

Univerzita obrany
Fakulta ekonomiky a managementu
Katedra vojenského managementu a taktiky

Softwarová dokumentace

Optimální průzkum zájmového prostoru bezpilotními prostředky

**Unmanned Aerial Vehicles routes planning for optimal
reconnaissance of the area of interest**

Autoři: mjr. doc. Ing. Petr STODOLA, Ph.D.
mjr. doc. Ing. Jan MAZAL, Ph.D.

Brno 2013

Obsah

1. Popis systému	3
2. Technické požadavky na systém.....	3
3. Ovládací prvky aplikace a uživatelské rozhraní	4
3.1 Editace UAV prostředků.....	4
3.2 Editace zájmového prostoru	5
3.3 Přehledové okno a spuštění optimalizace	7
3.4 Optimalizační proces.....	8
3.5 Zobrazení výsledků.....	9

1. Popis systému

Software řeší úlohu návrhu letových tras bezpilotních prostředků pro optimální průzkum zájmového prostoru. Řešenou úlohu můžeme zařadit do kategorie úloh, které v odborné literatuře nazýváme Multi-Depot Vehicle Routing Problem. Jedná se o velmi známý (NP-úplný) problém, který má mnoho reálných aplikací v oblastech dopravy, distribuce zásob a logistiky.

Autoři pro řešení problému navrhli vlastní algoritmus založený na teorii ACO (Ant Colony Optimization), která je pro řešení problému použita poprvé. Algoritmus poskytuje velmi kvalitní řešení i pro složité úlohy ve velmi krátkém čase.

Software je začleněn do našeho taktického systému, který umožňuje grafickou vizualizaci prostředí a je navržen pro podporu rozhodování velitelů jednotek. Modul optimálního průzkumu zájmového prostoru je součástí tohoto systému.

Software umožňuje v rámci taktického systému definovat zájmový prostor a stanoviště jednotek vybavených bezpilotními prostředky. Na základě těchto informací systém nalezne optimální letovou trasu jednotlivých prostředků tak, aby průzkum zadaného prostoru byl optimální. Na kritéria optimality můžeme pohlížet z různých pohledů. Cílem může být minimalizovat celkovou trasu všech dostupných bezpilotních prostředků nebo minimalizovat celkový čas potřebný pro kompletní průzkum zájmového prostoru. Výsledné trasy lze potom nahrát do skutečných prostředků na bojišti, které mohou okamžitě zahájit průzkum prostoru.

Základní charakteristiky softwarové aplikace jsou následující:

- Software poskytuje uživatelsky příjemné prostředí, které umožňuje definovat polohy jednotek vybavených bezpilotními prostředky, tzn. lze přidávat, mazat a editovat pozice jednotlivých bezpilotních letounů.
- Dále software umožňuje přesnou definici zájmového prostoru ve formě polygonu. Jednotlivé body polygonu lze snadno modifikovat, přesunovat, mazat a přidávat.
- Pro řešení úlohy je možné definovat řadu parametrů a nastavení algoritmu včetně volby kritéria optimality.
- Výsledky jsou prezentovány přehledně formou tabulky, která ukazuje seznam bodů, kterými musí jednotlivé prostředky proletět, aby byl pokrytý celý zájmový prostor. Výstup je prezentován také graficky na mapových podkladech včetně přesných tras bezpilotních letounů.

Součástí této dokumentace je především příručka k ovládání softwarové aplikace a popis jednotlivých funkcí a ovládacích prvků systému.

2. Technické požadavky na systém

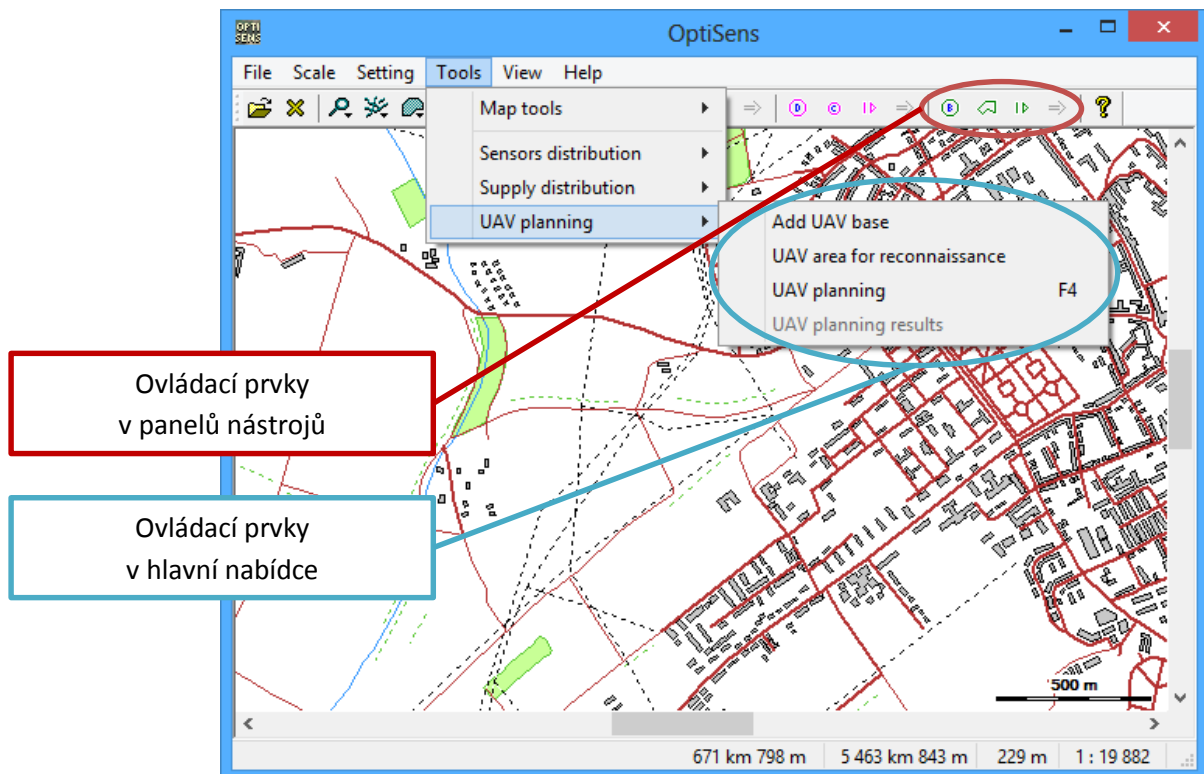
Softwarovou aplikaci je nutné spouštět na osobních počítačích vybavených operačním systémem Windows XP (nebo vyššími verzemi). Software je vytvořen v programovacím jazyce C++ s využitím principů objektově orientovaného programování pod překladačem Microsoft Visual Studio.

Pro správnou funkci aplikace je nutné mít k dispozici mapové podklady, které dodává Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce, konkrétně v následujících vrstvách:

- digitální model území 1:25 000 (DMU-25),
- digitální model reliéfu ve formátu BW3.


3. Ovládací prvky aplikace a uživatelské rozhraní


Software je součástí taktického systému, který zahrnuje další modely a funkce. Popis v této části se však bude výhradně věnovat ovládání modulu pro optimalizaci průzkumu zájmového prostoru, pro které slouží ovládací prvky vyznačené na obrázku 1. Modul je možný ovládat přes hlavní nabídku aplikace nebo přes tlačítka v panelu nástrojů. Obě možnosti jsou zcela rovnocenné.



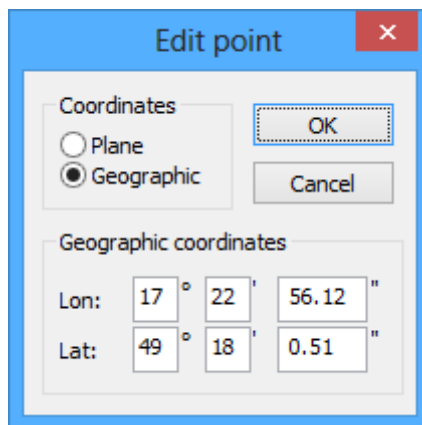
Obrázek 1: Základní ovládací prvky aplikace

3.1 Editace UAV prostředků

Přidávání, mazání a úpravu UAV základen (prostředků) lze provádět přes funkci **Add UAV base** nebo tlačítko . Každá UAV základna je chápána jako samostatný bezpilotní prostředek, které startuje ze stanovené pozice na průzkum. Pokud má nějaká jednotka k dispozici více UAV prostředků, lze jednoduše na stejné místo vložit více UAV základen.

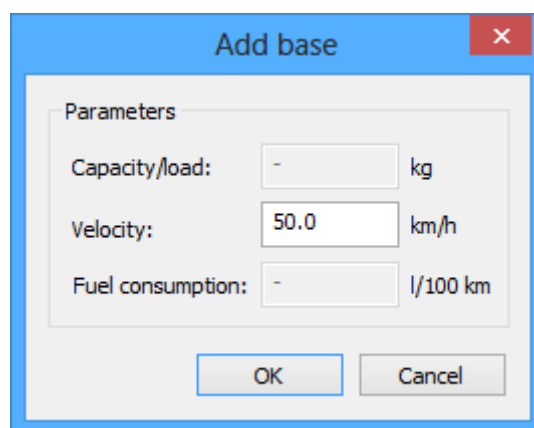
Po stisknutí tlačítka je možné klepnutím do mapy přidat UAV prostředek na požadovanou pozici. V mapě bude tento prostředek označen symbolem zelené kružnice . Písmena abecedy od sebe rozlišují jednotlivé prostředky.

Po klepnutí do mapy se otevře dialogové okno (viz obrázek 2), které umožňuje upřesnit pozici prostředku (v zeměpisném souřadnicovém systému nebo systému WGS 84/UTM).




Obrázek 2: Upřesnění pozice UAV prostředku

Po potvrzení pozice se otevře další dialogové okno, ve kterém lze upravovat parametry a vlastnosti UAV prostředku (viz obrázek 3). Jediným parametrem, který lze v současné verzi nastavit, je průměrná rychlost prostředku. Po potvrzení hodnot je prostředek vložen do mapy.



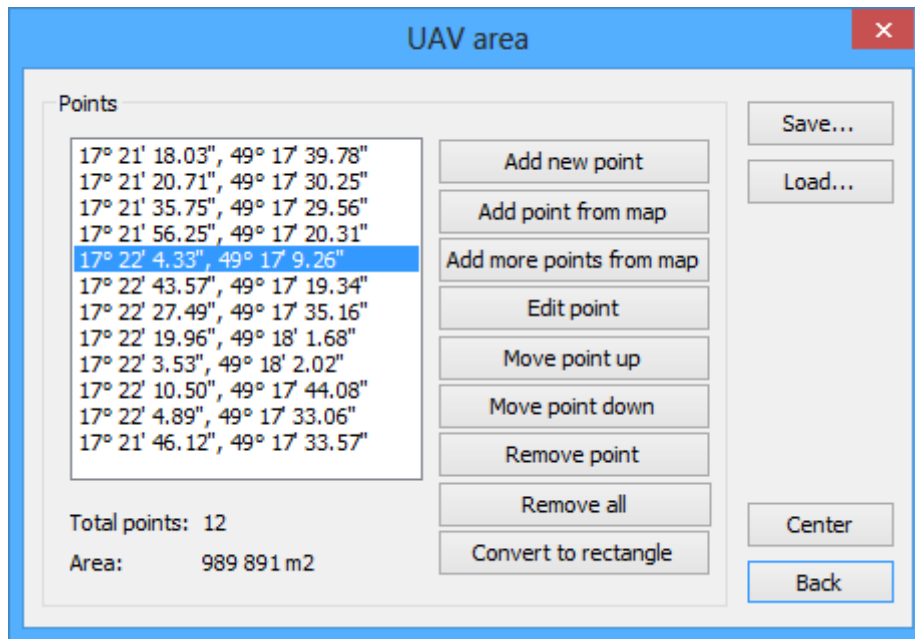
Obrázek 3: Parametry UAV prostředku

3.2 Editace zájmového prostoru

Zájmový prostor je tvořen polygonem, který lze v systému snadno vytvářet a modifikovat. Slouží k tomu funkce **UAV area for reconnaissance** nebo tlačítko . Po stisknutí tlačítka se otevře dialogové okno, které zachycuje obrázek 4.

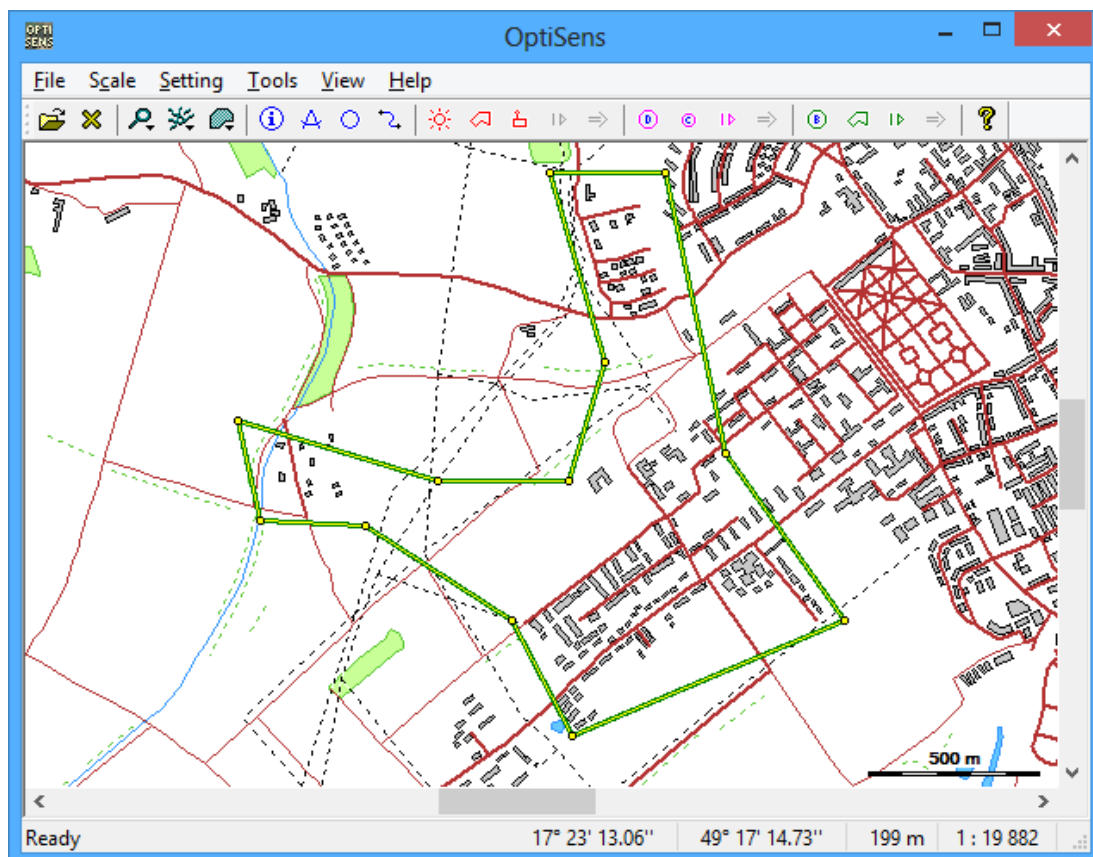
Tlačítkem **Add new point** vložíme nový bod zájmového prostoru. Objeví se dialogové okno podobné tomu z obrázku 2, kde je možné přesně specifikovat polohu bodu (v zeměpisném souřadnicovém systému nebo systému WGS 84/UTM). Tlačítka **Add point from map** nebo **Add more points from map** můžeme vkládat body zájmového prostoru přímo klepnutím do mapy. Vkládáme-li více bodů, proces vkládání ukončíme dvojklikem v mapě.

Tlačítkem **Edit point** můžeme upřesnit polohu dříve vloženého bodu. Tlačítka **Move point up** a **Move point down** slouží ke změně pořadí již vložených bodů. Odstranění vybraného bodu se provede tlačítkem **Remove point**, k odstranění všech bodů slouží tlačítko **Remove all**. Vložené body lze také snadno zkonvertovat na opsaný obdélník tlačítkem **Convert to rectangle**.




Obrázek 4: Okno pro vytváření zájmového prostoru

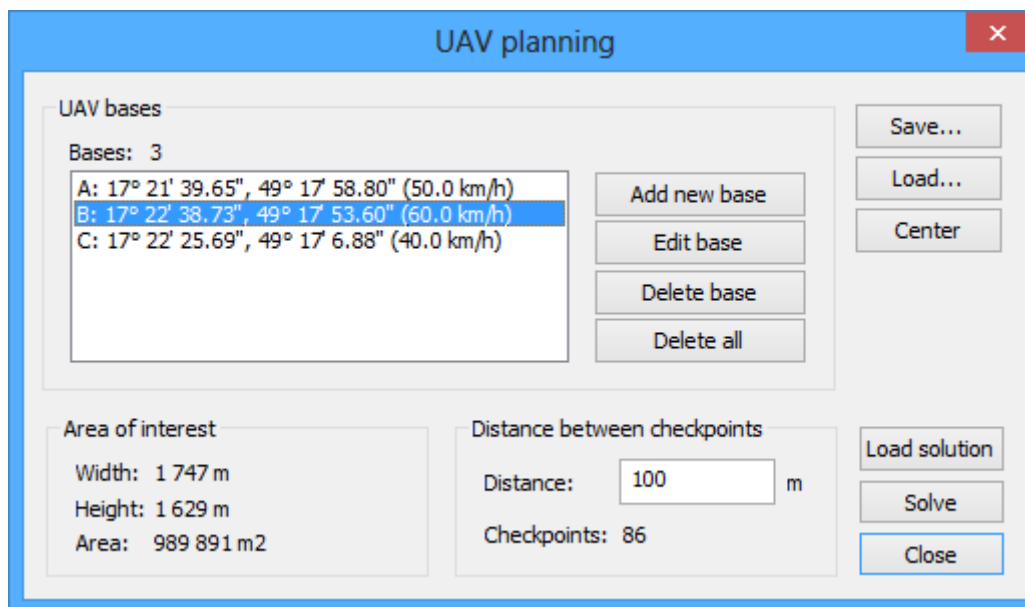
Ve spodní části okna se nachází informace o celkovém počtu dosud vložených bodů a celkové ploše polygonu v m². Výsledný prostor je možné uložit do souboru s příponou **osa** tlačítkem **Save...** nebo jej nahrát ze souboru tlačítkem **Load...** Tlačítko **Center** slouží k vystředění prostoru v mapě. Zadaný zájmový prostor se v mapě zobrazuje prostřednictvím zelených čar (viz příklad na obrázku 5).



Obrázek 5: Zájmový prostor

3.3 Přehledové okno a spuštění optimalizace

Po přidání všech UAV prostředků a konfiguraci zájmového prostoru lze základní přehled o úloze zobrazit prostřednictvím funkce **UAV planning** nebo tlačítka . Zobrazí se přehledové okno (viz obrázek 6), které ukazuje vložené UAV prostředky a základní informace o zájmovém prostoru (výška, šířka, plocha).

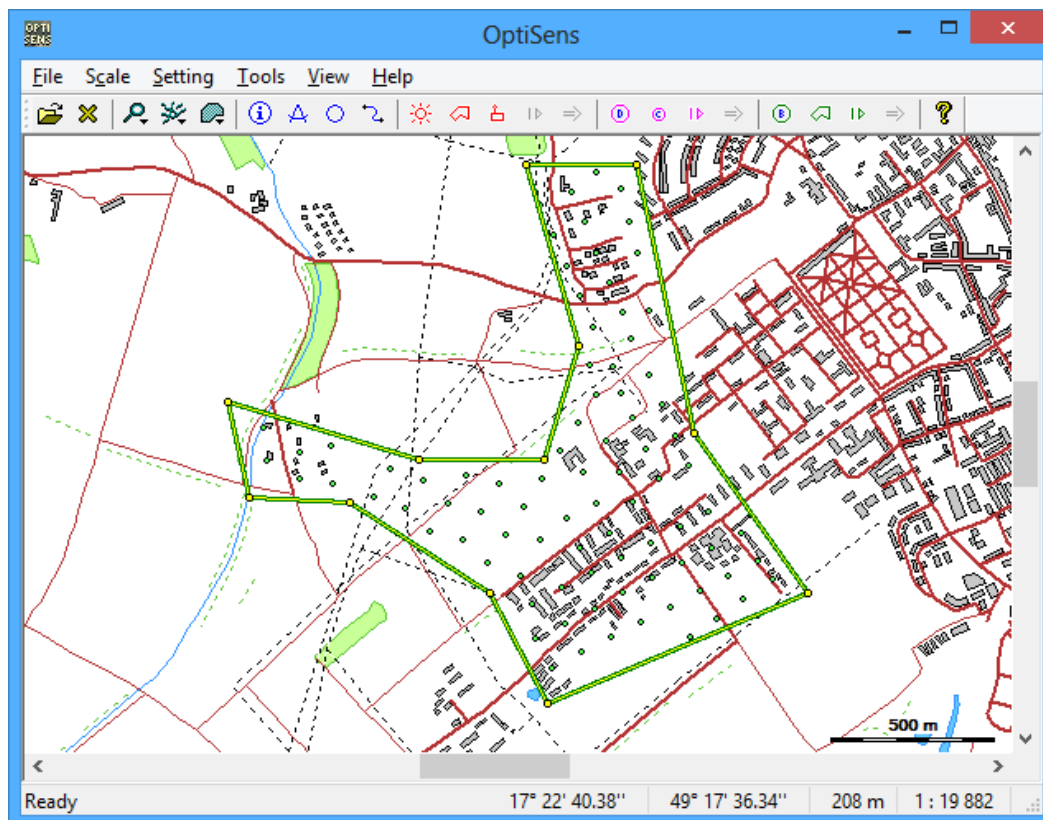


Obrázek 6: Přehledové okno

Zde lze také provádět modifikaci již vložených prostředků (viz tlačítko **Edit base**), přidávat další nové prostředky (viz tlačítko **Add new base**) a mazat je (viz tlačítko **Delete base**). Tlačítkem **Delete all** odstraníme všechny dosud vložené UAV prostředky.

System navíc umožňuje uložit aktuální konfiguraci UAV prostředků tlačítkem **Save...** do souborů s příponou **uav**, případně je opět nahrát tlačítkem **Load...** Tlačítko **Center** umožňuje vystředit prostředky i zájmový prostor na mapě. Pokud již existuje k dané úloze řešení, je možné jej nahrát tlačítkem **Load Solution** ze souboru s příponou **uavres**. Tlačítkem **Solve** spustíme samotný optimalizační proces.

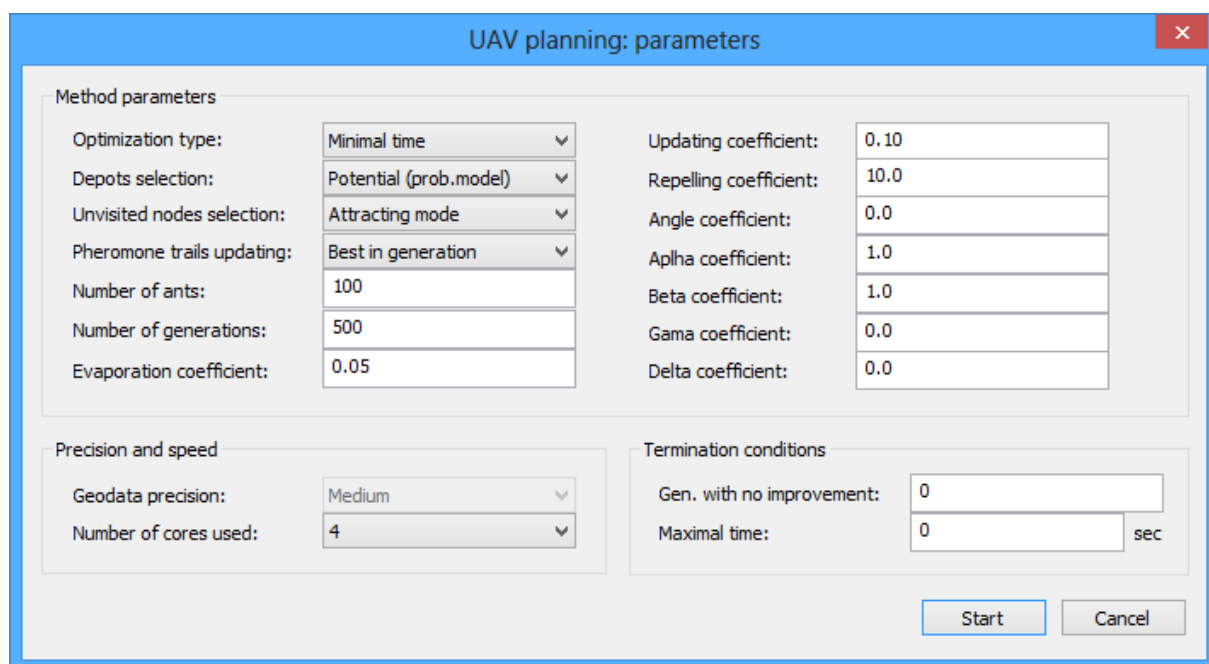
Před spuštěním optimalizace je však třeba ještě věnovat pozornost klíčovému parametru, kterým je průměrná vzdálenost mezi body, mezi nimiž budou prostředky postupně prolétávat (viz **Distance between checkpoints**). Jedná se o průměrnou vzdálenost mezi průletovými body, kterými se v další fázi rovnoměrně pokryje vytvořený zájmový prostor. Průlet všemi těmito body je potom považován za kompletní průzkum tohoto prostoru. Ve výchozím stavu je tato hodnota nastavena na 100 m, nicméně hodnotu lze libovolně měnit podle potřeby. Pod ovládacím prvkem pro zadání vzdálenosti je celkový počet vytvářených průletových bodů (**Checkpoints**) při dané konkrétní vzdálenosti (změnou vzdálenosti dojde okamžitě k přepočítání počtu bodů). Příklad vložených průletových bodů ukazuje obrázek 7 (viz zelené tečky).



Obrázek 7: Průletové body v zájmovém prostoru

3.4 Optimalizační proces

Po stisknutí tlačítka **Solve** z dialogového okna na obrázku 6 se spustí samotný optimalizační proces, který najde optimální řešení zadané úlohy. V první fázi tohoto procesu je třeba definovat parametry optimalizačního algoritmu, které jsou zobrazeny na obrázku 8.



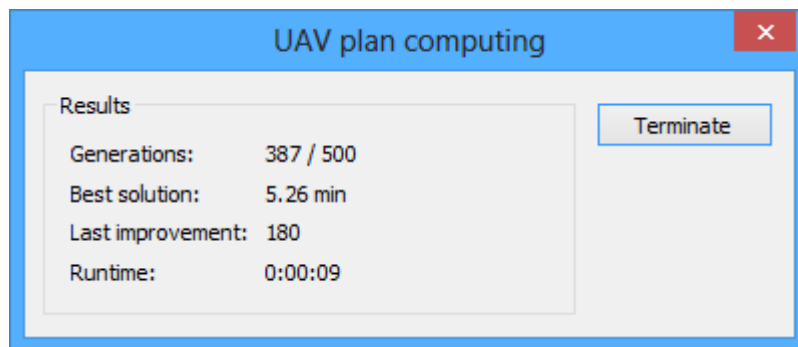
Obrázek 8: Parametry optimalizačního algoritmu

Z obrázku je patrné, že parametrů je celá řada, nicméně většina z nich není důležitá pro pochopení činnosti softwarové aplikace. Jedná se o parametry, které se úzce vztahují k principům použitého optimalizačního algoritmu. Tyto parametry jsou ve výchozím stavu nastaveny na optimální hodnoty, které není nutné měnit, a zaručují tak nejlepší kombinaci pro získání kvalitního řešení v krátkém čase.

Pro uživatele jsou klíčové pouze tyto parametry:

- **Optimization Type:** volba optimalizačního kritéria (nejkratší celková trasa nebo nejkratší celkový čas).
- **Number of cores used:** počet procesorů počítače, které budou využity při optimalizaci.
- **Maximal time:** podmínka, která ukončí algoritmus po uplynutí nastaveného času (v sekundách).


Tlačítkem **Start** se spustí samotná optimalizace. Její průběh lze sledovat v dialogovém okně (viz obrázek 9). Po skončení procesu se okno automaticky zavře, případně lze optimalizaci ukončit manuálně tlačítkem **Terminate**.



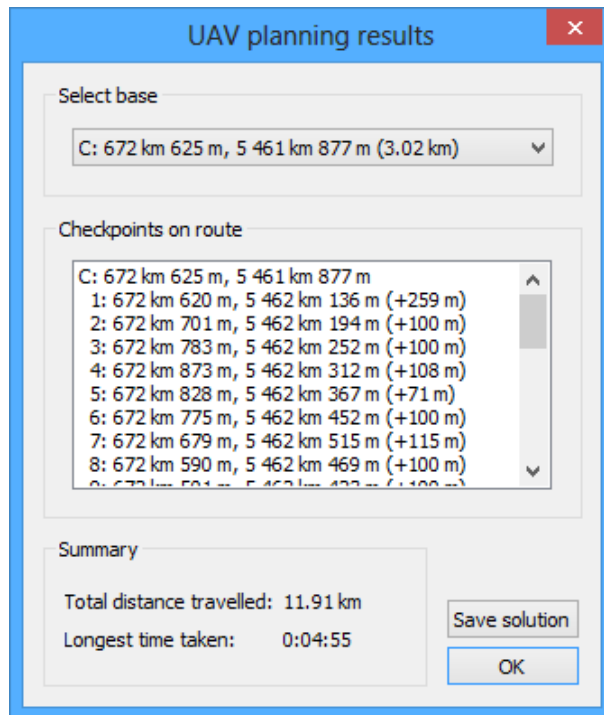
Obrázek 9: Průběh procesu optimalizace

3.5 Zobrazení výsledků

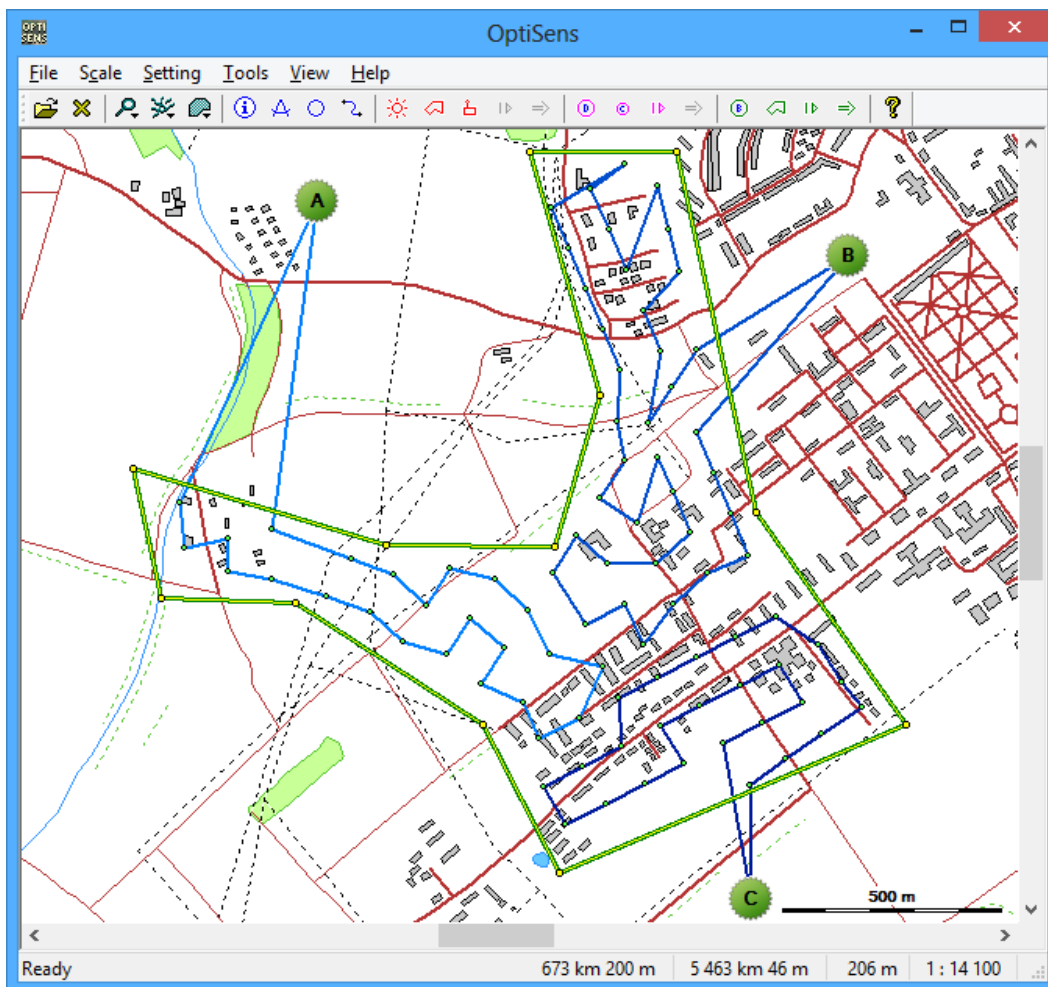
Po skončení procesu optimalizace se automaticky zobrazí okno s výsledky (viz obrázek 10). V tomto okně vidíme pro každý UAV prostředek pořadí průletových bodů, které musí prostředek postupně navštívit včetně informací o vzdálenosti k jednotlivým bodům. Konkrétní UAV prostředek volíme v horní části okna (viz oblast **Select base**).

Ve spodní části jsou informace o celkové vzdálenosti, kterou dohromady musí UAV prostředky urazit a jaký čas zabere průzkum daného prostoru. Tlačítkem **Save solution** můžeme výsledky uložit do souboru s příponou uavres. Okno s výsledky je možné také kdykoliv otevřít funkcí **UAV planning results** v hlavní nabídce nebo tlačítkem .

Výsledky optimalizace vidíme graficky také přímo v systému na mapových podkladech (viz obrázek 11). Modré čáry ukazují přesnou trasu jednotlivých UAV prostředků.



Obrázek 10: Okno s výsledky optimalizace



Obrázek 11: Grafické zobrazení výsledků