

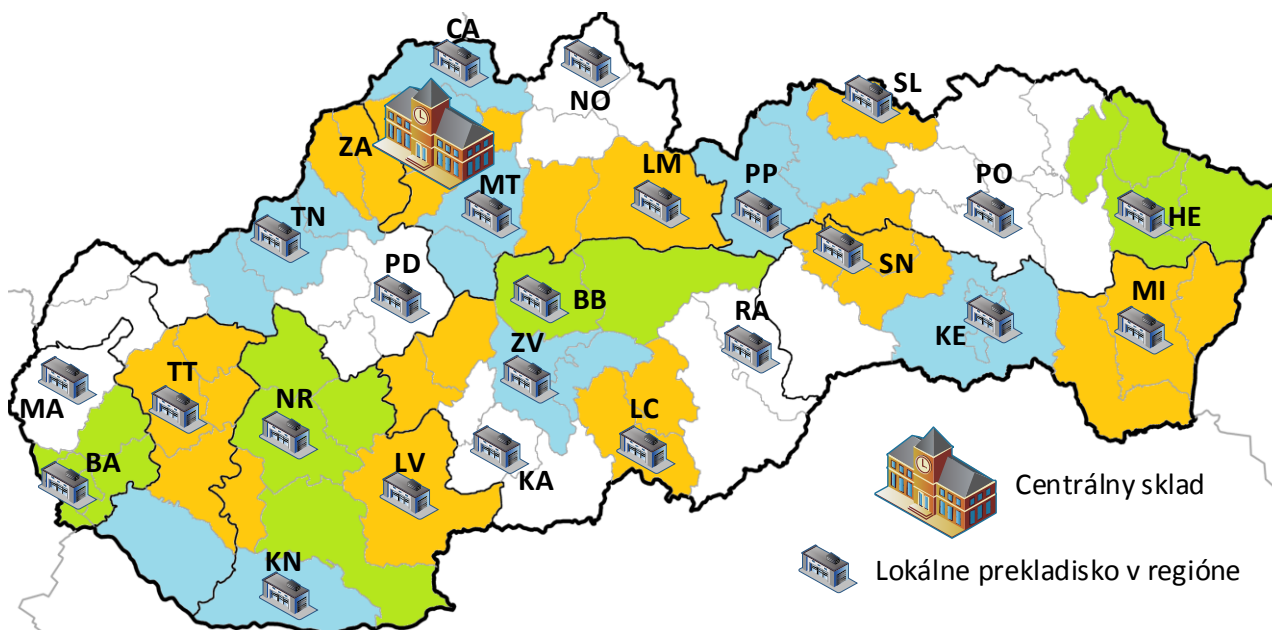
## Semestrálna práca 1 – expresná kuriérska spoločnosť

Vizionársky podnikateľ Jeff Bazoš založil kuriérsku spoločnosť **AoE** („Age of Express“), ktorá dokáže v priebehu 24 hodín prepraviť zásielku na ľubovoľné miesto v rámci krajiny, v ktorej spoločnosť AoE pôsobí. Spoločnosť má centrálny sklad, v ktorom zhromažďuje zásielky od všetkých zákazníkov z krajiny, lokálne prekladiská v jednotlivých regiónoch krajiny (každý región má jedno lokálne prekladisko) a flotilu vozidiel, ktoré slúžia na prevoz zásielok medzi lokálnymi prekladiskami a centrálnym skladom. Okrem toho má spoločnosť AoE v každom regióne flotilu dronov, ktoré slúžia na vyzdvihnutie zásielky priamo u odosielateľa a jej prepravu do lokálneho prekladiska, ako aj na prepravu zásielky z lokálneho prekladiska, ktorú doviezlo vozidlo, priamo k odberateľovi (viď obrázok 1).

Lokálne prekladiská používajú dva typy dronov, ktoré charakterizujú údaje uvedené v tabuľke nižšie. V čase nečinnosti sa dron automaticky dobíja.

Typ dronu	Nosnosť	Priemerná rýchlosť	Maximálna doba letu	Čas potrebný pre nabitie 10% kapacity batérie
I	$\leq 2$ kg	80 km/h	40 min	3 min
II	$\leq 5$ kg	40 km/h	60 min	5 min

V čase 21:00 sa nachádzajú všetky drony v lokálnom prekladisku a v daný deň už viac nelietajú (počas noci sa ich batérie nabíjajú na plnú kapacitu).



Obrázok 1: Centrálny sklad a lokálne prekladiská spoločnosti AoE

Ak chce zákazník využiť služby kuriérskej spoločnosti AoE, tak si v informačnom systéme spoločnosti vytvorí objednávku (viď obrázok 2 – šípka 1), v rámci ktorej zadá: hmotnosť zásielky, ktorú chce prepraviť, miesto, kde ju má dron vyzdvihnúť, a miesto, kam má byť zásielka doručená. Po vytvorení objednávky je zákazník informovaný o čase, kedy príde dron zásielku vyzdvihnúť. Lokálne prekladisko sa vždy snaží okamžite po úspešnom vytvorení objednávky vyslať dron, ktorý vyzdvihne u odosielateľa zásielku (šípka 2) a prepraví ju do lokálneho prekladiska (šípka 3). Môže sa však stať, že v čase vytvorenia objednávky nie je k dispozícii žiaden voľný dron (všetky sú v teréne alebo sa musia dobíť), a preto je nutné počkať. Zásielky, pre ktoré nie je možné okamžite

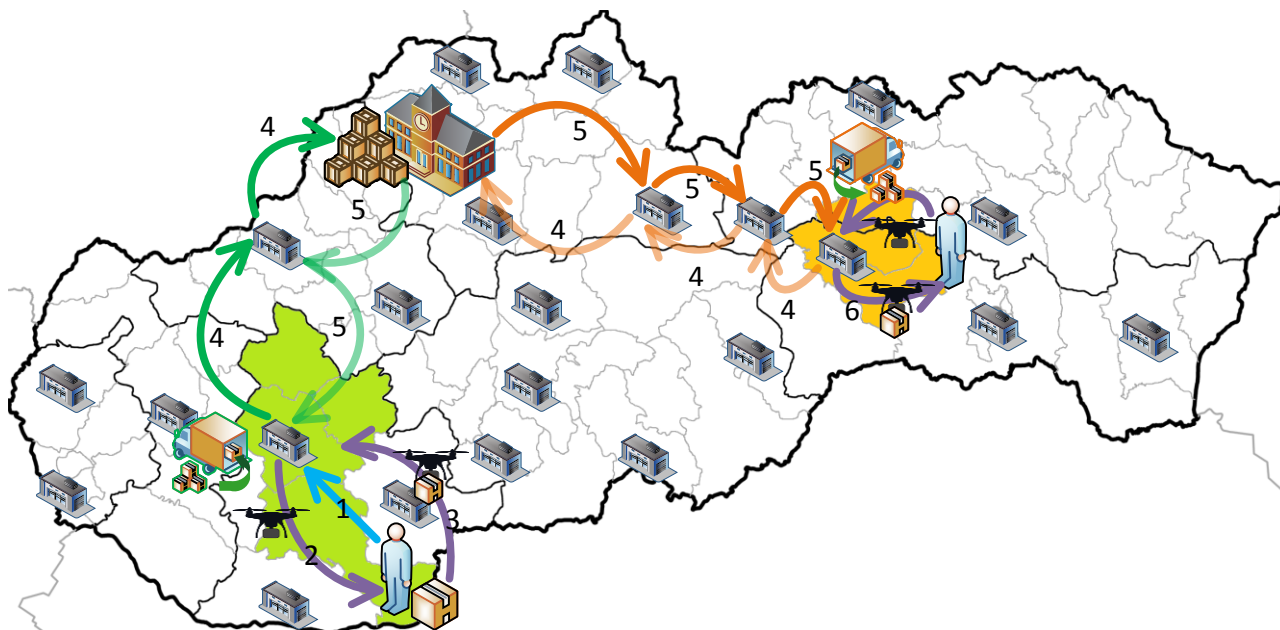
vyslať dron, sa radia do frontu podľa času vystavenia príslušných objednávok. Ak čas vyzdvihnutia zásielky dronom je väčší ako aktuálny čas + 1 hodina, zákazník môže objednávku **zrušiť**.

Počas vystavovania objednávky, môže byť zásielka z viacerých dôvodov **zamietnutá**:

- a) zásielka by musela byť vyzdvihnutá až po 20:00;
- b) zásielka je mimo akčný rádius dronov (dron nestihne dôjsť k odosielateľovi/adresátovi a vrátiť sa späť predtým, ako sa mu vybije batéria);
- c) zásielku nie je možné doručiť, pretože je jej hmotnosť vyššia ako nosnosť dostupných dronov v lokálnom prekladisku odosielateľa, resp. adresáta;
- d) naloženie zásielky do vozidla prekročí jeho nosnosť;
- e) prijatie zásielky v lokálnom prekladisku odosielateľa by spôsobilo, že toto lokálne prekladisko nedokáže doručiť niektoré zásielky, ktorých adresáti sa nachádzajú v jeho regióne, do 18:00 daného dňa.

Po 21:00 opúšťajú lokálne prekladiská vozidlá naložené zásielkami (ktoré doručili počas dňa drony). Vozidlá smerujú do centrálneho skladu, po ceste môžu naložiť zásielky z iných lokálnych prekladísk (šípky 4). V centrálnom sklade sú zásielky zo všetkých vozidiel vyložené a roztriedené podľa cieľových regiónov, v ktorých majú byť doručené. Následne sú zásielky naložené do vozidiel, ktoré ich rozvezú do cieľového lokálneho prekladiska (šípky 5). Pri nakladaní vozidiel je cieľom minimalizovať počet vozidiel, ktoré rozvezú zásielky do jednotlivých regiónov, preto môže jedno vozidlo viesť zásielky pre viac lokálnych prekladísk. Na rozvoz zásielok sa používajú tie isté vozidlá, ktoré zásielky priviezli. Po naložení vozidiel zásielkami, sú vozidlá vypravené do lokálnych prekladísk, kde budú vyložené. V cieľových lokálnych prekladiskách budú vozidlá opäť čakať na zásielky od dronov, ktoré vozidlá večer privezú do centrálneho skladu. Vozidlá prechádzajú večer tými istými regiónmi, ktorými prechádzali ráno, a zbierajú v nich zásielky, ktoré dovezú do centrálneho skladu.

Ráno od 7:00 začínajú drony roznášať zásielky privezené vozidlami na miesta doručenia (šípka 6) a súčasne začínajú znášať zásielky od odosielateľov podľa toho, ako títo vystavujú svoje objednávky (tak, ako šípka 2 deň predtým).



Obrázok 2: Spôsob doručenia zásielky spoločnosťou AoE

Majiteľ firmy AoE, Jeff Bazoš, potrebuje pre jej efektívne fungovanie systém, prostredníctvom ktorého bude možné vytvárať objednávky, evidovať vozidlá a drony v jednotlivých regiónoch a sledovať ich využitie. Za týmto účelom Vás požiadal o vytvorenie komplexného **informačného**

**systému, ktorý bude mať na základe vyššie popísaného modelu činnosti spoločnosti AoE nasledujúce funkcionality:**

1. **Pridanie nového vozidla do vozového parku spoločnosti AoE.** Vozidlo je jednoznačne identifikovateľné na základe ŠPZ. Každé vozidlo má definovanú nosnosť (v tonách) a prevádzkové náklady (EUR/región).
2. **Vypísanie zoznamu vozidiel podľa dátumu zaradenia do evidencie.** Vypíše sa ŠPZ, nosnosť vozidla a celkové prevádzkové náklady od dátumu zaradenia do evidencie.
3. **Pridanie nového dronu do lokálneho prekladiska.** Dron je charakterizovaný sériovým číslom a typom, ktorý určuje jeho ďalšie atribúty, ktorými sú nosnosť, rýchlosť, doba letu a doba nabíjania.
4. **Vypísanie všetkých dronov evidovaných v zadanom lokálnom prekladisku.** Pri každom drone sa vypíše jeho dátum zaradenia do evidencie, typ, celkový počet nalietaných hodín a celkový počet prepravených zásielok.
5. **Vytvorenie novej objednávky.** V rámci objednávky sa definuje:
  - hmotnosť zásielky (kg; napr. 1,4kg), ktorá má byť prepravená,
  - miesto (región a vzdialenosť odosielateľa od lokálneho prekladiska v príslušnom regióne), kde ju má dron vyzdvihnúť,
  - miesto (región a vzdialenosť adresáta od lokálneho prekladiska v príslušnom regióne), kam má byť zásielka doručená.

Pri vytváraní objednávky je nutné kontrolovať, či nedôjde k jej **zamietnutiu** zo strany AoE. Dokončená objednávka je zaradená do frontu objednávok čakajúcich na spracovanie.

6. **Naplánovanie vyzdvihnutia zásielky u odosielateľa.** V rámci tohto bodu sa skontroluje, či je v lokálnom prekladisku dron, prostredníctvom ktorého je možné vyzdvihnúť zásielku, ktorá je priradená k prvej objednávke nachádzajúcej sa vo fronte objednávok čakajúcich na spracovanie. Vhodný dron sa vyberie podľa nasledujúcich pravidiel:
  - dron musí byť voľný;
  - ak viac dronov spĺňa vyššie špecifikované pravidlá, prioritne sa použije dron s najmenšou nosnosťou, ktorá ešte umožní prepraviť danú zásielku;
  - ak viac dronov spĺňa vyššie špecifikované pravidlá, vyberie sa ten, ktorý je aktuálne najviac nabitý.

Ak sú všetky drony, ktoré sa nachádzajú v lokálnom prekladisku, aktuálne vyťažené alebo majú naplánovanú už inú akciu, je vypočítaný čas, za ktorý sa môže dostať dron, ktorý dokáže vyzdvihnúť danú zásielku a ktorý ako prvý dokončí svoju aktuálne vykonávanú úlohu, k odosielateľovi. Ak je tento čas väčší ako jedna hodina, zákazník je o tom informovaný a objednávku môže **zrušiť**. Ak objednávku nezruší, tak bude obsluhovaný vyššie uvedeným dronom.

7. **Návrat vozidiel do centrálného skladu.** V rámci tohto kroku sa vrátia všetky vozidlá z jednotlivých regiónov do centrálného skladu. Vozidlá počas spiatočnej cesty prechádzajú jednotlivými regiónmi (ak sa jedná o prvú jazdu vozidla, nájdite vhodný spôsob získania týchto regiónov) a v lokálnych prekladiskách sú do nich naložené zásielky, ktoré počas dňa pozbierali drony. Po návrate vozidiel do centrálného skladu dôjde k vyloženiu zásielok a aktualizujú sa celkové prevádzkové náklady jednotlivých vozidiel podľa nasledujúceho vzorca:

$$2 * \text{prevádzkové náklady} * \text{počet regiónov, v ktorých vozidlo operovalo}$$

8. **Naplnenie vozidiel v centrálnom sklade zásielkami.** Počas tejto operácie sa zásielky v centrálnom sklade roztriedia do jednotlivých vozidiel podľa nasledujúcich pravidiel:
  - regiónom, do ktorých v daný deň nesmeruje žiadna zásielka, bude pre (prípadný) zber zásielok na konci dňa priradené vozidlo s minimálnymi celkovými prevádzkovými nákladmi;
  - pri nakladaní nesmie byť prekročená nosnosť vozidla;
  - na prepravu zásielok z centrálného skladu do lokálnych prekladísk by mal byť použitý minimálny počet vozidiel (pre jednoduchosť je možné teoreticky uvažovať s jediným vozidlom schopným obslúžiť všetky regióny).
9. **Transport zásielok z centrálného skladu do lokálnych prekladísk.** Naplnené vozidlá rozvezú zásielky do lokálnych prekladísk v jednotlivých regiónoch a ostanú v poslednom regióne, v ktorom vyložili zásielky. Zásielky vyložené v lokálnom prekladisku sa zoradia do frontu zásielok, z ktorého budú počas dňa odoberané dronmi, ktoré ich doručia adresátom. Drony začínajú operovať o 7:00 ráno.
10. **Odovzdanie zásielky adresátovi vo zvolenom lokálnom prekladisku.** V rámci tohto kroku sa skontroluje, či je vo zvolenom lokálnom prekladisku dron, prostredníctvom ktorého je možné doručiť prvú zásielku, ktorá je vo fronte zásielok, jej adresátovi. Vhodný dron sa vyberie podľa nasledujúcich pravidiel:
  - dron musí byť voľný;
  - ak viac dronov spĺňa vyššie špecifikované pravidlá, prioritne sa použije dron s najmenšou nosnosťou, ktorá ešte umožní prepraviť danú zásielku;
  - ak viac dronov spĺňa vyššie špecifikované pravidlá, vyberie sa ten, ktorý je aktuálne najviac nabitý.
11. **Vypísanie nasledujúcich sumárnych štatistik:**
  - a) Vyhľadanie regiónu, do ktorého bolo v danom časovom období doručených najviac zásielok.
  - b) Vyhľadanie regiónu, z ktorého bolo v danom časovom období odoslaných najviac zásielok.
  - c) Vypísanie všetkých zásielok v danom regióne, ktoré boli v danom časovom období zamietnuté spolu s dôvodom ich zamietnutia.
  - d) Vypísanie počtu zrušených objednávok za dané časové obdobie v jednotlivých regiónoch.
  - e) Vypísanie celkového počtu doručených zásielok.
  - f) Vypísanie celkového počtu najazdených kilometrov všetkých vozidiel.
  - g) Vypísanie celkového počtu nalietaných hodín jednotlivých typov dronov v jednotlivých regiónoch.

**Pre uľahčenie testovania informačného systému je nutné implementovať nasledujúce funkcie:**

- A. **Vypísanie aktuálneho času** – vypíše aktuálny čas v informačnom systéme.
- B. **Posunutie času o 1 hodinu vpred** – posunie aktuálny čas v informačnom systéme a vykoná všetky potrebné akcie (vzdvihnutie zásielky dronom / doručenie zásielky dronom). Ak je aktuálny čas 21:00, tak sa čas posunie na 7:00 nasledujúceho dňa, pričom sa vykonajú všetky potrebné akcie (návrat vozidiel do centrálného skladu / naplnenie vozidiel v centrálnom sklade / transport zásielok z centrálného skladu do lokálnych prekladísk).
- C. **Uloženie a načítanie aktuálneho stavu evidencie do/zo súboru.**

### Bodovanie semestrálnej práce:

Počet bodov za semestrálnu prácu	Požadovaná funkcionálnosť	
5	1. – 4.	A. – C.
10	1. – 6.	
20	1. – 8.	
40	1. – 11.	
45	1. – 11. + grafické rozhranie	

### Poznámky k vypracovaniu semestrálnej práce:

Ak neimplementujete celú funkcionálnosť semestrálnej práce, tak sa pre zamietnutie zásielky vzťahujú iba relevantné podmienky. Napr., ak implementujete iba funkčnosť 1. – 6., nemusíte rešpektovať zamietnutie objednávky z dôvodu (e). Ak však implementujete aj bod 8, musíte obmedzenie (e) brať do úvahy.

Dbajte na správne použitie údajových štruktúr a algoritmov. Údajové štruktúry musia byť Vami naprogramované, správne objektovo navrhnuté, univerzálne, a **efektívne** implementované z pohľadu výpočtovej zložitosti. Používajte algoritmy, ktoré sú najvhodnejšie pre konkrétne uplatnenie. **V kóde používajte namiesto číselných konštánt symbolické.**

**Pracujte každý samostatne!** K semestrálnej práci vypracujte dokumentáciu, ktorá obsahuje:

- návrh Vašej aplikácie (rozbor použitia údajových štruktúr a ich vhodnosť z pohľadu výpočtovej zložitosti),
- popis implementácie Vami použitých údajových štruktúr,
- zložitosti všetkých operácií zo zoznamu 1. – 11., ktoré ste implementovali – je nutné uviesť skutočnú zložitosť, ktorá vyplýva z použitia údajových štruktúr v rámci konkrétnej operácie; napr. ak máte v informačnom systéme vozidlá evidované iba v utriedenom zozname s dĺžkou  $n$ , tak do dokumentácie napíšete, že „operácia 1 (pridanie nového vozidla do vozového parku spoločnosti AoE) má zložitosť  $O(n)$ , kde  $n$  je celkový počet vozidiel evidovaných v informačnom systéme, pretože najskôr musíme v zozname vozidiel nájsť miesto, kam ho vložíme ( $n$  operácií), a následne ho tam vložiť (1 operácia)“,
- diagram tried,
- používateľskú príručku.

Aplikácia musí byť naprogramovaná v **jazyku s manuálnou správou pamäte (t. j. bez garbage collector-u)** a musí obsahovať intuitívne používateľské rozhranie (konzola alebo grafické rozhranie), pomocou ktorého bude možné otestovať požadované funkcionality. K obhajobe semestrálnej práce je nutné pripraviť si **súbor s testovacími dátami**, ktorými naplníte svoju aplikáciu. Po ukončení behu aplikácie musí byť pamäť **preukázateľne čistá** (nevznikli „memory leak-y“).