

Druhá zápočtová úloha

Obrátil se na vás majitel logistické firmy **Log**, abyste mu pomohli optimalizovat náklady při přepravě zásilek. Firma se věnuje mezinárodní přepravě rozměrných balíků a má k dispozici flotilu dodávek a několik malých letadel. Balíky je potřeba přepravovat mezi jednotlivými výdejními centry v různých městech Evropy.

Vášim úkolem je vytvořit program, který bude firma **Log** používat pro plánování svých každodenních aktivit - tzn. jakým přesně způsobem se budou balíky přepravovat, kudy budou dodávky jezdit a podobně - tak, aby všechny balíky dorazily na svá místa a celkové náklady na přepravu byly co nejmenší.

Zadavatel vám dal k dispozici následující popis fungování firmy:

Výdejní centra se nacházejí ve městech a v každém městě může být (a typicky také je) více než jedno výdejní centrum. V rámci jednoho města se balíky přepravují pomocí dodávek. Tyto dodávky se pohybují vždy jen v rámci města, nevyplatí se, aby přejížděly mezi různými městy.

V každém městě se nachází právě jedno letiště, se kterým máme dohodnutý kontrakt a mezi těmito letišti mohou přelétat naše letadla. Při přepravě balíku mezi výdejními centry, která jsou v různých městech, je tedy třeba nejprve balík převést na letiště pomocí dodávky, pak ho přepravit pomocí letadla na letiště v cílovém městě a potom opět pomocí (jiné) dodávky na cílové místo v rámci druhého města.

Každá dodávka může současně převážet nejvýše 4 balíky a letadlo unese maximálně 30 balíků. Na letištích a ve výdejních centrech je možné uskladnit libovolné množství balíků. U každého výdejního centra může současně parkovat libovolné množství dodávek a na letišti může být současně přítomný libovolný počet dodávek i letadel.

S používáním přepravních prostředků jsou spojené náklady (palivo, odměny zaměstnanců, poplatky a podobně) v této podobě:

- naložení balíku do dodávky: 2 €
- vyložení balíku z dodávky: 2 €
- přejezd dodávky mezi jakýmkoli dvěma místy (v rámci stejného města): 17 €
- naložení balíku do letadla: 14 €
- vyložení balíku z letadla: 11 €
- přelet letadla mezi jakýmkoli dvěma letišti: 1000 €

Počáteční i cílové pozice balíků budou u každé zakázky jiné (podle přání zákazníků) a v průběhu času se může měnit i síť poboček. Z tohoto důvodu je potřeba, aby váš program tyto informace načítal jako svůj vstup. Výstupem programu by pak měl být plán - t.j. posloupnost činností, které zajistí, že všechny balíky budou dopravené na svá místa určení a náklady spojené s přepravou budou co nejmenší. Kvůli kompatibilitě vašeho programu se systémem, který firma v současnosti používá, je potřeba přesně dodržovat formát, ve kterém jsou vstupy i výstupy popsány.

Při popisu vstupů a výstupů se používá následující značení:

- každý balík má své identifikační číslo v rozsahu 0 až $b-1$, kde b je celkový počet balíků v přepravě

- každé město má své identifikační číslo v rozsahu 0 až $m-1$, kde m je celkový počet měst
- každé místo má své identifikační číslo v rozsahu 0 až $c-1$, kde c je celkový počet míst. *Místo* je buď výdejní centrum, nebo letiště. Každé *místo* patří do právě jednoho *města* a v každém městě je právě jedno *místo* označeno jako letiště.
- každá dodávka má své identifikační číslo v rozsahu 0 až $d-1$, kde d je celkový počet dodávek. Všechny dodávky jsou identické.
- každé letadlo má své identifikační číslo v rozsahu 0 až $e-1$, kde e je celkový počet letadel. Všechna letadla jsou identická.

Formát vstupu:

Vstup se nachází v textovém souboru, na každém řádku je jedna informace. Řádky začínající znakem % představují komentář a je možné je ignorovat.

Soubor má následující strukturu:

1.řádek: číslo m - počet měst

2.řádek: číslo c - počet míst

Následuje c řádků, kde je pro každé místo určené, do jakého města patří.

Například:

1
1
0
2

znamená, že:

místo s číslem 0 se nachází ve městě s číslem 1,
místo s číslem 1 se nachází ve městě s číslem 1,
místo s číslem 2 se nachází ve městě s číslem 0,
místo s číslem 3 se nachází ve městě s číslem 2

Následuje m řádků, které sdělují, která místa mají funkci letiště.

Například:

15
2
4
7

znamená, že místa s čísly 15, 2, 4 a 7 jsou letiště. (Letiště je vždy stejný počet jako měst a každé z nich se nachází v jiném městě.)

Následuje číslo d (počet dodávek) a potom d řádků, kde na každém řádku je aktuální poloha příslušné dodávky. Poloha je zadána jako identifikační číslo místa.

Například:

4
2
2

5
10

znamená:

celkem máme 4 dodávky,

dodávka s číslem 0 se nachází na místě s číslem 2,

dodávka s číslem 1 se nachází také na místě s číslem 2,

dodávka s číslem 2 se nachází na místě s číslem 5,

dodávka s číslem 3 se nachází na místě s číslem 10.

V každém městě se nachází aspoň jedna dodávka a všechny dodávky jsou na začátku prázdné.

Následuje číslo e (počet letadel) a potom e řádků, kde na každém řádku je aktuální poloha příslušného letadla. Poloha je zadaná jako identifikační číslo místa. (Zde se můžou vyskytnout pouze místa označená jako letiště).

Například:

5
7
7
7
1
7

znamená:

celkem máme 5 letadel,

letadlo s číslem 3 se nachází na místě s číslem 1,

všetchna ostatní letadla jsou na místě s číslem 7.

Všetchna letadla jsou na začátku prázdná.

Následuje číslo b (počet balíků) a potom b řádků, kde na každém řádku je dvojice čísel oddělená mezerou, první číslo je aktuální pozice příslušného balíku a druhé číslo je jeho cílová pozice. Pozice jsou opět popsány jako identifikátory míst.

Například:

3
1 2
15 3
4 4

znamená:

Celkem jsou v přepravě 3 balíky.

Balík s číslem 0 se nachází na místě s číslem 1 a je třeba ho přepravit na místo s číslem 2

Balík s číslem 1 se nachází na místě s číslem 15 a je třeba ho přepravit na místo s číslem 3

Balík s číslem 2 se nachází na místě s číslem 4 a je třeba ho přepravit na místo s číslem 4

Počáteční či cílové místo může být i letiště.

Formát výstupu:

Výstupem bude opět textový soubor, na každém řádku bude popsána jedna činnost tak, aby postupné vykonání těchto činností vedlo k doručení všech zásilek. Každá činnost je popsána klíčovým slovem a dvěma číselnými argumenty a tyto údaje jsou oddělené mezerami.

Činnosti můžou být tohoto typu:

- **drive číslo_dodávky číslo_cílového_místa** - označuje přejezd dodávky s příslušným číslem do zadaného místa. Lze vykonat pouze pokud současná i nová poloha dodávky jsou ve stejném městě.
- **load číslo_dodávky číslo_balíku** - označuje naložení balíku s daným číslem do příslušné dodávky. Lze vykonat pouze pokud balík i dodávka jsou na stejném místě a dodávka má ještě volnou kapacitu.
- **unload číslo_dodávky číslo_balíku** - označuje vyložení příslušného balíku ze zadané dodávky. Balík bude vyložen na místě, kde se dodávka právě nachází. Lze vykonat pouze pokud je balík naložený v příslušné dodávce.
- **fly číslo_letadla číslo_cílového_místa** - označuje přelet letadla s příslušným číslem do zadaného letiště. Lze vykonat pouze pokud cílové místo je letiště.
- **pickUp číslo_letadla číslo_balíku** - označuje naložení balíku s daným číslem do příslušného letadla. Lze vykonat pouze pokud balík i letadlo jsou na stejném místě a letadlo má ještě volnou kapacitu.
- **dropOff číslo_letadla číslo_balíku** - označuje vyložení příslušného balíku ze zadaného letadla. Balík bude vyložen na místě, kde se letadlo právě nachází. Lze vykonat pouze pokud je balík naložený v příslušném letadle.

Pro usnadnění vaší práce vám společnost poskytla:

- ukázkový vstupní soubor
 - http://www.ms.mff.cuni.cz/~truno7am/cvikoUI1/Logistics/test_input.txt
- ukázkový výstup
 - http://www.ms.mff.cuni.cz/~truno7am/cvikoUI1/Logistics/test_output.txt
- validátor výstupů
 - www.ms.mff.cuni.cz/~truno7am/cvikoUI1/Logistics/Evaluator.exe
 - validátor přečte vstupní a výstupní soubor a zkontroluje, jestli jsou činnosti zapsané ve správném formátu, jestli je možné je v tomto pořadí vykonat a jestli vedou k doručení všech balíků. V případě, že se vyskytuje problém, tak na něj upozorní. (Spouští se z příkazové řádky.)
- generátor vstupů
 - www.ms.mff.cuni.cz/~truno7am/cvikoUI1/Logistics/Generator.exe
 - generátor umožňuje generovat náhodné výchozí situace různé velikosti, na kterých lze váš program testovat. (Spouští se z příkazové řádky.)

Pokyny k řešení:

Vášim úkolem je:

1. navrhnout, implementovat a popsat model problému (jak s ním bude pracovat počítač)
je vhodné například zmínit i výhody vašeho modelu oproti jiným alternativám. nad kterými jste uvažovali a podobně
2. navrhnout implementovat a popsat algoritmus pro řešení různých instancí tohoto problému
můžete použít jakékoli postupy probírané na přednášce (tzn. informované nebo neinformované prohledávání, řešení "reflexním způsobem", lokální prohledávání a podobně), můžete je libovolně modifikovat či kombinovat, nebo můžete použít úplně jiný vlastní postup. Je vhodné zmínit vlastnosti, výhody a nevýhody vašeho postupu oproti jiným alternativám, nad kterými jste uvažovali.
3. otestovat váš přístup na různých instancích problému, výsledky okomentovat a přehledně zobrazit nejlépe pomocí grafů

Odevzdávání:

Posílejte zdrojové kódy vašeho projektu + zprávu se slovním popisem vašeho řešení a zobrazením výsledků. Dodržujte prosím pravidla pro odevzdávání úkolů popsaná na stránce cvičení.

Termín:

Úloha nebude mít striktní termín, čili odevzdat ji můžete až v době, kdy budete chtít získat zápočet. Předpokládá se, že byste to měli stihnout do konce zimního zkouškového období, ale ve výjimečných případech je možné odevzdávat i později.

Hodnocení:

Za úlohu můžete získat až 180 bodů. Hodnotit se budou zejména tato kritéria:

- vhodnost a efektivita zvoleného modelu a řešícího algoritmu
- přehlednost a kvalita zpracování zdrojových kódů i závěrečné zprávy
- rychlost běhu programu a kvalita nalezených řešení
- originalita, zajímavost

V případě jakýchkoli dotazů nebo připomínek se zeptejte na cvičení nebo pošlete email.

FAQ:

//Sem budu přidávat odpovědi na případné dotazy.

Q: Je možné program napsat i v jiném jazyce než C#?

A: Ano, ale váš program by měl běžet pod Windows. Odevzdat můžete spustitelný soubor s příponou .exe, nebo .bat (a s ním případně další soubory potřebné k běhu - např. .jar) a zdrojové kódy v C# (projekt ve Visual Studiu), nebo v jiném jazyce. Pokud chcete odevzdávat řešení v jiném formátu, tak se předem domluvte.

Q: Jaká jsou omezení na počty balíků, měst, podíl balíků, které musí letět do jiného města a podobně? Bez toho se nedá navrhnout rozumná heuristika, která doběhne.

A: Žádná taková omezení byste neměli potřebovat znát. Váš algoritmus by měl fungovat bez ohledu na velikost problému s tím, že u velkých problémů bude výpočetní čas samozřejmě větší.

V případě, že chcete použít jiný algoritmus (např. jinou heuristiku) pro "malé" problémy, a jiný pro "velké", pak doporučuji implementovat oba a rozhodnout se až za běhu, kdy už znáte počty všech objektů.

Obecně můžu říct, že programy budu testovat na problémech obsahujících desítky až tisíce objektů, dodávek bude o něco málo víc než měst (např. dvakrát víc), letadel bude poměrně málo (např. desetkrát míň než počet měst), míst v každém městě budou desítky, maximálně stovky a počet balíků bude výrazně vyšší než počet míst - např. desetkrát až stokrát vyšší. Podíl balíků směřujících do jiného města bude uměrný počtu měst, tzn. že pokud je na mapě 10 podobně velkých měst, pak zhruba 9 z 10-ti balíků bude směřovat do jiného města.

Q: originalita, zajímavost - Co si má člověk pod těmito pojmy představit? Originalita ani zajímavost nedou moc objektivně hodnotit. A když člověk něco vymyslí, tak nemá ta ostatní řešení, takže nemůže posoudit originalitu.

A: Hodnocení je vždy subjektivní. Objektivně lze hodnotit korektnost a úplnost použitého algoritmu, případně závislost kvality nalezeného řešení na spotřebovaném čase. Tato kritéria budu samozřejmě brát v úvahu. Originalita se neměří vzhledem k ostatním řešením, ale vzhledem ke standardním algoritmům. Např. přímočará implementace A* s nějakou jednoduchou heuristikou (bez jakékoli další myšlenky) žádné body za originalitu nedostane. Naopak úprava algoritmu A* na míru tomuto problému, nebo obecně objevení a využití zajímavé vlastnosti tohoto problému budu považovat za zajímavé a originální.