

# **Metodologické problémy a regionální šance výzkumu v oblasti informatiky**

Studie zpracovaná z podnětu ÚI AV Praha

Zpracoval: František Ježek

Rokycany, květen 2010

Anotace: Informatika a informační technologie dávají nové šance generaci mladých lidí s dobrými předpoklady k tvůrčí práci a také regionům, které mají odvahu k uplatnění strategického managementu. Příprava vědeckých pracovníků v této oblasti naráží na řadu specifických problémů. Jde jak o otázky osobních preferencí finančních podmínek, postojů klasických technických oborů, tak i o závažné metodologické problémy (co je a co není vědecké?). V materiálu je použita i specifická informace a zkušenost, kterou autor získal při vedení doktorandů a při přípravě projektů do operačních programů, zejména do OP VaVpI.

Poděkování: děkuji především řešitelům projektu OP VK, že podpořili sestavení této studie. Za konzultaci k řadě otázek jsem vděčný především prof. J. Šafaříkovi, vedoucímu katedry informatiky a výpočetní techniky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

František Ježek

jezek@kma.zcu.cz

## Obsah

1	Úvod.....	4
2	Základní vymezení pojmů.....	6
2.1	Klasifikace podle ACM.....	6
2.2	Klasifikace použitá v RCIO.....	7
3	Metodologické otázky.....	10
3.1	Algoritmus jako výsledek bádání.....	11
3.2	Aplikovatelnost poznatků a skutečné aplikace.....	12
4	Věda, speciálně informatika v regionech.....	14
4.1	Otázky konkurenceschopnosti region.....	14
4.2	Stanovení priorit pro oblast VaVaI.....	20
4.3	Zkušenosti s přípravou integrovaných plánů rozvoje měst.....	21
4.4	Očekávání od investic pomocí strukturálních fondů.....	23
5	Závěry.....	25
6	Literatura.....	27

# 1 Úvod

Tato studie se zabývá metodologickými otázkami informatiky a významem informatiky pro regionální rozvoj.

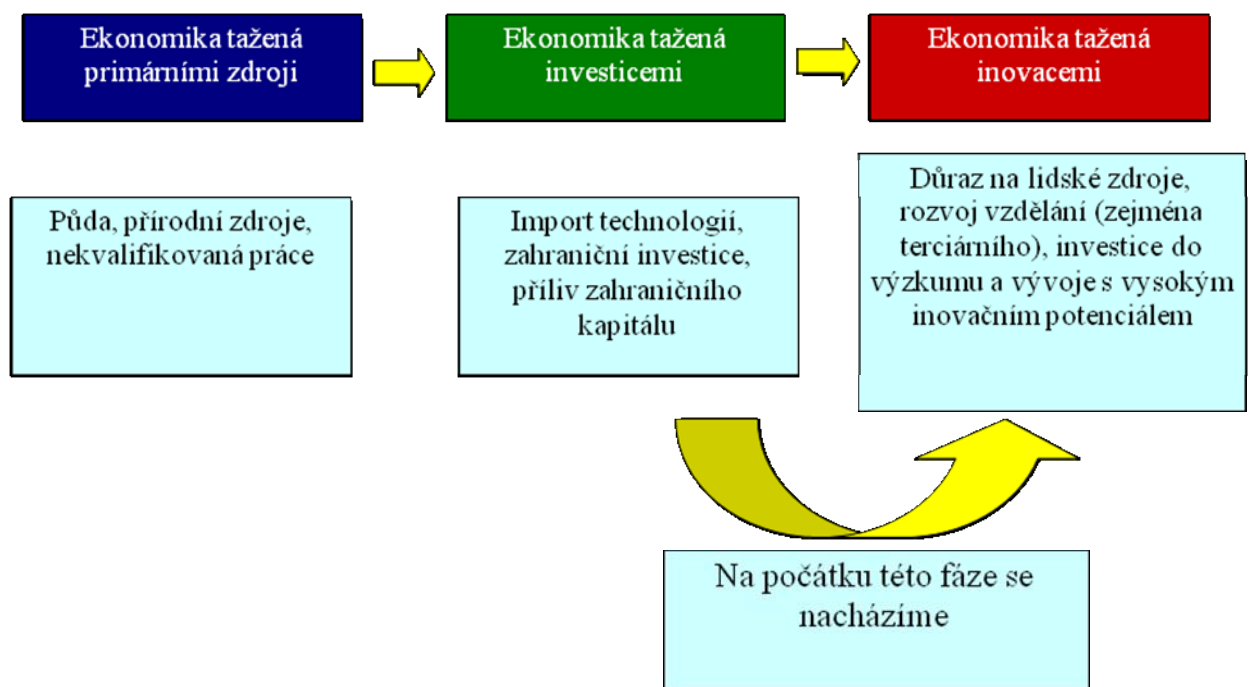
Mezi metodologické otázky nepochybně patří členění celé oblasti výzkumu v informatice. V této práci je využit základ, který zpracovala a udržuje ACM. Jde o základ, který významně ovlivňuje oblast vzdělávání a lze očekávat, že se tato klasifikace projeví i klasifikaci profesí. Uvedena je i klasifikace, kterou používá vědecká komunita v rámci citačních indexů. V souvislosti s tím je sledován i poměr úspěšnosti jednotlivých částí informatiky tak, jak plyne z rozboru citačních indexů. Studie nepřináší vlastní návrh, jak řešit metodologické otázky tohoto typu v prostředí české vědy, ale upozorňuje na nevhodnost či problematičnost některých zažitých označení.

V metodologické oblasti je zásadním problémem každého vědního oboru postoj k tomu, co je v daném oboru považováno za vědecké a co již nikoliv. Samozřejmě je nutné připustit, že jde o rámcové vymezení a že překonání takovýchto omezení přináší v některých případech progresivní impuls k rozvoji disciplíny. Příkladem může být použití počítače v důkazu věty o čtyřech barvách, kdy šlo o překonání limitů, které si nastavovala matematika – viz [1]. Významným objektem zkoumání a častým výsledkem výzkumu v počítačových vědách jsou algoritmy. Základní problém vzniká při hodnocení toho, co je v tomto případě nové, resp. co přináší „lepší“ řešení. S tímto metodologickým problémem se setkáváme zejména tam, kde navrhovaný algoritmus je posuzován z hlediska multimediálního prostředí (např. animace je realističtější apod.). Podobný metodologický problém řešila několikrát ve své historii matematika – viz např. [10].

Diskuse o aplikovatelnosti poznatků vědy je mnohdy velice zavádějící a prvoplánová. V této studii se věnujeme jedné konkrétní matematické větě, jejímu důkazu a vlivu na počítačové vědy, jmenovitě na geometrické modelování a počítačovou grafiku. Půjde o Weierstrassovu větu o aproximaci a o Bézierovy objekty, resp. o zpracování fontů. Na tomto „příběhu“ se pokusíme ukázat, jak překvapivě mohou být cesty k aplikaci.

Studie obsahuje i zamyšlení nad regionální rolí vědy, což je téma v České republice velmi aktuální, neboť operační programy mohou zásadním způsobem změnit strategickou

orientaci některých regionů. Prosperita regionů je v naší zemi stále ještě – hodně zpozdile – spojována s rozvojem průmyslové produkce v tradičním strojírenství, do kterého se nelogicky započítává především automobilový průmysl. Příslušná pasáž studie mapuje genezi jednoho úspěšného projektu operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (OP VaVpI), který vychází ze širšího pohledu na informační společnost, resp. společnost znalostí, a to v souladu s Porterovým schématem z obr. 1. Oblast informatiky je ve světovém měřítku hybatelem změny paradigmatu, na kterém stojí konkurenceschopnost, prosperita i kvalita života. Vývoj regionů České republiky v posledních cca 15 letech byl založen na investicích, velmi často do oblastí produkce s nižší přidanou hodnotou („montovny“). Pokud se mají pozitivně projevit projekty ze strukturálních fondů, pak zásadním aspektem musí být celková změna vnímání rozvoje. Jde ovšem o změnu založenou na investicích do vzdělávání, výzkumu a vývoje a do odklonu od „hmotového inženýrství“ k „nehmotné inženýrské produkci“. Slovo inženýrství je zde použito obecněji, než je běžné při klasifikaci oblastí vzdělávání.



Obr 1.: Porterovo schéma

## 2 Základní vymezení pojmů

V této kapitole uvedeme pohled na rozčlenění oblastí informatiky, a to z pohledu tvorby vzdělávacích rámců a z pohledu klasifikace vědeckých oborů. Je nutné poznamenat, že jde o terminologii nestabilní, což je daň za relativní krátkou existenci informatiky jako vědecké disciplíny, která je dnes významně i předmětem vzdělávacích aktivit. Tato nestabilita se projevuje, a to zejména v podmínkách České republiky, v nesprávném až škodlivém přiřezování informatiky k jiným disciplínám, zejména k matematice nebo k obecnému inženýrství.

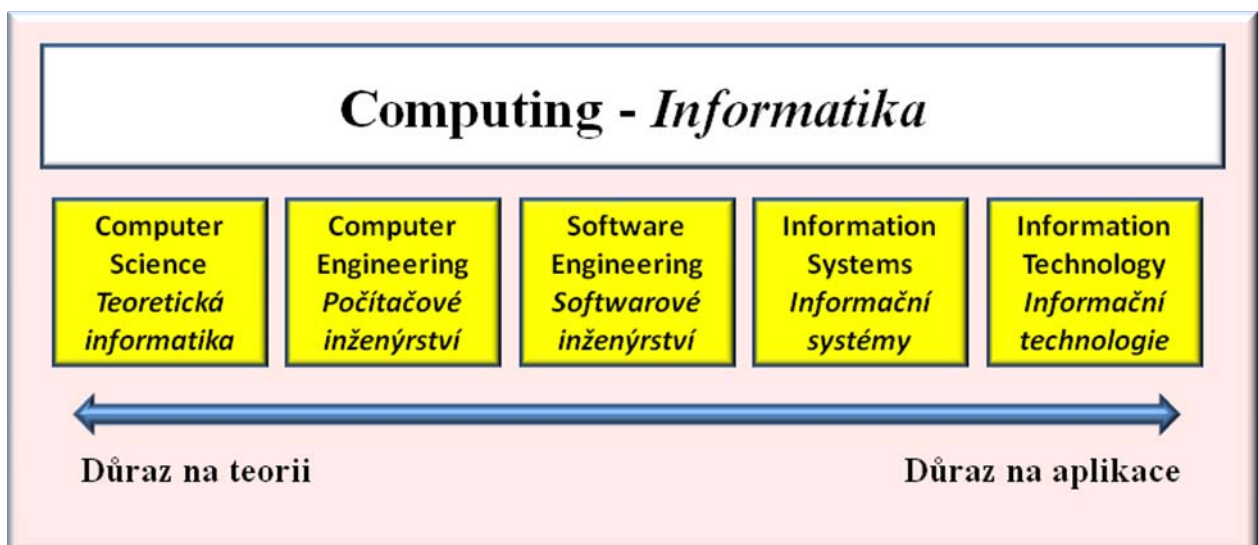
### 2.1 Klasifikace podle ACM

Zřejmě největšímu respektu se v oblasti vzdělávání těší klasifikace, kterou zpracovala a udržuje ACM (Association for Computing Machinery) – viz [4]. Práce na této klasifikaci a popisu obsahu vzdělávání započaly již před cca 50 lety a do široké škály aktivit je zapojena silná skupina univerzitních i mimouniverzitních odborníků. V následujícím přehledu jsou uváděny i české ekvivalenty anglických termínů. Jde ovšem jen o náměty či neformální praxi, která by měla být předmětem diskuse.

Uvedme charakteristiku jednotlivých oblastí informatiky podle zmíněných analýz a syntéz ACM:

- **Computer Science (teoretická informatika)** – zahrnuje vývoj a inovaci základních principů informatiky. Obsahem jsou zejména teoretické základy informatiky (diskrétní matematika apod.), algoritmy, programovací techniky a jejich aplikace v operačních systémech, umělé inteligenci apod.
- **Computer Engineering (počítačové inženýrství)** – zahrnuje návrh a konstrukci procesorových systémů při zahrnutí hardwarových, softwarových a komunikačních komponent. Tato oblast se zaměřuje na propojení elektrotechniky a elektroniky s informatikou tak, aby společně umožnily návrh systémů pro komunikaci, spotřební elektroniku, medicínské elektronické systémy, bezpečnostní prvky a vojenské technologie.

- **Software Engineering (softwarové inženýrství)** – zahrnuje návrh, vývoj a testování rozsáhlých a z hlediska bezpečnosti kritických aplikací. Hlavním směrem v této oblasti je integrace poznatků teoretické informatiky s inženýrskou praxí vývoje software v oblastech, jako jsou systémy avioniky letounu, zdravotnické aplikace, kryptografie, řízení dopravy, metrologické systémy apod.
- **Information Systems (informační systémy)** – zahrnuje aplikaci systému informatiky do procesů obchodu, a to propojováním technických a managerských oblastí. Pozornost je věnována návrhu, implementaci a testování informačních systémů pro účetní systémy, lidské zdroje, podnikové databáze, elektronický obchod, finance, správu vztahů k zákazníkům (CRM) a podporu rozhodování.
- **Information Technology (informační technologie)** - zahrnuje návrh, implementaci a údržbu technologie, a to včetně podpory uživatele takového systému. Tato oblast tedy řeší technické a softwarové otázky počítačových sítí, bezpečnosti, vztahu klient-server, podporu mobilních sítí, web aplikace, multimediální zdroje, komunikační systémy a rozvrhování a správu životního cyklu technologie.



Obr. 2 Klasifikace oblastí podle ACM – viz [4], vlastní doplnění

## 2.2 Klasifikace použitá v RCIO

Pro potřeby hodnocení relativních citačních indexů oborů (RCIO) a publikačních aktivit je v analýze [2] použita klasifikace (převzatá od společnosti Thomson) podle obr. 3.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	RCIO [%]						
Comp Sci, A.I.	66	134	91	63	89	80	174
Comp Sci, Cybernetics	26	30	27	72	48	89	34
Comp Sci, Hardware & Arch	37	21	33	35	206	136	-
Comp Sci, Information Sys	73	83	123	64	69	149	33
Comp Sci, Interdisc Appls	85	48	75	45	98	47	33
Comp Sci, Software Eng	90	257	122	103	114	86	310
Comp Sci, Theory & Methods	68	144	96	139	163	111	158

Obr. 3 Oblasti informatiky používané pro stanovení RCIO – viz [2]

V publikaci [2] je uvedena následující definice RCIO:

***Relativní citační index vědního oborů (RCIO)** – porovnává intenzitu citační odezvy na články daného státu v daném oboru s průměrnou úrovní citační odezvy v daném oboru ve světě. Je uváděn jako podíl relativní produkce citací státu v jednom vědním oboru a celosvětové relativní produkce citací v tomtéž oboru vynásobený 100, tedy vyjádřený v procentech. Relativní citační index vědního oboru státu roven 100 % tedy znamená, že daný stát v daném oboru dosahuje oborově průměrné citační odezvy.*

V mezinárodních publikačních databázích se tedy do informatiky (Computer Science) zahrnuje i kybernetika a umělá inteligence. Obr. 4 obsahuje srovnání oblasti informatiky z hlediska relativní „produkce“ publikací na 1 mil. obyvatel ve srovnání mezi EU-15 a ČR. Tabulky jsou převzaty z publikace [2]. Je evidentní, že kybernetika a umělá inteligence je v ČR ve srovnání s EU-15 výrazně úspěšnější než ostatní oblasti informatiky.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Produkce článků na 1. mil obyvatel [ČR / EU-15 * 100] [v %]						
Comp Sci, A.I.	47	84	82	94	97	59	85
Comp Sci, Cybernetics	252	200	226	219	208	224	386
Comp Sci, Hardware & Arch	14	25	31	32	19	17	50
Comp Sci, Information Sys	27	32	13	29	34	29	39
Comp Sci, Interdisc Appls	39	61	55	40	35	69	47
Comp Sci, Software Eng	44	110	67	59	31	90	63
Comp Sci, Theory & Methods	49	69	61	68	63	74	98

Obr. 4 Relativní produkce článků podle oblastí informatiky – viz [2]



Na základě srovnání tabulek z obr. 3 a 4 lze dovést poměrně významné kolísání ukazatele RCIO ve většině zmíněných oborů, zatímco relativní počet publikací takové výkyvy neobsahuje. Zajímavé je, že v diskusích o hodnocení výsledků VaVaI se řada diskutujících dovolává právě významnějšího využití citačních indexů. Věcně jde pochopitelně o logický požadavek, ale zároveň je nutné vhodnými nástroji – je-li to proveditelná – odstranit významné kolísání RCIO.

### 3 Metodologické otázky

Na základě zkušeností z vedení studentů doktorských studijních programů v oblasti informatiky a na základě oponování kvalifikačních prací se dá pojmenovat několik metodologických problémů vědecké práce v oblasti informatiky. Základním problémem je otázka vědeckosti a novosti v případě výsledků, které mají charakter algoritmu nebo software.

Řešení metodologických otázek každé z vědních disciplín je nutností a povinností. Ostatně i matematika, disciplína s dlouhou tradicí a silně vypěstovaným citem k metodologické čistotě, zažila ve své historii několik zásadních metodologických problémů. Uveďme alespoň dvě takové události.

První příklad pochází z matematické analýzy. Snaha o vědeckou čistotu vedla matematiky k náhradě původní formulace definic a základních tvrzení pomocí „nekonečně malých veličin“. Evidentní je, že toto pojetí bylo ovlivněno především fyzikou. Matematika dostala nové základy matematické analýzy pomocí tzv. ypsilon-delta metody. Ovšem P. Vopěnka – viz [10] – později ukázal, že obě teorie se liší. Přesněji, že původní popis pomocí nekonečně malých veličin dovoluje rozhodnout některé problémy až ve formě nutné a postačující podmínky. Svět epsilon-delta analýzy má pro daný problém jen podmínky nutné nebo postačující, tedy není v něm možné dojít k řešení, které (třeba i intuitivně) známe z fyzikálního světa nekonečně malých veličin. Ovšem nejhorším důsledkem je, že pak v takovém případě může ke každému tvrzení v epsilon-delta analýze existovat tvrzení silnější, tedy může vzniknout nekonečná posloupnost vědeckých poznatků, které jsou postupně silnější nebo obecnější, a „limita“ této posloupnosti je poznatkem ze světa nekonečně malých veličin, ale nikoliv poznatkem ypsilon-delta analýzy. Pro metodologii vědy je to vážným varováním, neboť tak vzniká nekonečná řada vědeckých prací, které nepřinášejí zpravidla nic nového, ale mají všechny formální náležitosti vědeckého výsledku.

Tím druhým problémem je rozhodnutí o problému čtyř barev v teorii grafů – viz [1]. Jde o otázku, zda k obarvení planárního grafu stačí čtyři barvy, což názorně (ale nepřesně) můžeme vnímat jako otázku počtu barev, pomocí nichž můžeme obarvit mapu tak, aby sousední státy (mají společnou hranici tvořenou nekonečně mnoha body) měly vždy odlišnou barvu. Matematici dokázali, že k tomu stačí pět barev, ale otázka, zda stačí jen čtyři barvy,

zůstávala dlouho nerozhodnuta. Snaha po nalezení planárního grafu, který nelze obarvit čtyřmi barvami, byla marná, ale ani důkaz, že čtyři barvy stačí, nebyl k dispozici. V roce 1976 podali K. Appel a W. Haken důkaz o potvrzení hypotézy o postačujících čtyřech barvách. Ovšem důkaz byl založen na počítačovém testování jedné třídy nerozložitelných grafů. Pro matematickou obec šlo o zlomový okamžik. Je možné přijmout „důkaz“ založený na počítačovém testování variant? Navíc testy byly extrémně náročné na čas. Při tehdejší výkonnosti procesorů si „důkaz“ vyžádal více než 1 000 hodin procesoru. Důležité bylo, aby byla prokázána správnost algoritmu. Příznačné je, že autor algoritmu nebyl uváděn mezi oslavovanými autory. Teprve v následných publikacích se jméno J. Kocha, programátora – informatika, objevilo. Matematická obec se ovšem s takovýmto rozuzlením stále nesmířila a hledá matematicky „čistý“ důkaz. Zatím se daří najít jen rychlejší a průzračnější algoritmy. Velkou metodologickou otázkou je, zda vůbec „plnohodnotný“ matematický důkaz může být nalezen.

Poznamenejme, že otázky automatizovaného rozhodování hypotéz, resp. automatizovaného dokazování, dnes tvoří svébytnou oblast matematiky a teoretické informatiky. Využívá se k tomu fundamentálních výsledků moderní algebry a algebraické geometrie – viz např. [3].

### ***3.1 Algoritmus jako výsledek bádání***

V řadě vědních oblastí se objevuje jako výsledek činnosti algoritmus nebo dokonce program (software). Základním problémem je, zda dosažený výsledek lze vůbec označit za nový, resp. za přinášející pokrok.

Relativně jednoduchá je situace při návrhu algoritmů v situaci, kdy je součástí vědecké práce i odhad výpočetní nebo paměťové složitosti. Pak je možné přínos vědecké práce doložit zlepšením některého z takových parametrů. Ponechme stranou to, že lze použít relativně velkou škálu metrik, tedy, že jde vlastně o hledání optima v mnohadimenzionálním prostoru. Složitější situace nastane, když autor dokazuje kvalitu algoritmu experimentálně, tedy na základě několika provedených testů. Metodologický problém představuje jak volba testovacích úloh, tak výběr sledovaných parametryů při prováděném experimentu. Jednou z oblastí, v níž česká věda dosahuje zajímavých výsledků, je počítačová grafika. Rovněž mezi studenty informatiky je o tuto profilaci poměrně významný zájem. Bohužel počítačové grafice

velmi často hrozí vážné metodologické problémy, neboť celkem logicky jsou výstupy konfrontovány s vnímáním člověka. Přesto je nepřipustné, aby odborná práce končila konstatováním „navržený algoritmu realizuje animaci, která je věrnější než dosud používané postupy animace“ apod. Jak takový problém řešit? Zřejmě i exaktní vědecká disciplína, jako je informatika, bude muset v některých případech využít metod sociologie a kvalita výsledků algoritmu bude v některých případech muset být hodnocena validním sociologickým výzkumem. Nejde ale zatím o cestu prověřenou.

### 3.2 Aplikovatelnost poznatků a skutečné aplikace

Diskuse o hodnocení výsledků VaVaI a o financování výzkumných aktivit velmi často končí u povrchní a „politizující“ diskuse o úloze základního a aplikovaného výzkumu, o jejich proporcích a financování. Hranice mezi základním a aplikovaným výzkumem je neostrá. Velmi těžko popsitelná je i aplikační hodnota dosažených výsledků. Důvodem je, že v prostoru vědy vznikají nové a nové vazby, a to i mezi zdánlivě odlehlými oblastmi bádání. Tak se poznatky zdánlivě ryze teoretické stávají teprve v proměnných času v některých případech klíčem k zásadním aplikacím.

Jako jeden z příkladů takové proměny uvedeme přenos poznatků mezi numerickou matematikou a geometrickým modelováním (Computer Aided Geometric Design) – viz [7]. Půjde o popis cesty od Weierstrassovy věty přes objev Bernsteinových polynomů až k aplikaci Bézierových křivek.

V roce 1885 formuloval K. Weierstrass větu o nejlepší aproximaci spojitě reálné funkce polynomem:

*Nechť  $f(x)$  je spojitá funkce na intervalu  $(a,b)$ . Pak pro každé  $\varepsilon > 0$  existuje polynom  $p(x)$  tak, že pro každé  $x \in (a,b)$  platí*

$$|f(x) - p(x)| < \varepsilon.$$

Weierstrassův důkaz tohoto tvrzení nebyl konstruktivní, tj. neobsahoval skutečný popis zmíněného polynomu. V roce 1912 publikoval S. Bernstein nový důkaz Weierstrassovy věty, a to důkaz konstruktivní. To, že je k nějakému tvrzení publikován nový, často jednodušší důkaz, je v matematice věcí častou a většinou se takovýmto krokům nepřikládá větší význam a rozhodně ne přínos pro aplikace.

V dalším výkladu budeme bez újmy na obecnosti pracovat místo intervalu  $(a,b)$  s intervalem  $(0,1)$ . Bernsteinův důkaz Weierstrassovy věty je založen na tom, že pro hledaný polynom platí

$$p(x) = \sum_{i=0}^n f\left(\frac{i}{n}\right) B_{i,n}(x),$$

kde  $B_{i,n} = \binom{n}{i} x^i (1-x)^{n-i}$ ,  $i = 0, \dots, n$ , což jsou tzv. Bernsteinovy polynomy. Je nutné poznamenat, že pro matematickou korektnost je nutné doplnit definici o speciální hodnoty, tj. pro  $i=0$  a pro  $x=0$ .

P. Bézier, který po celý život pracoval ve firmě Renault, se v době nástupu počítačů pokusil o podporu automatizace výroby (dá se mluvit o základech mechatroniky) a k tomuto cíli potřeboval jiný popis tvarově složitých objektů, než jaké mu nabízela klasická matematika, resp. geometrie. P. Bézier v 60. letech minulého století vyvinul originální způsob popisu křivek a ploch. Později se ukázalo, že matematickým základem Bézierovy ideje jsou Bernsteinovy polynomy, byť Bézierova myšlenka vycházela z jiného pojetí a byla silně podmíněna geometrickým a technickým viděním problému. Bézierovské objekty dnes patří k základním prvkům geometrického modelování (Computer Aided Geometric Design) – viz [7]. O jejich užitečnosti pro aplikace nikdo nepochybuje. Tyto objekty přinesly uživatelům grafických a CAD systémů novou metodu návrhu pomocí řídicího polygonu nebo řídicí sítě. Později tyto objekty posloužily k popisu fontů v rámci postskriptu a setkáme se s nimi jako s komprimačními metodami pro vektorově reprezentovaná grafická data.

Na uvedeném „příběhu“ jsme snad poukázali na skutečnost, že zdánlivě zbytečné opakované dokazování může vést k vytvoření aparátu (zde Bernsteinových polynomů), který se po mnoha letech může stát základem pro zásadní aplikace a pro změnu celého odvětví průmyslu (zde návrhu a výroby automobilů, resp. počítačové typografie).

## 4 Věda, speciálně informatika v regionech

V této části studie se zaměříme na otázky konkurenceschopnosti zemí a region ve vazbě na rozsah a podporu výzkumu, který je v dané zemi nebo regionu prováděn. Pozornost budeme věnovat následujícím otázkám:

Jak se měří inovační potenciál země nebo regionu a jakou roli v takovém měření hraje oblast informatiky?

Jaký je vztah mezi rozvojem základny výzkumu a vývoje v regionech a jejich konkurenceschopností a v čem je specifický rozvoj výzkumu v oblasti informatiky?

Může rozvoj výzkumu a vývoje v regionu ovlivnit statistiky nezaměstnanosti, příchod perspektivních investorů apod.?

Jakou roli v České republice mohou v tomto ohledu sehrát strukturální fondy, zejména operační program Výzkum a vývoj pro inovace (OP VaVpI)?

### 4.1 Otázky konkurenceschopnosti region

Jedním z významných indikátorů při srovnávání zemí z hlediska jejich orientace na budoucnost a dlouhodobě udržitelnou prosperitu je index inovačního potenciálu.

Pro hodnocení inovačního potenciálu zemí se používá 7 skupin ukazatelů a celkem 29 hodnotících kritérií (viz [5] a [2]). Jedná se o následující sadu ukazatelů:

#### 1) Lidské zdroje

- a) Osoby ve věku 20 – 29 let, které prvně dokončily terciární vzdělání v oblasti technických, přírodních, humanitních nebo společenských věd (přepočteno na 1000 obyvatel)
- b) Absolventi doktorského studia v přírodovědných, technických, společenských a humanitních oborech (na 1000 obyvatel ve věku 25 – 34 let)
- c) Obyvatelstvo s vysokoškolským vzděláním (na 100 obyvatel ve věku 25-64 let)
- d) Zapojení do celoživotního vzdělávání (na 100 obyvatel ve věku 25-64 let)

- e) Mládež se středoškolským vzděláním (% populace ve věku 20-24 let s úplným nebo nižším středním vzděláním)

## **2) Finance a podpora**

- a) Veřejné výdaje na VaV (% HDP)
- b) Rizikový kapitál (% HDP)
- c) Úvěry poskytnuté soukromým sektorem (v poměru k HDP)
- d) Širokopásmová komunikační síť (% firem)

## **3) Výdaje podniků**

- a) Výdaje podnikové sféry na VaV (% HDP)
- b) Výdaje na IT (% HDP)
- c) Výdaje na inovace bez VaV výdajů (% obratu)

## **4) Vazby na podnikání**

- a) MSP s vlastními inovacemi (% z celkového počtu MSP)
- b) MSP se spoluprací na inovacích (% z celkového počtu MSP)
- c) Obnova firem (vzniklé a zaniklé MSP) (% z celkového počtu MSP)
- d) Společné publikace (public-private) (na 1 milion obyvatel)

## **5) Výkonnost**

- a) Přihlášky patentů u EPO (počet/mil. obyv.)
- b) Ochranné známky Společenství (počet/mil. obyv.)
- c) Průmyslové vzory Společenství (počet/mil. obyv.)
- d) Technologická platební bilance (% HDP)

## **6) Inovátoři**

- a) MSP zavádějící produktové nebo procesní inovace (% z celkového počtu MSP)
- b) MSP zavádějící marketingové nebo organizační inovace (% z celkového počtu MSP)
- c) Efektivita zdrojů u inovátorů, nevážený průměr z:
  - i) Podíl inovátorů, jimž inovace významně snížila pracovní náklady
  - ii) Podíl inovátorů, jimž inovace významně snížila náklady na materiál a energii

## 7) Ekonomické efekty

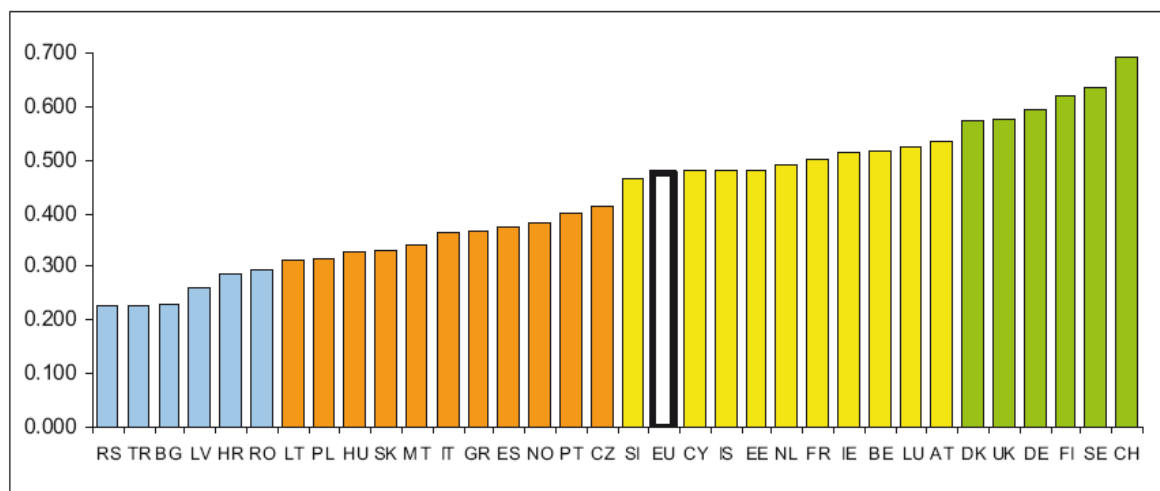
- a) Zaměstnanost v medium-high a high-tech zpracovatelském průmyslu (% celkové pracovní síly)
- b) Zaměstnanost ve znalostně intenzivních službách (% celkové pracovní síly)
- c) Export medium-high a high-tech zpracovatelského průmyslu (% z celkového exportu)
- d) Export intenzivně znalostních služeb (% z celkového exportu služeb)
- e) Prodej nových produktů z hlediska trhu (% z celkového obratu všech podniků)
- f) Prodej nových produktů z hlediska firmy (% z celkového obratu všech podniků)

Po agregaci dat za uvedené ukazatele je určen inovační index země a následně jsou země podle hodnoty indexu a charakteru dat rozděleny do čtyř skupin, a to od zemí s vynikajícími předpoklady v oblasti inovací až po země, které nevykazují inovační potenciál. Na obr. 5 jsou uvedené čtyři kategorie zemí odlišeny barevně. Pozice České republiky jako celku je relativně dobrá, ale mohla by se poměrně rychle významně zlepšit. Je velmi pravděpodobné, že během 1-2 let může naše země postoupit do skupiny „následovníků“, tedy do druhé neúspěšnější skupiny. Pokud analyzujeme podrobněji data – viz [5] – zjistíme, že uvedený systém hodnocení inovačního potenciálu vidí výhody ČR např. v míře středoškolského vzdělání v populaci (ukazatel 1e)) nebo v zaměření na produkci s vyšší přidanou hodnotou (ukazatel 7a), resp. 7c)). Uvedené dva ukazatele jsou ale z vnitřního pohledu snadno relativizovatelné. Vysoká míra dokončování středoškolského vzdělávání má i negativní stránky, např. v částečné devalvací hodnoty tohoto vzdělání, což mělo být řešeno tzv. státní maturitou, ale pravděpodobně se nepodaří tento zásadní a důležitý krok prosadit. Orientace na produkci s vyšší přidanou hodnotou je v ČR tažena automobilovým průmyslem,



což je do jisté míry velké riziko, zejména když producenti automobilů a dodavatelé dílů jsou závislí na mezinárodně působících koncernech. V uvedeném hodnocení nemůže být zohledněno, že v příslušné zemi je výrobek „jen sestavován“ a není v ní vyvíjen či inovován.

Publikace [5] přináší i srovnání zemí EU s dalšími ekonomickými centry (zejména USA, Japonsko, Čína, Indie) a poukazuje na jednoznačné zaostávání EU v orientaci na inovace. Např. u Číny je evidentní velice rychlý růst většiny parametrů, zejména pak v oblasti informačních technologií (a to i přes jisté politické překážky v dané oblasti). EU vykazuje dlouhodobě o 30 % nižší inovační index než Japonsko a v současné době o 22% nižší než USA. V případě USA došlo, zřejmě vlivem příznaku ekonomických obtíží, za posledních pět let ke mírnění tohoto odstupe z cca 32 % na uvedených 22 %. Tato změna vedoucí ke sbližování je způsobena zejména poměrně rychlým růstem výdajů EU do oblasti informačních technologií. Obavu ale budí relativně nízká ekonomická efektivnost investic do infrastruktury a přetrvávající problémy ve spolupráci veřejného a soukromého sektoru. Zároveň však „snímek“ ČR ukazuje, že v těch oblastech, ve kterých naše země nejvíce zaostává, vykazuje i velmi rychlý růst parametrů – jde zejména o podíl absolventů vysokých škol v populaci a o spolupráci veřejného a soukromého sektoru v oblasti inovací. Teprve čas ale ukáže, zda tento rychlý růst zmíněných parametrů bude mít skutečný efekt z hlediska změn HDP, zaměstnanosti apod.

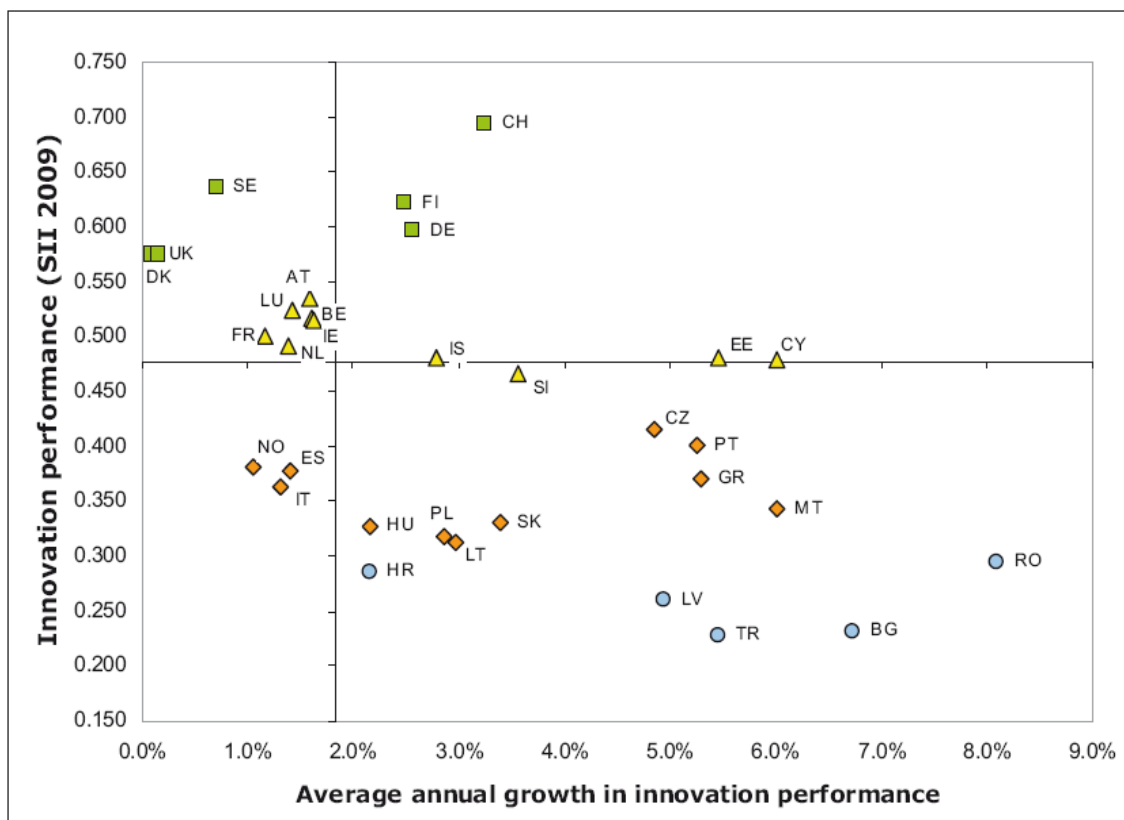


Data for the underlying indicators are for 2005 (3.4%), 2006 (34.5%), 2007 (13.8%) and 2008 (48.3%).

Obr. 5: Index inovační aktivity a potenciálu – převzato z [5]

Na obr. 6 jsou země, které jsou srovnávány v materiálu [5], umístěny podle dvou parametrů, a to stavu inovačního indexu a změny v tomto indexu. Tak vznikají čtyři skupiny zemí. ČR vykazuje mírně podprůměrný inovační index, ale zároveň velmi dobrou dynamiku růstu tohoto ukazatele. Přesto odstup ČR oproti vedoucím zemím (např. Dánsku, Finsku apod.) je cca 15 let, a to za předpokladu, že by se zlepšování inovačního potenciálu v uvedených zemích zastavilo (to se stalo v současnosti v Dánsku) a ČR udržela současné tempo zlepšování, což je poměrně málo pravděpodobné, neboť toto tempo je nyní ovlivněno zejména růstem počtu studentů v terciárním vzdělávání.

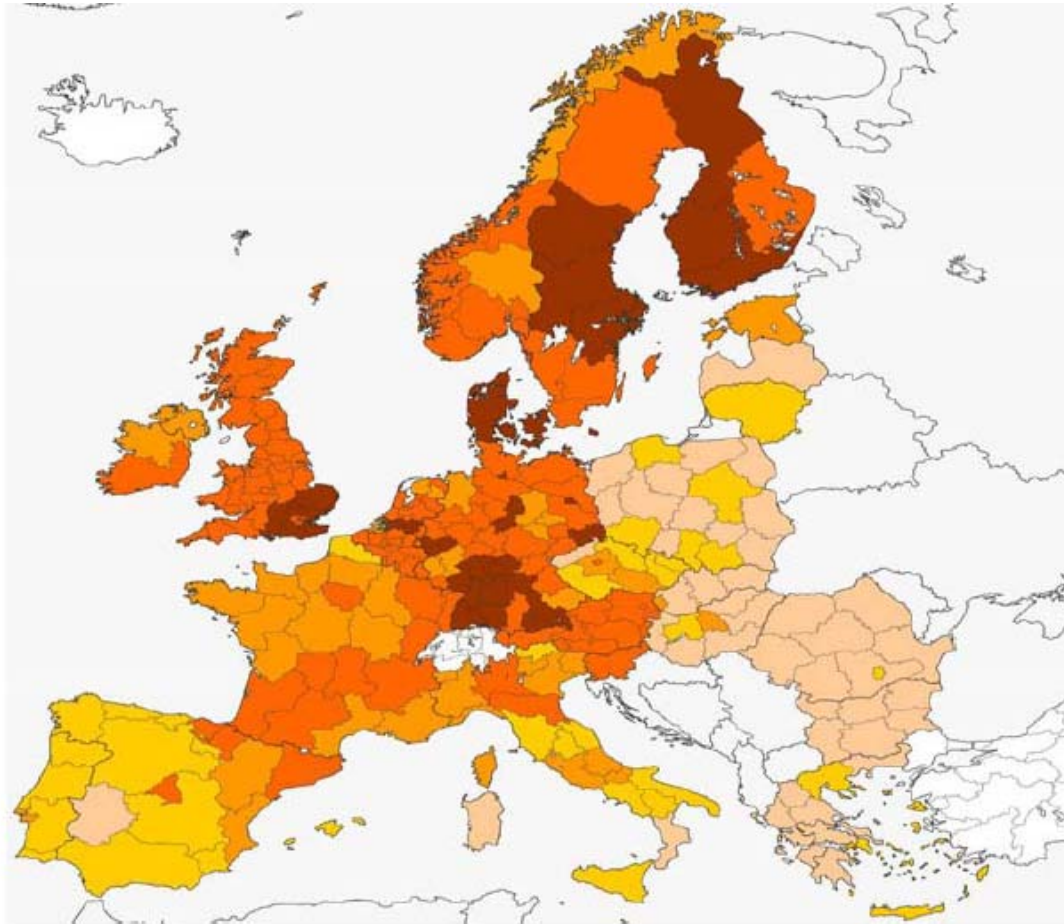
Z uvedených materiálů není zcela zřejmé, jakou měrou se na tomto vývoji podílí oblast služeb a výzkumu v oblasti informatiky. Zřejmé je zlepšování infrastruktury pro tuto oblast, ale nelze jednoznačně vysledovat, že by klasické strojírenství a zejména automobilový průmysl měly vážného konkurenta v rozvoji IT průmyslu. Lze se domnívat, že v ČR není dostatečně podchycen světový a evropský trend orientace na sofistikované služby. Přetrvává zaměření na „hmotnou inženýrskou produkci“. Dokladem toho je i stanovení priorit pro českou vědu (viz konkurenceschopné strojírenství) a mnohdy i zaměření programů podpory pro aplikovaný výzkum.



Obr. 6: Rozdělení zemí podle inovačního potenciálu a rychlosti jeho změny – převzato z [5]

V materiálu [9] je podrobně studována regionální struktura evropského prostoru z hlediska inovačního potenciálu. Materiál dokládá, že v ČR jsou extrémně vysoké regionální rozdíly z hlediska sledovaných veličin, kterými jsou vybrané položky (celkem v počtu 16) z 29 ukazatelů inovační výkonnosti či inovačního potenciálu země. Příslušná mapa regionů (NUTS 2) je uvedena na obr. 7 (převzato z [9]). Barevná stupnice dělí regiony do čtyř skupin podle inovačního potenciálu. Tmavší odstíny znamenají vyšší inovační aktivity, naopak nejsvětější odstíny značí významné zaostávání regionu.

Podrobnější pohled na použité indikátory ukazuje, že pozice Prahy vůči ostatním regionům v ČR je významně odlišná, než tomu je ve vztahu mezi hlavním městem a regiony v jiných zemích. V podmínkách ČR Praha významně dominuje např. ve vzdělanostní struktuře a ve veřejných výdajích na VaVaI, ale naopak regiony mají významně lepší ukazatele v ochotě firem vkládat soukromé zdroje do oblasti VaVaI i jiných inovací. Lze dovodit, že firemní sektor si uvědomuje nutnost investic do budoucnosti a v některých případech se již touto cestou vydává. Z osobní zkušenosti plyne, že velmi často jde o zásadní investice do oblasti ICT. Nejde již o využití informačních technologií ke standardnímu řízení firmy, ale jde o zásadní inovace celého životního cyklu výrobku nebo služby. Zásadní otázkou proto je, jak je na změnu požadavků připraveno zejména vysoké školství a sektor výzkumu a vývoje. V mnoha případech již složitost a hloubka inovací neumožní, aby si takovou změnu prováděl firemní sektor pouze vlastními silami.



Obr. 7: Inovační potenciál podle regionů soudržnosti NUTS 2 – převzato z [9]

#### **4.2 Stanovení priorit pro oblast VaVaI**

Podívejme se nyní na strategické dokumenty, které se snaží o stanovení priorit v oblasti VaVaI. V evropském prostoru je takových prognóz a záměrů velké množství, ale za nejprůkaznější a zastřešující lze považovat stanovení priorit pro rámcové programy (např. pro 7. rámcový program). Z těchto podkladů lze tvrdit, že Evropa začíná i fakticky, tj. v peněžním vyjádření, klást zásadní důraz na výzkum v oblasti informačních a komunikačních technologií a na rozvoj potenciálu lidí pro oblast výzkumu a vývoje.

Na úrovni ČR je pravidelně zpracovávána (pod různými názvy) národní politika výzkumu, vývoje a inovací. Poslední z nich je zpracována na období 2009 – 2015 – viz [8] - obsahuje i přílohu, v níž jsou formulovány priority aplikovaného výzkumu. Jednou z osmi priorit je i téma „Informační společnost“. Jednání o zahrnutí této priority nebylo jednoduché, byť jde o logické a nutné zařazení. Stále se projevuje představa, že Česká republika musí

spojit svoji budoucnost se strojírenstvím. Tato představa má své silné zastánce nejen na vládní úrovni, ale i v regionálních strukturách (Ostrava, Plzeň).

Priorita „Informační společnost“ v národní politice výzkumu – viz[8] - se orientuje na obdobná témata, jaká jsou prioritami evropského prostoru: aplikace v řízení státu a podniků, ve zdravotnictví, v průmyslu (robotika), ve správě dat o území. Popis tohoto prioritního směru (na rozdíl od ostatních) obsahuje ve zvýšené míře vazbu na základní výzkum zejména v oblasti matematiky a fyziky.

Priority České republiky v oblasti výzkumu by se měly projevit především v zapojování do mezinárodních projektů, jmenovitě do rámcových programů. V analýze [2] se konstatuje, že týmy České republiky se ucházejí o 0,85 % z dosud alokovaného rozpočtu 7. RP pro státy EU. Nejúspěšnější je ČR v projektech zaměřených na vytváření regionů znalostí a výzkumného potenciálu. Týmy z ČR získaly 3,95 % z celkové podpory, ovšem tato podpora je určena jen zaostávajícím regionům. Za mimořádné je označeno, že v ČR jsou velice úspěšné v žádostech o podporu z rámcových programů malé a střední firmy – zisk 2,98 % prostředků. Pokud provedeme srovnání podle tematických priorit, pak ČR významně uspěla např. v oblasti dopravy (1,6 %), nanotechnologiích a materiálovém inženýrství (1,16 %). Naopak slabší výsledek dosáhly oblasti, v nichž jsou v evropském prostoru alokovány největší finanční zdroje, tedy ICT (0,69 %) a zdravotnický výzkum (0,59 %).

### **4.3 Zkušenosti s přípravou integrovaných plánů rozvoje měst**

V předcházejících odstavcích jsme zmínili skutečnost, že pro evropský prostor je důležitý rozvoj regionů (NUTS 2). Pro ČR je charakteristické, že regionální rozdíly jsou velice významné, a to nejen v momentálních ekonomických a jiných ukazatelích, ale také, resp. zejména, v ukazatelích, které zakládají dlouhodobou perspektivu regionu. Mezi takové ukazatele patří např. index konkurenceschopnosti.

Na příkladu Plzeňského kraje a města Plzně vysvětlíme postup, který vedl k pojmenování problému regionu a k přípravě ambiciózního plánu na změnu. V rámci diskuse o přípravě projektů do operačních programů pořádala ZČU několik setkání s významnými regionálními osobnostmi a snažila se získat názor na představy ZČU o podpoře vzdělávání a výzkumu. Představitelé města přišli v roce 2007 s myšlenkou přípravy dvou integrovaných

plánů rozvoje města Plzně: „Plzeň - univerzitní město 2015“ a „Plzeň – hlavní evropské město kultury 2015“.

V závěru roku 2007 zadalo vedení města Plzně univerzitě formou zakázky zpracování prvního z integrovaných plánů rozvoje. V tu dobu měla ZČU již rámcově připravenou představu o projektech, které by chtěla uplatnit v rámci strukturálních fondů. V první polovině roku 2008 organizovala ZČU městský a krajský dialog o dalším zaměření výzkumu a vývoje v kraji a městě a o požadavcích na vzdělávání. Následných schůzek (spíše usilovné práce) se účastnili představitelé vzdělávacích institucí, výzkumných organizací, zástupci města, rozvojových agentur, Vědecko-technického parku, Techmanie (interaktivní technické muzeum) apod. Pro pracovníky univerzity to byla nejen náročná práce, ale i velká výzva. V oblasti výzkumu vykrytalizovala jako perspektivní oblast materiálového výzkumu a oblast informačních technologií. K tomu byla provedena řada analýz a nebylo jednoduché přesvědčit např. představitele města, že orientace na oblast informačních technologií je velice perspektivní. Tradiční nazírání na Plzeň jako město těžkého strojírenství se postupně měnila. ZČU v rámci těchto rozvah zpracovala dlouhodobé směry rozvoje univerzity v oblasti výzkumu a vývoje. Pro oblast informačních technologií byl identifikován velký potenciál i odpovídající zázemí v těchto oblastech:

- bezpečný internet,
- senzorové sítě a jejich aplikace,
- metody vytěžování informací z dat,
- komunikace s počítačem v přirozeném jazyce (řečové systémy),
- metody zpracování grafické a geometrické informace,
- metody identifikace systémů a řízení složitých systémů,
- nové metody pro GIS systémy a jiné aplikace.

Po půlroce práce byl cca v polovině roku 2008 předložen výsledný dokument – viz [6] – k projednání jak zastupitelům města, tak příslušným strukturám NUTS 2 Jihozápad. Potěšitelné bylo, že jednání o obsahu dokumentu, který zahrnuje aktivity v rozsahu cca 9 mld.

Kč, bylo věcné, náročné, korektní a neneslo stopy politických sporů. Podpora ve schvalovacích orgánech byla téměř absolutní.

V současné době se pravidelně schází výbor tohoto integrované plánu, koordinuje postup a vyhodnocuje naplnění stanovených cílů. Dosavadní vývoj je velmi nadějný, byť některé události (např. program ROP Jihozápad) znamenaly pozdržení plánovaných aktivit a mohou i způsobit potíže v provázanosti a návaznosti.

Paralelně k přípravě a realizaci integrovaného plánu „Plzeň – univerzitní město 2015“ byl připravován a je realizován druhý projekt: „Plzeň – evropské hlavní město kultury 2015“. Oba projekty mají mezi sebou jistou vazbu. Je zřejmé, že pro výzkumná centra evropského významu je nutné zajistit, aby pro zahraniční spolupracovníky i pro mladé vědecké pracovníky bylo město všestranně atraktivní, což je jedním z cílů projektu zaměřeného na oblast kultury.

#### ***4.4 Očekávání od investic pomocí strukturálních fondů***

Česká republika při návrhu schémat strukturálních fondů respektovala Lisabonskou strategii a vážně se zabývala otázkami regionálního rozvoje, úloze rozvoje lidských zdrojů a dostupnosti kapacit výzkumu, vývoje a inovací. Svědčí o tom obsah i rozsah analytických materiálů, zejména národního referenčního rámce. V evropském prostředí je dnes struktura operačních programů spravovaných MŠMT, tedy programů Vzdělávání pro konkurenceschopnost a programu Výzkum a vývoj pro inovace, považována v ideové rovině za příklad dobré praxe. Z dosavadní osobní zkušenosti s přípravou a řešením projektů lze formulovat následující poznatky (dojmy):

- Administrativní náročnost projektů v OP VK může způsobit, že zásadní bude u projektů administrativní správnost, naplněné výkaznictví a dodržení stále se měnících a zpřísnujících se pravidel. **Do pozadí může ustoupit obsahová náplň a faktické změna v konkurenceschopnosti regionů.** Hrozbou je i to, že v době krize mohou být prostředky OP VK v některých případech vnímány jako „substituční zdroje“ pro financování standardních činností.
- ZČU zahájila přípravu projektů pro OP VK již v roce 2006 a postupovala metodou shora dolů, tedy **od strategické vize regionu a vlastní univerzity k tematickému zacílení projektů.** Toto pojetí bylo plně podpořeno i v rámci přípravy

integrovaného plánu rozvoje města (škoda je, že takovéto rozvojové plány nepřipravily i kraje). Uvnitř univerzity měl být kladen důraz na všestranné zajišťování kvality a na orientaci pracovníků i studentů na oblast výzkumu, vývoje a inovací. Vyhlášené výzvy ovšem neumožnily naplnění této představy. Zvítězila praxe dílčích změn v jednotlivých studijních programech nebo oborech. Očekávání, že půjde o zásadní intervenci vedoucí ke změně parametrů celého systému (zejména v regionálních charakteristikách), se nenaplnila a nenaplnuje.

- Příprava projektů **pro OP VaVpI byla velice náročná na finanční a lidské zdroje, ale tato náročnost byla v souladu se závažností projektů**. Zkušenost ZČU s přípravou projektů je pozitivní, neboť na pracovištích proběhly **klíčové strategické debaty**. Přípravy každého z projektů se účastnilo cca 50 osob, a to napříč generacemi vědeckých pracovníků. Nejmladší vědečtí pracovníci si uvědomili, že jde pro ně o životní šanci. Celý proces přípravy projektů (cca 40 měsíců činnosti cca 300 osob v rámci jedné instituce) byl řízen a strategicky usměrňován kolegiem pro rozvoj, které sdružuje nejvýznamnější osobnosti univerzity. Opakovaně se konala setkání s potenciálními partnery projektů z odběratelské sféry, zejména z průmyslu (strojírenství, elektrotechnika, informační technologie).
- Podporu řídicího orgánu lze v případě OP VaVpI označit za dobrou. Nejlepší dojem ale zpracovatele projektů získali z **kvality posuzování projektů a z konkrétnosti a korektnosti vyjednávání o smlouvě**. Ukazuje se, že využití panelu zahraničních odborníků je účelnou cestou, jak do posuzování projektů a do rozdělování prostředků v oblasti VaVaI vnést řád a elementární princip objektivit. Vysoce oceňujeme zejména hloubku a věcnost písemných stanovisek.



## 5 Závěry

Věda, výzkum, vývoj a inovace jsou logicky činnostmi, které nejsou ve své podstatě přesně místně lokalizovatelné. Informační technologie tuto vlastnost zmíněných činností ještě posilují. Ovšem důsledky územní lokalizace výzkumných týmů, kontaktů mezi producenty (výrobci, firmami) a výzkumnými týmy mají jednoznačně i regionální charakter. **Přítomnost univerzity či jiné výzkumně zaměřené organizace v regionu má nepochybně pozitivní vliv na stabilitu zaměstnanosti, kultivovanost prostředí i na veřejnou či státní správu.** Univerzitní či výzkumné instituce jsou dnes stabilními zaměstnavateli i pro řadu dalších profesí (např. ZČU patří v Plzeňském kraji mezi 10 největších zaměstnavatelů a na cca 1 000 akademických pracovníků připadá další 1 000 zaměstnanců v servisních činnostech). Nepominutelným rysem je i internacionalizace prostředí města, neboť na instituce zabývající se výzkumem a s ním spojených rozvojem lidských zdrojů přijíždějí zahraniční pracovníci a hosté, resp. se v místě instituce konají semináře, konference a kongresy.

Pro Českou republiku představuje rozvoj výzkumných kapacit v regionech (ale nejen tam) i naději na lepší zhodnocení poznatků VaVaI v praxi. Pro většinu regionů v ČR (mimo Prahy a Brna) je totiž typické, že rozsah veřejných prostředků vkládaných do VaVaI převyšuje objem veřejných prostředků, které jsou v dané lokalitě použity v oblasti VaVaI. **Z hlediska lepšího propojení potřeb praxe a zaměření aplikovaného výzkumu je rozhodně důležité, aby OP VaVpI inicioval vytvoření zázemí pro takovou spolupráci a úspěšnější (rychlejší, efektivnější) transfer poznatků.** Zároveň je ale nutné odmítnout představu, že v regionech má být pěstován jen aplikovaný výzkum a nikoliv výzkum základní. V odůvodněných případech, tedy při jasné vazbě na aplikovaný výzkum, je vhodné, aby i regionální centra měla dostatečnou oporu v základním výzkumu (v prostředí Plzně jde např. o matematické modelování, teoretickou informatiku, fyzikální a materiálové inženýrství).

Oblast informatiky patří ve své významné části mezi oblasti s neostrým regionálním ukotvením. Samou podstatou oboru je přeci odbourávání bariér daných rozdíly v sídle odborníka. Informatika je dnes poměrně slabě závislá na velké infrastruktuře. Výjimkou jsou v několika málo případech snad jen superpočítače. Obecně platí, že týmy z oblasti výzkumu v informatice jsou velmi často územně rozptýlené a jádra týmů jsou relativně snadno i přenositelné do nové lokality. Čas ukáže, zda i v oblasti výzkumu a vývoje dojde k hledání

levnějších lokalit pro sídlo jádra týmů či administrativně – správní sídlo. Kritickou podmínkou pro takový krok může být pak i atraktivita nového sídla (kvalita prostředí, kulturní úroveň, dostupnost služeb).

## 6 Literatura

- [1] Appel, K. - Haken, W. - Koch, J. Every Planar Map is Four Colorable. I: Discharging. *Illinois J. Math.* **21**, 429-490, 1977.
- [2] Analýza stavu výzkumu, vývoje a inovací v České republice a její srovnání se zahraničím v roce 2009. Úřad vlády ČR, Rada pro výzkum, vývoj a inovace, 2009. ISBN 978-80-7440-005-6. Dostupné z [\\_<http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=549508>](http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=549508).
- [3] COX, David A., LITTLE, John, O'SHEA, Donal, An Introduction to Computational Algebraic Geometry and Commutative Algebra, Springer, 2007, ISBN: 978-0-387-35650-1.
- [4] Curricula Recommendations, ACM [citováno 2010-05-15]. Dostupné z [\\_<http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>](http://www.acm.org/education/curricula-recommendations).
- [5] European Innovation Scoreboard (EIS) 2009. European Union, 2010. ISBN 978-92-79-14222-2. Dostupné z [\\_<http://www.proinno-europe.eu/page/european-innovation-scoreboard-2009>](http://www.proinno-europe.eu/page/european-innovation-scoreboard-2009).
- [6] IPRM Plzeň - univerzitní město 2015, UKEP, Plzeň [citováno 2010-05-16]. Dostupné z [\\_< http://www.ukep.eu/content/view/135/33/ >](http://www.ukep.eu/content/view/135/33/).
- [7] JEŽEK, František. Geometrické a počítačové modelování. ZČU, Plzeň, 2009 [citováno 2010-05-16]. Dostupné z [\\_<http://geometrie.kma.zcu.cz/index.php/www/content/view/full/82/>](http://geometrie.kma.zcu.cz/index.php/www/content/view/full/82/).
- [8] Národní politika výzkumu, vývoje a inovací České republiky na léta 2009 – 2015, Úřad vlády, 2008 (dne 8. června 2009, usnesení vlády č. 729) [citováno 2010-05-23]. Dostupné z [\\_<http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=5579>](http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=5579)
- [9] Regional Innovation Scoreboard (RIS) 2009 [citováno 2010-05-15]. Dostupné z [\\_<http://www.proinno-europe.eu/newsroom/innovation-scoreboard-2009-available>](http://www.proinno-europe.eu/newsroom/innovation-scoreboard-2009-available).

[10] VOPĚNKA, Petr. Pojednání o jevech povstávajících na množstvích. OPS, Praha, 2009.  
ISBN 978-80-87269-02-2.