

Optimizing Limousine Service with AI

David Marek

Airport Limousine Services Ltd. (ALS)

- Jedna z největších firem zajišťujících dopravu v Hong Kongu
- Luxusní limuzíny a kyvadlová doprava 24 hodin denně
- 2 typy služeb:
 - Transport na letiště
 - Pronájem limuzín s řidičem
- VIP klientela
- Hlavní je kvalita služeb, obzvlášť přesné časy vyzvednutí / vysazení

Problémy ALS

- Nedostatek zkušených plánovačů a operátorů
- Je třeba řešit nečekané změny:
 - Dopravní zácpy
 - Zpoždění klienta, letů, ...
- Musí se shromažďovat informace ze spousty zdrojů:
 - Informace o dopravě
 - Pozice automobilů a stav objednávek
 - Přílety a odlety letadel
 - Přiřazení letadel k terminálům
- Neustále se musí měnit plány pro maximalizaci produktivity a zisku

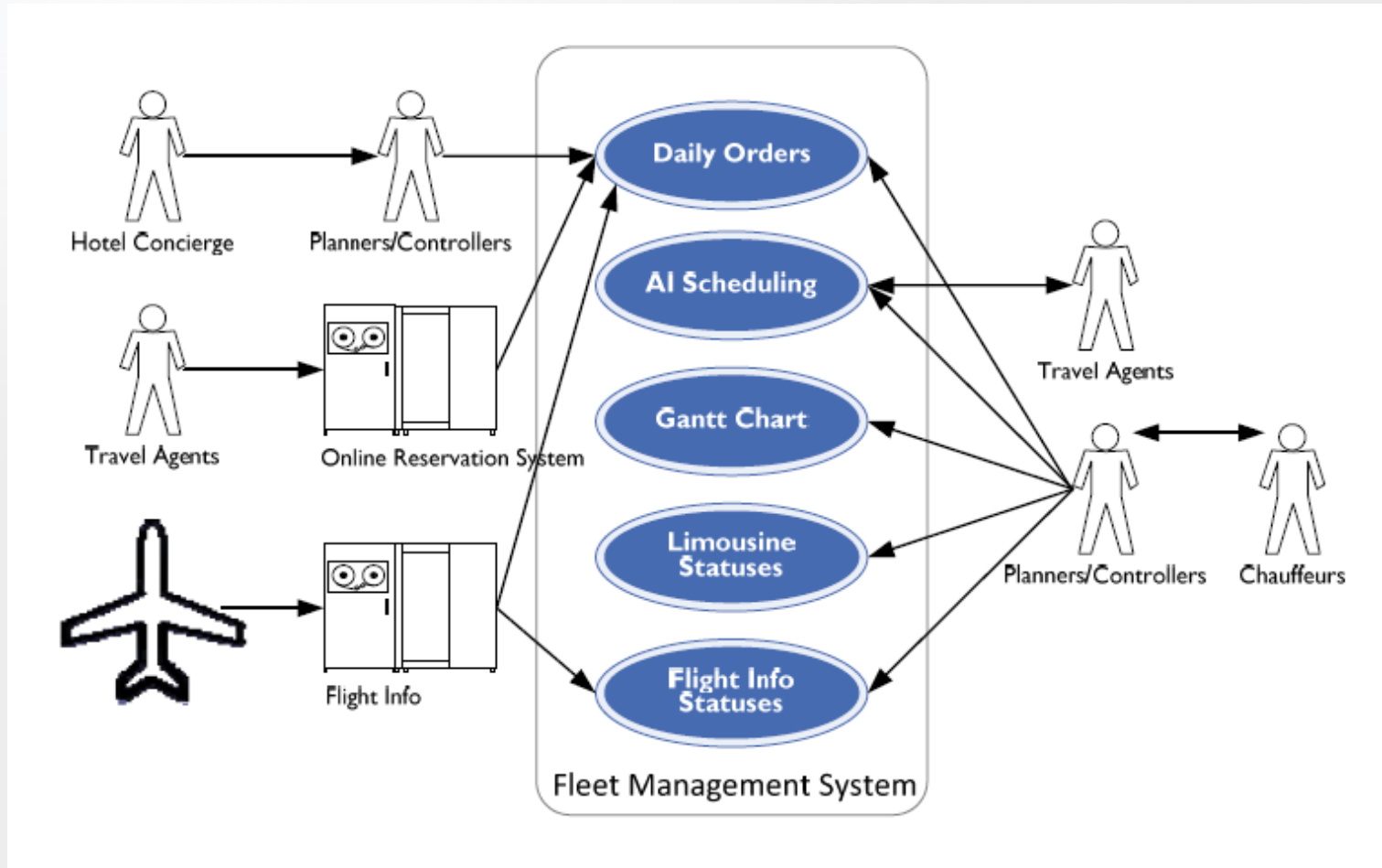
Fleet Management System (FMS)

- Pokus o vytvoření systému pro dispečery, umožňujícího:
 - Zvládnout více objednávek
 - Více automobilů
 - Zajistit stejnou kvalitu služeb
- Systém sjednocující všechny dosud používané nástroje:
 - Webový reservační systém
 - GPS systém pro sledování aut
 - Systém pro získávání informací z letiště
- Dříve museli operátoři používat i více počítačů naráz.

Požadavky na AI

- Cílem bylo v FMS použít umělou inteligenci pro pomoc plánovačům a dispečerům zvládnout více objednávek a vozů při zachování stejné kvality služeb.
- Jednotlivé požadavky na AI systém:
 1. Integrace všech potřebných dat a zdrojů.
 2. Vizualizace všech potřebných dat na jedné obrazovce. Ganttův graf.
 3. Automatizace plánování (podmínky, heuristiky a prohledávání).
 4. Přesnost při odhadování časů potřebných na cestu.

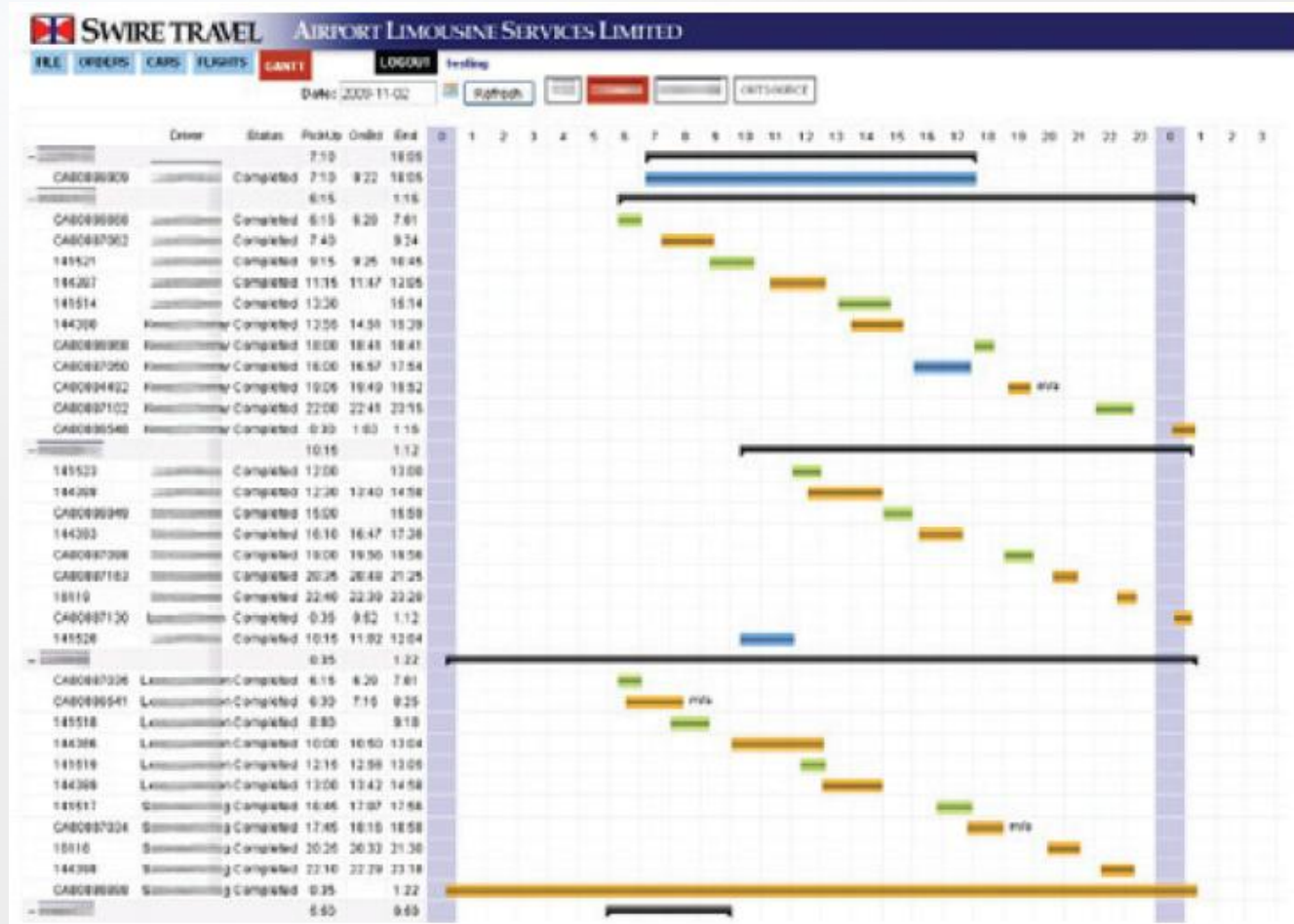
Popis aplikace



Popis aplikace – přehled objednávek

SWIRE TRAVEL AIRPORT LIMOUSINE SERVICES LIMITED													
FILE ORDERS CARS FLIGHTS GANTT LOGOUT testing													
Date: 2010-01-11 <input type="button" value="Refresh"/> <input type="button" value="ARR"/> <input type="button" value="DEP"/> <input type="button" value="ALL"/> <input type="button" value="COMPLETED"/>													
Order No	Driver	CarAsgn	Status	Type	Car Type	Pickup	Flight	Flt Status	Passenger	Pick up location	Drop off location	Comments	Notes
SH1		372	PaxOnBoard	OH	Sedan	06:30			MING	SHEUNG SHUI	AIRPORT		
CA0093870		372	PaxOnBoard	dep	Sedan	08:00	CA 1398	no match	MR	SHEUNG SHUI	SHEUNG SHUI		
SH2		394	PaxOnBoard	OH	Sedan	10:00			MING	SHERATON HOTEL	WEDDING		
D1		398	PaxOnBoard	OH	Sedan	10:30			S	CONRAD HOTEL	WEDDING		
D2		509	PaxOnBoard	dep	Sedan	10:35					AIRPORT		
CA0093910		388	Freezed	dep	Sedan	11:15				SHUN TAK CTR	AIRPORT	CAR CANCELLED. FULL CHARGE.	
CA0093760		110	Freezed	dep	Sedan	12:00	CX 418	Sched: 14:05	MPHER	SHUN TAK CTR	AIRPORT		
18245		274		dep	Sedan	12:00				SHUN TAK CTR	AIRPORT		
CA0093644		501	Freezed	dep	Sedan	12:05	IT 72	Sched: 14:05	T	SHUN TAK CTR	AIRPORT		"WAIT AT SUARRY BLDO"
CA0093820		388	Freezed	dep	Sedan	12:05	CX 418	Sched: 14:05	AN	SHUN TAK CTR	AIRPORT		- MUST SWIRE CAR - WAIT AT BACK DOOR
145057		617		dep	Sedan	12:15				SHUN TAK CTR	AIRPORT		
145058		476		dep	7 Seaters MPV	12:30				SHUN TAK CTR	AIRPORT		REQ VAN
18234				dep	Sedan	13:00				SHUN TAK CTR	AIRPORT		
145059				dep	Sedan	13:30				SHUN TAK CTR	AIRPORT		
CA0093915			Freezed	dep	7 Seaters MPV	13:30			jo	SHUN TAK CTR	AIRPORT		

Popis aplikace – využití zdrojů



Popis aplikace – Informace o letech

SWIRE TRAVEL		AIRPORT LIMOUSINE SERVICES LIMITED							
FILE	ORDERS	CARS	FLIGHTS	GANTT	LOGOUT	testing			
Date: 2010-01-11						Refresh			
						ARR	DEP	ALL	COMPLETED
Flight No	Type	Time	City	Airline	Status	Hub/Terminal			
CX 883,AA 6121	Arrival	05:40	Los Angeles	Cathay Pacific,AmericanAirlines	At gate 05:42	B			
QF 029,AF 8073	Arrival	05:50	Melbourne	Qantas Airways,Air France	At gate 06:05	A			
CX 746	Arrival	06:00	Jeddah,Dubai	Cathay Pacific	At gate 05:49	B			
9W 072	Arrival	06:20	Delhi	Jet Airways	At gate 06:13	A			
SQ 001	Arrival	07:10	San Francisco	Singapore Airlines	At gate 06:33	B			
CX 156,AY 5850	Arrival	07:25	Brisbane	Cathay Pacific,FINNAIR	At gate 07:16	B			
CX 881,AA 6119	Arrival	07:30	Los Angeles	Cathay Pacific,AmericanAirlines	At gate 07:21	B			
CX 288	Arrival	07:50	Frankfurt	Cathay Pacific	At gate 10:00	B			
CX 889,AA 6123	Arrival	07:50	New York,JFK, Vancouver	Cathay Pacific,AmericanAirlines	At gate 07:50	B			
AY 067	Arrival	07:55	Helsinki	FINNAIR	At gate 08:43	A			
CX 463	Arrival	08:00	Taipei	Cathay Pacific	At gate 07:47	B			
PR 300	Arrival	10:10	Manila	Philippine Airlines	At gate 10:08	A			
CX 684	Arrival	11:55	Dubai,Mumbai	Cathay Pacific	Est at 12:12	B			
CX 710,AA 6094	Arrival	11:55	Singapore	Cathay Pacific,AmericanAirlines	Landed 11:47	B			
CX 700,AA 6085	Arrival	12:10	Colombo,Bangkok	Cathay Pacific,AmericanAirlines	Est at 11:46	B			
JL 731	Arrival	14:00	Tokyo	Japan Airlines	Est at 13:46	A			
BA 025	Arrival	14:25	London/LHR	British Airways		A			
CX 708	Arrival	14:30	Delhi,Bangkok	Cathay Pacific	Est at 14:25	B			
CX 766,VN 1766	Arrival	15:20	Ho Chi Minh	Cathay Pacific,Vietnam Airlines	Est at 15:18	B			
KL 889	Arrival	15:55	Amsterdam	KLM Royal Dutch Airline	Est at 16:01	B			
KA 603,CX 6809	Arrival	16:25	Xiamen	Dragonair,Cathay Pacific	Est at 16:08	A			
CX 256	Arrival	17:10	London/LHR	Cathay Pacific	Est at 16:20	B			
NZ 038	Arrival	17:15	London/LHR	AIR NEW ZEALAND	Est at 16:40	A			
QF 067	Arrival	17:15	Perth	Qantas Airways	Est at 17:12	A			
LX 138	Arrival	17:25	Zunch	S W I S S	Est at 18:05	B			
CX 254	Arrival	17:45	London/LHR	Cathay Pacific	Est at 17:37	B			
QF 127,AF 8077	Arrival	17:50	Sydney	Qantas Airways,Air France	Est at 17:34	A			
KA 893,CX 6865	Arrival	18:05	Shanghai	Dragonair,Cathay Pacific	Est at 18:02	B			
CX 405	Arrival	18:10	Taipei	Cathay Pacific		B			
CA 427,CX 6127,KA 1427	Arrival	18:25	Chengdu	Air China,Cathay Pacific,Dragonair		A			
CX 831,AA 6091	Arrival	19:00	New York/JFK	Cathay Pacific,AmericanAirlines	Est at 19:05	B			
CX 879,AA 6079	Arrival	19:05	San Francisco	Cathay Pacific,AmericanAirlines	Est at 18:53	B			
CX 712,AY 5842	Arrival	20:00	Singapore,Bangkok	Cathay Pacific,FINNAIR		B			
KA 909,CA 6517,CX 6881	Arrival	20:10	Beijing	Dragonair,Air China,Cathay Pacific	Est at 19:58	A			
CO 099	Arrival	20:25	Newark	Continental Airlines	Est at 22:00	B			
CX 451	Arrival	21:45	Tokyo,Taipei	Cathay Pacific		B			

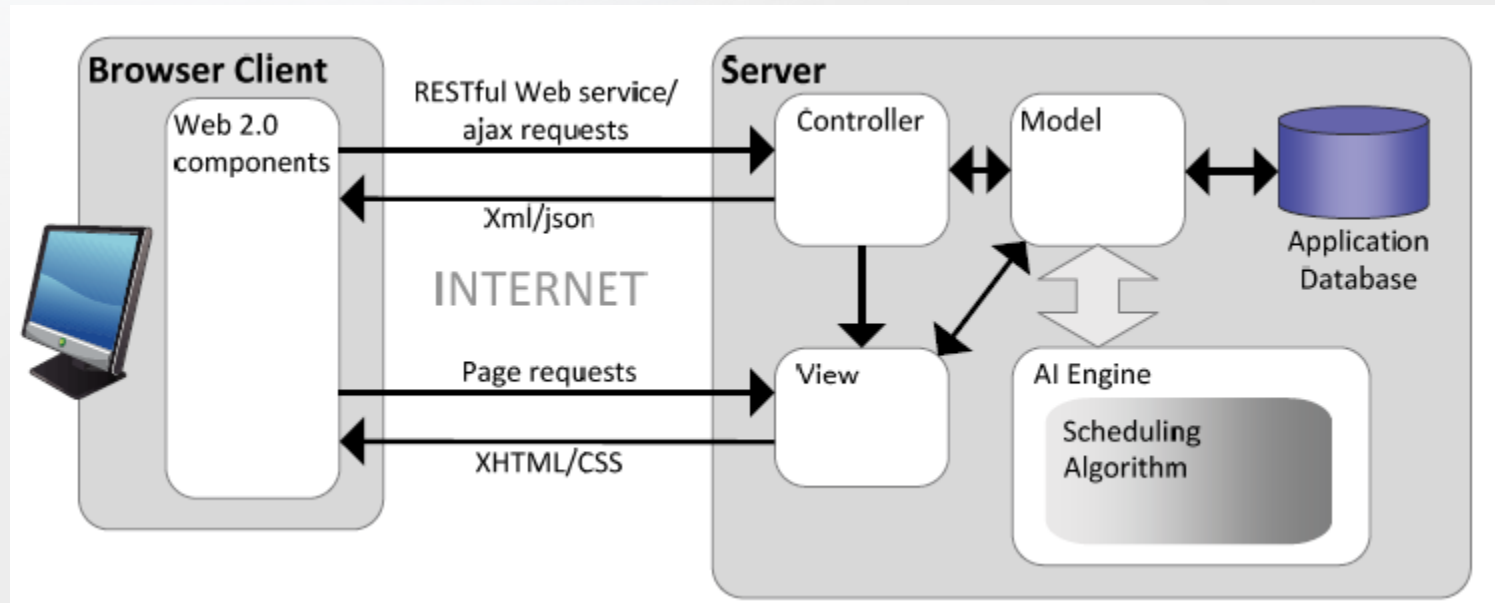
Popis aplikace – AI nápověda

CA00093789 [AI]	edan	19:10	KA 870	Sched: 21:10
AI Suggestion: 628: no assignment 177 [CA00093354] 12:20-13:52 dep [CA00093905] 15:00-15:34 arr 20: no assignment 388 [CA00093733] 06:30-07:47 dep [CA00093366] 07:30-08:27 arr [CA00093901] 12:45-13:52 dep [CA00093852] 17:10-17:15 arr				
	edan	20:15		
	edan	20:30		
	edan	21:00	AF 185	Sched: 23:35
	Seaters MPV	21:00		
	edan	21:45	CX 251	Dep 00:23 (10/1/2010) 23:55
	edan	21:55	CX 251	Dep 00:23 (10/1/2010) 23:55
	Seaters MPV	22:00	CX 255	Dep 01:39
Available: 301 [CA00093695] 12:30-13:25 dep [CA00093861] 14:00-15:36 dep 119 [CA00093781] 12:35-13:25 dep [17238] 13:25-14:04 arr [CA00093668] 15:00-15:35 dep 539 [CA00093135] 07:00-07:47 dep [CA00090425] 09:00-16:03 O/H				
Not Available: 511 [CA00093904] 17:00- ? O/H 192 [CA00093902] 18:00- ? O/H				

Systemová architektura

- Web 2.0
- Klientská strana je napsána v JS (YUI)
- Server napsán v Pythonu, služby dostupné přes REST
- Algoritmus pro plánování založený na splňování podmínek napsán v Pythonu na již hotovém frameworku (použit např. pro aktivity OH v Hong Kongu)

Systemová architektura – diagram



Použití aplikace

- Vložení nabídek na další den
 - Oprava překlepů
 - Normalizace
 - Zobrazení na mapě
 - Podobnost s historickými daty
- Rozvržení objednávek na 2 – 3 hodiny
- Aktualizace dat o automobilech od řidičů

Použití AI

- Desetiletí výzkumů (nejkratší cesty, TSP) – VSP
- Rozdíly od tradičních problémů:
 - Pevně dané časy vyzvednutí / vyložení
 - Zadání se mění dynamicky (během dne)
- Předchozí práce:
 - Laurent a Hao, 2007 – plánování aut a řidičů (CSP + žíhání)
 - Horn, 2002 – plánování taxi
 - Borndörfer, 1999 – plánování autobusů pro invalidy v Berlíně
 - Huisman a Wagelmans, 2006 – plánování autobusů

AI model

- Problém byl převeden do CSP
- Reprezentace problému:
 - v_1, v_2, \dots, v_n – množina objednávek (čas a místo vyzvednutí, cíl, zastávky, typ auta, kapacita, další služby)
 - d_1, d_2, \dots, d_n – domény proměnných – auta (kapacita, typ, další vlastnosti – např. čínská značka)
 - c_1, c_2, \dots, c_m – množina podmínek omezujících přiřazení aut k objednávkám

Omezující podmínky

- Podmínky v FMS se dělí na „hard“ a „soft“
 - Hard nesmí být nikdy porušeny
 - Soft podmínky mohou být porušeny, pokud nutno
- Hard podmínky:
 - Typ auta
 - Dostupnost
- Soft podmínky:
 - Vzdálenost auta od místa vyzvednutí
 - Tým vozů určený pro typ objednávek / specifické partnery

Soft podmínky (vyhledávací heuristiky)

- Heuristika pro výběr proměnné v_i :
 1. VIP objednávky
 2. Cesty přes hranice do Číny
 3. Rezervace na celý den
 4. Specifické požadavky na vozidla (limuzíny, autobusy)
 5. Všechny zbývající objednávky
- Heuristika pro přiřazení vozidla d_j :
 1. Vozidlo odpovídající patřičnému „týmu“
 2. Vozidlo je v blízkosti místa vyzvednutí
 3. Velikost a typ auta
 4. Všechna ostatní vozidla

Hard podmínky (omezení)

- Nesmí být nikdy porušeny
- Ověřovány pomocí dopředného řetězení
- Druhy omezení:
 - Změna typu automobilu
 - Dostupnost vozu

Plánovací algoritmus

- Program modelován jako CSP, ale nepoužívá engine pro splňování omezujících podmínek
- Hybridní design:
 - Vyber proměnnou v_i (podle heuristik)
 - Přiřaď hodnotu z domény d_j (podle heuristik)
 - Zkontroluj řešení podle pravidel
- Rozvrhování bez backtrackingu a na limitovaný čas (2 – 3 hodiny)
- Spousta změn během dne – nevyplatí se optimalizovat
- Nesplněné objednávky outsourcovány

Pseudokód

- V – množina proměnných
- D – doména
- C – množina podmínek
- T – časové rozmezí

FMS_Scheduler(V, F, C, T):

while volná proměnná z V během T :

$v_i := \text{SelectVariableHeuristics}(V, T)$

foreach hodnota x_i z $\text{SelectValueHeuristics}(v_i, D)$:

 přiřaď x_i do v_i

if $\text{RuleViolation}(V, C)$: **continue**

else $\text{Propagate}(x_i, v_i)$: **break**

if v_i stále volná:

$v_i := \text{none}$

Pseudokód (pomocné funkce)

SelectVariableHeuristics(V, T):

vrať další volnou proměnnou z V během T v pořadí podle heuristik

SelectValueHeuristics(D):

vrať další volnou hodnotu z D v pořadí podle heuristik

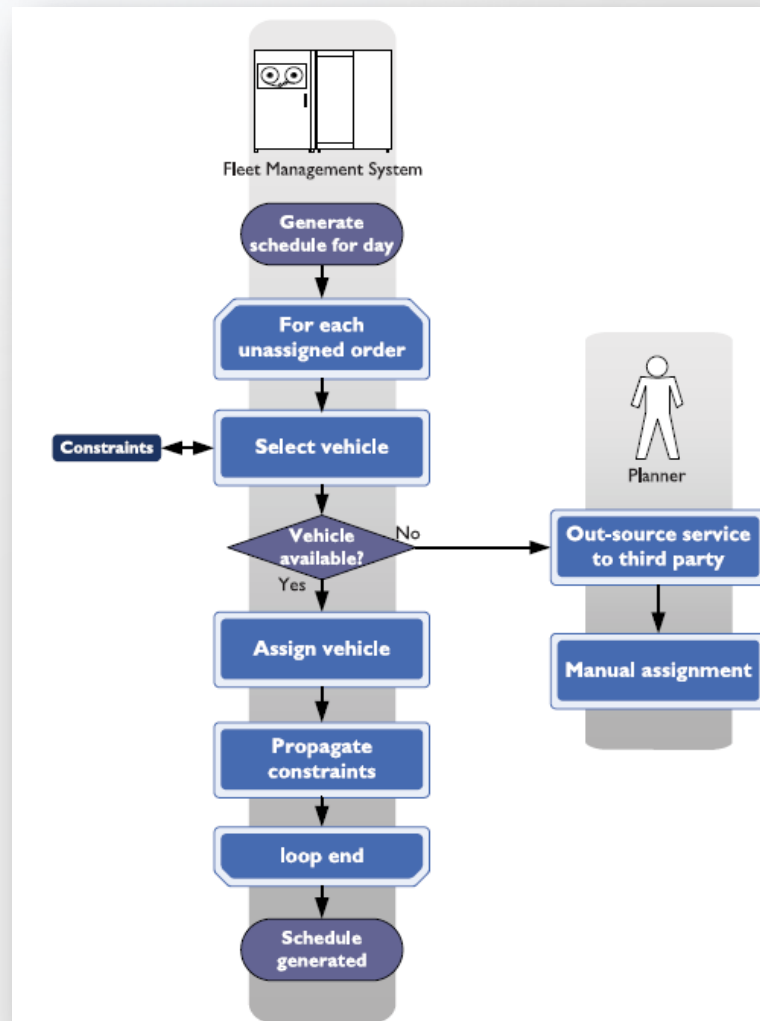
RuleViolation(V, C):

vrať True pokud je nějaká hard podmínka z C porušena

Propagate(x_i , v_i):

propaguj následky přiřazení x_i do v_i (např. změna dostupnosti vozu, uložení dat do DB, atd.)

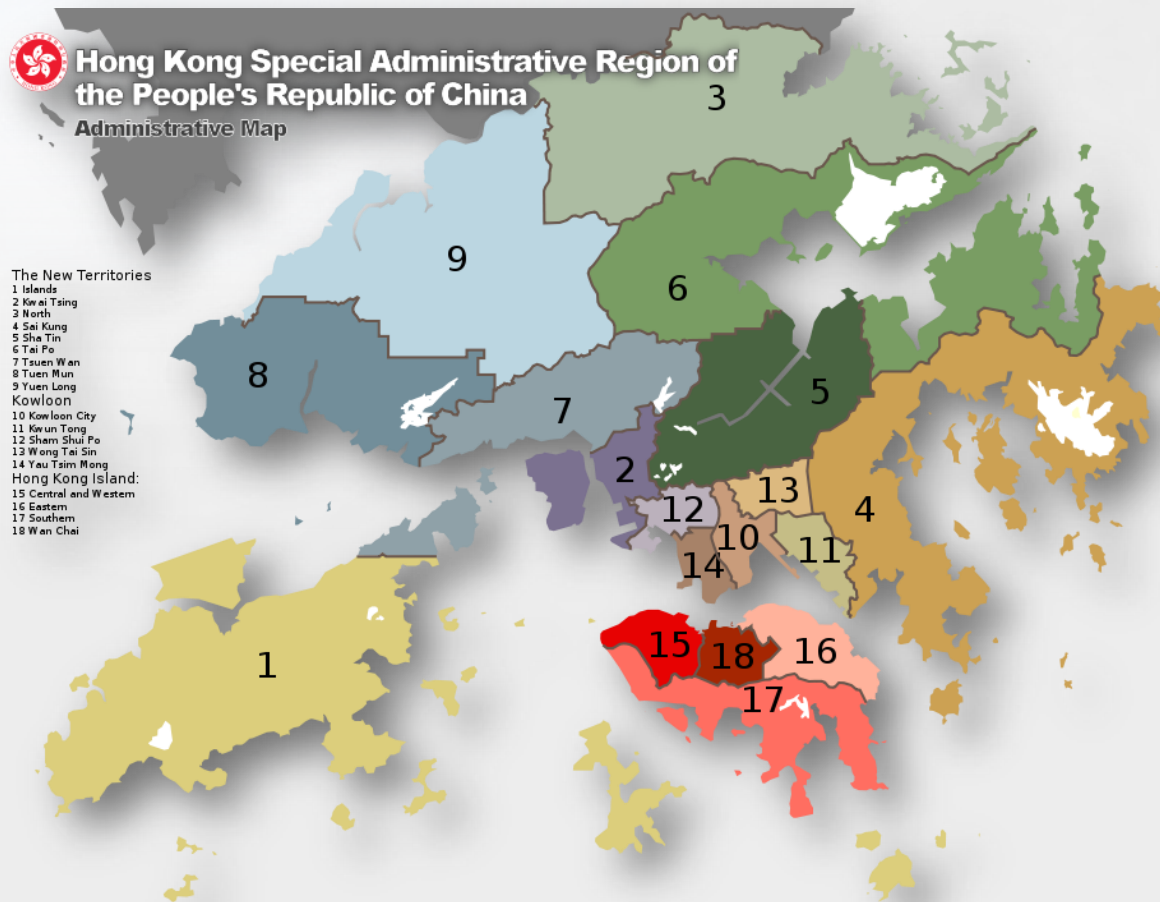
Diagram



Odhad času jízdy

- Potřeba přesné načasování
- Adaptující se systém pro odhad času potřebného na jízdu z historických dat
- Hong Kong rozdělen do 18 čtvrtí, ty dále rozděleny (celkem 200 částí)
- Dva typy matic velikosti $A \times A$ (A = počet částí)
 - S – standardní cestovní čas (zadán manuálně)
 - H – historické časové údaje

Rozdělení Hong Kongu



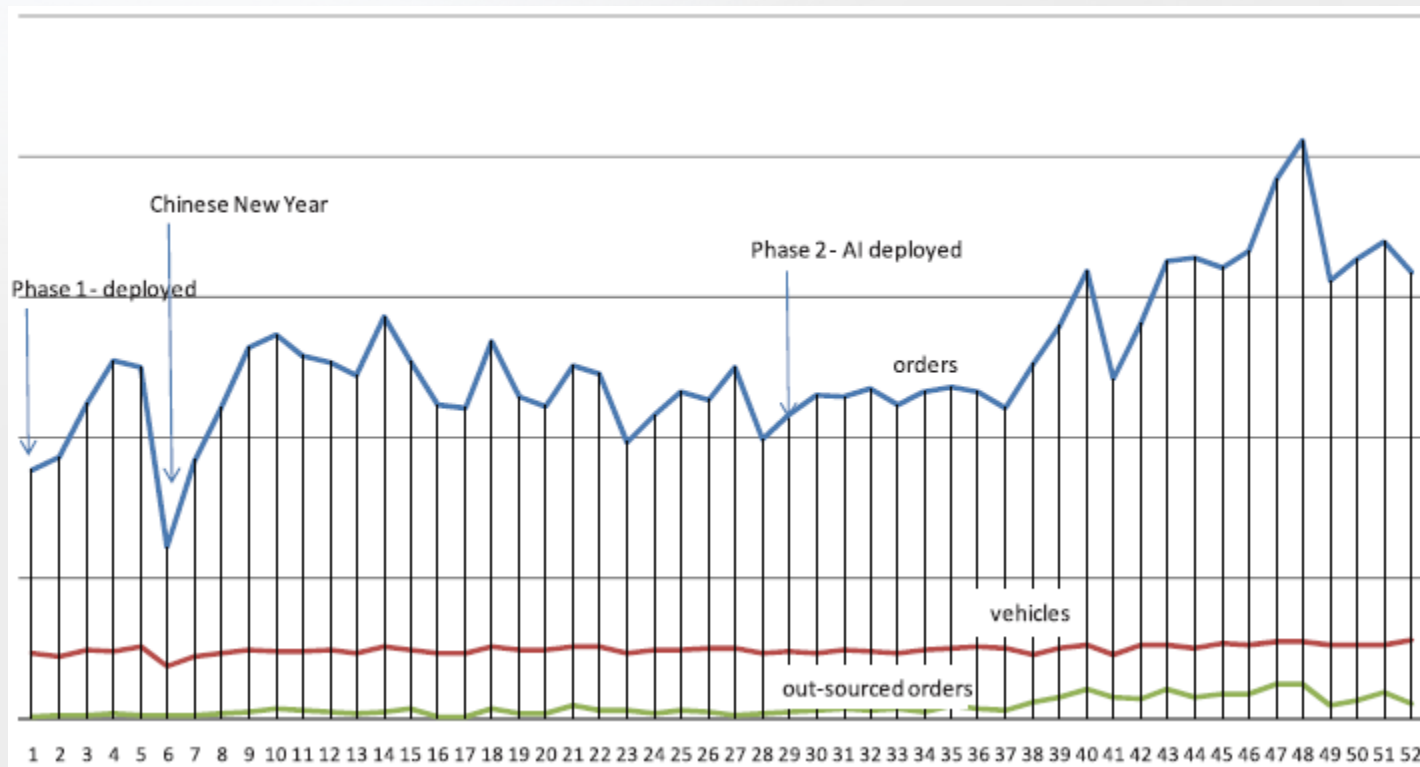
Historické údaje o čase

- Matice H počítány jako průměr přes časové období (např. 1 měsíc)
- Časové okno zachycuje pravidelné nebo dočasné změny
- $H_{\text{dow,tp}}$ – reprezentuje časové údaje podle dnů v týdnu a denní doby
- Den rozdělen do 9 částí
- Hodnota $t_{i,j}$ reprezentuje čas potřebný pro přesun z oblasti a_i do a_j
- Odhadovaný čas se spočítá jako průměr z S a H

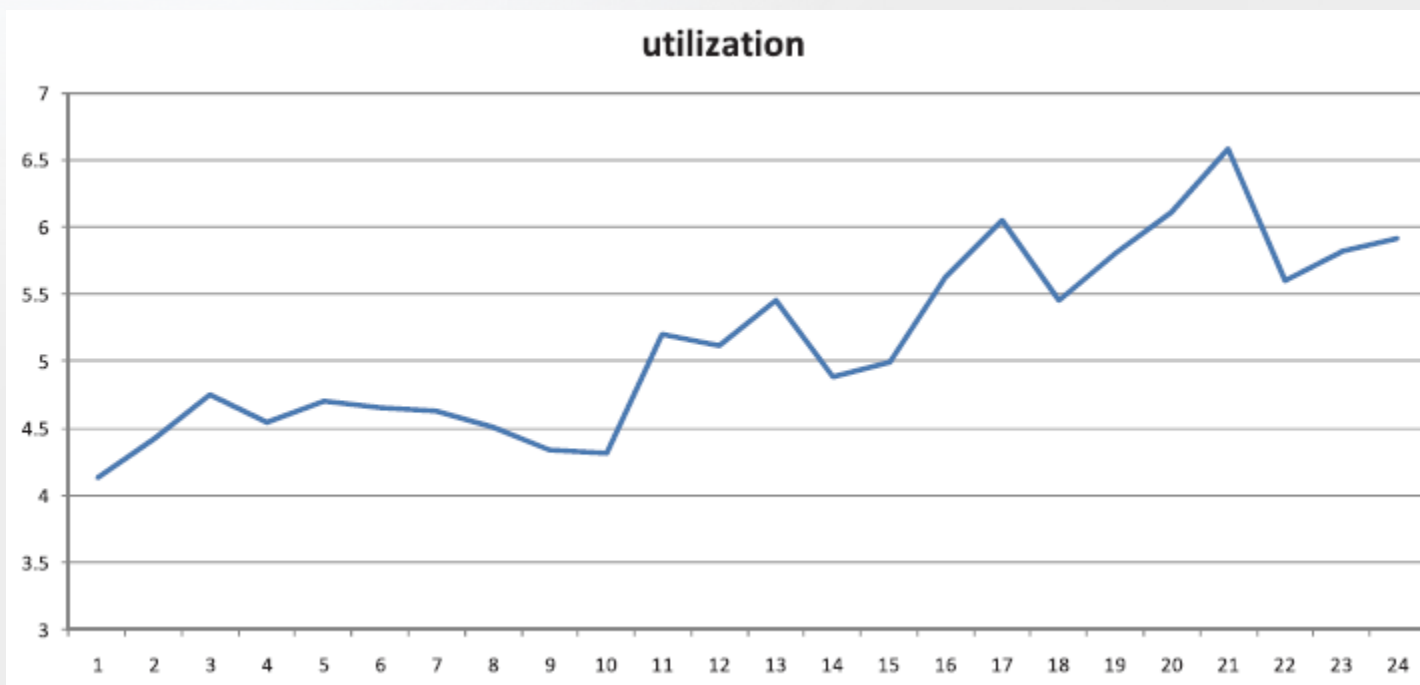
Použití aplikace

- Aplikace vyvíjena ve dvou fázích
 1. Základní vlastnosti
 2. Nasazení AI
- Počet obchodů se zvedl o 100% při stejném počtu automobilů

Počet obchodů



Průměrný počet obchodů na auto



Možnosti zlepšení

- Přidat i plánování směn řidičů
- Zpřístupnit systém řidičům pro okamžité získávání informací

Zdroje

- Chun, A. H. W. (2011). Optimizing Limousine Service with AI. *AI magazine*, 32(2), 27-41.