysel	Vyššia inovácia priemyslu, investície zamerané na aplikačný výskum, vyššia produktivita.
	Pôdohospodárstvo	Efektívna rastlinná a živočíšna výroba využívajúca prediktívne modely a simulácie založené na dátach zo senzorov a autonómnych zariadení, efektívna ochrana hospodárskych zvierat a plodín vďaka simuláciám a prediktívnym modelom
	Ekonomika a trh práce	Podpora rastu hrubého národného produktu, pracovnej sily s vyššou kvalifikáciou, prílev mozgov.
	Doprava	Optimalizácia dopravy v rámci štátu a regiónov, znižovanie emisií a adopcia autonómneho riadenia
	Finančný sektor	Kvalitnejšie a efektívnejšie služby pre zákazníkov, vyššia ziskovosť a efektivita investícií.
Rozvoj územia	Obce, mestá a kraje	Inteligentné (Smart) obce, mestá a regióny využívajúce IoT, HPC a veľké dáta
	Životné prostredie a krajina	Vyššia informovanosť a relevantnejšie vstupy založené na analýze veľkých dát a simuláciách.

Tab. 7.1.
NSC a Digitálna transformácia Slovenska.

Prioritné oblasti DTS	Prínos a vplyv NSC
Verejná správa	Rozhodnutia a legislatíva založená na dôkladnej analýze veľkých dát a predikciách
Veda, výskum a inovácie	Podpora základného a aplikovaného výskumu v rámci Slovenskej akadémie vied, slovenských univerzít a v rámci partnerstiev súkromného sektora, verejnej správy a akadémie Inovatívne riešenia oceňované odbornou verejnosťou v zahraničí a uverejňované v renomovaných vedeckých publikáciách Aplikovaný výskum vytvárajúci duševné vlastníctvo vlastnené alebo spoluvlastnené slovenskou akadémiou a súkromným sektorom

Tab. 7.1. NSC a Digitálna transformácia Slovenska.

Prínosy NSC pre naplnenie cieľov Akčného plánu 2019 – 2020 DTS popisuje tabuľka 7.2.

Strategický cieľ DTS	Kľúčová téma	Prínos a vplyv NSC
1. Podporíme digitálnu transformáciu škôl a vzdelávania na skvalitnenie a zlepšenie predpokladov zamestnanosti a získanie digitálnych zručností a kompetencií potrebných pre digitálnu éru	Vzdelávanie a digitálne zručnosti	Kompetenčné centrum NSCC vytvorí vzdelávací program v oblasti HPC a HPDA. Cieľom NSCC je v rokoch 2020 až 2022 poskytovať odborný tréning a poradenstvo používateľom HPC v akademickej sfére, pracovníkom súkromných spoločností a IT špecialistom vo verejnej správe. NSCC v spolupráci s relevantnými univerzitami a ich fakultami pripravia a najneskôr v školskom roku 2020/2021 zavedú vzdelávacie programy pre študentov denného a postgraduálneho štúdia v oblasti HPC a HPDA. HPC laboratórium NSCC bude slúžiť ako technologická platforma pre praktický tréning študentov a používateľov HPC v akademickej komunite, v súkromnom sektore a verejnej správe.
	Modernizácia a otvorenie trhu práce	

Tab. 7.2.
Prínosy činnosti NSC vo vzťahu k akčnému plánu Digitálnej transformácie Slovenska.

Strategický cieľ DTS	Kľúčová téma	Prínos a vplyv NSC
2. Vytvoríme základy pre moderné digitálne a údajové hospodárstvo a pre digitálnu transformáciu širšej ekonomiky.	Údajové hospodárstvo	Aktívnou spoluprácou s priemyslom, akadémiou a verejnou správou NSCC prispeje k budovaniu a rozvoju inovačného ekosystému na Slovensku. Infraštruktúra NSCC bude vytváraná tak, aby zabezpečovala pre používateľov z akadémie, priemyslu a verejnej správy dostatočný výkon na spracovanie veľkých dát a dostatočnú kapacitu úložiska relevantných dátových súborov. Inovatívne spoločnosti v oblasti finančného sektoru a akademické výskumné tímy v oblasti FinTech budú využívať služby Kompetenčného centra NSCC, ako napr. HPC a HPDA školenia a hakatony, poradenstvo pri vývoji a optimalizácii HPC kódu, prístup k prípadovým štúdiám z EÚ a podpora pri vytváraní partnerstiev v rámci európskej siete HPC kompetenčných centier.
	Inovačný ekosystém	
	Inteligentná mobilita	
	Finančné inovácie (FinTech)	
3. Zlepšíme schopnosti verejnej správy inovovať a využívať údaje v prospech občanov	Údaje vo verejnej správe	Analýza veľkých dátových súborov a využívanie prediktívnych modelov a simulácií pri prijímaní strategických rozhodnutí, operatívnych opatrení a zavádzaní novej legislatívy bude pre organizácie verejnej správy a samospráv dostupná vďaka HPC infraštruktúre a profesionálnej podpore NSCC. HPC kompetenčné centrum a jeho HPC laboratórium vytvoria prostredie pre organizácie verejnej a štátnej správy a ich partnerov z akademického prostredia a súkromnej sféry pri vytváraní a testovaní inovatívnych služieb využívajúcich HPC na spracovanie dát dostupných z databáz verejných organizácií (Finančné riaditeľstvo, NCZI, Sociálna poisťovňa, Štatistický úrad, UPSVAR, PPA, SHMÚ....), dát generovaných senzormi v obciach, mestách a v regiónoch a dát relevantných komerčných i voľne dostupných databáz.
	Inovácie vo verejnej správe	

Tab. 7.2.
Prínosy činnosti NSC vo vzťahu k akčnému plánu Digitálnej transformácie Slovenska.

Strategický cieľ DTS	Kľúčová téma	Prínos a vplyv NSC
4. Podporíme rozvoj umelej inteligencie	Výskum a vzdelávanie v oblasti umelej inteligencie	Technické parametre a architektúra HPC Laboratória a samotného Superpočítačového dátového centra budú založená na princípe univerzality. Výkon a konfigurácia hardvéru a softvérových nástrojov umožní okrem behu tradičných HPC aplikácií aj podporu vývoja a prevádzky aplikácií v oblasti umelej inteligencie (AI), strojového učenia (ML) a hlbokého učenia (Deep Learning). Služby kompetenčného centra a HPC Laboratória budú môcť využívať súkromné spoločnosti, akademické riešiteľské tímy a používatelia z verejnej správy a samosprávy. Superpočítačové dátové centrum bude k dipozícii slovenským univerzitám a SAV pre ich výskumné a vzdelávacie projekty. Kompetenčné centrum NSCC bude úzko spolupracovať s platformou Slovak AI a inovačnými centrami zameranými na výskum a vývoj v oblasti umelej inteligencie.
	Zvýšenie hospodárskeho rastu využitím umelej inteligencie	

Tab. 7.2. Prínosy činnosti NSC vo vzťahu k akčnému plánu Digitálnej transformácie Slovenska.

7.1.1 Dopad pôsobenia NSC na podnikateľské prostredie a segment malých a stredných podnikov

Spoluprácou s profesnými združeniami, s príslušnými organizáciami verejnej správy, s inovačnými centrami a priamou komunikáciou s jednotlivými súkromnými spoločnosťami na Slovensku podporí Národné superpočítačové centrum

- Vysokú mieru informovanosti o výhodách a prínosoch využívania HPC a HPDA vo výskume a vývoji nových produktov a služieb, v plánovaní, riadení a zvyšovaní efektivity spoločností
- Vzdelávanie interných zamestnancov a externých spolupracovníkov súkromných spoločností v oblasti používania a vývoja paralelných programov a ich optimalizácie v prostredí vysokovýkonnej infraštruktúry

- Prípravu a realizáciu pilotných, tzv. „proof of concept“ projektov súkromných spoločností, ktoré sa rozhodnú začleniť HPC do svojich vnútorných procesov.
- Informovanosť o možnostiach využívania prístupu k infraštruktúre a službám v rámci európskych HPC centier špecializovaných na príslušné odvetvie podnikania.
- Vytváranie partnerstiev v oblasti výskumu a vývoja medzi súkromnými spoločnosťami a výskumnými tímami v slovenskej akademickej sfére.
- Poskytnuté služby a infraštruktúra vysokovýkonného počítačového systému pre slovenské súkromné spoločnosti a hlavne malé a stredné podniky.
- Zvýšia ich schopnosť prinášať inovácie a produkty s vyššou pridanou hodnotou svojim zákazníkom v kratšom čase a s vyššou efektivitou.
- Podporia ich konkurencieschopnosť a ziskovosť - podľa spoločnosti IDC jedno Euro investované do využívania HPC v súkromných spoločnostiach v Európskej únii vytvára 288 Euro v tržbách (zdroj: Hyperion Research ROI, IDC 2018).
- Poskytnú dôležitú podporu pre začínajúce projekty (start ups) s potenciálom rastu na medzinárodných trhoch v ich počiatočnej fáze a vytvoria im podmienky na rozvoj ich ďalších fáz (škálovanie vývoja a prevádzky firmy) na Slovensku.

Malé a stredné podniky na Slovensku predstavujú 95% podnikateľských subjektov v krajine. Zamestnávajú viac ako 75% ekonomicky aktívnych obyvateľov a ich podiel na tvorbe hrubého domáceho produktu predstavuje 60%. Segment malých a stredných podnikov (MSP), od automobilového priemyslu cez stavebníctvo a informačné technológie až po poskytovateľov služieb, zároveň predstavuje dôležitú platformu pre inovácie a konkurencieschopnosť Slovenska v otvorenej ekonomike v strednej Európe.

Adopcia nových technológií a výrazné posilnenie vedy a výskumu v podnikateľskom sektore (a zvlášť v segmente MSP) je nevyhnutným predpokladom pre jeho budúcu schopnosť úspešne rásť, konkurovať na medzinárodných trhoch a škálovať svoje podnikateľské modely. Technológie ako deep learning, dátová analytika a strojové učenie zohrajú v nasledujúcej dekáde dôležitú úlohu v tejto oblasti.

Podľa vyjadrenia Európskej komisie:

„Schopnosť priemyslu a MSP plne využiť potenciál vysoko výkonného počítania (HPC) a umelej inteligencie bude kľúčová pre vybudovanie udržateľného HPC ekosystému v Európe. V tom istom čase, nedostatok odborníkov v tejto oblasti predstavuje jednu z najvážnejších problémov európskych MSP. Postupné odstránenie tejto prekážky a investovanie do rozvoja talentov v oblasti HPC a umelej inteligencie je pre Európu rovnako dôležité. Aby sme zabezpečili budúci rast produktivity, schopnosti inovovať a hospodárstva, budeme v Európe potrebovať dostatočne veľký a kvalifikovaný ľudský kapitál.“

Národné superpočítačové centrum a jeho Kompetenčné centrum vytvoria a uvedú v prvej fáze svojho pôsobenia rozvojový program zameraný na kľúčové odvetvia priemyslu a individuálne spoločnosti, pre ktoré HPC predstavuje významný poten-

ciál ich budúceho rastu. Tento program bude zahŕňať prístup k infraštruktúre HPC a HPDA, aplikáciám a softvérovým nástrojom, vedomostiam a informáciám, či relevantným dátovým súborom a knižniciam.

Na zabezpečenie čo najväčších prínosov a pozítívnych dopadov na slovenskú ekonomiku sa Kompetenčné centrum v prvom roku zameria na nasledovné sektory:

- automobilový priemysel, s dôrazom na dodávateľský reťazec výrobcov automobilov na Slovensku a v okolitých krajinách,
- strojárska výroba,
- vývoj a výroba nových materiálov,
- biotechnologický, medicínsky a farmaceutický priemysel,
- finančný sektor.

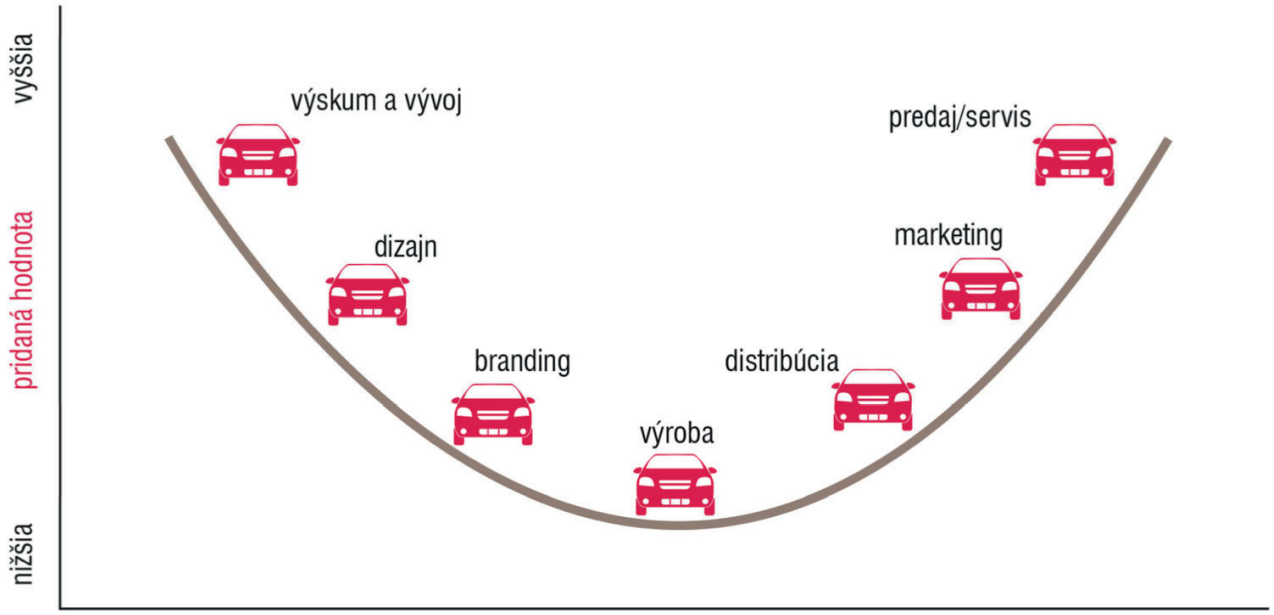
S rozvojom kapacity kompetenčného centra a na základe podnetov z trhu bude NSCC rozširovať podporu aj na ďalšie a novovznikajúce sektory či segmenty trhu.

Automobiloví producenti a ich hodnotový reťazec na Slovensku

Výrobcovia automobilov na Slovensku (Volkswagen, PSA Peugeot Cintroen a Kia Motors) vyprodukovali v roku 2017 viac ako 1 milión osobných automobilov. Tento objem reprezentuje 191 vyrobených áut na 1000 obyvateľov Slovenskej republiky, čo zo Slovenska robí najväčšieho svetového producenta „per capita“. S príchodom a spustením výroby v novom závode spoločnosti Jaguar Land Rover v roku 2018 sa celkový počet vyrobených automobilov na Slovensku výrazne zvýši. V roku 2020 by mala celková produkcia osobných automobilov na Slovensku dosiahnuť 1 350 000, alebo 250 áut na 1000 obyvateľov. Príchod nového hráča znamená aj výrazné rozšírenie dodávateľského reťazca, v ktorom v roku 2017 pôsobilo 350 podnikateľských subjektov, takmer výlučne z kategórie MSP.

Na základe štúdie spoločnosti EY z roku 2018, v priebehu 3 až 5 rokov plánuje približne 30% dodávateľských spoločností investovať do vlastného výskumu a vývoja na Slovensku, čo predstavuje potenciál na rozvoj inovatívneho ekosystému v rámci slovenského hodnotového reťazca v automobilovom priemysle.

Skúsenosti a poznatky partnerských superpočítačových centier (napríklad HLRS v nemeckom Stuttgarte a v talianskej Bologni) môžu novému slovenského Národnému superpočítačovému centru výrazne pomôcť v počiatočných prípravách a v neskoršom rozvoji služieb zameraných špecificky na adopciu HPC a umelej in-



Graf 7.1.

Analýza pridanej hodnoty v hodnotovom reťazci automobilového priemyslu.
Zdroj: podľa Model GVC, Ganges – Assche (2011) a SIEA (2018)

teligencie v automobilovom priemysle. Prechod od pôvodného vývoja a testovania fyzických prototypov „v dielni" dodávateľskej spoločnosti na vývoj a testovanie prostredníctvom počítačových simulácií tak pomôže inovatívnym spoločnostiam nielen zvýšiť ich produktivitu a ekonomické ukazovatele, ale zároveň prispeje k želanej transformácii v oblasti ľudského kapitálu smerom k vyššiemu podielu pozícií vyžadujúcich odborné vzdelanie a kvalifikáciu.

Nová vlna inovácií v automobilovom priemysle a doprave

Popri tradičných výrobcoch automobilov a ich hodnotovom (dodávateľskom) reťazci pôsobia a vznikajú na Slovensku nové spoločnosti s významným inovačným potenciálom a schopnosťou zmeniť zaužívané status quo. Spoločnosti ako Aeromobil, ktorá vyvíja unikátne lietajúce auto, alebo InoBat, spoločnosť investujúca do výskumu a výroby novej generácie batérií pre automobily s elektrickým pohonom a člen Slovenskej batériovej aliancie, sú len vybraným príkladom tejto skupiny firiem s potenciálom úspechu na európskom i globálnom trhu.

Obe spoločnosti deklarovali, že vybudovanie komplexného ekosystému dodávateľov a súvisiaceho aplikovaného výskumu na Slovensku je a bude kritickým faktorom pre ich podnikateľský úspech. Aeromobil plánuje spustiť sériovú výrobu svojho prvého modelu v roku 2021 a už v súčasnosti rozvíja spoluprácu s regionálnymi lídrami v oblasti vývoja nových materiálov a priemyselnej výroby. InoBat nedávno ohlásil investíciu vo výške 100 miliónov EUR do vybudovania vývojového centra a výrobného závodu na území Slovenska, ktorý by mal produkovať prvé batérie v roku 2022.

Víziou NSCC je identifikovať a poskytovať podporu inovatívnym spoločnostiam

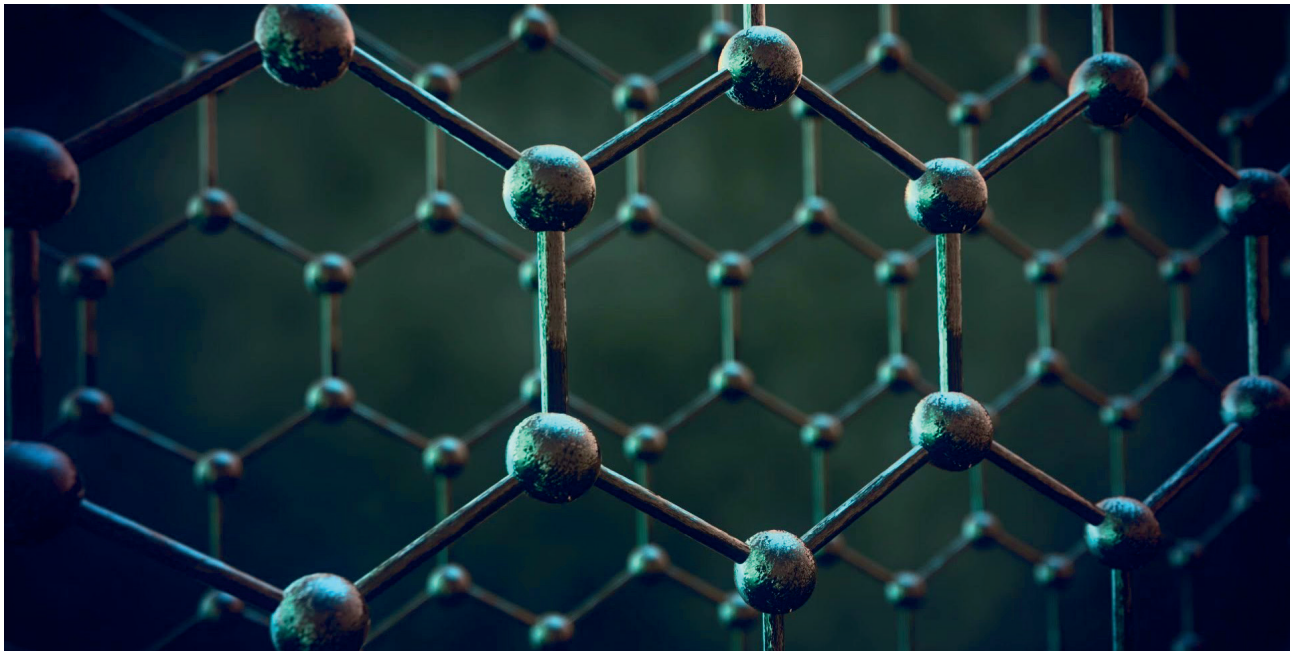
v danom segmente (ale nielen) od ich raného štádia a umožniť im prístup k technologickej platforme centra a HPC experíze s cieľom uľahčiť a urýchliť ich technologický vývoj a skrátiť čas uvedenia produktov na trh.

Nové materiály – inovácie vytvorené na Slovensku

Dopyt po nových, odolnejších, ľahších a ekologickejších materiáloch rastie každoročne exponenciálnym tempom. Svoje využitie nachádzajú v automobilovom priemysle, medicíne, spotrebiteľských produktoch a mnohých iných oblastiach.

Vďaka HPC simuláciám môžu inovatívne spoločnosti a projekty výrazne zvýšiť svoju agilitu, znížiť náklady na výskum a vývoj a urýchliť vstup na trh. Inovatívny potenciál v tejto oblasti dokazujú spoločnosti ako c2i, výrobca materiálov pre automobilový priemysel založených na uhlíkových vláknach alebo projekty aplikovaného výskumu akými je Nonoilen Slovenskej technickej univerzity, patentovaný bio degradovateľný plast bez použitia surovín na báze ropy pre spotrebiteľské výrobky (napríklad zubná kefka).

Víziou NSCC je v spolupráci s partnerskými centrami v Európskej únii (Česká republika, Taliansko, Nemecko, Poľsko alebo Francúzsko) poskytnúť slovenským spoločnostiam a vývojovým tímom v oblasti aplikovaného výskumu relevantné vedomosti a expertízu. Tak, aby boli schopní s použitím infraštruktúry a služieb kompetentného personálu NSCC naplno využiť potenciál HPC vo svojich interných procesoch.



Biotechnologický, medicínsky a farmaceutický priemysel

Počnúc diagnostikou ochorení (zrýchlením a zvýšením jej presnosti), cez hľadanie nových účinných látok na ich liečbu až po úplné odstránenie niektorých ochorení je snahou veľkého množstva špičkových vedeckých tímov na celom svete. Svoje zastúpenie v tomto odvetví má aj Slovenská republika. Jedným z príkladov je aj spoločnosť Multiplex DX International, ktorej misiou je odstrániť nesprávnu diag-

nostiku rakovinových ochorení vďaka spoľahlivému, kvantitatívnemu a cenovo dostupnému diagnostickému testu. Je to len jeden z mnohých príkladov slovenských projektov zameraných na výskum a vývoj v oblasti liečby rakoviny, alzheimerovej choroby, neurologických porúch či cukrovky.

Výskum v oblasti farmaceutického priemyslu si vyžaduje spracovanie obrovského množstva dát a empirických testov. Jedným z dôležitých krokov pri vývoji nových liečiv je využitie komplexných modelov kvantovej chémie a štatistickej termodynamiky (napr. molekulové dokovanie, chemická kinetika a reaktivita). Ich úspešné nasadenie v produkčnom reťazci a v reálnom čase je závislé od dostupnosti a kapacity výpočtových zdrojov.

Vďaka HPC v kombinácii s pokročilými metódami strojového učenia/neurónových sietí trénovanými na už existujúcich dátach budú môcť výskumné tímy na Slovensku získať dôležitú podporu vo svojich projektoch a zvýšiť tak pravdepodobnosť úspechu.

Finančné služby

Umelá inteligencia a HPC predstavujú pre poskytovateľov finančných služieb významný potenciál na zvýšenie ich rastu a konkurencieschopnosti. Banky, investičné spoločnosti a poisťovne na celom svete využívajú tieto technológie na zrýchlenie svojich operácií, poskytovanie lepších a inteligentnejších služieb svojim zákazníkom a zvýšenie svojej bezpečnosti. Toto sú len niektoré oblasti ich využitia vo finančnom sektore:

- Služby zákazníkom
- Vyhodnocovanie úverových rizík
- Detekcia podvodov
- Kybernetická bezpečnosť
- Dodržiavanie nariadení regulátorov trhu
- Simulácie a prognózy správania sa finančných trhov

Slovenský finančný sektor patrí medzi najinovatívnejšie v rámci EÚ. V rámci svojho kompetenčného centra podporí NSCC rast talentov na strane finančných inštitúcií a hlavne malých a stredných podnikov. To je v danom sektore kľúčové, najmä

z hľadiska budúcich inovácií služieb zákazníkom, znižovania rizika, efektivity a konkurencieschopnosti v tomto rýchlo napredujúcom sektore.

Zdroj:
https://www.hpcwire.com/2019/05/13/cashing-in-on-hpc-and-ai-in-the-financial-services-industry/

7.1.2 Akademická obec, veda a výskum a vzdelávanie

HPC je vo vedeckom výskume využívané na relizáciu veľkých a komplexných simulácií. Riešiteľské tímy sú vďaka tomu schopné používať modely, ktoré by ich stolové počítače nezvládli spracovať alebo by na to potrebovali niekoľko rokov až desaťročí. Vďaka vysokému výkonu Národného superpočítačove centra a podpore odborníkov v jeho Kompetenčnom centre tak vedecké tímy na slovenských univerzitách a v rámci Slovenskej akadémie vied budú môcť efektívnejšie využiť svoj tvorivý potenciál a urýchliť napredovanie vo svojej vedeckej oblasti.

Veda a výskum

Používanie HPC v slovenskom akademickom prostredí je v súčasnosti limitované 3 hlavnými faktormi:

- Nedostatočná výpočtová kapacita na Slovensku.
- Nedostatok expertov s vedomosťami a zručnosťami potrebnými pre využívanie HPC a HPDA vo výskumných projektoch.
- Nedostatok vedeckých pracovníkov na špičkovej (európskej alebo celosvetovej úrovni).

Ambíciou Národného superpočítačového centra je znížiť alebo odstrániť vstupné bariéry na využívanie HPC a HPDA v základnom a aplikovanom výskume na Slovensku. Konkrétnym krokom v tomto smere je prispieť k procesu vzdelávania na Slovenských univerzitách, a tým podporiť rozvoj talentov v technologickej a aplikačnej oblasti HPC. Ďalej vybudovaním, dlhodobým rozvíjaním a správou HPC infraštruktúry pre slovenskú akademickú obec, podporou vzdelávania a osvety v spolupráci so slovenskými univerzitami a SAV a poradenstvom pre riešiteľské tímy /viď Tabuľku 7.3/.

Vzdelávanie

Jedným z hlavných cieľov NSCC je rozširovať okruh odborníkov a podporovať talenty v oblasti paralelného programovania, počítačových simulácií a spracovania veľkého objemu dát a dátových analýz. Popri vzdelávacích programoch HPC kompetenčného centra určených pre súčasných a budúcich používateľov HPC a HPDA v rámci akademického výskumu je ambíciou NSCC vytvoriť dlhodobé partnerstvá s relevantnými fakultami slovenských univerzít v oblasti vzdelávania v oblasti HPC a HPDA.

Súčasný limitujúci faktor	Dôležitosť pre slovenskú akademickú obec	Priorita NSC	Vplyv / Dopad (budúcnosť)
Nedostatočná výpočtová kapacita pre vedecké projekty	Prístup k výkonnej HPC infraštruktúre vplýva na možnosti rozvoja a realizácie výskumných programov a zvyšovanie úrovne vzdelávania.	Vybudovať Národné superpočítačové centrum s primeranou kapacitou a výkonom pre rastúci dopyt v rámci slovenských univerzít a akademický výskum.	Vyšší počet výskumných projektov produkujúcich zásadné objavy a inovácie na medzinárodnej úrovni a citovaných v renomovaných vedeckých publikáciách. Prílev talentov a vedeckých kapacít na Slovensko a tým zvyšovanie kvality a atraktívnosti slovenských univerzít. Širšie pokrytie základného a aplikovaného výskumu na Slovensku technologickými nástrojmi HPC a HPDA. Akcelerácia výskumných projektov v oblasti umelej inteligencie, strojového a hlbokého učenia na (minimálne) európskej úrovni.
Nedostatok expertov so zručnosťami HPC/HPDA	Výskumné tímy so zručnosťami HPC majú vyššie predpoklady na zvýšenie efektivity a kvality svojich výskumných projektov.	Poskytovať podporu v oblasti vzdelávania a rastu odborníkov na HPC a HPDA na slovenských univerzitách a v SAV. Vytvoriť HPC laboratórium ako inkubátor riešení pre akademický výskum.	
Nedostatok vedeckých pracovníkov	Rozsah a kvalita výskumných projektov na pôde univerzít priamo vplýva na kvalitu štúdia a atraktívnosť fakúlt, kľúčové faktory pre získavanie nových študentov, špičkových pedagógov a výskumných pracovníkov.	Spolupracovať so slovenskými univerzitami a poskytovať podporu pri získavaní grantov a vytváraní partnerstiev v rámci EÚ. Podporiť spoluprácu a partnerstvá s inovatívnymi súkromnými spoločnosťami.	

Tab. 7.3.
Priority NSC v oblasti vedy a výskumu a ich dopad.

Cieľ	Partnerské univerzity / fakulty	Podpora zo strany NSCC
Zvýšiť počet absolventov a PhD pracovníkov s vedomosťami a zručnosťami v oblasti vývoja softvérových nástrojov využívajúcich HPC a HPDA	Fakulty so zameraním na počítačové vedy, matematiku a štatistiku	Spolupráca pri začlenení odborného vzdelávania v oblasti HPC a HPDA do vyučovacieho procesu s cieľov vytvorenia špecializovaného predmetu zameraného na paralelné programovanie a aplikáciu HPC. Aktívna účasť expertov NSCC v rámci vyučovania HPC a HPDA predmetov na slovenských fakultách. Experti NSCC poskytujúci konzultácie pre riešiteľov diplomových a dizertačných prác.
Zvýšiť povedomie a skúsenosť študentov a absolventov fakúlt slovenských univerzít o možnostiach HPC a HPDA v relevantných disciplínach	Ostatné fakulty zamerané na oblasti, v ktorých HPC a HPDA predstavuje kľúčovú úlohu pre rast a inovatívnosť daného odvetvia (fyzika, chémia, geológia, strojárenstvo, medicína, ekonomika ...)	Spolupráca pri začlenení HPC a HDPA do vyučovacích osnov a študijných materiálov aspoň jedného predmetu na vybraných fakultách. Aktívna účasť expertov NSCC na prednáškach a cvičeniach. Podpora pri vyškolení pedagógov vybraných fakúlt (train the trainer).

Tab. 7.4.
Ciele a podpora NSC v oblasti vzdelávania.

7.1.3 Verejná správa a samospráva

Podľa štúdie Forbes a Svetovej banky sa v nasledujúcom desaťročí budú riešenia a služby založené na umelej inteligencii podieľať až na 50% rastu hrubého domáceho produktu vyspelých ekonomík. Uplatnenie pokročilých techník spracovania dát, modelov a simulácií umožní krajinám s vyspelou HPC infraštruktúrou a inovatívnym ekosystémom zahrňujúcim súkromný sektor, akademickú sféru a organizácie verejnej správy a samosprávy vytvoriť novú generáciu služieb pre obyvateľstvo a podnikateľské prostredie a zvýšiť tak kvalitu života v spoločnosti a inovatívny potenciál krajiny.

Národné superpočítačové centrum v úzkej spolupráci s organizáciami verejnej správy a samosprávy vytvorí platformu pre rozvoj a aplikáciu HPC a HPDA nástrojov pre analýzu, plánovanie a prijímanie legislatívnych a operatívnych opatrení zvyšujúcich kvalitu spoločnosti a podnikateľského prostredia. NSC bude poskytovať poradenstvo a podporu pri vývoji a testovaní pilotných riešení, ako aj expertné poradenstvo pri plánovaní a realizácií strategických iniciatív využívajúcich HPC a HPDA. Prínosy a priority NSCCNSC uvedené v tabuľke 7.1. budú kľúčovým kompasom pre projekty a iniciatívy Centra.

Z charakteru procesov využívaných vo verejnej správe, ako aj zo silnej orientácii na dáta, je opodstatnené očakávať, že z hľadiska algoritmov bude prevládať využitie umelej inteligencie a strojového učenia. Priestor pre zefektívnenie štátnej správy je široký, príkladmi oblastí, v ktorých sa už aktuálne HPC/AI/ML technológie využívajú, alebo sa čoskoro očakáva ich produkčné nasadenie, sú:

- skvalitnenie poskytovaných služieb štátnou správou analýzou spätnej väzby občanov, napríklad analýzou sentimentu na sociálnych sieťach (Anastasopoulos, Whitford, Journal of Public Administration Research And Theory, 2019, doi:10.1093/jopart/muy060)
- data-mining, t.j. hľadanie vzorov a vzťahov medzi rôznorodými dátam zhromažďovanými orgánmi štátnej správy a samosprávami pre personalizáciu služieb, hlbšie porozumenie spoločenských trendov, analýzu dopadov rozhodnutí a vytváraní inovatívnych riešení (Woollard, 2014, ISBN 978-3-944417-03-5)
- detekcia anomálií, napríklad daňových podvodov (De Roux, et al. Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining -KDD '18. doi:10.1145/3219819.3219878)

V iných, špecifických prípadoch, akými sú napríklad predpoveď živelných pohrôm a modelovanie ich dopadu alebo šírenie epidémií, sú stále aktuálne tradičné HPC prístupy.

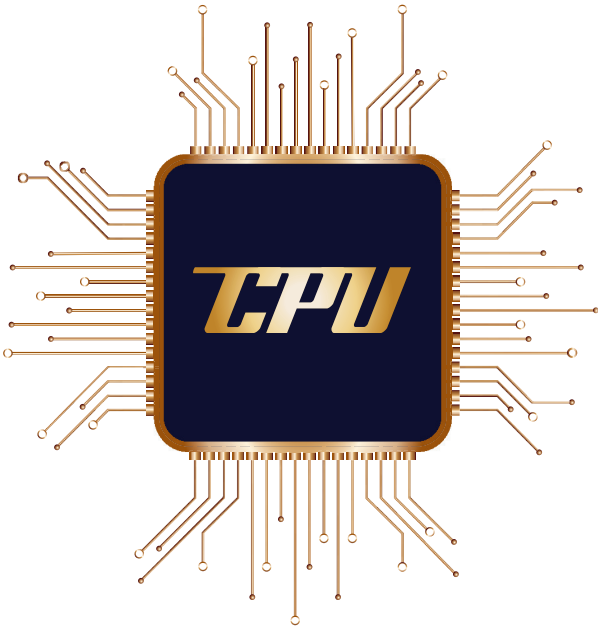
Úspešnosť spolupráce bude do značnej miery limitovaná možnosťou zdieľania citlivých, produkčných dát. V prípade, že priame spracovanie produkčných dát nebude (napríklad z bezpečnostného hľadiska) možné, spracovanie tzv. anonymizovaných dát môže poskytnúť výsledky s rovnakou výpovednou hodnotnou. V každom prípade, NSC vďaka poskytovanej výpočtovej kapacite umožní vývoj a testovanie príslušných algoritmov na dátových setoch s realistickou veľkosťou.

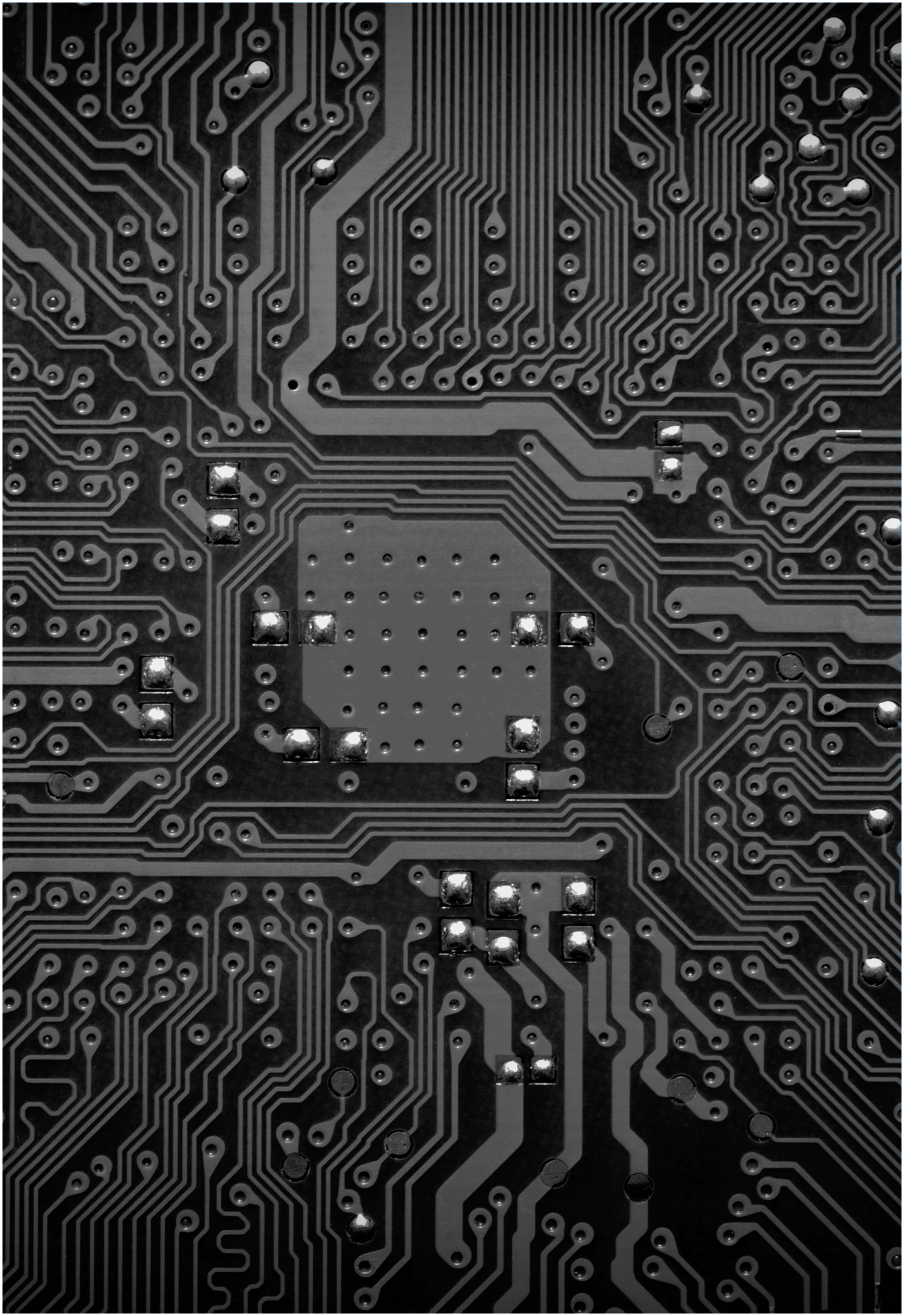
Popri poskytovaní výpočtovej kapacity pre spracovanie dát a prácu s pokročilými počítačovými modelmi a simuláciami bude Kompetenčné centrum NSCCNSC spolupracovať s partnerskými organizáciami verejnej správy a samosprávy aj v nemenej dôležitej oblasti - rozvoji talentov a expertízy používateľov. Nedostatok vedomostí a zručností môže významne ohroziť adopciu HPC/HDPA technológií, ako aj jej produkčné nasadenie a ďalší rozvojna rozvoji talentov a expertízy používateľov, poskytovať poradenstvo a podporu pri vývoji a testovaní pilotných riešení a slúžiť ako expertný poradca pri plánovaní a realizácií strategických iniciatív využívajúcich HPC a HPDA.

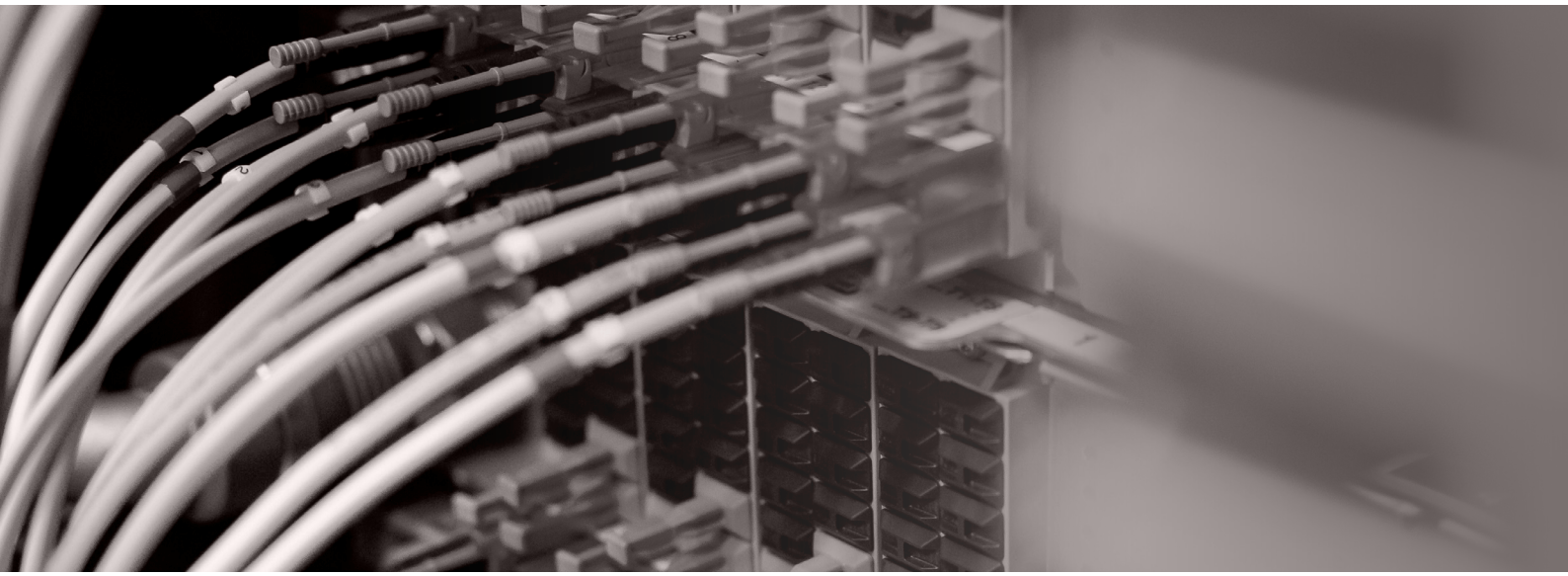
7.2. Úloha a prínos NSCCNSC v rámci Európskej únie

V súlade s prioritami Európskej Komisie v oblasti technologickej suverenity EÚ, v oblasti HPC a umelej inteligencie a v súlade so záväzkom Slovenskej republiky aktívne podporiť dosahovanie cieľov v napĺňaní cieľov EK v týchto oblastiach, bude Národné superpočítačové centrum:

- Zastupovať Slovenskú republiku v rámci súvisiacich programov EÚ – EuroHPC JU, AI4EU, PRACE ...
- Aktívne participovať na iniciatívach výskumu a inovácie týchto programov – vytvorenie siete národných HPC kompetenčných centier, podpora digitálnych inovačných centier (DIH), podpora využívania HPC a HPDA vo vede a výskume, podpora inovatívneho ekosystému v oblasti umelej inteligencie, zvyšovanie inovácií a konkurencieschopnosti malých a stredných podnikov.
- Aktívne participovať na budovaní modernej HPC infraštruktúry v rámci Európskej únie a podporovať vývoj výkonných technologických riešení nezávislých od dodávateľov z USA a Číny.







KAPITOLA

Alternatívy KONCEPTU Národného superpočítačového centra s odporúčaním optimálneho riešenia

Zámer

Cieľom tejto kapitoly je poskytnúť analýzu troch alternatív pôsobenia Národného superpočítačového centra (NSC) na hospodárstvo, vedu a výskum, verejnú správu, a tým aj na celú spoločnosť Slovenskej republiky.

Pri vyhodnocovaní dopadov a vplyvu boli použité poznatky a skúseností vybraných európskych krajín s vyspelým ekosystémom vysoko výkonného počítania (HPC) a štúdie Európskej komisie a Európskej investičnej banky, ako aj dáta globálnej analytickej spoločnosti IDC.

Obsah

8.1. Popis Alternatív

8.2. Analýza jednotlivých alternatív

8.3. Odporúčaná alternatíva

Stručné zhrnutie

Pri analýze možných scenárov budovania a rozvoja národnej infraštruktúry pre vysokovýkonné počítanie a dátové analýzy a inovatívneho ekosystému v oblasti HPC a HDPA boli použité nasledovné kritériá:

- Pozitívny vplyv na vedu a výskum v akademickej sfére.
- Akcelerácia využívania HPC, HDPA a AI v podnikateľskom sektore.
- Adopcia HPC, HDPA a AI v službách verejnej správy.
- Dlhodobo udržateľný rozvoj adekvátnej hardvérovej a softvérovej infraštruktúry.

Najefektívnejším riešením s najvyšším dopadom na spoločnosť, vedu, výskum, verejnú správu a podnikanie je vytvorenie Národného superpočítačového centra spravujúceho národný HPC/HPDA systém a prevádzkujúci Národné HPC kompetenčné centrum.

8.1. Popis Alternatív

Analýza alternatív sa zameriava na národnú infraštruktúru vysokovýkonného počítania (HPC a HPDA) a na oblasť podpory vedy a výskumu v akademickej oblasti. Rozsah a kvalita podpory Národného superpočítačového centra podnikateľskému sektoru a organizáciám verejnej správy nie sú priamo ovplyvnená vyššie uvedenými scenármi.

ALTERNATÍVA #1

SIVVP + KOMPETENČNÉ CENTRUM

Prvá alternatíva vychádza zo súčasného stavu infraštruktúry a ekosystému HPC, realizovaného cez projekt SIVVP (Slovenská infraštruktúra pre vysoko výkonnostné počítanie). Národné Kompetenčné centrum pre HPC by bolo zriadené a prevádzkované v rámci Centra spoločných činností SAV a správa a rozvoj HPC systémov by zostali naďalej v pôsobnosti súčasných partnerov SIVVP – Slovenská technická univerzita v Bratislave, Technická univerzita v Košiciach, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach, Ústav informatiky SAV v Bratislave a Centrum spoločných činností SAV v Bratislave. Tieto superpočítačové klastre by naďalej zostali súčasťou národnej siete HPC.

ALTERNATÍVA #2

UNIVERZÁLNE SUPERPOČÍTAČOVÉ CENTRUM A KOMPETENČNÉ CENTRUM

Druhá alternatíva je založená na vytvorení jedného centrálneho superpočítačového centra využívaného všetkými vedeckovýskumnými pracoviskami na Slovensku, organizáciami verejnej správy a partnermi so súkromného sektora. Okrem správy a rozvoja infraštruktúry pre účely HPC, HPDA a umelej inteligencie by nové Národné superpočítačové centrum rozvíjalo a poskytovalo služby kompetenčného centra v oblasti HPC a HPDA na národnej úrovni a a zabezpečovalo spoluprácu s európskymi partnerskými kompetenčnými centrami.

ALTERNATÍVA #3

INTEGROVANÉ CENTRUM SUPERPOČÍTAČOVEJ INFRAŠTRUKTÚRY A VEDECKOVÝSKUMNÝCH AKTIVÍT

Tretia alternatíva sa opiera o koncept využívaný vo viacerých európskych krajinách, napríklad v Českej republike, Španielsku alebo v Slovinsku, kde vybrané organizácie popri správe infraštruktúry a poskytovania služieb kompetenčného centra zároveň zastrešujú aj vedeckovýskumné aktivity a projekty využívajúce HPC a HPDA. Vedeckí pracovníci sú zároveň zamestnancami centra a vďaka prístupu k najnovším technológiám tvoria špičku vo svojom odbore v danej krajine.

		Alternatíva #1	Alternatíva #2	Alternatíva #3
		SIVVP + kompetenčné centrum	Centrálna infraštruktúra a jedno národné HPC kompetenčné centrum	Integrované pracovisko vedecko-výskumných aktivít + infraštruktúry HPC a HPDA
Infraštruktúra	Distribuovaná na viacerých pracoviskách v SR	X		
	Centralizovaná v jednom národnom superočítačovom centre		X	X
Kompetenčné centrum pre HPC a HPDA	Distribuované na každom pracovisku spravujúcom infraštruktúru HPC a AI			
	Centralizovaná v jednom národnom superočítačovom centre	X	X	X
Veda a výskum v oblasti HPC, HPDA a AI	Na každej univerzite a vedeckom pracovisku individuálne	X	X	
	V jednom HPC a HPDA centre na Slovensku			X
	V rámci virtuálnych vedecko-výskumných tímov využívajúcich infraštruktúru a podporu národného superpočítačového centra		X	

Tab. 8.1.
Alternatívy konceptu NSC.

8.2. Analýza jednotlivých alternatív

Podrobná analýza všetkých 3 vyššie uvedených alternatív vychádza z predpokladu, že na Slovensku vznikne a bude pôsobiť jedno HPC kompetenčné centrum poskytujúce podporu HPC ekosystému a používateľom zo všetkých sektorov spoločnosti – akademickej obci, verejnej správe a podnikateľským subjektom.

V oblasti infraštruktúry analýza poskytuje pohľad na výhody a nevýhody distribuovanej infraštruktúry HPC a HPDA a porovnáva ich s výhodami a nevýhodami centralizovanej vysokovýkonnej infraštruktúry na národnej úrovni.

Podobne aj v oblasti vedy a výskumu poskytuje analýza alternatív porovnanie výhod a nevýhod centralizácie vedy a výskumu v rámci jedného národného vedeckovýskumného pracoviska s výhodami a nevýhodami ponechania vedeckovýskumných aktivít na úrovni jednotlivých akademických inštitúcií. Pre účely tejto analýza je pohľad zúžený len na tie vedné disciplíny, ktoré priamo využívajú nástroje HPC, HPDA a umelej inteligencie.

ALTERNATÍVA #1

SIVVP + KOMPETENČNÉ CENTRUM

INFRAŠTRUKTÚRA

Výhodou distribuovanej infraštruktúry je možnosť administratívnej kontroly nad jej prevádzkou a zároveň priamy vplyv na rozhodovanie o využití kapacít vlastného HPC systému (na úrovni jednotlivých univerzít a vedeckých pracovísk, ktoré vlastnia takéto HPC systémy). Ďalším benefitom je redukcia rizika nedostupnosti HPC infraštruktúry, a tým aj poskytovaných služieb (pravdepodobnosť kritickej udalosti naraz na všetkých subsystémoch distribuovanej infraštruktúry vedúcej k nedostupnosti infraštruktúry je však zvyčajne minimalizovaná).

Nevýhodou sú vyššie celkové náklady na obstaranie, rozvoj a údržbu takýchto systémov na národnej úrovni, ako aj ich nižšia celková efektivita. Zároveň si takéto riešenie vyžaduje vyšší počet odborníkov pre správu a údržbu systémov, keďže každé individuálne pracovisko potrebuje ten istý profil vedomostí a odbornosti, čo na národnej úrovni predstavuje vyšší počet ľudí (a tým aj nákladov), ako by tomu bolo v rámci jedného národného centra spravujúceho jednotnú infraštruktúru. Komplikovanejšia je aj koordinácia niektorých systémových a používateľských služieb (napr. centralizovaná evidencia a správa používateľov, monitoring a bezpečnosť, distribúcia a správa aplikačného softvéru).

VEDA A VÝSKUM

Výhodou ponechania vedeckovýskumných aktivít na jednotlivých univerzitách a vedeckých pracoviskách je možnosť ďalšieho rozvoja ich talentov, výskumných projektov a vzdelávania študentov (na univerzitách a ich fakultách), ako aj lepšie sieťovanie a koordinácia výskumných aktivít na rôznych vedeckých pracoviskách.

Nevýhodou je fragmentácia odborných kapacít, ktorá spomaľuje budovanie kritickej masy vedomostí a skúseností na úrovni Slovenska. Táto však môže byť od-

stránená koordináciou a vytváraním virtuálnych vedeckovýskumných tímov zameraných na danú odbornú doménu (rovnako ako v prípade iniciatívy Slovak AI). Z pohľadu inovačných a vedeckovýskumných aktivít súkromnej sféry táto alternatíva neposkytuje jednotnú a aktuálnu platformu (napr. na úrovni aplikačného vybavenia) a sťažuje prístup k výpočtovým zdrojom (projekt SIVVP bol primárne určený pre akademickú sféru a možnosť poskytovnia HPC zdrojov súkromným spoločnostiam je limitovaná.

Alternatíva #1		Výhody	Nevýhody
Infraštruktúra	Distribuovaná na viacerých pracoviskách v SR	Priama kontrola nad správou a rozvojom vlastnej infraštruktúry	Duplicita nákladov na správu a administráciu (na národnej úrovni)
		Priamy prístup k výkonu a kapacite systému	Duplicita ľudských zdrojov a ich alokácie na správu systémov
Veda a výskum v oblasti HPC, HPDA a AI	Na každej univerzite a vedeckom pracovisku individuálne	Interná kapacita potrebná na rozvoj nových talentov a vzdelávanie	Fragmentácia zdrojov na národnej úrovni
		Rozvoj vlastných výskumných projektov a zvyšovanie kvality výskumu	Nedostatočná kritická masa odbornosti v príslušných doménach

Tab. 8.2. Alternatíva 1.

ALTERNATÍVA #2

UNIVERZÁLNE SUPERPOČÍTAČOVÉ CENTRUM A KOMPETENČNÉ CENTRUM

INFRAŠTRUKTÚRA

Výhodou centralizovania HPC infraštruktúry v rámci Slovenska do jedného univerzálneho dátového centra je vyššia efektivita vynaložených finančných prostriedkov na obstaranie, údržbu a rozvoj systému slúžiaceho pre všetkých používateľov v krajine. Odstránením duplicitnej potreby odbornej pracovnej sily (tí istí správcovia systému na 7 pracoviskách na Slovensku) a ostatných nákladov na administráciu a správu 7 systémov dáva celému ekosystému možnosť investovať ušetrené finančné prostriedky do zvyšovania kvality a výkonu národnej infraštruktúry (ďalšie výhody viď. kapitola 9.1.1).

Nevýhodou pre individuálne organizácie, ktoré dnes prevádzkujú svoje vlastné klastre, môže byť strata priamej kontroly nad správou infraštruktúry a prístupu k nej. Vyšší výkon a kapacita nového národného systému a individuálny servis poskytovaný Národným centrom pre jednotlivé tímy na úrovni univerzít, ich fakúlt a vedeckých pracovísk môže predstavovať výhodnú kompenzáciu straty priamej kontroly.

VEDA A VÝSKUM

Analýza výhod a nevýhod je podobná ako v alternatíve #1. Výhodu navyše predstavuje ušetrenie ľudských zdrojov a ich kapacity na úrovni jednotlivých univerzít a vedeckých inštitúcií. Odborní pracovníci, ktorí by časť svojho pracovného času museli venovať správe a rozvoju infraštruktúry budú môcť svoj talent a odbornosť venovať vedeckým, výskumným a/alebo vzdelávacím aktivitám priamo na pôde svojho zamestnávateľa. Zároveň im to umožní rozvíjať partnerstvá vo svojej doméne na národnej úrovni. Samozrejme odpadá nevýhoda chýbajúcej unifikovanej platformy a zjednoduší sa dostupnosť celej infraštruktúry pre všetkých používateľov.

Alternatíva #2		Výhody	Nevýhody
Infraštruktúra	Centralizovaná v jednom národnom superpočítačovom centre	Úspora nákladov a odstránenie duplicít na národnej úrovni	Strata priamej kontroly nad HPC systémom (na lokálnej úrovni)
		Vyšší výkon a kvalita systému + vyššia úroveň služieb pre používateľov	
Veda a výskum v oblasti HPC, HPDA a AI	Na každej univerzite a vedeckom pracovisku individuálne	Interná kapacita potrebná na rozvoj nových talentov a vzdelávanie	Fragmentácia zdrojov na národnej úrovni
			Nedostatočná kritická masa odbornosti v príslušných doménach
	V rámci virtuálnych vedecko-výskumných tímov využívajúcich infraštruktúru a podporu národného superpočítačového centra	Rozvoj vlastných výskumných projektov a zvyšovanie kvality výskumuu	

Tab. 8.3.
Alternatíva 2.

ALTERNATÍVA #3

INTEGROVANÉ CENTRUM SUPERPOČÍTAČOVEJ INFRAŠTRUKTÚRY A VEDECKOVÝSKUMNÝCH AKTIVÍT

INFRAŠTRUKTÚRA

Analýza výhod a nevýhod v oblasti infraštruktúry zostáva rovnaká ako v alternatíve #2.

VEDA, VÝSKUM A VZDELÁVANIE

Výhodou vytvorenia špecializovaných odborných tímov zameraných na vedu a výskum vo vybraných doménach priamo na pôde Národného superpočítačového centra môže byť zabezpečenie kritickej masy potrebnej na efektívny výskum a zvýšenie jeho kvality na národnej úrovni.

Nevýhodou pri súčasnom nedostatku talentov a vedeckovýskumných pracovníkov na slovenských univerzitách by však táto koncentrácia v novom centre spôsobila neželaný odlev už tak poddimenzovaného vedeckého personálu z akademickej pôdy. Navyše by re-alokácia týchto kapacít mohla viesť k obmedzeniu až strate priameho kontaktu so študentami.

Alternatíva #3		Výhody	Nevýhody
Infraštruktúra	Centralizovaná v jednom národnom superpočítačovom centre	Úspora nákladov a odstránenie duplicít na národnej úrovni	Strata priamej kontroly nad HPC systémom (na lokálnej úrovni)
		Vyšší výkon a kvalita systému + vyššia úroveň služieb pre používateľov	
Veda a výskum v oblasti HPC, HPDA a AI	Sústrednená v jednom HPC a HPDA vedecko-výskumnom centre na Slovensku	Vytvorenie kritickej masy odborníkov v rámci vybraných výskumných domén	Odlev talentov a výskumných kapacít z univerzít
		Schopnosť produkovať kvalitný výskum v daných doménach	Negatívny vplyv na výskumné a vzdelávacie programy univerzít

Tab. 8.4.
Alternatíva 3.

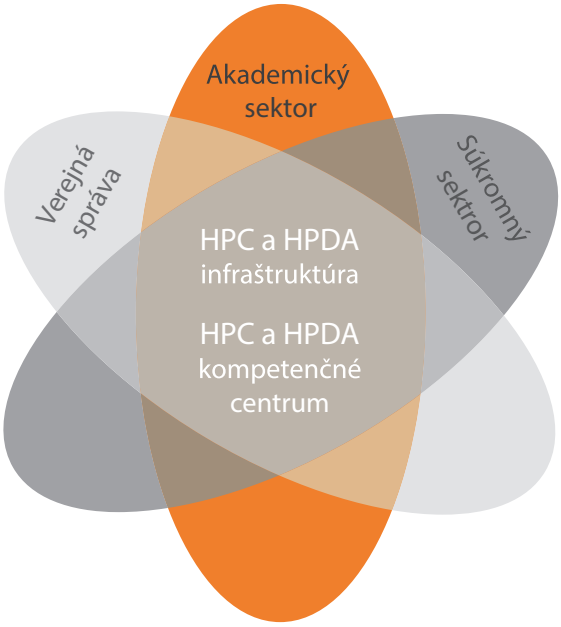
8.3. Odporúčaná alternatíva

Na základe analýzy výhod a nevýhod vyššie uvedených alternatív je pre Slovenskú republiku, ciele Digitálnej transformácie a vzhľadom na súčasný stav vedy, výskumu a školstva najvhodnejšia alternatíva číslo 2, t.j. vytvorenie Národného superpočítačového centra, ktoré by malo za úlohu:

- Vybudovať, spravovať a rozvíjať centrálnu infraštruktúru pre vysokovýkonné počítanie (HPC) a vysokovýkonné dátové analýzy (HPDA).
- Poskytovať kapacitu a výkon tejto infraštruktúry celému ekosystému v Slovenskej republike – akademickým organizáciám, výskumným ústavom, organizáciám verejnej správy a inovatívnym súkromným spoločnostiam.
- Poskytovať prístup k výkonnej infraštruktúre v partnerských centrách v EÚ.
- Poskytovať služby kompetenčného HPC a HDPA centra pre všetky vyššie uvedené sektory.
- Reprezentovať Slovensko v rámci európskeho HPC a HPDA ekosystému.
- Sieťovať výskumné aktivity zamerané na HPC a HPDA na slovenských univerzitách a SAV.

Vzhľadom na kritický nedostatok vedeckých kapacít na slovenských univerzitách počíta odporúčaná alternatíva z rozvojom vedeckých a výskumných aktivít na úrovni jednotlivých akademických inštitúcií. Vytvorenie vedeckovýskumného pracoviska v rámci Národného superpočítačového centra by spôsobilo neželaný odlev talentov z už aj tak limitovanej komunity.

Naopak, kľúčovou prioritou pri rozvoji NSC v rámci odporúčanej alternatívy bude zabezpečenie aktívnej podpory výskumných projektov slovenských akademických inštitúciií a rozvoj nových talentov prostredníctvom služieb HPC kompetenčného centra.



Obr. 8.1.
Národné superpočítačové centrum v rámci kľúčových sektorov Slovenskej republiky.

KAPITOLA

Cestovná MAPA Národného superpočítačového centra

Zámer

Cieľom tejto kapitoly je vysvetliť hlavné oblasti, kľúčové princípy a dôležité míľniky pri budovaní slovenského Národného superpočítačového centra a postupného uvádzania jeho služieb pre používateľov v oblasti HPC, HPDA a AI.

Obsah

9.1. Budovanie a správa infraštruktúry

9.2. Národné superpočítačové centrum ako kompetenčné centrum pre HPC a HPDA

9.3. Služby Národného superpočítačového centra

9.4. Partnerstvá pre rozvoj a inovačný potenciál NSC

Stručné zhrnutie

Pre dlhodobú udržateľnosť činnosti NSC bude nevyhnutné zabezpečiť:

- Vysokú kvalitu služieb, ktorá reflektuje potreby používateľov na Slovensku.
- Efektívne vynakladanie finančných zdrojov (v rámci princípu hodnota za peniaze).
- Otvorenosť a univerzálnosť infraštruktúry (na zamedzenie tzv. „vendor lock“ a na schopnosť podporovať softvérové riešenia nielen v oblasti HPC, ale aj HPDA a AI)
- Strategické a vzájomne výhodné partnerstvá s organizáciami súkromnej sféry, verejnej správy a akadémie – na Slovensku i v zahraničí.

Princíp otvorenosti a partnerstva sa (podľa odporúčania tejto štúdie) prejaví už pri zakladaní nového právneho subjektu, ktorý na seba prevezme kompetencie a činnosť nového národného superpočítačového centra.

9.1. Budovanie a správa infraštruktúry

Napriek výhodám používania HPC a HPDA je pre väčšinu malých a stredných podnikov prevádzka a údržba vlastnej HPC infraštruktúry príliš komplikovaná a nákladná, ba až mnohokrát nerentabilná. Získavanie výpočtových prostriedkov z externých „verejných“ zdrojov (univerzity, výskumne inštitúcie) nie je priamočiare, komplikuje ho chýbajúci model pilotných projektov so súkromnou sférou.

Súkromné spoločnosti sa môžu tiež obrátiť na komerčných poskytovateľov HPC zdrojov (HPC on cloud). Tento model je však častokrát „minimalistický“, postkytnutie samotnej platformy nemusí vyhovovavať (hlavne menším) spoločnostiam bez predošlejých skúsenostií a zručnostíi s HPC technikami.

Pre zvýšenie dopytu súkromných spoločností po HPC a HDPA službách, a tým aj ich inovačného potenciálu a konkurencieschopnosti je nevyhnutné takúto infraštruktúru vybudovať, sprístupniť, udržiavať (na primeranej technologickej úrovni) a spolu so samotnou platformou poskytovať aj primeranú podporu, napríklad na báze projektovej spolupráce.

9.1.1. Filozofia jednotnej infraštruktúry

Odhliadnuc od gridových a cludových modelov architektúry HPC centra, ktoré nedokážu plne pokryť zámer a potreby NSC, pripadajú pri jeho návrhu do úvahy dve možnosti: centralizovaná a decentralizovaná infraštruktúra. V nasledujúcom prehľade sú uvedené vybrané výhody a nevýhody (najmä s ohľadom na charakter a funkciu NSC) oboch alternatív.

Niektoré výhody a nevýhody centralizovanej infraštruktúry:

+ jednoduchá správa; či už na úrovni (jednotného) operačného systému, systémových nástrojov a aplikačného vybavenia,
+ vysoká bezpečnosť; jednoduchší monitoring a obsluha fyzického a logického zabezpečenia výpočtového prostredia, menší počet vstupných bodov pre potenciálny útok,
+ jednoduchá kontrola a monitoring; centralizovaný systém na kontrolu funkčnosti jednotlivých hardvérových komponentov systému a používateľských služieb,
+ nižšie prevádzkové náklady; efektívnejšie centrálne chladenie, menšie nároky na priestor, menej personálu potrebného na obsluhu,
+ efektívnejšie využitie výpočtových zdrojov; centralizovaná správa výpočtových úloh znamená optimálnejšiu prevádzku a minimalizáciu prestojov (času, v ktorom zariadenie nie je využité na maximum),
− vyššie riziko nedostupnosti služieb; pri výpadku kritických komponentov infraštruktúry alebo elektrickej energie.

Niektoré výhody a nevýhody decentralizovanej infraštruktúry:

+ vyššia dostupnosť služieb; výrazne zredukovaný počet kritických komponentov, výrazne znížené riziko totálneho výpadku služieb,
– náročnejšie zabezpečenie; väčší počet vstupných bodov pre potenciálny útok, náročnejšia konfigurácia, monitoring a obsluha fyzického a logického zabezpečenia výpočtového prostredia,
– vyššie celkové prevádzkové náklady; chladenie každej inštalácie zvlášť je nákladnejšie, potreba väčšieho prevádzkového priestoru priestor, viac personálu na obsluhu,
– nižšia efektivita využívania výpočtových prostriedkov; zvýšený podiel prestojov v dôsledku nižšej efektivity rozdeľovania výpočtových úloh na viaceré systémy.

Na základe doterajších skúseností Výpočtového strediska CSČ SAV s koordináciou projektu SIVVP, prevádzkou časti súčasnej národnej HPC infraštruktúry a prihliadnutím na aktuálne trendy budovania HPC centier v EÚ a vo svete, je pre Slovensko najvhodnejšia alternatíva vybudovať centralizovaný HPC systém. Takýto systém má, okrem vyššie spomenutých technických výhod, aj benefit jednotnej platformy pre všetkých potenciálnych odberateľov služieb NSC a ich jednoduchšiu vzájomnú spoluprácu a výmenu skúseností. Z analýzy dát súčasného využitia HPC systémov na Slovensku vyplýva urgentná potreba navýšiť výpočtový výkon a aktualizovať technológiu. V prvom kroku by sa jednalo o vybudovanie HPC laboratória. Navrhované všeobecné parametre sú:

» celkový teoretický výpočtový výkon ~0.75–1 Pflops,
» výkonná výpočtová sieť s vysokou priepustnosťou a nízkou latenciou (100 – 200 Gb/s),
» kombinovaný lokálny a zdieľaný dátový priestor ~500–1000 TB,
» aspoň 8GB operačnej pamäte na výpočtové jadro,
» dostupnosť akcelerátorov na efektívny beh AI/ML algoritmov.

Kľúčovým atribútom dizajnu HPC laboratória bude modulárnosť s možnosťou jednoduchej aktualizácie a rozšírenia jednotlivých modulov alebo HPC systému ako celku. Systém by mali tvoriť štyri základné moduly:

» servisný modul,
» dátové úložisko,
» HPC modul,
» HDPA/AI/ML modul.

V ďalšom kroku bude potrebné zabezpečiť periodickú obnovu tejto infraštruktúry ako aj navýšenie výpočtového výkonu a kapacít NSC podľa nárastu dopytu používateľov.

9.1.2. Filozofia univerzálnosti infraštruktúry

Najväčšie svetové datacentrá postupne nahrádzajú značkové servery (od dodávateľov akými sú napríklad Atos, IBM, Dell atď..) za tzv. white-box servery. Tieto servery sú produkované na rovnakých výrobných linkách, a keďže sa pri nich nepripláca za značku, môžu byť o 25 až 50% lacnejšie.

Koncept tzv. otvorených systémov predstavili v roku 2011 pod názvom „Open Compute Project (OCP)" ako prvé spoločnosti Facebook, Intel a Rackspace. Iniciatíva vznikla pre účely zlepšenia využitia dátového centra Facebook-u v štáte Oregon (USA). Už pri svojom prvom nasadení priniesla úsporu prevádzkových nákladov vo výške 38%, a investičných nákladov vo výške 24%. Projekt sa postupne rozšíril na viac ako 200 členov iniciatívy a okrem dizajnu serverov zobral pod svoje krídla aj dátové úložiská, dizajn serverových skríň („rack-ov"), samotné dátové centrá, ako aj sieťové komponenty.

Základnými princípmi OCP sú jednoduchosť, škálovateľnosť a otvorenosť. Tieto princípy chceme uplatniť aj pri ďalšom budovaní NSC. Kľúčovými výhodami takýchto systémov sú:

- dramatický pokles prevádzkových nákladov
  (napr. len Facebook získal nasadením OCP úsporu elektrickej energie vo výške 2 mld USD, čo predstavuje ročnú spotrebu 80 000 domácností, alebo ekvivalent emisií z 95 000 automobilov),
- neviazanie sa a nezávislosť od konkrétneho dodávateľa alebo výrobcu - dodávateľa je môžné kedykoľvek zmeniť, pričom pri zachovaní kompatibility pôvodných aj nových komponentova ostáva zachovaná,
- nižšie náklady na údržbu (typicky pripadá v datacentrách 1 000 serverov na jedného servisného technika, v prípade dátových centier využívajúcich OCP datacentra je to až 25 000 serverov),
- väčšia miera inovácií vďaka spolupráci na otvorenej platforme a výmene informácií,
- aplikovateľnosť na iné sektory, akými sú telekomunikácie, HPC a AI.

Nasadenie princípu OCP v podmienkach NSCC je taktiež v súlade s inými európskymi projektami, ako sú GAIA-X (nezávislý poskytovateľ cloudových služieb) alebo výzvy ICT-48-2020 (sieť európskych centier excelencie pre AI).

9.1.3. Filozofia a základné princípy architektúry novej infraštruktúry

S rastúcim množstvom dát a služieb v cloude, rastú aj nároky na efektívny, ekonomický a udržateľný spôsob jeho prevádzky. Tradičné datacentrá nedosahujú prevádzkové a investičné benefity OCP datacentier, preto nie sú z dlhodobého hľadiska udržateľné. Celosvetovo spotrebujú datacentrá o 40% viac elektrickej energie ako celá Veľká Británia, zníženie ich spotreby by malo preto veľký dosah aj na množstvo vyprodukovaných emisií skleníkových plynov.

Predpokladáme, že budúce HPC a AI centrá na Slovensku budú založené na princípe „Unified Open Compute Systems“, ktorý umožní ich škálovanie až na „exascale“ úroveň alebo na AI výkon porovnateľný s ľudským mozgom. Predstavujeme si ich ako univerzálne výpočtové centrá, ktoré budú schopné poskytovať špičkový výkon pre tradičné aplikácie zo sveta datacentier, ale aj pre HPC a AI. V súčasnom nastavení je totiž pre každú z týchto oblastí potrebný špecializovaný hardvér, čo vedie k vyšším požiadavkám na obstarávacie náklady a častokrát aj upnutie sa na konkrétneho dodávateľa technológie.

Navrhujeme preto riešenie, pri ktorom sa uplatní technológia univerzálnych procesorov a OCP. Naplní to tiež cieľ, ktorý si stanovila EÚ, v podobe univerzálneho hardvéru, schopného poskytovať špičkový výkon pre všetky výpočtové oblasti pri oveľa nižších nákladoch na prevádzku a inštaláciu.

Pilotným nasadením týchto technológií sa môže Slovensko stať epicentrom digitálnej suverenity pre celú EÚ, kam sa iné krajiny budú chodiť inšpirovať a vzdelávať.

9.2. Národné superpočítačové centrum ako kompetenčné centrum pre HPC a HPDA

Európska komisia v reakcii na zaostávanie EÚ v oblasti poskytovania a prevádzky najvýkonnejších HPC systémov schválila reguláciou (EU) 2018/1488 - vznik iniciatívy EuroHPC Joint Undertaking. Jednou z hlavných úloh projektu je posilniť využívanie HPC služieb v priemysle, malých a stredných podnikoch, akademickej obci a verejnom sektore a zabezpečiť tak udržateľný HPC ekosystém v Európe. V rámci tejto úlohy bol podporený aj rozvoj existujúcich a vytvorenie nových národných kompetenčných centier HPC (jedno v každom členskom štáte participujúcomn v EuroHPC JU) a ich koordináciau v EÚ. Podľa rozhodnutia správnej rady EuroHPC JU č. 9/2019, tieto centrá by mali tieto centrá „poskytovať HPC služby priemyslu (vrátane malých a stredných podnikov), akademickej obci a verejnej správe a prinášať modulárne riešenia pre širokú škálu používateľov s cieľom uľahčiť a podporiť využívanie HPC v Európe.“ Keďže uvedené trendy a smerovanie sú aj pre slovenskú vládu kľúčovou prioritou (viď. dokument Stratégia digitálnej transformácie Slovenska 2030), rozhodla sa prostredníctvom poverenej organizácie CSČ SAV požiadať EK o dotáciu na zriadenie kompetenčného centra.

Ako vyplýva z kontextu tejto štúdie, aktivity kompetenčného centra sú podmnožinou aktivít Národného superpočítačového centra. NSC ako budúcii líder v oblasti HPC/HPDA/ML/AI na národnej úrovni, je preto prirodzeným kandidátom nazastrešenie úloh a cieľov kompetenčného centra.

9.2.1. Úlohy kompetenčného centra

- Poskytovať svoje služby a odborné znalosti používateľom a organizáciám z komerčných segmentov (najmä MSP), akademického a verejného sektora. Vďaka spolufinancovaniu zo spoločnej iniciatívy EuroHPC a prostredníctvom úzkej spolupráce s príslušnými kompetenčnými centrami HPC v Európe bude slovenské národné kompetenčné centrum schopné ďalej rozvíjať svoju prevádzku a byť dlhodobým partnerom v poskytovaní expertízy a HPC/HPDA/AI/ML služieb.

- Umožniť slovenským podnikom rozšíriť a zrýchliť svoje podnikanie implementáciou HPC a HPDA metód do vývoja nových produktov, optimalizácie riešení alebo zefektívnenia prevádzkových stratégií.

- Zmapovať prostredie slovenského priemyslu a obchodu a získať podrobný prehľad o potenciálnych odberateľoch služieb kompetenčného centra s ohľadom na ich potreby a možnosti adaptácie adopcie HPC v rámci ich obchodných modelov.

- Vytvoriť tím expertov s vedomosťami, odbornými znalosťami a príslušnými nástrojmi na poskytovanie vysoko kvalitných HPC služieb spoločnostiam v automobilovom priemysle, energetike a infraštruktúre, finančnom sektore, ako aj organizáciám zaoberajúcim sa biomedicínskym, farmaceutickým a materiálovým výskumom.

- Vytvoriť vzdelávací a informačný program na komunikáciu so zúčastnenými stranami (odborné podujatia, workshopy, konferencie, informačné letáky) s cieľom neustále aktualizovať HPC ekosystém a stimulovať dopyt po službách centra.

- Budovať a udržiavať dôležité vzťahy s partnermi v európskom HPC ekosystéme (národné kompetenčné centrá, ISV, poskytovatelia HPC zdrojov, ďalšie európske projekty a iniciatívy zamerané na HPC napr. PRACE, ETP4HPC, atď).

- Urýchliť a rozšíriť výskum podporovaný HPC v slovenskom akademickom sektore v oblastiach fyziky, matematiky, biologických vied, chémie alebo nových materiálov, ktoré prispievajú k novým objavom, poprípade patentom v príslušných odboroch. V partnerstve s poprednými univerzitami na Slovensku a so Slovenskou akadémiou vied bude kompetenčné centrum schopné pokračovať vo svojich aktivitách a ďalšom rozvoji a podpore akademického využívania HPC.

- Vybudovať platformu pre slovenský verejný sektor na adopciu HPC a HPDA s cieľom zvýšiť jeho počítačovú bezpečnosť a racionalizáciu rozhodovania na základe analýz dát z databáz štátnej správy a verejného sektoru. Centrum bude kľúčovým partnerom slovenských organizácií verejného sektoru, pokiaľ ide o odborné znalosti, odbornú prípravu a podporu tímov v oblastiach využívajúcich informačné technológie (napr. počítačová bezpečnosť, elektronické

zdravotníctvo, inteligentná samospráva a riadenie).

- Poskytnúť komplexné riešenia a podporu HPC ekosystému na Slovensku kombináciou vlastných zdrojov (vlastná HPC infraštruktúra, spolupráca na pilotných projektoch zameraných na HPC, vzdelávacia činnosť a podpora) a sprostredkovania prístupu k zdrojom externým (zahraničná expertíza a infraštruktúra prostredníctvom partnerských kompetenčných centier, knižnice a nástroje partnerských ISVs v rámci EÚ).

9.3. Služby Národného superpočítačového centra

Prístup k modernej HPC infraštruktúre

Medzi kľúčové služby NSC patrí zabezpečenie prístupu k národnej HPC infraštruktúre (v prvom kroku k HPC Laboratóriu) pre všetkých používateľov. Pre tieto účely bude zriadený unifikovaný (v zmysle rôznorodosti používateľov – súkromný a verejný sektor, akadémia) registračný portál a nastavené procesy overovania identity používateľov. Dôraz bude kladený na bezpečnosť a ochranu súkromia v zmysle GDPR. Súčasťou tejto služby bude aj systém súťaže o výpočtové kapacity vo forme periodických výzev a následného vyhodnotenia podaných projektov. Samozrejmosťou bude aj následný spôsob jednoznačného a férového prideľovania výpočtových zdrojov. Požívatelia budú prostredníctvom rôznych kanálov (webový portál, e-maily) informovaní o aktuálnom stave, dostuopnosti a využívaní HPC infraštruktúry.

Vzdelávanie a rozvoj HPC zručností

Jednou zo základných služieb NSC budú vzdelávacie aktivity. Tie budú zahŕňať školenia a semináre na témy HPC a HPDA, od jednoduchých až po pokročilé, napr. práca so superpočítačmi, programovanie zamerané na metódy používané v HPC segmente (paralelné programovanie, využitie grafických akcelerátorov, strojové učenie, umelá inteligencia atď.), spracovanie a analýza veľkých dátových setov a iné. Okrem všeobecného vzdelávacieho programu bude NSC poskytovať aj „školenia na požiadanie“ podľa záujmu subjektov zo súkromného a verejného sektoru, alebo výskumných komunít. Obsah vytvorený počas osvetových podujatí bude následne spracovaný a verejne sprístupnený, prípadne znovu použitý, v rôznych formách e-learningu alebo priamo zdieľaný online (webináre). V spolupráci s akademickým sektorom bude program HPC/HPDA zavedený do učebných osnov univerzít, a študentom budú ponúknuté dizertačné projekty (spolu)vedené pracovníkmi NSC.

Transfer HPC know-how a spolupráca so súkromným sektorom

Súčasťou spolupráce so súkromným sektorom budú konzultačné služby v oblasti HPC, zhŕňajúce identifikáciu obchodného potenciálu a návrh vhodného technického a metodologického riešenia zodpovedajúcecho požiadavkám partnera. Tie-

to aktivity budú zabezpečené konzultantami centra a prispejú k zvýšeniu dopytu po HPC/HDPA službách. Samotný transfer vedomostí k priemyselným partnerom bude prebiehať prostredníctvom pilotných projektov, na riešení ktorých sa budú podieľať experti z NSC a/alebo akademického prostredia a zástupcovia priemyselného partnera. Tým sa zároveň podporí užšia spolupráca vedeckých partnerov (Slovenská akadémia vied, univerzity a vysoké školy) a súkromných spoločností. Okrem národnej úrovne bude NSC zabezpečovať a koordinovať aj transfer znalostí z Európskeho HPC ekosystému (zastúpeného sieťou partnerských kompetenčných centier a na nich naviazanej expertízy). Na posilnenie toku know-how ku koncovým používateľom bude vytvorený a sprístupnený webový portál s návodmi, príručkami, osvedčenými postupmi a príkladmi použitia metód HPC/HDPA /ML/AI.

Propagácia HPC

Rast dopytu po službách je nutné stimulovať vhodným marketingom a to prostredníctvom zvyšovania informovanosti o HPC aplikáciách a ich výhodách pre podnikanie, uverejňovaním rozhovorov a článkov s relevantným dosahom v médiách, prezentovaním na informačno-technologických, priemyselných a obchodných konferenciách a propagáciou a medializáciou úspešných projektov.

9.4. Partnerstvá v rámci výskumu a inováci prepre rozvoj a inovačný potenciál NSC

Základnými princípmi Národného superpočítačového centra sú otvorenosť a vzájomne výhodná spolupráca v rámci ekosystému HPC a HPDA.

V rámci zabezpečenia dlhodobej udržateľnosti NSC, zvyšovania kvality služieb jeho kompetenčného centra a zabezpečenia adekvátneho strojového času podľa potrieb používateľov bude Národné superpočítačové centrum vytvárať strategické partnerstvá s verejnými a súkromnými organizáciami na Slovensku i v zahraničí.

Pre zabezpečenie obojstranne výhodnej spolupráce poskytne NSC partnerom svoje kapacity, skúsenosti a aktívnu účasť svojich odborníkov pre účely ich projektov zameraných na vývoj a inovácie v oblasti HPC, HPDA, Big Data, kybernetickej bezpečnosti a umelej inteligencie.

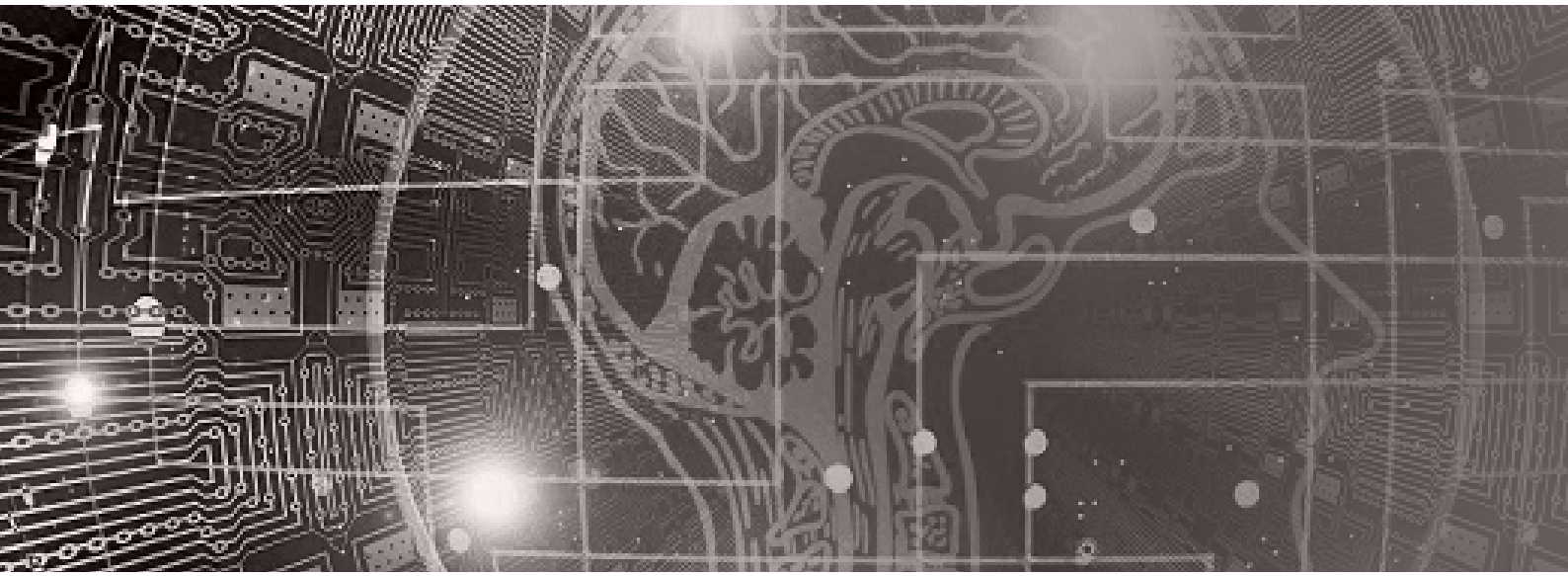
Na základe pozitívnych príkladov takéhoto partnerstva v národných superpočítačových centrách vo svete aj v Európe môže NSC získať od svojich strategických partnerov zdieľanie ich skúseností a expertízy a zároveň priame poskytnutie alebo pomoc pri získavaní finančnej i nefinančnej (in-kind) podpory pre svoju činnosť.

Tieto princípy budú aplikované už od samotného počiatku pôsobenia Národného superpočítačového centra, keďže sa predpokladá, že zakladajúcimi členmi právneho subjektu NSC budú okrem partnerov z akadémie a verejnej správy aj:

- Inovatívne súkromné technologické spoločnosti pôsobiace v oblasti HPC a HDPA ekosystému na Slovensku a v zahraničí

Ďalšími strategickými partnermi a iniciatívami, do ktorých sa NSC plánuje aktívne zapojiť, sú:

- EuroHPC JU a pracovné skupiny vedené jeho poradnými skupinami
- Národné HPC kompetenčné centra v rámci EÚ
- Kompetenčné centrá zriadené v rámci platformy AI4EU
- Open Compute + Open HPC



KAPITOLA 10

Projektový PLÁN

Zámer

Cieľom tejto kapitoly je prezentácia časovej následnosti fáz budovania slovenského Národného superpočítačového centra a predstavenie kompetencií a úlohy jednotlivých aktérov projektu.

Obsah

10.1. Popis jednotlivých fáz budovania NSC

10.2. Časová os vzniku a rozvoja

10.3. Kompetencie a úlohy jednotlivých aktérov NSC

10.4. Predpokladaný rozpočet

Stručné zhrnutie

Budovanie Národného superpočítačového centra v priebehu rokov 2020-2030 je rozdelené do troch fáz:

- Fáza 1 – súčasná infraštruktúra + Kompetenčné centrum
- Fáza 2 – HPC Lab + Kompetenčné centrum
- Fáza 3 – Petascale infraštruktúra + Kompetenčné centrum

Kľúčovými aktérmi NSC, ako združenia právnických osôb, budú Úrad podpredsedu vlády pre investície a informatizáciu (alebo iný OVM), SAV (v zastúpení CSČ SAV) a Konzorcium X, poprípade ďalší partneri.

Budovanie Národného superpočítačového centra odporúčame realizovať postupným spôsobom, pričom ako východisko slúži súčasný stav a v desaťročnom projektovom pláne sa na jeho základoch vytvorí NSC ako samostatná právnická osoba s konkurencieschopnou a udržateľnou infraštruktúrou, ako aj s primerane dimenzovaným odborným personálom, primárne zastrešeným pod Kompetenčným centrom pre HPC.

10.1. Popis jednotlivých fáz budovania NSC

10.1.1. Fáza 0
Súčasný stav

Stručný popis tzv. nultej fázy (teda stavu pred spustením projektu NSC) uvádzame pre účely určenia východiskových podmienok, ktoré majú ďalšie fázy budovanie NSC postupne zlepšovať. Poskytovanie HPC služieb v súčasnosti zabezpečuje Centrum spoločných činností SAV, ktorému na prevádzku prispieva účelovými prostriedkami SAV. Služby sú poskytované primárne akademickým subjektom, pričom personálne kapacity CSČ SAV nie sú dimenzované na spoluprácu a aktivizáciu iných subjektov (SME, orgány verejnej moci). Rozvoj infraštruktúry má byť realizovaný cez Štrukturálne fondy EÚ (OPVaI cez MŠVVaŠ, tie sú však pre túto oblasť plánované nekoncepčne a výzva naplánovaná v roku 2018 nebola vyhlásená ani v čase písania Štúdie). MŠVVaŠ však za CSČ SAV hradí členské poplatky za PRACE (cca 80 000 EUR ročne), vďaka ktorým sú slovenským výskumníkom zabezpečované dodatočné služby (možnosť súťažiť o strojový čas, tréningové aktivity a pod.).

10.1.2. Fáza 1
Súčasná infraštruktúra a Kompetenčné centrum

V prvej fáze budovania NSC aj naďalej počítame s využívaním súčasnej infraštruktúry, aktivity CSČ SAV sa však posilnia o činnosti Národného kompetenčného centra pre HPC (bližší popis v kapitole 9.2). Z pohľadu CSČ SAV bude NSCC fungovať ako samostatný projekt, pre ktorý sa v štruktúre organizačnej zložky Výpočtové stredisko vytvorí samostatné oddelenie. To bude slúžiť ako základ pre pre „soft“ aktivity budúceho NSC (kapitola 6.4). Personálne kapacity CSČ SAV sa vďaka nemu v tejto fáze rozšíria o približne 4 ľudí.

Očakávame, že NSCC spustí svoje aktivity v Q3 2020 (v závislosti od vyhodnotenia H2020 výzvy EuroHPC-04-2019), a najmä jeho úvodné aktivity (analýza dopytu, získavanie kontaktov a šírenie povedomia o HPC) sa dajú realizovať aj v rámci obmedzených kapacít súčasnej infraštruktúry.

10.1.2. Fáza 2
HPC Lab
a Kompetenčné centrum

Hlavné aktivity NSCC (vývoj pilotných projektov v spolupráci s SME) sa však už bez adekvátnej a hlavne modernej infraštruktúry nezaobídu. V rámci fázy 2 budovania NSC preto navrhujeme vybudovanie menšieho HPC klastra, tzv. HPC Labu, ktorý bude postavený na otvorených technológiách a prevádzkovaný Centrom spoločných činností SAV. Výkon HPC Labu je plánovaný na minimálnu úroveň 600 TFlops (teda 6 násobok Aurela) a investičné náklady vo výške približne 3 miliónov EUR by mali byť pokryté prostredníctvom Operačného programu Integrovaná infraštruktúra (prioritná os 7.2 – Zvýšenie inovačnej kapacity najmä malých a stredných podnikateľov v digitálnej ekonomike). Aj keď výkon takéhoto zariadenia ďaleko presahuje súčasné riešenie, vďaka nasadeniu moderných technológií budú jeho prevádzkové náklady nižšie ako v súčasnosti, preto v tejto fáze nepredpokladáme potrebu dodatočného financovania CSČ SAV (inak ako cez zdroje SAV).

10.1.4. Fáza 2
(Post)petascale infraštruktúra
a Kompetenčné centrum

V tejto fáze sa už aktivity NSC rozšíria na finálnu úroveň, masívne sa tiež rozšíri HPC infraštruktúra (na porovnateľnú úroveň so susediacimi krajinami – teda na rozsah desiatok PFlops). Z časového hľadiska ide o najdlhšie trvajúcu fázu projektového plánu, a počíta sa v nej aj s nastavením modelu trvalo udržateľnej prevádzky a obnovy infraštruktúry NSC.

V zmysle výstupov z právnej analýzy (kapitola 12) navrhujeme, aby NSC vo finálnej podobe pôsobila ako samostatná právnická osoba – združenie právnických osôb, pričom obstarávanie a prevádzku infraštruktúry by zabezpečovalo CSČ SAV, ako člen združenia. Umožní sa tak ľahšie čerpanie eurofondov (CSČ SAV ako príspevková organizácia nepotrebuje deklarovať finančnú spoluúčasť) a nebude ani potrebné riešiť prevod vlastníctva existujúcej infraštruktúry (ktorý je až do skončenia obdobia udržateľnosti projektu ŠF komplikovaný). CSČ SAV tiež môže zabezpečovať odborný personál NSC (prevádzka infraštruktúry a Kompetenčné centrum) principiálne rovnako ako v predchádzajúcich fázach, avšak vo väčšom rozsahu.

Samotné NSC by zabezpečovalo kontrolné a koordinačné aktivity v oblasti prevádzky a obstarávanie infraštruktúry, mohlo by tiež koordinovať virtuálne výskumné tímy na slovenských univerzitách a SAV, ktoré by boli spolufinancované cez grantové schémy určené na podporu vedy a výskumu.

Vo finálnom štádiu projektového plánu tak na projekte NSC bude pracovať 21 zamestnancov, z toho 17 bude organizačne začlenených pod CSČ SAV. Ich pracovné zaradenie a počty sú špecifikované v časti „Predpokladaný rozpočet“ – 10. 4.

10.2. Časová os vzniku a rozvoja

2020

FÁZA 1

- Spustenie NSCC (H2020)
- Ukončenie prevádzky Projektu SIVVP

FÁZA 2

- HPC Labu (OPII) (obstarávanie)

2022

FÁZA 2

- Ukončenie NSCC

FÁZA 3

- Petascale infraštruktúra (obstarávanie)

2021

FÁZA 2

- Spustenie infraštruktúry

2023

FÁZA 3

- Petascale infraštruktúra (spustenie)

2025

FÁZA 2

» Modernizácia HPC Labu (obstarávanie)

2027

FÁZA 3

» Modernizácia petascale infraštruktúry (obstarávanie)

2025 2026 2027 2028 2029

2026

FÁZA 2

» Modernizácia HPC Labu (spustenie)

2028

FÁZA 3

» Modernizácia petascale infraštruktúry (spustenie)

10.3. Kompetencie a úlohy jednotlivých aktérov NSC

Úlohy a kompetencie sú rozdelené na NSC (ako združenie právnických osôb) a na jeho jednotlivých kľúčových aktérov, odzrkadľujú pritom stav v tretej fáze realizácie projektu.

10.3.1. Združenie NSC

Úlohy:

- Koordinácia aktivít v oblasti HPC so všetkými kľúčovým hráčmi
- Dohľad nad fungovaním NSC (všetky aktivity)
- Pravidelný reporting relevantným ústredným orgánom verejnej moci
- Zabezpečovanie zdrojov na prevádzkové a rozvojové aktivity NSC
- Správa grantových schém NSC

Kompetencie:

- Predseda správnej rady NSC
- Zastupovanie SR v Európskych HPC štruktúrach (EuroHPC, PRACE, ...)

10.3.2. Úrad podpredsedu vlády pre investície a informatizáciu, resp. iný OVM poverený agendou NSC

Úlohy:

- Podpora vedeniu NSC pri rokovaní s relevantnými OVM (hlavne pri z abezpečení rozpočtu)

Kompetencie a práva:

- Nominácia člena správnej rady
- Nominácia členov rady expertov

10.3.3. SAV (v zastúpení CSČ SAV)

Úlohy:

- Prevádzka systémov
- Personálne zabezpečenie odborných aktivít NSC

- Správa používateľských účtov a evidencia projektov
- Reporting vedeniu NSC

Kompetencie a práva:

- Nominácia člena správnej rady
- Nominácia členov rady expertov
- Nominácia členov vedeckej rady
- Návrh technických špecifikácií HPC systémov (HW aj SW)

10.3.4. Ostatní partneri centra

Úlohy:

- Koordinácia svojich aktivít v HPC s ostatnými partnermi

Kompetencie a práva:

- Nominácie členov rady expertov
- Nominácie členov vedeckej rady
- Právo využívať služby NSC v plnom rozsahu

10.4. Predpokladaný rozpočet

Predpokladaný rozpočet je uvedený v tabuľkách 10.1.1 a 10.1.2 na nasledujúcich dvojstranách.

			2020	2021
NSCC (H2020)	Prevádzkové náklady	Prevádzkové náklady	€ 164 640,00	€ 329 280,00
		Ostatné priame náklady	€ 75 000,00	€ 150 000,00
		Nepriame náklady	€ 59 910,00	€ 119 820,00
NSCC (post H2020)	Prevádzkové náklady	Personálne náklady		
		Ostatné priame náklady		
HPC Lab (OPII)	Investičné náklady	Hardvér		€ 2 588 200,00
		Softvér		€ 500 000,00
HPC Lab (post OPII)	Investičné náklady	Hardvér		
		Softvér		
	Prevádzkové náklady	Personálne náklady		€ 94 800,00
		Energie		€ 158 941,44
NSC	Investičné náklady	Hardvér		
		Softvér		
		Ostatné (budova, sála,...)		
	Prevádzkové náklady	Personálne náklady		
		Energie		
		Ostatné priame náklady		

2022	2023	2024	2025
€ 164 640,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
€ 75 000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
€ 59 910,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
€ 164 640,00	€ 345 744,00	€ 363 031,20	€ 381 182,76
€ 75 000,00	€ 157 500,00	€ 165 375,00	€ 173 643,75
€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
		€ 299 616,50	€ 314 597,33
		€ 57 881,25	€ 60 775,31
€ 99 540,00	€ 104 517,00	€ 109 742,85	€ 115 229,99
€ 166 888,51	€ 175 232,94	€ 183 994,58	€ 193 194,31
	€ 19 000 000,00	€ 0,00	€ 0,00
	€ 1 266 666,67	€ 133 000,00	€ 139 650,00
€ 5 000 000,00	€ 262 500,00	€ 275 625,00	€ 289 406,25
	€ 747 339,00	€ 784 705,95	€ 823 941,25
	€ 1 266 666,67	€ 1 330 000,00	€ 1 396 500,00
	€ 157 500,00	€ 165 375,00	€ 173 643,75

Tab. 10.1.1.
Predpokladaný rozpočet za obdobie 2020-2025.

			2026	2027
NSCC (H2020)	Prevádzkové náklady	Prevádzkové náklady	€ 0,00	€ 0,00
		Ostatné priame náklady	€ 0,00	€ 0,00
		Nepriame náklady	€ 0,00	€ 0,00
NSCC (post H2020)	Prevádzkové náklady	Personálne náklady	€ 400 241,90	€ 420 253,99
		Ostatné priame náklady	€ 182 325,94	€ 191 442,23
HPC Lab (OPII)	Investičné náklady	Hardvér	€ 0,00	€ 0,00
		Softvér	€ 0,00	€ 0,00
HPC Lab (post OPII)	Investičné náklady	Hardvér	€ 3 000 000,00	€ 0,00
		Softvér	€ 63 814,08	€ 67 004,78
	Prevádzkové náklady	Personálne náklady	€ 120 991,49	€ 127 041,07
		Energie	€ 202 854,03	€ 212 996,73
NSC	Investičné náklady	Hardvér	€ 2 094 750,00	€ 2 199 487,50
		Softvér	€ 146 632,50	€ 153 964,13
		Ostatné {budova, sála,...)	€ 303 876,56	€ 319 070,39
	Prevádzkové náklady	Personálne náklady	€ 865 138,31	€ 908 395,23
		Energie	€ 1 466 325,00	€ 1 539 641,25
		Ostatné priame náklady	€ 182 325,94	€ 191 442,23

2028	2029	2030	SPOLU
€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 658 560,00
€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 300 000,00
€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 239 640,00
€ 441 266,69	€ 463 330,03	€ 486 496,53	€ 3 466 187,10
€ 201 014,35	€ 211 065,06	€ 221 618,32	€ 1 578 984,65
€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 2 588 200,00
€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 500 000,00
€ 0,00	€ 330 750,00	€ 347 287,50	€ 4 292 251,33
€ 70 355,02	€ 73 872,77	€ 77 566,41	€ 471 269,63
€ 133 393,12	€ 140 062,78	€ 147 065,91	€ 1 192 384,21
€ 223 646,57	€ 234 828,90	€ 246 570,34	€ 1 999 148,35
€ 20 000 000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 43 294 237,50
€ 161 662,33	€ 169 745,45	€ 178 232,72	€ 2 349 553,79
€ 335 023,91	€ 351 775,11	€ 369 363,86	€ 7 506 641,08
€ 953 814,99	€ 1 001 505,74	€ 1 051 581,02	€ 7 136 421,48
€ 1 616 623,31	€ 1 697 454,48	€ 1 782 327,20	€ 12 095 537,91
€ 201 014,35	€ 211 065,06	€ 221 618,32	€ 1 503 984,65

Tab. 10.1.2.
Predpokladaný rozpočet za obdobie 2026 – 2030 a celková suma za obdobie 2020 – 2030.

10
EURO

KAPITOLA 11

ANALÝZA finančných ZDROJOV

Zámer

Cieľom tejto kapitoly je poskytnúť prehľad o možných zdrojoch financovania Národného superpočítačového centra a jeho činnosti.

Analýza sa zameriava na finančné zdroje v rámci Slovenskej republiky, Európskej únie, ako aj na možnosti podpory zo strany partnerov v súkromnom sektore.

Obsah

11.1. Štátny rozpočet
11.2. Európske štrukturálne a investičné fondy
11.3. Priamo riadené programy
11.4. Súkromné zdroje
11.5. Akademická obec

Stručné zhrnutie

Financovanie prvej fázy rozvoja NSC je možné zabezpečiť kombináciou schválených zdrojov zo štátneho rozpočtu, poskytnutého príspevku zo strany Slovenskej akadémie vied a finančných prostriedkov poskytnutých EuroHPC JU v rámci spolufinancovania národných HPC kompetenčných centier.

Dlhodobé financovanie a podpora rozvoja činnosti NSC a HPC ekosystému si od roku 2021 si vyžaduje kombináciu viacerých zdrojov – štátneho rozpočtu, EŠIF, spolufinancovania z horizontálnych programov EÚ (napr. DEP, CEF2) a podpory zo strany priemyslu.

Financovanie prechodného obdobia (vybudovanie HPC Lab) je možné zabezpečiť v rámci finančných zdrojov z Európskych štrukturálnych investičných fondov.

Predpokladaná finančná aj nefinančná podpora zo strany priemyslu, t.j. od strategických partnerov, významne prispeje k udržateľnosti projektu NSC a k jeho schopnosti napĺňať svoju víziu a poslanie.

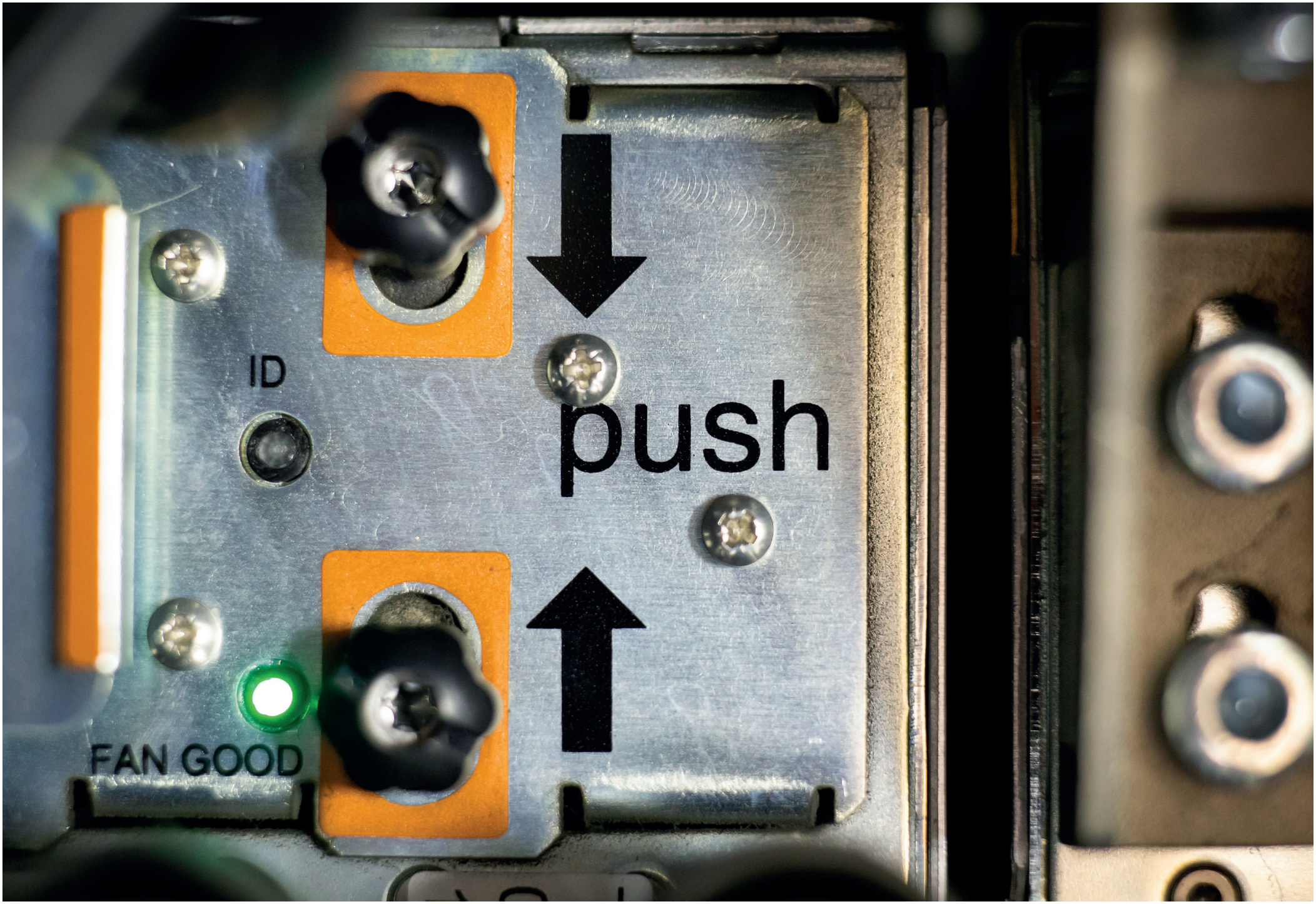
11.1. Finančné zdroje

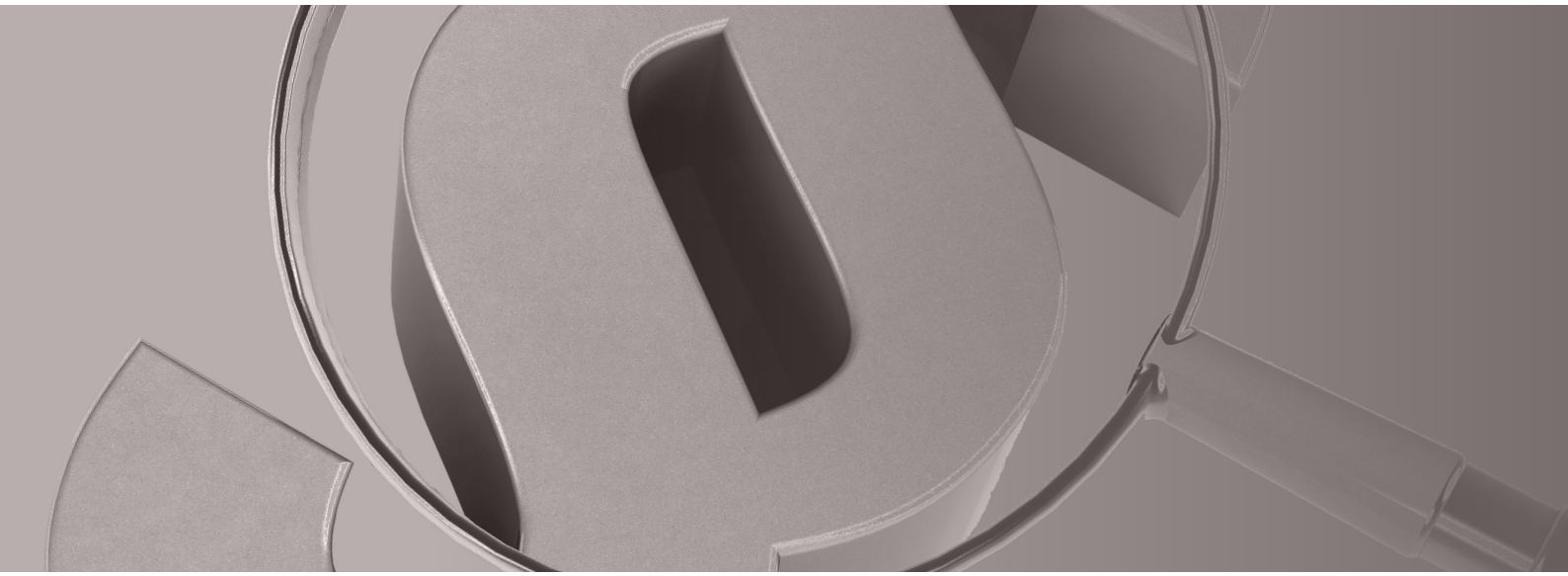
Financovanie projektu sa môže uskutočniť viacerými zdrojmi, ktoré sú navzájom komplementárne.

Ide o nasledovné možnosti:

- Štátny rozpočet, teda verejné zdroje Slovenskej republiky, ktoré už financujú centrum.
- Štrukturálne fondy pre programovacie obdobie 2021 – 2027, ktoré môžu priamo prispieť budovaniu infraštruktúry, alebo aj nepriamo prostredníctvom výskumných projektov využívajúcich výpočtovú kapacitu.
- Connecting Europe Facility (CEF) je program určený na budovanie infraštruktúry v európskom rozmere.
- Digital Europe Programme určený na budovanie strategických digitálnych kapacít a vybranú aplikačnú infraštruktúru.
- Súkromné zdroje beneficient využívajúcich výpočtové kapacity. V rámci strategického partnerstva s inovatívnymi technologickými spoločnosťami v rámci HPC ekosystému je možné očakávať priamu podporu zo strany partnerov (súkromných spoločností) vo forme finančných príspevkov, darovania alebo dlhodobého zapožičania technológií (in kind – hardvér a softvér) a poskytnutia expertízy a kapacít odborníkov, zamestnancov súkromných spoločností.

> **Najkrajšie veci sa dejú v našich mysliach, no len moc a peniaze ich môžu zhmotniť.**
>
> ~ Raymond Hezekiah Torrey


ID
push
FAN GOOD



KAPITOLA

12

Stručná PRÁVNA analýza

Zámer

Cieľom tejto kapitoly je zosumarizovať právnu analýzu, ktorá sa zaoberá možnosťami vzniku Národného superpočítačového centra z hľadiska právnej formy a to tak, aby zvolený spôsob bol v súlade s príslušnými právnymi predpismi a zároveň, aby spĺňal kritériá oprávnenosti stanovené predpismi Európske únie.

Postupnosť analýzy smeruje k odpovedi na otázku aká právna forma je vhodná na vznik a fungovanie superpočítačového centra. V nadväznosti na uvedené bude možné definovať spôsob zriadenia a následného prevádzkovania takéhoto centra.

Kompletná právna analýza tvorí Prílohu č.1 k tejto Štúdii uskutočniteľnosti.

Obsah

12.1. Relevantné právne predpisy a dokumenty

12.2. Posúdenie vhodnej právnej formy

12.3. Spôsob založenie organizácie

Stručné zhrnutie

V rámci posudzovania právnej formy budúceho superpočítačového centra bola identifikovaná ako spĺňajúca požiadavky právna forma záujmového združenia právnických osôb. Právna úprava právnej formy tejto právnickej osoby je obsiahnutá v Občianskom zákonníku. Ide o právnickú osobu ako samostatný subjekt, ktorý je spôsobilý sám, vo vlastnom mene a na vlastný účet nadobúdať práva a povinnosti. Vo všeobecnosti platí, že na vytvorení záujmového združenia právnických osôb sa môžu podieľať len právnické osoby.

V posudzovanom prípade boli za potenciálnych zakladateľov identifikované: ministerstvá, verejné vysoké školy, verejné výskumné inštitúcie a právnické osoby súkromného sektora. Slovenská akadémia vied a príspevkové organizácie v jej zriaďovateľskej právomoci sa nemôžu podieľať na vytvorení záujmového združenia právnických osôb. Tieto organizácie sa však môžu stať členmi takéhoto združenia. Spôsob kreovania tohto združenia teda musí byť na tento aspekt pripravený.

12.1. Relevantné právne predpisy a dokumenty

Právne predpisy EÚ

Nariadenie Rady (EÚ) 2018/1488 z 28. septembra 2018, ktorým sa zriaďuje spoločný podnik pre európsku vysokovýkonnú výpočtovú techniku (ďalej len „Nariadenie 2018/1488“)
Návrh Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady, ktorým sa ustanovuje program Digitálna Európa na obdobie 2021 – 2027 COM(2018) 434 final konečnom znení 2018/0227 (COD) (ďalej len „Návrh Digitálna Európa“)
Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ, Euratom) 2018/1046 z 18. júla 2018 o rozpočtových pravidlách (ďalej len „Nariadenie o rozpočtových pravidlách“).

Tab. 12.1. Relevantné právne predpisy EÚ.

Závery pracovných, poradných a expertných skupín Riadiacej rady EuroHPC (Governing Board)

EuroHPC JU Decision of the Governing Board no 11/2019 (Annex 1 National Eligibility Rules Conditions)

Tab. 12.2. Relevantné dokumenty EÚ.

Z analýzy uvedených právnych predpisov a dokumentov EÚ vyplýva, že základnou požiadavkou na budúce superpočítačové centrum bude právna forma právnickej osoby upravená výlučne vnútroštátnym právnym poriadkom Slovenskej republiky. Relevantné právne predpisy preto uvádzame v nasledujúcej tabuľke 12.3.

Právne predpisy SR

Zákon č. 460/1992 Zb. Ústava Slovenskej republiky v znení neskorších právnych predpisov
Zákon č. 40/1964 Zb. Občiansky zákonník v znení neskorších právnych predpisov
Zákon č. 513/1991 Zb. Obchodný zákonník v znení neskorších právnych predpisov
Zákon č. 133/2002 Z.z. o Slovenskej akadémii vied v znení neskorších právnych predpisov

Zákon č. 523/2004 Z.z. o rozpočtových pravidlách verejnej správy a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších právnych predpisov

Zákon č. 243/2017 Z.z o verejnej výskumnej inštitúcii a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších právnych predpisov

Zákon č. 131/2002 Z.z. o vysokých školách a o zmene a doplnení niektorých zákonov

zákon č. 176/2004 Z.z. o nakladaní s majetkom verejnoprávnych inštitúcií a o zmene zákona Národnej rady Slovenskej republiky č. 259/1993 Z.z. o Slovenskej lesníckej komore v znení zákona č. 464/2002 Z.z. v znení neskorších právnych predpisov

Zákon č. 34/2002 Z.z. o nadáciách a o zmene Občianskeho zákonníka v znení neskorších predpisov v znení neskorších právnych predpisov

Zákon č. 213/1997 Z.z. o neziskových organizáciách poskytujúcich všeobecne prospešné služby v znení neskorších právnych predpisov

Tab. 12.3. Relevantné právne predpisy SR zohľadnené pri tvorbe právnej analýzy.

12.2. Relevantné právne predpisy a dokumenty

Právna forma budúceho Národného superpočítačového centra by mala spĺňať najmä nasledovné kritériá:

1. prenos výsledkov výskumu do praxe,
2. financovanie z nadnárodných projektov a z podnikateľského sektora,
3. možnosť viaczdrojového financovania a zabezpečenia ekonomickej stability,
4. samostatné rozhodovanie v kľúčových otázkach,
5. zachovanie právnej subjektivity s autonómnym a samosprávnym postavením,
6. založenie viacerými subjektmi (výhradne právnickými osobami) z verejného, súkromného a akademického prostredia.

Pre určenie odporúčanej právnej formy budúceho Superpočítačového centra sú kľúčové kritérium č. 3, č. 5 a č. 6. Následne je potom možné identifikovať jeho možné právne formy. Medzi právne formy, ktoré spĺňajú stanovené kritéria možno zaradiť:

1. obchodné spoločnosti, konkrétne
   a. spoločnosť s ručeným obmedzeným,
   b. akciová spoločnosť,
   c. jednoduchá spoločnosť na akcie,

2. nadácie,
3. neziskové organizácie,
4. záujmové združenia právnických osôb.

V nadväznosti na uvedené je možné konštatovať, že **právna forma záujmového združenia právnických osôb spĺňa ako jediná požiadavky**, ktoré sa kladú na právnu formu budúceho superpočítačového centra.

Združenie môžu zakladať a jeho členmi môžu byť výlučne právnické osoby, a to bez ohľadu na ich charakter. Z okruhu zakladateľov a členov združenia sú vylúčené všetky fyzické osoby, hoci by išlo aj o fyzické podnikateľské subjekty. Právnickými osobami sú subjekty, ktoré ustanovuje § 18 ods. 2 Občianskeho zákonníka. Členmi združenia môžu byť aj zahraničné právnické osoby, ktorým právny poriadok umožňuje členstvo v iných právnických osobách.

Združenie je organizačno-právnou formou, prostredníctvom ktorej môžu združené právnické osoby realizovať svoje spoločné záujmy. Účelom združovania právnických osôb môže byť ochrana ich záujmov alebo iný, zákonom bližšie nevymedzený účel, ktorý však musí byť v súlade so zákonom a nesmie byť v rozpore s dobrými mravmi. Predmetom činnosti združenia je najmä uspokojovanie oprávnených záujmov a potrieb jeho zakladateľov (členov). Ide hlavne o zabezpečovanie koordinácie niektorých spoločných činností, odborných služieb, humanitných cieľov, rozvojových programov, zastupovanie pred štátnymi orgánmi a inými inštitúciami.

Stanovy združenia určia nielen názov, sídlo a predmet činnosti, ale aj úpravu majetkových pomerov, vznik a zánik členstva, práva a povinnosti členov, orgány združenia a vymedzenie ich pôsobnosti atď. Členstvo v združení možno viazať na určitý členský príspevok.

Na vytvorení záujmového združenia právnických osôb sa môžu podieľať len právnické osoby, čo je základná podmienka.

12.3. Spôsob založenia organizácie

S prihliadnutím na vyššie uvedené ambície obsiahnuté v Akčnom pláne je potrebné posúdiť zakladateľské resp. zriaďovateľské právomoci subjektov, ktoré sa budú podieľať na vzniku a následnom prevádzkovaní superpočítačového centra. Medzi tieto subjekty zaraďujeme:

1. Slovenskú akadémiu vied a jej organizácie,
2. ministerstvá a ostatné ústredné orgány štátnej správy,
3. verejné vysoké školy,
4. subjekty súkromného sektora.

Ako je bližie popísané v úplnej právnej analýze, v súčasnosti platí, že SAV môže vo svojej zakladateľskej právomoci zakladať alebo zriaďovať len výhradne verejné výskumné inštitúcie. Tento záver vyplýva z ustanovenie §21 ods. 10 Zákona o roz-

počtových pravidlách verejnej správy. Rovnako sú limitované aj príspevkové organizácie, ktoré zriadila SAV, t.j. tieto sa nemôžu podieľať na zriaďovaní a zakladaní iných právnických osôb. Pokiaľ by sa SAV alebo jej príspevkové organizácie podieľali na vytvorení inej právnickej osoby (v tomto prípade posudzovaného záujmového združenia právnických osôb) išlo by absolútne neplatný právny úkon podľa § 39 OZ.

Z uvedeného vyplýva záver, že SAV a ani ňou zriadené príspevkové organizácie sa nemôžu podieľať na zakladaní, resp. vytvorení záujmového združenia právnických osôb.

Na založení záujmového združenia právnických osôb sa však môžu podieľať ministerstvá, subjekty súkromného práva a s určitými obmedzeniami aj verejné vysoké školy (verejná vysoká škola napr. nemôže ako vklad do spoločnosti vložiť nehnuteľný majetok, ktorý získala prevodom od štátu a finančné prostriedky získané dotáciou zo štátneho rozpočtu).

Navrhujeme teda, aby Národné superpočítačové centrum (ako združenie právnických osôb) založilo príslušné ministrestvo (po dohode s Úradom podpredsedu vlády SR pre informatizáciu a investície spolu s asociáciou súkromných subjektov a následne do neho vstúpilo Centrum spoločných činností SAV ako rovnocenný člen.

KAPITOLA

13

ANALÝZA
udržateľnosti

Zámer

Obsahom tejto kapitoly je analýza faktorov vplývajúcich na úspech a dlhodobú udržateľnosť projektu Národného superpočítačového centra.

Silné a slabé stránky súčasného HPC ekosystému predstavujú faktory, ktoré NSC a jeho strategickí partneri môžu priamo ovplyvniť a mať ich pod priamou kontrolou. Príležitosti a hrozby sú faktormi mimo priamej zóny vplyvu NSC, avšak ich včasné rozpoznanie a správna reakcia sú kľúčové pre využitie potenciálu rozvoja a zároveň na adekvátnu prevenciu alebo riadenie rizík. Pre tento účel je súčasťou tejto kapitoly SWOT analýza.

Dlhodobá udržateľnosť činnosti a rozvoja Národného superpočítačového centra je priamo závislá od jeho schopnosti prinášať hodnotu pre svojich zákazníkov. Analýza PEST sa venuje faktorom, ktoré majú priamy vplyv na vytváranie tejto hodnoty.

Obsah

13.1. SWOT Analýza
13.2. PEST analýza

Stručné zhrnutie

Víziou Národného superpočítačového centra je inovatívny ekosystém využívajúci modernú superpočítačovú infraštruktúru a nástroje vysokovýkonného počítania, vysokovýkonných dátových analýz a umelej inteligencie v akademickej sfére, podnikateľskom sektore a vo verejnej správe na špičkový základný a aplikovaný výskum, na vzdelávanie talentov, na zvyšovanie konkurencieschopnosti slovenských podnikov a inteligentné riadenie a rozvoj štátu.

Dopyt po inovatívnych riešeniach pre zvyšovanie hospodárskeho rastu a životnej úrovne na Slovensku i v celej Európskej únii poskytuje NSC jedinečné východiská aj konkrétne platformy kľúčové pre jeho úspech a schopnosť dlhodobo prinášať očakávanú hodnotu svojim zákazníkom a celej spoločnosti.

Úvod

Kľúčovým produktom Národného superpočítačového centra je SLUŽBA pre zákazníka. Kapitola 7 je venovaná jej prínosom a dopadom. Je odpoveďou na otázku, aká je HODNOTA služby, ktorú NSC prinesie a kto je jeho ZÁKAZNÍK.

Kapitoly 6 pojednáva o ambíciách a vízii Národného superpočítačového centra, kým kapitoly 8, 9 a 10 sa venujú otázke „AKO?“ alebo „aké AKTIVITY je potrebné vykonať a v akej POSTUPNOSTI?“. Tak, aby v každej fáze svojho pôsobenia prinášalo relevantnú SLUŽBU svojim ZÁKAZNÍKOM, ktorí ocenia jej HODNOTU.

Kapitoly 11 a 12, analyzujú právne a finančné aspekty založenia a postupného rozvoja NSC. Analýza kľúčových faktorov úspechu, slabých a silných stránok, príležitostí a hrozieb (SWOT), ako aj analýza faktorov, ktoré vplývajú na hodnotu budúcich služieb u zákazníkov NSC (PEST), je predmetom tejto kapitoly. Ich poznanie a neustále monitorovanie je kľúčové pre udržanie nielen dlhodobého rastu a efektívnej činnosti Národného superpočítačového centra, ale aj pre zabezpečenie hlavného cieľa NSC – prinášať HODNOTU svojim ZÁKAZNÍKOM, akademickej obci, podnikateľským subjektom, verejnej správe, a tým aj celej slovenskej spoločnosti.

13.1. SWOT Analýza

Napriek počiatočnému hendikepu slovenského Národného superpočítového centra v porovnaní s ostatnými európskymi HPC centrami, vrátane centier v susedných štátoch, môže NSC rátať so skúsenosťami HPC expertov v Centre spoločných činností SAV a ďalších členov SIVVP. Pokračujúca spolupráca s partnermi v EuroHPC JU a PRACE bude tiež dôležitá pri transfere vedomostí a expertízy, potrebných pre úspešný a efektívny rozvoj centra. SLUŽBY poskytované v súčasnosti ZÁKAZNÍKOM v oblasti akademického výskumu sú zároveň dôležitým základom pre rozvoj služieb pre zákazníkov z ďalších sektorov.

Na druhej strane, pre naplnenie vízie a cieľov NSC a jeho programov bude nevyhnutné vyrovnať sa s vnútorným dlhom akumulovaným v posledných 7 rokoch (v oblasti HPC infraštruktúry, ľudských zdrojov a investícií do vedy a výskumu), zabezpečiť systémové financovanie NSC a rozvoj talentov v oblasti HPC a HDPA, ako aj rozvinúť obojstranne výhodnú spoluprácu s partnermi a zákazníkmi zo súkromného sektora a verejnej správy.

Podpora rozvoja a aktívneho používania digitálnych technológií v priemysle, akademickej obci a vo verejnej správe patria ku kľúčovým prioritám Európskej komisie a Vlády Slovenskej republiky. Ich podpora ako aj aktívny záujem priemyslu, akademickej obce a organizácií verejnej správy predstavujú významné príležitosti pre Národné superpočítačové centrum ako aj pre jeho očakávaný príspevok k digitálnej transformácii Slovenska.

Zabezpečenie kontinuity pôsobenia a rozvoja NSC nezávisle od volebného cyklu v krajine, systematického financovania Centra a vedecko výskumných aktivít jeho

zákazníkov, rozvoja ekosystému digitálnych inovácií a vytvorenie atraktívneho prostredia pre talenty pôsobiace v zahraničí (občania SR, EÚ alebo tretích krajín) budú pre Národné superpočítačové centrum a jeho partnerov výzvou pri realizácii vízie a plánov NSC.

Silné stránky	Slabé stránky
Skúsenosti s prevádzkou HPC infraštruktúry Partnerstvá v rámci EÚ (PRACE, EuroHPC JU, AI4EU) Úzka spolupráca s akademickou obcou a výskumnými tímami na univerzitách	Nedostatok odborníkov a neexistujúci program na rozvoj talentov v oblasti HPC a HDPA Neexistujúca spolupráca so súkromným sektorom Nedostatok finančných prostriedkov na prevádzku, rozvoj a investície do modernizácie infraštruktúry
Príležitosti	**Hrozba**
Dopyt zo strany akademickej obce prevyšujúci súčasné kapacity (priestor na rast) Dopyt zo strany súkromného sektora (v súčasnosti uspokojovaný partnerskými centrami v zahraničí) Súčasný a budúci dopyt v oblasti AI a HPDA (tak z akademického ako aj súkromného sektora) Podpora HPC a HPDA ekosystému ako kľúčová priorita Európskej komisie a vlády SR Vznikajúci ekosystém v oblasti umelej inteligencie a veľkých dát (významný vplyv - Slovak.AI) Vznikajúci ekosystém v oblasti hardvéru pre dátové centrá na Slovensku (podporovaný R&D centrom spoločnosti Tachyum)	Ohrozenie kontinuity v oblasti Akčného plánu Digitálnej transformácie Slovenska po parlamentných voľbách 2020 Nedostatočné finančné prostriedky potrebné na spolufinancovanie projektov uchádzajúcich sa o granty v rámci EuroHPC JU a budúcich výziev v programovacom období 2021 – 2027 Konkurencia pri získavaní talentov (odborníkov) zo súkromnej sféry alebo zo zahraničia

Tab. 13.1. SWOT analýza.

13.2. PEST Analýza

Analýza politických, ekonomických, sociálno-kultúrnych a technologických prostredí (PEST) je súčasťou analýzy a plánovania Národného superpočítačového centra a jeho pôsobenia a úlohe v rámci Slovenskej republiky a ekosystému Európskej únie s cieľom zabezpečiť relevantnosť a pozitívny dopad poslania a činnosti NSC.

Politické faktory	Ekonomické faktory
Obchodná vojna Preteky v oblasti AI Podpora digitálna transformácie Klimatické zmeny	Vplyv umelej inteligencie na hospodársky rast 4. priemyselná revolúcia Malé a stredné podniky – základ ekonomiky Inovatívne ekosystémy
Sociálne a kultúrne faktory	**Technologické faktory**
Životná úroveň Úloha štátu Demografické zmeny Vplyv digitalizácie na zamestnanosť Odliv mozgov	Nové technológie v oblasti kritických komponentov Konvergencia cloudu, HPC a AI 5G, internet vecí, EDGE Kvantové počítanie

Tab 13.2. PEST analýza.

Politický faktor

Obchodná „vojna“

Prehlbujúce sa napätie v medzinárodnom obchode, zvlášť vo vzťahu k USA a Číne, vyústilo v roku 2018 do rozhodnutia Európskej komisie a prijatia strategického plánu s cieľom zabezpečiť technologickú suverenitu EÚ v oblasti kritickej infraštruk-

túry a dát. Jej kľúčové oblasti sú napríklad kritické technológie (počítačové čipy, dátové siete), spracovanie a manažment dát generovaných organizáciami vedy a výskumu, verejnej správy a podnikateľského sektora.

Preteky v oblasti umelej inteligencie

Zabezpečiť a udržať si vedúcu pozíciu v oblasti vysokovýkonnostného počítania a umelej inteligencie - preteky v zbrojení a získavaní nerastných surovín v súčasnosti nahrádza súboj o získanie prvenstva vo vývoji všeobecnej umelej inteligencie (General AI). Podľa citátu ruského prezidenta Vladimíra Putina: „Ten, kto ovládne AI, ovládne svet.“ Najväčšími konkurentmi EÚ sú v týchto „pretekoch“ Čína, USA a Rusko.

Digitálna transformácia

Digitálne technológie majú rastúci vplyv na zvyšovanie efektivity a inovačný potenciál podnikateľských subjektov, verejnej správy, a tým samotných krajín. Pre udržanie si alebo zvýšenie vlastnej konkurencieschopnosti bude pre podnikateľské subjekty aj inštitúcie verejnej správy nevyhnutné adaptovať digitálne technológie do svojich vnútorných procesov.

Príkladom kľúčových oblastí, ktoré v súčasnosti výrazne ovplyvňujú aj legislatívu a strategické zámery Európskej únie a jej členských štátov sú

- priemysel (napr. robotizácia a automatizácia v rámci Priemysel 4.0)
- medzinárodný obchod a logistika (napr. technológia blockchain)
- finančný sektor (umelá inteligencia, blockchain)

Popri vyššej efektívnosti a konkurencieschopnosti očakávajú občania a podnikateľské prostredie zvýšenie štandardu služieb verejnej správy a tým aj zvýšenie životnej úrovne v mestách, regiónoch i krajine. Vďaka technológiám ako internet vecí, HPC, umelá inteligencia alebo 5G a ich efektívnom využití pri vývoji a realizácii služieb občanom a podnikateľom môžeme hovoriť o inteligentných mestách, regiónoch a inteligentnej verejnej správe.

Klimatické zmeny

Dlhodobé negatívne zmeny klímy spôsobené aj ľudskou činnosťou si vyžadujú zodpovedný prístup a riešenia nielen na globálnej, ale aj národnej a regionálnej úrovni. Medzi konkrétne opatrenia a iniciatívy podporované EÚ aj Slovenskou republikou patria:

- zvyšovanie energetickej efektívnosti,
- výskum a vývoj v oblasti udržateľných energetických zdrojov,
- analýza vplyvu klimatických zmien na jednotlivé odvetvia, mestá a regióny,
- následné prijímanie opatrení na efektívnu prevenciu pred týmito vplyvmi alebo prírodnými katastrofami, či schopnosť okamžite reagovať a zasiahnuť prípade živelnej pohromy.

Ekonomický faktor

Vplyv umelej inteligencie na hospodársky rast

Podľa analýz Forbes a Svetovej banky sa očakáva, že až 50% rastu HDP vo vyspelých ekonomikách po roku 2020 bude vytvorených vďaka riešeniam postavených na umelej inteligencii

4. priemyselná revolúcia a konkurencieschopnosť výrobného sektora

Vzhľadom na významný podiel výrobného sektora na HDP Európskej únie a Slovenska je nevyhnutné, aby európske a slovenské výrobné spoločnosti úspešne zvládli transformáciu svojho podnikateľského modelu v rámci Industry 4.0. Využitie HPC a HPDA technológií pomôže nielen zvýšiť inovačný potenciál a produktivitu týchto spoločností, no výrazne podporí aj ich schopnosť konkurovať na medzinárodných trhoch.

Malé a stredné podniky ako základ národného hospodárstva

Hnacím motorom každej ekonomiky v EÚ sú malé a stredné podniky. Ich schopnosť absorbovať nové technológie je závislá od ich vnútorných zdrojov – ľudí a financií na pokrytie nákladov súvisiacich s významnou transformáciou.

Ekosystémy ako základ dlhodobo udržateľného rastu a inovácie

Tak, ako jedna kvapka neznamená dážď, ani jedna dve úspešné firmy alebo projekty nevytvárajú obraz o celom hospodárstve a jeho potenciáli. Vytváranie dlhodobých a vzájomne výhodných partnerstiev a budovanie synergií je cestou k dlhodobo udržateľnému rozvoju jednotlivých sektorov a odvetví.

Spoločenský a kultúrny faktor

Životná úroveň

Zvyšujúca sa životná úroveň v Európskej únii a na Slovensku prináša očakávania spotrebiteľov v oblasti nových alebo neustále inovovaných produktov a služieb zo strany podnikateľských subjektov. Občania očakávajú efektívnejší servis zo strany štátu a jeho organizácií s čo najmenšou mierou fyzickej interakcie.

Verejná správa a očakávania verejnosti

Efektívna správa finančných prostriedkov a majetku, podpora podnikateľského prostredia, vymožiteľnosť práva, vzdelávanie na vysokej úrovni, moderná zdravotná starostlivosť, efektívny sociálny systém, bezpečnosť občanov a právnických osôb, dlhodobá stratégia rozvoja štátu a regiónov, zabezpečenie a rozvoj infraštruktúry vrátane dopravnej, energetickej a informačnej, alebo dlhodobá stratégia rozvoja štátu a regiónov patria medzi hlavné zodpovednosti verejnej správy a jej kroky, rozhodnutia a správanie sú (aj vďaka súčasným masovokomunikačným prostriedkom) úzko sledované občanmi, podnikateľským aj neziskovým sektorom.

Demografické zmeny

Vplyv na životnú úroveň a schopnosť štátu a regiónov napĺňať jednotlivé stratégie a iniciatívy majú a v budúcnosti budú mať aj starnúca populácia, nedostatok a úroveň mobility pracovnej sily, či úroveň a štruktúra vzdelanosti

Vplyv digitálnych technológií na zamestnanosť

Zavádzanie digitálnych technológií a robotizácie vo väčšine odvetví prinesie zásadnú zmenu v štruktúre pracovných miest a zamestnanosti. Popri negatívnom vplyve na pracovné pozície, ktoré v budúcnosti nahradia nové technológie ako umelá inteligencia či robotika, vznikne priestor pre vytváranie nových profesií a nových možnosti na sebarealizáciu a vzdelávanie pre ľudí.

Odliv mozgov

Schopnosť inovovať a vytvárať nové hodnoty závisí od kvalitných a vzdelaných ľudí. Nielen Slovensko, ale aj všetky členské štáty Európskej únie čelia vážnemu problému spôsobeného odlivom talentov do zahraničia.

Technický faktor

Nové technológie v oblasti kritických komponentov

Potreba výkonnejšieho a energeticky úspornejšieho hardvéru prináša nové inovácie a prielomové vynálezy v oblasti kritických komponentov v informačno-komunikačných technológiách. Príkladom môže byť spoločnosť Tachyum, ktorá vyvíja prvý univerzálny, vysokovýkonný a energeticky ultra-efektívny procesor pre dátové centrá, automobilový priemysel či telekomunikácie.

Konvergencia cloudu, HPC a AI

Kedysi výsada superpočítačových centier, vysokovýkonné počítanie a dátové analýzy dnes vďaka inováciám v oblasti architektúry a administratívy dátových centier sú dnes dostupné aj v rámci cloudových dátových centier, čo výrazne zvyšuje dostupnosť a znižuje cenovú bariéru pre používateľov. Popri štandardných paralelných výpočtoch vytvára nová architektúra možnosť využívať tieto systémy aj pre ďalšie disciplíny vyžadujúce vysoký počítačový výkon a kapacitu, ako napríklad strojové učenie či Big Data.

5G, internet vecí, EDGE

Zvyšovanie rýchlosti dátového prenosu, exponenciálny rast inteligentných zariadení a senzorov poskytujúcich obrovské množstvá dát a technológie so schopnosťou spracovať tieto dáta v reálnom čase na mieste ich využitia vytvárajú nové možnosti použitia HPC a AI v rôznych odvetviach. Od výrobného sektoru, cez inteligentné mestá a regióny až po maloobchod.

Kvantové počítanie

Výskum v oblasti kvantových počítačov a kvantového počítania a jeho postupné napredovanie otvára nové možnosti v rôznych disciplínach, ktoré boli pre ľudstvo nedostupné kvôli súčasným technologickým limitom.

KAPITOLA

14

"Cost Benefit"
ANALÝZA

Zámer

Predmetom tejto kapitoly je analýza nákladov a predpokladaných prínosov projektu Národného superpočítačového centra v horizonte 10 rokov od spustenia projektu.

Projekt vybudovania Národného superpočítačového centra prinesie bezodplatné poskytnutie výpočtovej kapacity pre verejné vedecké a výskumné aktivity. Cost benefit analýza (CBA) teda hodnotí ekonomický prínos podpory vedeckého výskumu vzhľadom na výšku investícií.

Obsah

14.1. Základný prínos projektu

14.2. Východiská pre určenie vstupných parametrov

Stručné zhrnutie

Pri CBA sa hodnotili dve alternatívy. Prvou bolo vybudovanie centra, teda nákup a udržiavanie vlastnej infraštruktúry a následné poskytovanie služieb verejným vedecký a výskumným pracoviskám. Druhou alternatívou bol centrálny externý nákup výpočtovej kapacity a poskytovanie tejto služby vlastným vedeckým pracoviskám.

Záver analýzy je ten, že alternatíva A, teda vybudovanie vlastného centra má ďaleko vyššiu kumulovanú ekonomickú návratnosť a tiež pomer prínosov a nákladov, ktorý je na úrovni 5,35. Alternatíva B, teda nákup kapacity je tiež ekonomický prínosný, ale na podstatne nižšej úrovni, kedy pomer prínosov a nákladov dosahuje koeficient len 1,24.

14.1. Základný prínos projektu

Ekonomický dôvod spustenia projektu spočíva v tom, že podpora verejného výskumu vedie k zhodnoteniu vstupnej investície, celkovému rastu konkurencieschopnosti krajiny a v konečnom dôsledku tak k nárastu hrubého domáceho produktu. Pre potreby cost benefit analýzy (CBA) je však potrebné vyčísliť prínos projektu presne a vo finančnom vyjadrení, a následne porovnať pozitívny prínos projektu a náklady.

Kľúčovým parametrom vstupujúcim do CBA je teda zhodnotenie účinku verejného výskumu na verejné financie. Tento dopad je možné hodnotiť v prvom rade z makroekonomického aspektu, teda to, aký dopad má výskum na celkové prostredie krajiny a na nárast HDP. Taktiež je možné dopad výskumu hodnotiť z mikroekonomického pohľadu, teda to, ako sa zhodnotila investícia v danom projekte.

Z makroekonomického pohľadu financovanie verejného výskumu má pozitívny účinok na celkový rast konkurencieschopnosti krajiny, čo sa v konečnom dôsledku prejaví nárastom HDP. Mechanizmus, ktorým sa to dosiahne, spočíva v náraste miery celkových znalostí v spoločnosti. To sa číselne môže indikovať napríklad rastom patentov, z ktorých časť prinesie priame finančné benefity pre inovatívne podnikateľské subjekty. Druhý mechanizmus, ktorým sa podpora výskumu transformuje do nárastu HDP, spočíva v náraste ľudského kapitálu a celkovej zručnosti obyvateľov. Významný výskum vedie tiež aj k vytváraniu sietí toku znalostí a skúseností, a teda čím je v danej krajine robustnejší výskum, tým viac výskumné inštitúcie majú funkciu centier takýchto sietí, ktoré priťahujú ľudí a znalosti aj z iných krajín. Výsledkom spolupôsobenia týchto faktorov je nakoniec to, že verejné investície vedú k merateľnému rastu hrubého domáceho produktu.

Tento nárast HDP v závislosti na investícii je empiricky potvrdený celým radom štúdii. Napríklad regresný model uskutočnený na údajoch 87 krajín, keď sa skúmali investície do výskumu v roku 2008 a nárast HDP v každej príslušnej krajine v roku 2011. Model daný regresnou analýzou identifikoval lineárnu závislosť, keď 1 percento navýšenia výskumu a vývoja (relatívne voči HDP) vedie k celovému navýšeniu HDP o 5 %[1].

Pri mikropohľade je možné hodnotiť každý jednotlivý projekt. Pri projekte veľmi závisí oblasť pôsobenia. Ale vzhľadom na charakter projektu Národného superpočítačového centra je potrebné brať do úvahy skôr priemerné údaje za rôznorodé typy projektov, nakoľko v centre sa budú podporovať rôzne oblasti výskumu. V prípade priemerných údajov väčšiny štúdií je empiricky nameraná hodnota generovaná výskumom konkrétneho projektu (pomer prínosov a nákladov) na úrovni rozptylu od 3- do 8-krát vyššej hodnoty ako je vstupná investícia[2] (priemer 5,5). Toto číslo platí pre celkovú hodnotu verejného výskumu počas celkového projektového cyklu daného výskumu. Ročná miera návratnosti investícii taktiež variuje, ale s tendenciou najčastejšie uvádzanej hodnoty cca 20 % v prípade verejného výskumu[3].

14.2. Východiská pre určenie vstupných parametrov

Pre výpočet cost benefit analýzy (CBA) je potrebné číselne zadefinovať základné parametre, ktoré vstupujú do analýzy. Ide o dve hlavné skupiny parametrov. Prvá skupina popisuje nákladovú stránku, teda investíciu vo finančnom vyjadrení. Druhá skupina parametrov popisuje benefit projektu, teda to, akú hodnotu projekt vytvára, a to v ekonomickom vyjadrení. Pri CBA sa skúmali dve alternatívy, prvým je fyzické vybudovanie superpočítačového centra a druhým je objednávanie si služieb výpočtovej kapacity ako platenej služby na voľnom trhu. Vstupné parametre sú preto odlišné pre každý prípad.

14.2.1. Alternatíva A
Vybudovanie NSC

Alternatíva A je vybudovanie vlastného Národného superpočítačového centra. To predpokladá uskutočnenie relatívne veľkej vstupnej investície a následne je potrebné vybudovanú infraštruktúru udržiavať. Celkové odhadové náklady počas 10 rokov predstavujú 73 886 376 €.

1 SURANI, S., GENDRON, W., MAREDIA, S., The Economic Impact of Research and Development, 2017

2 GEORGHIOU, L., Value of research, European Commision, 2015

3 Rates of return to investment in science and innovatio, Frontier Economics Ltd, London, 2014

Celkový prehľad zjednodušeného rozpočtu je nasledovný:

Položka	Celková suma [€]
Nákup a podpora HW	19 000 000,00
Softwér	2 349 553,79
Údržba HW	4 294 237,50
Upgrade HW	20 000 000,00
Náklady na priestory	7 506 641,08
Náklady na energie	12 095 537,91
Personálne náklady	7 136 421,48
Ostatné priame náklady	1 503 984,65
SPOLU	73 886 376,41

Tab. 14.2.1.1. Prehľad rozpočtu alternatíva A

Pri danej alternatíve A bude celá kapacita Národného superpočítačového centra dostupná od roku 2023 (rok 3 od začiatku), a to v kapacite minimálne 9,5 petaflops.

Ekonomická hodnota výpočtovej kapacity 1 petaflop/s počas jednej hodiny v roku 2020 predstavuje cca 1 300 €. Avšak do roku 2023 odkedy sa začne reálne služba ponúkať, klesne táto hodnota na 1 053 € za hodinu výpočtového času (a ďalej bude hodnota následne klesať v pomere 10 % ročne). Do výpočtu však bude potrebné kalkulovať ešte aj zľavu, a to o výške 30 % a teda reálna hodnota v roku 2023 klesne na 737 €. Teoretická hodnota výpočtovej kapacity, ktorú ponúkne Národné superpočítačové centrum tak bude predstavovať 737 € x 9,5 petaflops x 8.760 (počet hodín ročne) = 61 333 140 €.

Avšak uvedená výpočtová kapacita je len teoretická. V praxi bude využívanosť služby nižšia. V roku spustenia (rok 2023) sa predpokladá len využívanie na úrovni 60 % a následne bude využívanie rásť každý rok o 10 pc na úroveň 90 % v roku 2026. Od roku 2027 bude využívanie na úrovni 95 % a ďalej sa nepredpokladá jeho nárast. Po započítaní miery vyžívania tak bude reálna hodnota, ktorú poskytne Národné superpočítačové centrum v roku 2023 menšia a dosiahne výšku len 36 804

877 €. Táto dotácia sa reálne využije na podporu vedeckých a výskumných projektov v danom roku. Celková tržná hodnota dotácie pre výskumné projekty počas 10 rokov (do roku 2030) po kalkulovaní všetkých zliav, poklese hodnoty ako aj miery vyžívania bude predstavovať 286 932 232 €.

Dotácia sa však nepoužije pre predaj na trhu, ale pre podporu výskumných verejných projektov bezodplatne. Jednotliví beneficienti ďalej dotáciu zhodnocujú vo vlastných projektoch, a to v priemernej výške 20 %. Prvýkrát sa ale dotácia zhodnotí o rok neskôr po spustení služby, teda až v roku 2024. Celková výška kvalitatívnych prínosov projektu do roku 2023 po započítaní zhodnotenia tak bude predstavovať 310 872 168 €. Dopad na HDP sa prejaví až od roku 2025. Celkovo však bude pozitívny dopad predstavovať nárast HDP o cca 1.700 mld. €, ale tento dopad bude časovo rozložený počas viacerých rokov, a to až do roku 2035.

Výsledok analýzy alternatívy A

Pri daných vstupných parametroch (výška investície, hodnota služby, zhodnotenie služby) sú výstupné hlavné parametre CBA danej alternatívy nasledovné:

Čistá súčasná hodnota z projektu				
koeficient obdobia	**Finančná (FNPV) [€]**	**Ekonomická (ENPV) [€]**	**Kumulovaná diskont. návratnosť ENPV [€]**	
0	-10 000,00	-8 333,33	-8 333,33	<
1	-9 615,38	-7 936,51	-16 269,84	<
2	-20 755 149,16	-16 968 079,62	-16 984 349,46	<
3	-2 154 667,41	36 407 382,48	19 423 033,02	Rok návratu investície!
4	-2 174 957,96	36 407 725,27	55 830 758,29	>
5	-3 917 191,86	34 260 379,56	90 091 137,85	>
6	-3 954 462,01	32 928 786,10	123 019 923,96	>

Tab. 14.2.1.2. Sumárne výstupné parametre CBA pre alternatívu A

Čistá súčasná hodnota z projektu				
koeficient obdobia	Finančná (FNPV) [€]	Ekonomická (ENPV) [€]	Kumulovaná diskont. návratnosť ENPV [€]	
7	-17 435 460,77	19 019 586,05	142 039 510,01	>
8	-2 258 249,78	26 204 959,85	168 244 469,86	>
9	-2 279 612,43	22 212 550,94	190 457 020,80	>
SPOLU	-54 949 366,78	190 457 020,80		

Tab. 14.2.1.2. Sumárne výstupné parametre CBA pre alternatívu A

		Výsledná hodnota	Minimálna hodnota
BCR	pomer prínosov a nákladov	5,35	1,00
FIRR	finančná vnútorná výnosová miera (%)		-
EIRR	ekonomická vnútorná výnosová miera (%)	226,4	5,0
FNPV	finančná čistá súčasná hodnota (€ s DPH)	-54 949 367	-
ENPV	ekonomická čistá súčasná hodnota (€ bez DPH)	190 457 021	0

Tab. 14.2.1.3. Výsledok CBA

Celkovo možno zhrnúť, že projekt vykazuje veľmi dobré parametre návratnosti. Je potrebné zdôrazniť, že jediný vstupný predpoklad doložený externou literatúrou je zhodnotenie investície do výskumu na 20 % ročne. Všetky ostatné parametre sú doložené vlastnými zdrojmi údajov. Konečným výstupom analýzy je konštatovanie kumulovanej návratnosti na úrovni 5,35 násobku vstupnej investície. To je presne v zhode s alternatívnou štúdiou, ktorá konštatovala priemer kumulovanej návratnosti investície do výskumných projektov na úrovni 5,5 násobku (rozptyl od 3 do 8). Záver je teda, že CBA Alternatívy A konštatuje nezávislými štúdiami očakávané výsledky s vysokou mierou návratnosti.

14.2.2. Alternatíva B
Nákup výpočtovej kapacity

Alternatíva B je nákup výpočtovej kapacity na trhu bez potreby budovania centra. Pri danej alternatíve CBA vychádzala z rovnakej miery využívania ako v prípade A, ako aj rovnakej miery zhodnocovania dotácie. Hlavná odlišnosť spočíva v nákladoch. Tie sú v tejto alternatíve ďaleko vyššie a dosahujú výšku 292 481 389,36 €

Pri alternatíve B sa kalkulovalo len s nákupom reálnej potreby, vďaka čomu odpadli všetky náklady spojené s obstaraním a údržbou HW, ako aj personálne náklady spojené s údržbou HW. Ďaleko najväčšie náklady sú spojené s nákupom výpočtovej kapacity na trhu, ktoré spolu predstavujú až 286 932 232 €. (Vstupné parametre pre výpočet hodnoty nakupovanej výpočtovej kapacity sú totožné ako v prípade Alternatívy A, teda cena 1 300 € za 1 Petaflops za hodinu času v roku 2020. Kalkulovaná zľava 30 %, poklesu hodnoty výpočtovej kapacity 10 % ročne. Predpokladá sa rovnaké využívanie služby ako v prípade A).

Nákup výpočtovej kapacity pri zohľadnení daných parametrov a predpokladov je nasledovný:

Nákup služby výpočtovej kapacity	t1	0	0
	t2	0	0
	t3	36 804 877	36 804 877
	t4	38 645 121	38 645 121
	t5	39 747 869	39 747 869
	t6	40 247 863	40 247 863
	t7	38 235 304	38 235 304
	t8	34 410 114	34 410 114
	t9	30 968 991	30 968 991
	t10	27 872 092	27 872 092

Tab. 14.2.2.1. Prehľad nákupu výpočtovej kapacity

Celkovo pri zohľadnení ďalších nákladov je zjednodušený rozpočet Alternatívy B nasledovný:

Položka	Celková suma [€]
Nákup výpočtovej kapacity	286 932 232,40
Personálne náklady spojené s prevádzkou skužby	1 700 505,31
Projektové riadenia a publicita	2 344 667,01
Ostatné priame náklady	1 503 984,65
SPOLU	292 481 389,36

Tab. 14.2.2.2. Prehľad rozpočtu alternatíva B

Výsledok analýzy alternatívy B

Pri daných vstupných parametroch (výška investície, hodnota služby, zhodnotenie služby) sú výstupné hlavné parametre CBA danej alternatívy nasledovné:

Čistá súčasná hodnota z projektu				
koeficient obdobia	Finančná (FNPV) [€]	Ekonomická (ENPV) [€]	Kumulovaná diskont. návratnosť ENPV [€]	
0	-10 000,00	-8 333,33	-8 333,33	<
1	-9 615,38	-7 936,51	-16 269,84	<
2	-34 565 017,38	-28 258 142,71	-28 274 412,55	<
3	-34 896 928,82	9 894 341,31	-18 380 071,24	<
4	-34 522 982,04	10 463 382,56	-7 916 688,68	<

5	-33 631 988,95	10 654 959,99	2 738 271,31	Rok návratu investície
6	-30 773 999,99	11 826 267,72	14 564 539,03	>
7	-26 709 908,92	11 791 636,49	26 356 175,52	>
8	-23 194 818,82	10 043 648,79	36 399 824,32	>
9	-20 153 734,23	8 546 600,89	44 946 425,21	>
SPOLU	-238 468 994,54	44 946 425,21		

Tab. 14.2.2.3. Sumárne výstupné parametre CBA pre alternatívu B

		Výsledná hodnota	Minimálna hodnota
BCR	pomer prínosov a nákladov	1,24	1,00
FIRR	finančná vnútorná výnosová miera (%)		-
EIRR	ekonomická vnútorná výnosová miera (%)	38,3	5,0
FNPV	finančná čistá súčasná hodnota (€ s DPH)	-238 468 995	-
ENPV	ekonomická čistá súčasná hodnota (€ bez DPH)	44 946 425	0

Tab. 14.2.2.4. Výsledok CBA

Tabuľka ukazuje, že aj v prípade alternatívy B je projekt prínosný. Miera jeho prínosu 1,24 x vstupnej investície je ďaleko horšia, ako v prípade Alternatívy A (5,35 x).

KAPITOLA 15

ZÁVER

Vysokovýkonné počítanie (HPC) predstavuje kľúčovú rolu v budúcej digitálnej transformácii slovenskej spoločnosti, jej hospodárstva, vedy a výskumu a verejnej správy.

Na základe hĺbkovej analýzy súčasných a budúcich potrieb a súčasného stavu v oblasti vysokovýkonného počítania a infraštruktúry pre aplikácie v oblasti vysokovýkonných dátových analýz, umelej inteligencie, blockchain štúdia uskutočniteľnosti odporúča nasledovné opatrenia:

- Podporiť vytvorenie a rozvoj inovatívneho HPC ekosystému na Slovensku v rámci partnerstiev akademickej obce, priemyslu a verejnej správy.
- Zvýšiť povedomie o prínosoch HPC a HPDA v podnikateľskom prostredí a zabezpečiť širokú adopciu HPC a HPDA nástrojov vo vývoji nových produktov a služieb a v zvyšovaní efektivity procesov v súkromných spoločnostiach, s dôrazom na malé a stredné podniky.
- Zvýšiť mieru využívania vysokovýkonného počítania a dátových analýz v inštitúciách verejnej správy.
- Podporiť využívanie HPC a HPDA v základnom a aplikovanom výskume v rámci akademických inštitúcií a zabezpečiť rozvoj talentov a expertov v oblasti HPC a HPDA na slovenských univerzitách.
- Vytvoriť Národné superpočítačové centrum (NSC) a podporiť jeho rozvoj za účelom:
  - Zabezpečenia výkonu a kapacity vysokovýkonnej infraštruktúry zodpovedajúcim požiadavkám a dopytu zo strany používateľov (v akademickej sfére, v priemysle a vo verejnej správe)..
  - Zabezpečenia služieb v oblasti vzdelávania, osvety a technickej podpory pre zákazníkov zo všetkých sektorov spoločnosti (poskytované HPC kompetenčným centrom v rámci NSC).
- Prispôsobiť projektový plán súčasným východiskám a budúcim finančným zdrojom (plán založený na fázovitom rozvoji NSC).

autori

Mgr. Lukáš Demovič, PhD.
Ing. Peter Dovhun
Mgr. Filip Holka, PhD.
Mgr. Michal Ivantyšyn
Doc. Mgr. Michal Pitoňák, PhD.
JUDr. Juraj Varga, PhD.

grafický dizajn

RNDr. Gabriela Obadalová

text neprešiel jazykovou korektúrou

T2
LINK ID
T3
LINK I

SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED

CENTRUM SPOLOČNÝCH ČINNOSTÍ
VÝPOČTOVÉ STREDISKO

DÚBRAVSKÁ CESTA 9
845 35 BRATISLAVA