

Příloha č. 1 – Závazné parametry řešení projektu

1. Název projektu v českém jazyce

Název projektu v českém jazyce

Automatizovaná atlasová segmentace anatomických struktur pro radioterapeutické plánovací systémy (RT ATLAS)

2. Datum zahájení a ukončení projektu

Datum zahájení a ukončení projektu

01/2018 - 12/2020

3. Cíl projektu (účel podpory)

Cíl projektu (účel podpory)

Cílem projektu je vytvoření SW produktu - ATLAS, který bude ve vysoce automatizovaném režimu asistovat radioterapeutickým pracovníkům při tvorbě 3D anatomického modelu pacienta, včetně samoučících algoritmů pro vyhledání parametrů optimalizace. Základním principem je aplikace sofistikovaných matematických metod deformační registrace známého CT snímku s přesně provedenou segmentací (Atlasový vzor) na nový soubor CT dat neznámého pacienta. Jedná se o prostorovou 3D "deformaci" známého anatomického vzoru na požadovaný nový patientský obraz. Následně po nalezení shody mezi anatomii množiny známých vzorů a nového obrazu je použito stejných transformačních matic pro převod známých kontur segmentovaného vzoru na kontury nově segmentovaného obrazu, čímž je získán nový anatomický model pacienta.

4. Klíčová osoba řešitelského týmu

Klíčová osoba řešitelského týmu

Ing. Milan Semmler

5. Harmonogram a výstupy/výsledky projektu

Výstupy/výsledky – TH03010099-V1

Identifikační číslo TH03010099-V1	Název výstupu/výsledku Automatizovaný atlas anatomických struktur pro radioterapeutické plánovací systémy
Popis výstupu/výsledku Komplexní SW pro automatizovanou segmentaci doplňuje již vyráběný systém pro radioterapeutické plánování a novou moderní možnost - segmentaci neznámých pacientů na základě dříve segmentovaných známých vzorových pacientů. Toto rozšíření výrazně zvyšuje užité vlastnosti plánovacích systémů, neboť snižuje čas nutný pro přípravu pacienta a zvyšuje přesnost anatomického modelu vytvořeného z kvalitně připravených vzorových dat.	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. R – Software	Termín dosažení výstupu/výsledku 2020

Činnosti a aktivity – TH03010099-V1

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A3 - Optimalizace výběru množiny záznamů	2018	2019	Návrh, implementace a ověření metody pro optimální výběr množiny záznamů databázového systému Atlas pro následnou deformační registraci. Výběr bude vycházet především z anonymizovaných informací atlasových dat, které budou srovnávány s nově analyzovaným pacientem. Bude hledána množina záznamů s odpovídajícím pohlavím, věkem, hmotností či výškou. Kritéria výběru budou postupně rozšiřována v závislosti na nových požadavcích registračních algoritmů.
A4 - Deformační registrace CT snímků	2018	2020	Základem pro úspěch projektu bude vytvoření přesných registračních algoritmů. V případě atlasu se jedná o registraci CT snímků pacienta na množinu CT snímků atlasových záznamů vybraných v předchozí aktivitě. Výsledkem registrace je množina deformačních transformací, které popisují objemovou geometrickou transformaci CT snímků atlasových záznamů na CT snímky pacienta. V praxi se předpokládá využití vektorové deformační matice, která v každém svém bodě obsahuje vektor popisující směr a velikost deformace atlasového CT snímku na CT snímek pacienta.
A5 - Segmentace pomocí deformačních registrací	2019	2020	Jednotlivé segmentované struktury vybrané množiny atlasových záznamů budou převedeny na voxelové modely a následně transformovány pomocí deformačních transformací, které vznikly v předchozí aktivitě. Pro každý atlasový záznam tak vzniknou nové segmentované struktury pro CT snímky pacienta. Finálním krokem atlasové segmentace bude sloučení segmentovaných struktur do jedné. Součástí aktivity bude návrh a implementace optimalizačního modelu pro sloučení segmentovaných struktur. Optimalizační model bude mít samoučící vlastnosti, tzn. že každou nově získanou segmentaci bude možné zařadit mezi atlasové záznamy.

A1 - Vytvoření databázového systému Atlas	2018	2019	Návrh a implementace databázového systému Atlas pro uložení atlasových záznamů. Jednotlivé atlasové záznamy budou obsahovat anonymizované informace o pacientovi (věk, váha, výška...), CT snímky a segmentované struktury. V rámci aktivity bude navržen datový model databáze, vytvořeno komunikační rozhraní pro výběr, uložení, smazání a opravu atlasových záznamů a mechanismus bezpečné archivace databáze. Databázový systém předpokládá úzké napojení na nemocniční PACS a v případě neexistence PACS v nemocnici bude součástí systému i vlastní jednoduchý PACS pro základní komunikaci a archivaci dat ve formátu DICOM. Tento podpůrný PACS modul může být využíván i v jiných aplikacích, například jako archiv pro snímky z klasického rentgenového simulátoru vyráběného řešitelem.
A2 - Tvorba výchozí množiny záznamů	2018	2020	Příprava vzorových segmentací CT snímků vybraných pacientů. V rámci aktivity budou využita anonymizovaná klinická data reálných pacientů, provedena jejich důkladná kontrola a případně i manuální opravy dle doporučení specialistů z řad lékařů. Kromě navržení importních funkcí v minulosti segmentovaných dat, budou vypracovány a implementovány vlastní segmentační algoritmy a uživatelské rozhraní pro jejich použití. Nově vytvořené automatické segmentace dle navrhovaných deformačních algoritmů pak budou kontrolovány odbornými lékaři včetně jejich manuální modifikace nutné pro zpřesnění anatomického modelu. Nově vzniklý 3D anatomický segmentovaný model pacienta bude možné po validaci odborníkem zařadit do databáze atlasu (viz další aktivita) a využít jej poté jako vzor pro nové segmentace.

Milníky – TH03010099-V1

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M1-1 Databázový systém, import a export dat	2018	Výběr vhodného databázového serveru a technologické platformy pro jeho realizaci, návrh datového modelu databáze, implementace databázového systému na vybrané platformě, návrh a vývoj filtračních algoritmů pro import a export dat ve formátu DICOM. Integrace databázového rozhraní do grafického uživatelského prostředí včetně základních nástrojů pro manipulaci s uloženými daty.
M1-2 PACS lite – podpora databázového systému Atlas	2019	Návrh a implementace jednoduchého systému PACS dle DICOM standardů, testování a integrace s databázovým systémem Atlas. Realizací milníku bude ukončena aktivita A1.
M3-1 Implementace algoritmů pro anonymizaci vstupních dat	2018	Vytvoření automatizovaného filtru pro anonymizaci vstupních dat. Z hlediska ochrany osobních údajů budou veškerá osobní data (jméno, příjmení, datum narození, bydliště, identifikační číslo, název plánovacího systému, místo léčení, přístroj, ...) anonymizována indexy Atlasu nebo odstraněna.
M2-2 Rozšíření výchozí množiny záznamů,	2019	Doplnění výchozích záznamů a rozšíření původní množiny vstupních dat, včetně validace a případné úpravy před uložením do databáze Atlas. Návrh a implementace vlastních segmentačních nástrojů pro editaci existujících a tvorbu nových segmentací. Integrace vlastních segmentačních nástrojů do grafického uživatelského rozhraní.

vlastní segmentační nástroje		
M4-2 Finální algoritmy deformační registrace	2020	Úprava prvotních algoritmů deformace, doplnění o nové funkce, ověření a validace kódu. Daným milníkem bude uzavřena aktivita A4.
M3-2 Implementace algoritmů pro optimální výběr množiny záznamů	2019	Návrh a implementace algoritmů, které vyberou z databáze Atlas množinu potenciálně fyzicky nejbližších záznamů pro následnou registraci jejich CT snímků se snímky analyzovaného pacienta. Daným milníkem bude uzavřena aktivita A3.
M2-1 Výběr vhodné výchozí množiny záznamů, její validace a import do databáze	2018	Bude proveden výběr vhodných pacientů, kteří prošli radioterapeutickým plánováním v některém z evropských center. Před vlastním zpracováním budou data anonymizována, ve vstupních souborech zůstanou pouze hodnoty nutné pro následnou optimalizaci výběru množiny pacientů (věk, velikost, pohlaví, hmotnost), která budou doplněna popisem segmentovaných anatomických struktur. Data budou po validaci uložena v podobě jednotlivých záznamů do databázového systému Atlas.
M4-1 Základní algoritmy deformační registrace	2019	Návrh základních algoritmů deformační registrace a jejich implementace.
M5-2 Optimalizační model pro sloučení voxelových modelů	2020	Návrh a implementace optimalizačního modelu pro sloučení voxelových modelů do jednoho výsledného voxelového modelu. Daným milníkem bude uzavřena aktivita A5 a současně dokončen výsledek projektu – SW pro automatizovanou atlasovou segmentaci anatomických struktur.
M5-1 Základní algoritmy automatické segmentace	2019	Návrh a implementace algoritmů pro převod segmentovaných struktur na voxelové modely, deformační transformaci voxelového modelu, sloučení transformovaných voxelových modelů do jednoho výsledného voxelového modelu, převod voxelového modelu na segmentovanou strukturu.
M2-3 Kompletace množiny výchozích záznamů	2020	Dokončení množiny výchozích záznamů doplněním pacientů s méně význačnými znaky nebo statisticky se řídce vyskytujícími (děti a mládež, extrémně vysokí nebo obézní pacienti). Daným milníkem bude uzavřena aktivita A2.

6. Identifikační údaje uchazeče

Hlavní příjemce – [P] UJP PRAHA a.s.

IČ 60193247	DIČ CZ60193247	Obchodní jméno UJP PRAHA a.s.
Organizační jednotka		Kód organizační jednotky
Právní forma POO – Právnícká osoba zapsaná v obchodním rejstříku (zákon č. 304/2013 Sb., o veřejných rejstřících právnických a fyzických osob) – Akciová společnost		
Rodné číslo	Typ organizace VP - Velký podnik	

Další účastník – [D] České vysoké učení technické v Praze

IČ 68407700	DIČ CZ68407700	Obchodní jméno České vysoké učení technické v Praze
Organizační jednotka Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská		Kód organizační jednotky 21340
Právní forma VVS – Veřejná nebo státní vysoká škola (zákon č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů) – Vysoká škola (veřejná, státní)		
Rodné číslo	Typ organizace VO - Výzkumná organizace	Typ VO VVS - veřejná vysoká škola

Hlavní příjemce – [P] UJP PRAHA a.s.

7. Náklady

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	Celkem
Osobní náklady	Kč	1 550 000	1 700 000	2 090 000	5 340 000
Náklady na subdodávky	Kč	0	0	0	0
Ostatní přímé náklady	Kč	50 000	70 000	50 000	170 000
Nepřímé náklady	Kč	2 170 000	2 380 000	2 962 000	7 512 000
Náklady celkem	Kč	3 770 000	4 150 000	5 102 000	13 022 000
Podíl nákladů na nepřímé náklady	%	135,62	134,46	138,41	136,33

8. Zdroje

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	Celkem
Podpora	Kč	1 979 250	2 178 750	2 678 550	6 836 550
Neveřejné zdroje	Kč	1 790 750	1 971 250	2 423 450	6 185 450
Zdroje celkem	Kč	3 770 000	4 150 000	5 102 000	13 022 000
Míra podpory	%	52,5	52,5	52,5	52,5

Kategorie	Jednotka	2018	2019	2020
Aplikovaný výzkum	%	50	50	50
Experimentální vývoj	%	50	50	50

Další účastník – [D] České vysoké učení technické v Praze

7. Náklady

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	Celkem
Osobní náklady	Kč	420 000	420 000	420 000	1 260 000
Náklady na subdodávky	Kč	0	0	0	0
Ostatní přímé náklady	Kč	100 000	80 000	110 000	290 000
Nepřímé náklady	Kč	80 000	80 000	80 000	240 000
Náklady celkem	Kč	600 000	580 000	610 000	1 790 000
Podíl nákladů na nepřímé náklady	%	15,38	16	15,09	15,48

8. Zdroje

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	Celkem
Podpora	Kč	600 000	580 000	610 000	1 790 000
Neveřejné zdroje	Kč	0	0	0	0
Zdroje celkem	Kč	600 000	580 000	610 000	1 790 000
Míra podpory	%	100	100	100	100

Kategorie	Jednotka	2018	2019	2020
Aplikovaný výzkum	%	60	60	60
Experimentální vývoj	%	40	40	40

9. Finance za projekt

Náklady za projekt

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	Celkem
Osobní náklady	Kč	1 970 000	2 120 000	2 510 000	6 600 000
Náklady na subdodávky	Kč	0	0	0	0
Ostatní přímé náklady	Kč	150 000	150 000	160 000	460 000
Nepřímé náklady	Kč	2 250 000	2 460 000	3 042 000	7 752 000
Náklady celkem	Kč	4 370 000	4 730 000	5 712 000	14 812 000
Podíl nákladů na subdodávky	%	0	0	0	0

Zdroje za projekt

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	Celkem
Podpora	Kč	2 579 250	2 758 750	3 288 550	8 626 550
Neveřejné zdroje	Kč	1 790 750	1 971 250	2 423 450	6 185 450
Zdroje celkem	Kč	4 370 000	4 730 000	5 712 000	14 812 000
Míra podpory	%	59,02	58,32	57,57	58,24