# Půjčovna automobilů AirCar

Bc. Zdeněk Novotný

### Projekt

K simulaci byl využit agentově orientovaný přístup, z důvodu osobních preferencí autora. Proto byla implementace provedena ve vývojovém prostředí Eclipse s rozšířením Repast Simphony.

Celý projekt je přiložen v adresáři sem\_a. Relevantní zdrojové soubory (popsané níže) jsou v podsložce src, výstupní soubory pak ve složce output. Součástí je též animace stavu simulujícího systému.

Projekt sestává z několika agentů a **ústředního manažera** (UserObserver.groovy), který se stará o inicializaci a aktualizaci systému. Na začátku např. připraví terminály, později krokuje systém a stará se též o změny četností příchodů zákazníků. Jeden krok simulujícího systému odpovídá právě jedné sekundě v simulovaném systému.

## Agenti

Agent **Zákazník** (Customer.groovy) představuje zákazníka společnosti AirCar. Jeho záměrem je buď cesta minibusem na pobočku a vypůjčení auta, nebo vrácení auta a cesta k odletovému terminálu. V libovolném okamžiku simulace zákazník buď čeká ve frontě, nebo je převážen minibusem, nebo je obsluhován zaměstnancem, případně aktivně hledá příslušnou frontu a přechází do jednoho ze jmenovaných stavů. Tento agent nevzniká příkazem manažera, nýbrž je jeho vstup do systému generován příslušným příletovým terminálem či pobočkou. Vypůjčením auta (přilétající) či dosažením odletového terminálu (odlétající) zákazník opouští sytém a zaniká. Pokud doba, kterou zákazník stráví v systému, přesáhne hodnoty uvedené v zadání, je považován za neuspokojeného, ale nezaniká, dokud neopustí systém. Zákazník je v grafické části znázorněn obrázkem humanoida, jehož velikost se odvíjí od počtu spolucestujících.

Agent **Zaměstnanec** (Employee.groovy) představuje zaměstnance, který obsluhuje zákazníky. Vždy, když nemá koho obsluhovat, zavolá si nového zákazníka ze společné fronty na pobočce. Po zpracování zaměstnancem zákazních opouští systém a zaniká. Zaměstnanec je v grafické části znázorněn obrázkem mimozemšťana, pod ním se pak objevuje právě obsluhovaný zákazník.

Agent **Minibus** (Minibus.groovy) představuje minibus, který sváží zákazníky. Cyklicky se pohybuje mezi jednotlivými terminály - na příletovém terminálu odebere z fronty tolik zákazníků a spolucestujících, na kolik se mu dostává kapacity. Na odletovém terminálu naopak zákazníky vyloží. Na pobočce firmy AirCar nejprve vyloží přiletivší zákazníky a následně vyvedne ostatní obsloužené na cestu k terminálu. V grafické části je vyobrazen nákladním autem a vlevo dole má též symbolický seznam převážených zákazníků.

Agent **Pobočka** (Office.groovy) je pobočkou firmy AirCar. Zde sídlí zaměstnanci a zákazníci si sem chodí vypůjčit a vrátit auto. Pro účely zákazníků, vracejících auto, je pobočka považována za příletový terminál. V grafické sekci je zobrazena jako domek. Vpravo nahoře se vykresluje fronta zákazníků, čekajících na autobus, vpravo dole fronta zákazníků, čekajících na obsluhu a vlevo zaměstnanci pobočky.

Agent **Terminál** (Terminal.groovy) je univerzálním terminálem, ze kterého dědí parametry příletový a odletový terminál.

Agent **Příletový terminál** (TerminalIn.groovy) se stará o generování zákazníků. V grafické části je reprezentován zeleným pentagonem a vpravo nahoře se vykresluje fronta přiletivších.

Agent **Odletový terminál** (TerminalOut.groovy) slouží pouze k zániku zaměstnanců, kteří opouštějí systém.

## Výstup

Byla provedena série pokusů pro každou z kombinací:  
 počet autobusů 1 - 30,  
 kapacita autobusu 12 / 18 / 30,  
 počet zaměstnanců 10 - 40.

Závislosti na jednotlivých faktorech sou znázorněny na následujících grafech. Celý výstup je k nahlédnutí v souboru out\_combinations.xls.

Z grafů lze vypozorovat, že spokojenost roste s počtem autobusů jen zvolna. Zásadně však roste s kapacitou autobusů, je tedy vhodné používat autobusy s kapacitou třiceti cestujících. Závislost na počtu pracovníků je zpočátku značná, avšak po druhé dekádě její růst výrazně zpomaluje.

Důležitá je však míra spokojenosti, které bylo při testování dosaženo. Ukazuje se, že dosáhnout požadovaného, pětaosmdesátiprocentního resp. devadesátiprocentního uspokojení zákazníků je nemožné.

Lze však alespoň stanovit nejlepší řešení. Z výstupů byly zprůměrovány replikace jednotlivých kombinací a ty pak filtrovány. Požadavky byly uspokojení vyšší, než 47,2 % (nejlepší výsledky) a cena za sledovanou dobu nižší, než 600 eur, neboť se jedná o malou firmu.Vhodnými kandidáty se tak jevily tyto kombinace:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Buses | Bus Capacity | Staff | AVGS | AVGC |
| 4 | 30 | 10 | 0,47292 | 322,0664 |
| 2 | 12 | 39 | 0,472734 | 360,5704 |
| 2 | 18 | 40 | 0,472627 | 573,5706 |
| 2 | 18 | 10 | 0,47259 | 596,0136 |
| 6 | 30 | 40 | 0,472477 | 559,5214 |

kde AVGS je průměrná spokojenost a AVGC průměrná cena.

Bylo proto provedeno tisíc replikací pro každou z nich. Ukázalo se však, že většina těchto nadějných řešení jsou pouhé anomálie.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Buses | Bus Capacity | Staff | AVGS | AVGC | TEST |
| 4 | 30 | 10 | 0,47292 | 322,0664 | 0,21772 |
| 2 | 12 | 39 | 0,472734 | 360,5704 | 0,285571 |
| 2 | 18 | 40 | 0,472627 | 573,5706 | 0,2882 |
| 2 | 18 | 10 | 0,47259 | 596,0136 | 0,164331 |
| 6 | 30 | 40 | 0,472477 | 559,5214 | 0,439764 |

V tabulce přibyl sloupec TEST, obsahující průměrnou spokojenost pro tisíc replikací. Je jasně vidět, že jediná replikace, blížící se průměrům z předchozích replikací, je kombinace 6 minibusů, kapacity 30 pasažérů, a čtyřiceti zaměstnanců.

Na následujícím grafu lze sledovat ustálení hodnot.

# Výstup - druhá část

Ve druhé části byla provedena nová série pokusů, která měla zjistit, nakolik by se musel proces zlepšit, aby bylo dosaženo požadovaných výsledků. Konkrétně jde o zrychlení minibusů a práce obsluhy na pobočce.

Závislosti na jednotlivých faktorech jsou znázorněny na následujících grafech. Celý výstup je k nahlédnutí v souboru out\_combinations\_2.xls.

Oproti původním výstupům pozorujeme zrychlení autobusů a obsluhy. Tyto faktory nabízí významné zlepšení a poskytly mj. tyto kandidáty:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Candidates: 85% | | | | | | |
| Emp. speed-up | Bus speed | Bus capacity | Staff | Buses | AVG(S) | AVG(C, 10) |
| 40 | 50 | 30 | 50 | 10 | 0,851265967 | 1560 |
| 40 | 50 | 30 | 50 | 8 | 0,851131384 | 1360 |
| 40 | 50 | 30 | 50 | 6 | 0,850993884 | 1170 |

Proměnlivý je přitom jen počet autobusů. Pro každou kombinaci bylo proto provedeno 500 replikací:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Candidates: 85% | | | | | | | | **Test** |
| Emp. speed-up | Bus speed | | Bus capacity | Staff | Buses | AVG(S) | AVG(C, 10) | **AVG(S)** |
| 40 | | 50 | 30 | 50 | 10 | 0,851265967 | 1560 | 0,8458 |
| 40 | | 50 | 30 | 50 | 8 | 0,851131384 | 1360 | 0,8526 |
| 40 | | 50 | 30 | 50 | 6 | 0,850993884 | 1170 | 0,8459 |

Vidíme, že testem prošla pouze varianta s osmi autobusy. Na následujícím grafu lze pozorovat ustálení hodnot:

Dále se zaměříme na druhý požadavek, tedy devadesátiprocentní spokojenost zákazníků. Postup byl analogický a jeho výsledky jsou uvedeny v následující tabulce:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Candidates: 90% | | | | | | | **Test** |
| Emp. speed-up | Bus speed | Bus capacity | Staff | Buses | AVG(S) | AVG(C, 10) | **AVG(S)** |
| 50 | 50 | 30 | 50 | 10 | 0,900741596 | 1560 | 0,9068 |
| 50 | 50 | 30 | 50 | 8 | 0,900569978 | 1360 | 0,8997 |
| 50 | 50 | 30 | 50 | 6 | 0,900408289 | 1170 | 0,9068 |

V kandidátech se opět mění jen počet minibusů. Zde prošla ověřením (opět 500 replikací) varianta s deseti a osmi minibusy. Vzhledem k tomu, že hledáme nejlevnější řešení, je odpovědí varianta, popsaná ve třetím řádku.

## Závěr

Původní simulací bohužel nebylo nalezeno vyhovující řešení. Bylo však nalezeno vhodné řešení z naskytnutých.

Druhou simulací bylo vyhovující řešení nalezeno, avšak až při značném zrychlení obsluhy i dopravy.

Pro pětaosmdesátiprocentní uspokojení zákazníků je zapotřebí osmi třicetimístných minibusů a padesáti zaměstnanců, přičemž minibusy musí jezdit průměrnou rychlostí padesát kilometrů za hodinu a zaměstnanci musí pracovat o čtyřicet procent rychleji. Výsledná cena za sledovanou dobu je 1360 EUR.

Pro devadesátiprocentní uspokojení je zapotřebí stejného počtu zaměstnanců a minibusy musí i v tomto případě jezdit průměrně padesát kilometrů za hodinu, avšak postačí jich šest. Lze přitom pozorovat, že odchylky spokojenosti na počtu autobusů nijak zvlášť nezávisí. Zaměstnanci by však museli obsluhovat dokonce v polovičním čase. Výsledná cena sledovaného provozu je 1170 EUR.