



Jaroslav Koziol, Martin Kopecký¹

Ústřední dirigování vozů

Klíčová slova: *ÚDIV, dirigování, SPONA, vyrovnávka prázdných vozů, optimalizace, dopravní úloha, heuristické metody*

Úvod

Železniční nákladní doprava má velmi specifické procesy, které se zatím nedají přirovnat k žádnému jinému druhu dopravy. Jedním z nejvýraznějších specifíků je způsob, jakým pokrývá požadavky na přepravu od zákazníků svým ložným prostorem, tedy nákladními vozy. Vozový park dnešních velkých železničních nákladních dopravců je založen na portfoliu obecně použitelných vozových řad (tedy skupin vozů, které mají společné technické, konstrukční i přepravní rysy). Specificky použitelné vozy jsou obvykle majetkem přímo zákazníka, který přepravu žádá, nebo poskytovatelů pronájmu vozů.

Aby dopravce vyhověl přání zákazníka, musí mít aparát, který zajistí přistavení vozu, který zajistí přistavení správného vozu na správné místo a ve správném čase, čemuž se ve slangu říká dirigování. České dráhy v souvislosti s profilováním budoucích oddělených rolí (nákladní dopravce, osobní dopravce a provozovatel dopravní cesty) rozhodly v roce 2003 o restrukturalizaci svého aparátu pro řízení uvedených procesů (oddělení Hospodaření nákladními vozy Odboru nákladní dopravy). V souvislosti s tím logicky vznikla potřeba vyvinout i informační podporu pro nový aparát, který byl nazván zkratkou Ústřední dirigování vozů, tedy ÚDIV. Tato zkratka se nakonec vžila pro celou novou technologii.

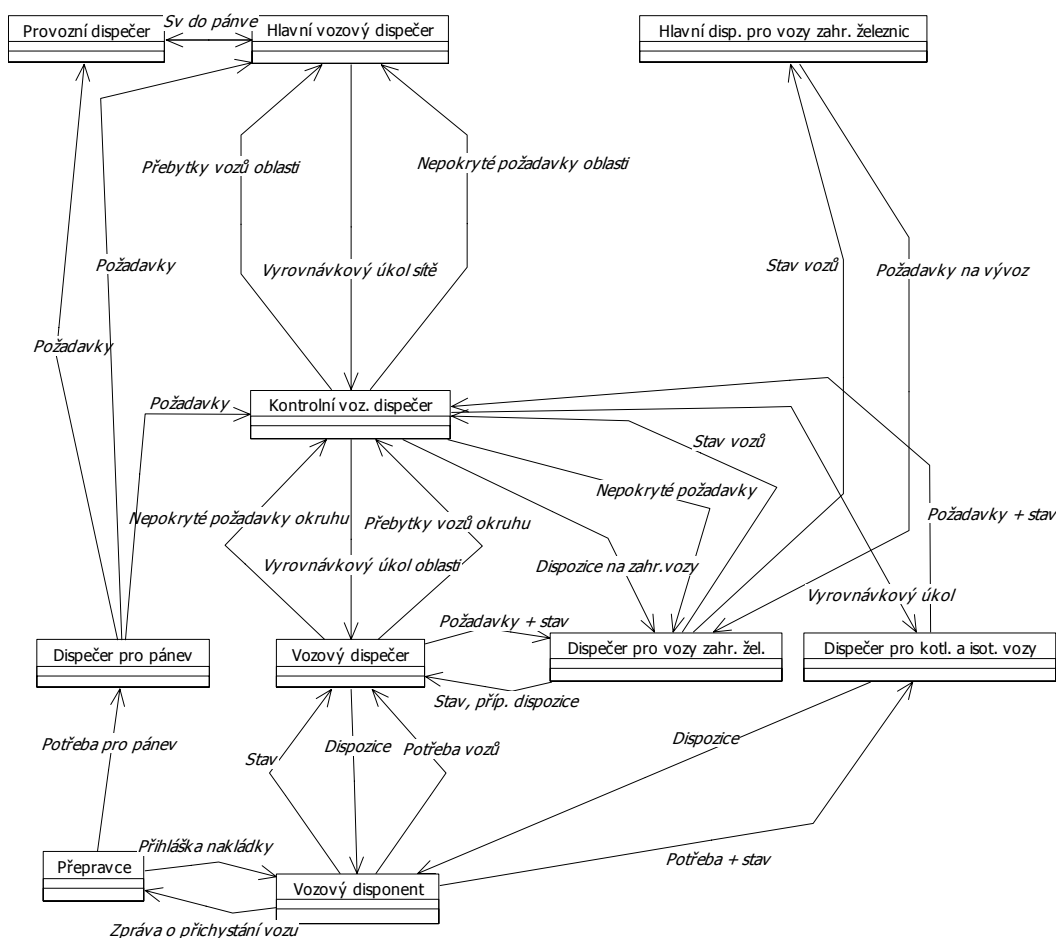
¹ Jaroslav Koziol, Ing., 1977, Dopravní fakulta Jana Pernera, postgraduální studium. Pracuje v OLTIS Group, a.s., jako programátor analytik.

Martin Kopecký, Ing., 1972, VŠ dopravy a spojů, fakulta provozu a ekonomiky dopravy a spojů. Pracuje v TELEMATIKA, o.z. ČD-T a.s. jako vedoucí projektů IT.

Východiska

V roce 2003 ČD používaly již mnoho let třístupňový model řízení dirigování, ve kterém existovaly určité výjimky pro „úzkoprofilové“ řady vozů (v té době především vozy řady Hbbillnss), dále pro technologicky výjimečné řady (kotlové vozy, izotermické vozy, vozy Interfrigo a Transfeza) a pro tzv. pánve, což jsou vozy, které se obvykle používají v soupravách pro ložení hromadných substrátů.

Jednotlivá pracoviště byla rozdělena mezi železniční stanici, střední článek řízení (tehdy OPŘ) a Generální ředitelství ČD. Informační toky (prakticky vždy realizované pomocí telefonu) jsou uvedena na obrázku č.1.



Obrázek 1: Diagram datových toků spojených s dirigováním prázdných vozů – původní stav

Tento způsob řízení vedl logicky k situaci, kdy se maximum problémů s pokrytím řešilo bez vědomí vrcholového pracoviště. Jednoznačným negativem byla neprůhlednost celého procesu spojená s držením nadměrných rezerv prázdných vozů.

Optimalizační procesy založené na dlouhodobém vyhodnocování složení vozového parku s cílem jeho revitalizace však vedly Odbor kolejových vozidel k radikálnímu snižování počtu vozů v dlouhodobě nevyužívaných řadách. Pokud se podíváme na tento proces z hlediska redukce počtu vozů, tak v druhé půli 90. let operovaly ČD s cca 45 tisíci nákladních vozů. Ve zmiňovaném roce 2003 už to bylo o 10 tisíc vozů méně.

Zároveň byly realizovány finančně náročné nákupy nových nákladních vozů, rekonstrukce starších na požadované parametry či pronájmy potřebných řad, pro jejichž nákup nebylo dostatek finančních prostředků. Od takto revitalizovaného parku se chtělo jediné – ekonomická rentabilita. To zvyšuje zátěž jediného centrálního pracoviště při stávající metodice bez jakékoli technologické podpory.

Nová technologie

Nové řešení celého procesu dirigování bylo založeno na dvou základních rysech:

- pouze dvouúrovňová organizační struktura, tedy pouze centrum a stanice,
- rozdělení parku vozů na centrálním pracovišti ne podle regionu výskytu či určení, ale podle řad vozů, což respektuje produktovou orientaci celé nákladní dopravy pod hlavičkou vznikající společnosti ČD Cargo.

Tyto zásadní rysy spolu přinesly i další vedlejší, o kterých bude ještě zmínka. V zásadě také určily, jak by mělo vypadat řešení IT podpory celé technologie, nazvané pro odlišení IS ÚDIV.

Pracovní pozice byly nazvány v souladu se stávajícími předpisy, tedy **disponent** na úrovni stanice (lépe řečeno atrakčního obvodu stanice, kterých je na síti 103) a **dispečer** na úrovni centra (určeno 6 okruhů podle řad vozů).

Prvním a nejdůležitějším úkolem pro definici nové technologie bylo určit rozhraní na okolí celého systému (tím se nemyslí systém informační). Z hlediska určení pozice nového aparátu se jednalo o definici vlastní náplně činností a následně o definici potřebných vstupů a výstupů celého systému. Náplň práce systému se dá charakterizovat následovně:

- sběr požadavků na nákladní vozy dirigované ČD
- přístup k informacím o stavu a určení vozu, o jejich parametrech a dalších údajích
- pokrytí požadavku vhodným vozem
- zajištění přistavení vozu zákazníkovi k nakládece
- sledování a vyhodnocování jízdy prázdného vozu na požadavek

Protože výše uvedená definice činností je velmi povrchní, musíme se nejprve zabývat podrobným rozбором jednotlivých bodů. Zároveň v důsledku prolínání technologie procesů dirigování a vlastního IS budeme popisovat v první části oba problémy současně.

Sběr požadavků na nákladní vozy dirigované ČD

Sběr požadavků na nákladní vozy je zajištěn procesem, který využívá tzv. podání formuláře Přihláška nakládky. Ten byl pro potřeby nové technologie modifikován (viz příloha 1). Zároveň ale v zájmu ušetření na první pohled zbytečné práce disponentů, kteří jsou pověřeni převedením Přihlášky nakládky do datové formy, bylo rozhodnuto o realizaci i jiných forem předání přihlášky do evidence (tedy do datové podoby v IS ÚDIV). Tyto formy jsou:

- www formulář pro zadání údajů tiskopisu, přístupný z Portálu ČD Cargo pro definované zákazníky
- datový soubor, obsahující údaje Přihlášky nakládky, předávaný zákazníkem přímo z jeho IS do IS ÚDIV.

Jak uvidíme dále, takto zajištěný sběr dat umožňuje plánovat běh prázdného vozu ČD a tím i plánovat složení obsluh manipulačních míst, svozových a rozvozových vlaků a následně také relačních vlaků. Logicky ale chybí druhá strana celého procesu, kterou je přeprava jiných

vozu, než ČD dirigují. Jedná se o vozy soukromé, pronajaté a v některých případech i o vozy volného oběhu jiných železničních dopravních podniků. Analogicky byl tedy připraven Požadavek na přepravu, který vlastně znamená pouze zajištění místa v potřebných vlcích pro zákazníkem specifikované vozy. Ten nabude na významu až po zahrnutí všech vozů do IS ÚDIV, což se přepokládá na počátku roku 2007.

Proces podání Příhlášky nakládky má svá pravidla. Ta především určují, kdy by měl zákazník požadavek předat, aby dopravce mohl zajistit správný vůz. Tyto lhůty vycházejí ze stávající legislativy, vlakotvorby a z nejnepríznivějších podmínek, které mohou nastat. To znamená, že zákazník může požadavek zadat i později a bude mu bez problémů vyhověno, pokud je odpovídající vůz k dispozici.

Přístup k informacím o stavu a určení vozů, o jejich parametrech a dalších údajích

Tato část technologie je téměř celá o zajištění potřebné IT podpory pro určená pracoviště. První, operativní část dat potřebují obě úrovně dirigování, ale každá z jiných důvodů. Dispečer je spolu s údaji technickými (především použitelnost vozu na vývoz a plánovaná příští revize vozu) využívá pro rozhodnutí o přidělení vozu na požadavek. Disponent je využívá především pro plánování obsluhy svého atrakčního obvodu a tím i k určení předpokládaného času přistavení vozu jak k nakládku u prázdných, tak k vykládku u ložených vozů.

Vlastní technické řešení sledování pohybu a stavu vozu je popsáno dále. V zásadě lze ale říci, že se maximálně využívají již pořízená data v dalších systémech ČD, aby se minimalizovala potřeba pořizovat data duplicitně.

Přesto však bylo nutné nově vyřešit problém zajištění údaje o plánovaném dojezdu do stanice určení. Proto byl vyvinut univerzální modul pro vyhledání spojení v nákladní dopravě, později nazvaný SPONA. Každý vůz volného oběhu ČD má tak dnes v IS spočítán plánovaný čas příjezdu do stanice určení, čímž se může dále plánovat jeho běh i v případě, že teď jede ložený. Tento čas příjezdu je během jízdy vozu korigován podle reálné situace. Zatím korekce nezahrnují problémy při jízdě vlaku, soustředují se pouze na sledování dodržování přechodu vozu ve vlakotvorných stanicích a na provozní stav vozu. Systém také zatím neuvažuje s kapacitou vlaku.

Pokrytí požadavku vhodným vozem

Znalost obou potřebných veličin (požadavky na vozy, stav, určení a předpokládaný dojezd vozu) umožňuje určovat pokrytí známých požadavků vhodnými vozy. Aby ČD dosáhly potřebný efekt snížení počtu pracovišť na centrální úrovni, bylo od počátku při vývoji IT podpory uvažováno o matematické optimalizaci pokrytí požadavků vozy. Dnes tak existují celkem 4 možnosti, jak požadavku zákazníka vyhovět (pokrývání uskutečňuje systém, dispečer zasahuje pouze v případě, kdy se ze závažných důvodů nemůže realizovat pokrytí stanovené systémem nebo v případě potřeby krytí požadavků přednostně):

- Na základě specifické dohody se zákazníkem on sám do Příhlášky nakládky uvede konkrétní číslo vozu, čímž je pokrytí dáno ihned.
- Požadavek dispečer sám na základě dostupných informací pokryje vhodným vozem (tzv. ruční pokrytí).
- Dispečer při hledání vhodného vozu použije funkce systému, které mu nabídnou vhodný vůz (tzv. poloautomatické pokrytí).
- Systém v určených časových horizontech provádí automatické pokrývání požadavků pomocí tzv. Optimalizace, která je podrobně popsána dále.

Díky znalosti plánu dojezdu vozu se podařilo realizovat technologii pokrývání požadavků už v okamžiku, kdy vůz jede ještě se zásilkou do stanice určení.

Určení vozu na příslušný požadavek probíhá podle mnoha kritérií. Výsledkem v IT podpoře je přidělení konkrétního čísla vozu konkrétnímu požadavku. V provozu však ale není obvykle možné zajistit odjezd určeného čísla vozu (řazení vozů na koleji, vlečce apod.), takže skutečná dispozice pro stanici zní pouze na řadu vozu. Pokud je ze stanice vypraven jiný vůz stejných charakteristik, systém sám opraví číslo vozu. Tím je zachováno číselné dirigování vozů a zároveň systém nevyžaduje náročnou evidenci výskytu vozu na koleji, aby se vybral skutečně použitelný vůz.

Zajištění přistavení vozu zákazníkovi k nakládce

V předchozích bodech se podařilo zajistit vhodný vůz a teď je potřeba vůz přistavit k nakládce na zákaznickem určené místo. Aby k tomu došlo, je nutné nejprve znát jízdní řád obsluh jednotlivých manipulačních míst. Z něj vychází tzv. Plán obsluh, který už na základě znalostí doběhu prázdných a ložených vozů a jejich předpokládaného návratu určuje složení jednotlivých obsluh. Pokud nemá pravidelná obsluha vozy k odsunu či přistavení, je odřeknuta. Naopak při překročení kapacity obslužného vlaku či z jiných důvodů se může zavést mimořádná obsluha.

Tím je proces plánování přepravy vozu završen. Na základě něj pak disponent, který plánuje obsluhu, vyhodnocuje skutečnost. Ta se ve většině případů načítá z již pořízených údajů v jiných systémech. Pokud ale není dostupná, musí disponent chybějící údaje doplnit (jedná se především o příjezd vozu do stanice, přistavení na manipulační místo a následný odsun).

Sledování a vyhodnocování jízdy prázdného vozu na požadavek

Tato činnost byla již zmíněna v části *Přístup k informacím...* Jde o sledování přepravy prázdného vozu pro případ, že by došlo k situaci, kdy vůz není schopen splnit plán přepravy a dojet do stanice nakládky. Sledování probíhá automaticky a dispečer je upozorňován na situace, které mohou vést ke vzniku problému. Dispečer pak musí hledat jiná řešení, která se dnes prakticky omezují pouze na zajištění jiného vozu.

Rozhraní na okolí

Z uvedených skutečností jednoznačně vyplývá rozhraní na okolí:

- Dirigování se nezabývá smluvní a přepravní částí sjednání přepravy. Může však být podkladem pro sjednávání objemově významných smluv, aby nedocházelo k přijímání závazků, pro které ČD nemají potřebné vozy.
- Dirigování se nezabývá provozními procesy vlastní přepravy vozu. Proces shromažďování vozů ve vlakových stanicích, odbavení vozu při nakládce či vykládce, zařazení do vlaku, vyřazení z vlaku, technické prohlídky atd. jsou pouze vstupními údaji pro systém. Ten sám je ale nijak neovlivňuje.
- Dirigování se nezabývá technicko-evidenčními procesy s nákladními vozy.
- Dirigování také neřeší plánování sestavy vlaku, přechodu vozu z vlaku na vlak.

Přesto ale všechny uvedené procesy samotné dirigování významně ovlivňují, takže je nutné o nich v IT podpoře vědět.

IS ÚDIV

Vzhledem k očekávaným přínosům vyvolalo řešení IT podpory dirigování mnoho doprovodných činností, které z výše uvedených zásad nemusí nutně vyplývat.

Informační systém vyžaduje poměrně velkou základnu kmenových dat a číselníků. Ty jsou buď jen importovány do systému (např. číselník zboží), nebo jsou v něm doplňovány o

potřebné údaje (např. číselník firem) nebo jsou v systému přímo vytvářeny (řady vozů, org. struktura). Systém využívá následující důležité číselníky:

- číselník železničních dopravních podniků, soukromých drah v ČR a soukromých dopravců
- číselník stanic, doplněný o org. strukturu dirigování (úroveň Celá síť – region – obvod disponenta – úsek – stanice – kolejová skupina)
- číselník firem, doplněný o jejich vazby na stanice a kolejové skupiny
- číselník vozových řad ÚDIV, které se dělí na základní (74 řad), souhrnné (zobecnění některých základních řad pro objednávku vozu – 11) a sumární (sumarizace řad především pro rozdělení vozů mezi dispečery – 35)
- číselník pracovišť a jejich oprávnění pro práci se systémem.

Z dalších číselníků můžeme jmenovat: Druh kolejové skupiny, Provozní stav vozu, Důvod vyřazení vozu, Typ události, Druh směrování vozu, Stav směrování vozu apod.

Díky této údajové základně se uživateli systému zobrazí pouze to, na co má definovaná práva. Dispečerovi se tak zobrazují pouze příslušné řady vozů na celé síti, disponentovi zase pouze jeho atrakční obvod se všemi vozy. Zároveň se přehledně zobrazí organizační struktura systému (tzv. navigátor – levá část okna aplikace).

The screenshot shows the 'Vozový dirigent - 1 OSTRÝ PROVOZ!' application. On the left is a 'Připínací panel' (Navigation Tree) with a hierarchical structure of stations and regions. On the right is a table titled 'Vozy ve stanicích' (Trains in Stations) with the following columns: Řada, Zkratka, Počet, Stav, Druh směrování, Stanice, Manipulační místo, Provozní stav, Vyřel, da, RIV, VuzPoradí. The table contains multiple rows of train data, with some rows highlighted in orange.

Obrázek 2: Aplikační rozhraní IS ÚDIV

V pravé části okna si pak uživatel volí oblast dynamických dat, které chce vidět:

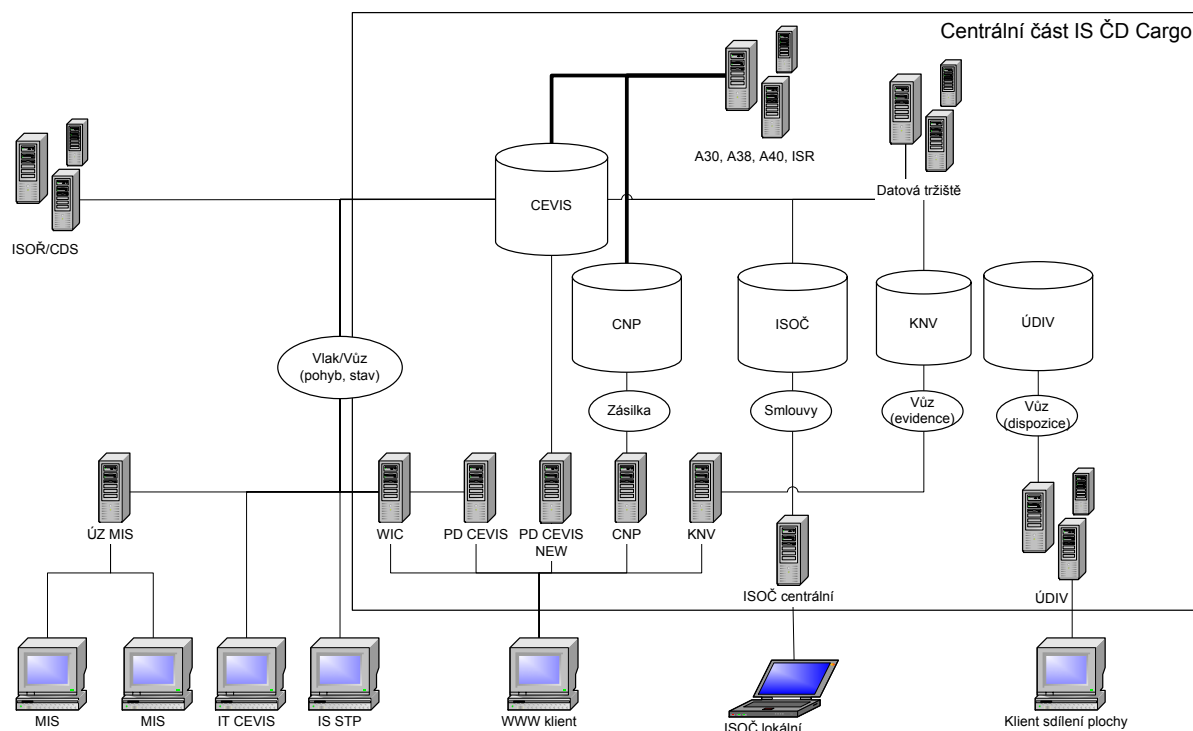
- výskyt vozu
- doběh vozu (podle místa určení vozu)
- plánovaný doběh vozu (podle plánovaného místa určení vozu)
- objednávky
- objednané vozy
- vyrovnávka (pokrytí objednaných vozů skutečnými)
- obsluhy
- směny

Je zřejmé, že uvedené uživatelské rozhraní je stejné pro obě úrovně řízení.

Pořizování a sledování údajů o vozech

Stávající architektura IS ČD v oblasti nákladních vozů je poměrně rozmanitá. Zahrnuje jak nejnovější technologie pořizování dat prostřednictvím WWW rozhraní, tak zastaralé aplikace v prostředí MS-DOS udržované z důvodu finanční náročnosti obnovy HW či vývoje nového SW. Z obrázku 3 vyplývá pozice jednotlivých IS a aplikací v IS ČD.

IS ČD Cargo - provozně přepravní část systému



Obrázek 3: Konceptuální schéma datových toků v IS ČD Cargo

Schéma popisuje vazby pro jednotlivé sledované objekty. Ne zobrazuje vazby v centrální části systému, který je zatím beze zbytku realizován na serverech ČD - Telematika a.s. v Pardubicích, a tudíž umožňuje vzájemné úzké provázání datových základů všech systémů a aplikací.

Výběr vozu pro Přihlášku nakládky

Při výběru vozu se musí zohlednit mnoho kritérií, která nemusí nutně vyplynout ze zákaznickova požadavku. Pokud vezmeme jako základ položky z Přihlášky nakládky, můžeme tato kritéria názorně ilustrovat:

- Časoprostorové hledisko – místo, na které má být vůz přistaven, a čas, kdy se má přistavení realizovat. To je zásadní hledisko pro přidělení vozu z pohledu dostupnosti místa.
- Označení substrátu – předpokládané přepravované zboží může mít vliv na výběr vozu pro pokrytí požadavku zákazníka. Jedná se o případy, kdy je třeba vyhodnotit možnost přepravy konkrétního substrátu po předchozí přepravě. Toto označení zahrnuje i specifikaci nebezpečnosti zboží. Zároveň uvedené údaje mohou sloužit pro upozornění zákazníka na možný ZAN – zákaz nakládky.

- Řada a počet vozů – označením řady požadovaného vozu zákazník specifikuje technické parametry požadovaného vozidla (může zadat i první a druhou substituční řadu pro případ nedostatku vozů). Systému tím zároveň zadává množinu vozů, ze kterých může vůz vybírat.
- Hmotnost zboží na jednom voze – pro vlastní dirigování nemá význam. Počítá se s jejím využitím při plánování následné ložené jízdy vozu.
- Stanice určení zásilky – uvedené údaje mohou sloužit pro upozornění zákazníka na možný ZAN – zákaz nakládky. Počítá se s jejím využitím při plánování následné ložené jízdy vozu.
- Železniční podnik určení zásilky – v případě, že se jedná o vývoz z ČR, může mít zásadní vliv na výběr vozu. Pravidla pro výběr vozu pro vývoz jsou přísnější a především zahrnují možnost využít i vůz jiné železniční správy (pokud s ní mají na toto využití ČD dohodu). Uvedené údaje opět mohou sloužit pro upozornění zákazníka na možný ZAN – zákaz nakládky a počítá se s jejím využitím při plánování následné ložené jízdy vozu.
- Pohraniční přechodová stanice výstupní z ČD – uvedené údaje mohou sloužit pro upozornění zákazníka na možný ZAN – zákaz nakládky. Počítá se s jejím využitím při plánování následné ložené jízdy vozu.
- Upřesnění přepravy – viz dále.

Upřesnění přepravy může znamenat i výrazné změny při pokrývání požadavku vozy. Může obsahovat následující volby zadávané v Přihlášce nakládky:

- Upřesnění bez vlivu na vyrovnávku, zadávané v přihlášce nakládky
 - RID – přeprava nebezpečného zboží – nutno uvést třídu nebezpečnosti
 - vážení na cestě – důležité pro další běh vozu, protože vůz pojedí do stanice určení zásilky přes stanici vážení.
- Upřesnění priority vyrovnávky, zadávané v přihlášce nakládky – plánovaná přeprava (vojenská), mimořádná zásilka, rychlá vozová zásilka, ucelený vlak nebo skupina vozů, systémový vlak, Termín Cargo, reexpedice, říční přístav, policejně sledované zásilky (výbušniny, ..)
- Upřesnění priority vyrovnávky, zadávané v přihlášce nakládky
 - přeprava dle smlouvy (zadává oprávněný objednatel)
 - prioritní přeprava (zadává oprávněný objednatel)
 - dispečerská priorita
 - opožděná přistavba (odvozuje systém)
 - vývoz (odvozuje systém)
- Upřesnění výběru vozu pro vyrovnávku, zadávané v přihlášce nakládky – určený vůz, vůz po vymytí, zboží po zboží
- Upřesnění výběru vozu pro vyrovnávku, zadávané v přihlášce nakládky – výběr vozů, vyčleněných pro daného objednatele

Budoucnost

Pro určení dalšího vývoje je nutné zrekapitulovat současný stav. V této chvíli jsou aktivována 4 dispečerská pracoviště z 6:

- Okruh 1 - pro vozy řad H, Ta a I – od března 2005
- Okruh 2 - pro vozy řad G a Ga – od října 2005
- Okruh 3 - pro vozy řad R, S a K – od ledna 2006
- Okruh 4 - pro vozy řady Faccs, Es a Falls – od března 2006 (vozy Falls se ještě aktivně nedirigují).

Disponenti už pracují plnopočetně od října 2005.

Pro další rozvoj systému je nutné dokončit úpravy spojené s dirigováním souprav vozů. Pak se dokončí aktivace okruhu 4 (vozy Falls) a může se aktivovat okruh 5. To se přepokládá v průběhu června 2006. Dalším krokem pak bude zahrnutí vozů cizích železničních podniků do systému, které umožní aktivaci okruhu 6 na konci roku 2006. Poslední pracoviště bude dirigovat i zbylé specifické vozy (např. hlubinové).

Posledním krokem v realizaci systému je doplnění nedisponovaných vozů do systému pro potřeby plánování obsluhy atrakčních obvodů disponentů. Tyto vozy se již netýkají dispečerů, protože ti jejich běh neřídí.

Závěr

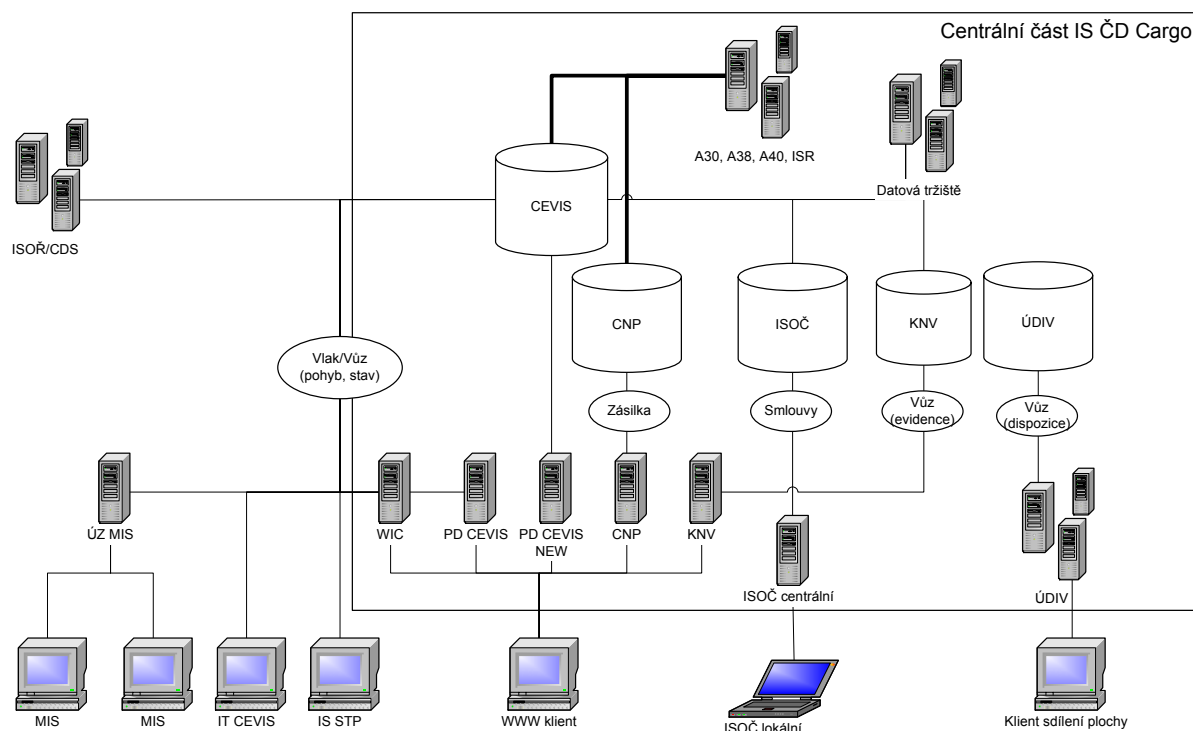
ČD od realizace systému očekávají následující přínosy:

- snížení potřeby vozů (zkrácení prázdných běhů a tedy i celého oběhu vozu)
- lepší využití vozů (vyšší míra využití v produktivních bězích)
- úplný a přesný přehled o vozech v obvodu
- včasný přehled o doběhu vozů – automatické přidělování na manipulační místa
- přehledná evidence přihlášek nakládky
- adresnost pohybu prázdných nákladních vozů volného oběhu
- možnost plánování vytížení vlaků a tím i operativní zásahy do vlakotvorby
- snížení počtu pracovníků ve vozové službě
- umožnění produktového řízení (dostupnost potřebných informací za celou síť).

V současné době probíhají i procesy vyhodnocující přínos zavedení systému do provozu. Jedná se pochopitelně především o zhodnocení využití vozu před a po zavedení systému. Je to hodnocení obtížné, protože veličin, které mají vliv na skutečné využití vozu je mnoho a působí jak ve prospěch systému, tak proti němu.

Řešení vlastního IS ÚDIV je společným dílem firem ČD - Telematika a.s. a OLTIS Group a.s.

IS ČD Cargo - provozně přepravní část systému



Zkratky

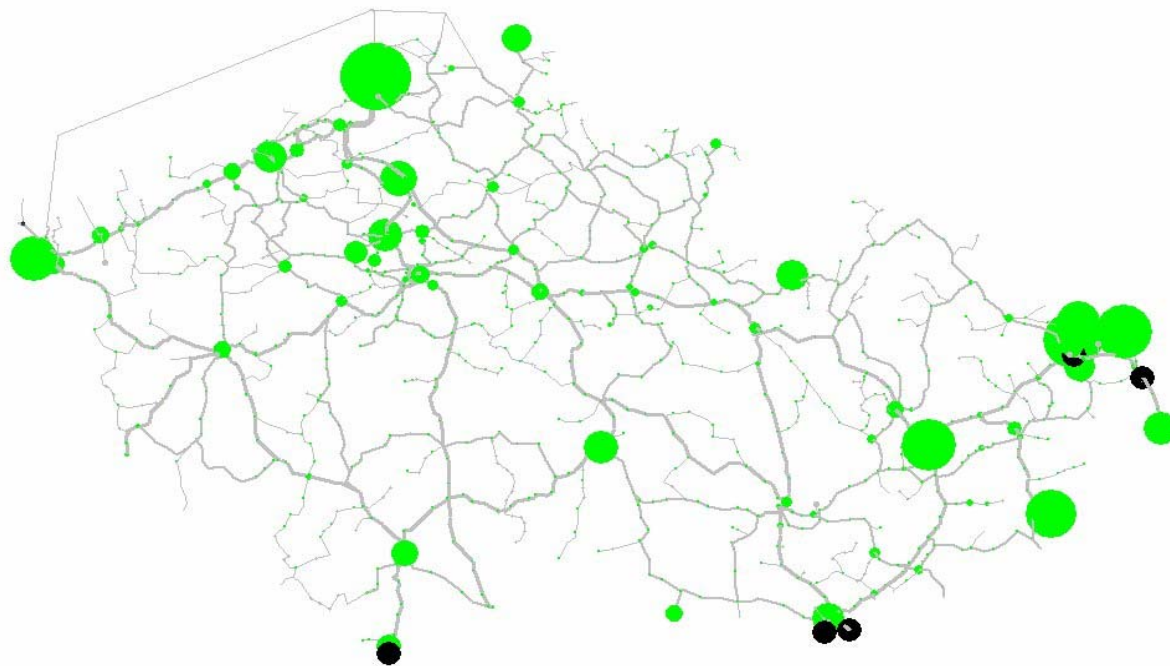
A30	Mezinárodní předhláška nákladního vlaku
A38	Mezinárodní pátrání po voze
A40	Mezinárodní elektronický nákladní list
CEVIS	Centrální vozový informační systém
CNP	Centrální nákladní pokladna
ČD	České dráhy
IS	Informační systém
IS STP	IS stanic technických prohlídek
ISOČ	IS obchodní činnosti
ISOŘ/CDS	Informační systém operativního řízení/Centrální dispečerský systém
ISR	Mezinárodní databáze pohybu vozu
IT CEVIS	Inteligentní terminál CEVIS
IT	Informační technologie
KNV	Kartotéka nákladních vozů
MIS	Místní informační systém
OPŘ	Obchodně provozní ředitelství
PD CEVIS	Parametrické dotazy CEVIS
SPONA	Spojení v nákladní dopravě
ÚDIV	Ústřední dirigování vozů
WIC	WWW aplikace IT CEVIS

Příloha 1 – Formulář tiskopisu Přihláška nakládky ČD

Optimalizace pokrytí požadavků na přepravu vhodnými vozy

Součástí technologického systému železniční nákladní dopravy je i takzvané dirigování vozů a zejména pak vyrovnávka prázdných vozů. To znamená přesun vyloženého vozu do místa nové nakládky. Na železniční síti tak vzniká:

- **nabídka** prázdných vozů (přebytek) – ve stanici je prázdný vůz po vykládce; nabídkou jsou také nové vozy nebo vozy po opravě
- **poptávka** prázdných vozů (nedostatek, vozová potřeba) – přepravce ve stanici žádá prostřednictvím přihlášky nakládky vůz



Obrázek 4: Ukázka typické nabídky prázdných vozů na síti ČD (vozové přebytky)

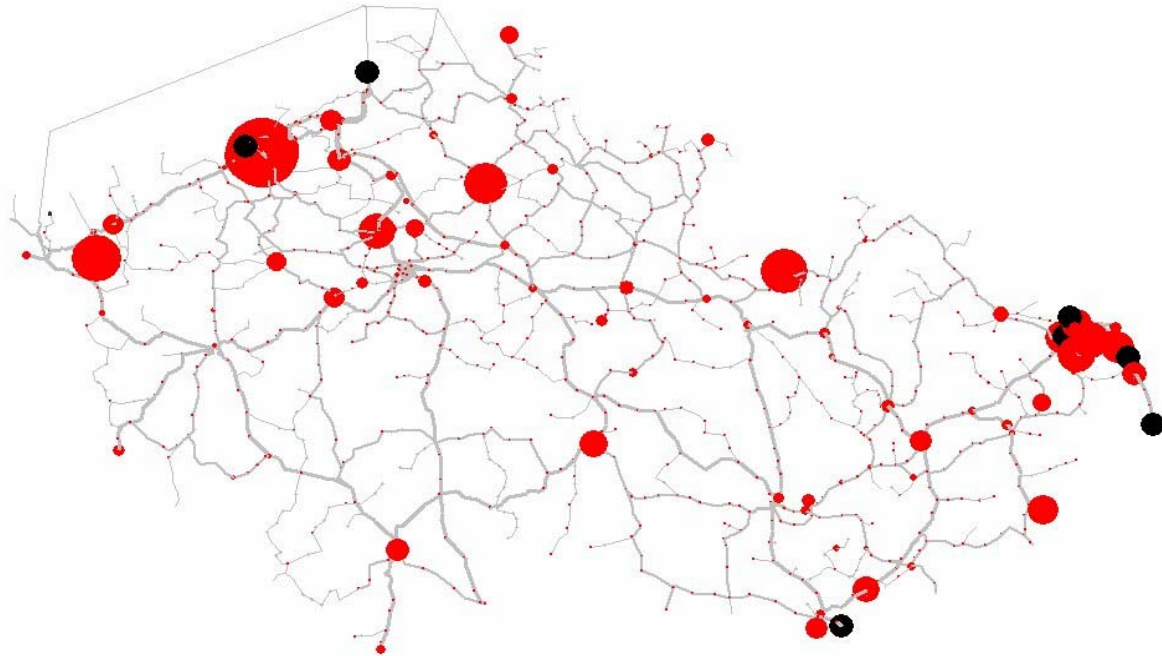
Příklad aktuální podoby nabídek, respektive poptávek po prázdných vozech na síti ČD ukazuje v mapě obrázek 4, respektive obrázek 5. Velikost kroužků naznačuje počet nabízených, respektive poptávaných vozů. Černé kroužky indikují vysoký počet vozů mimo běžný rozsah hodnot.

Jednotlivý případ nabídky i poptávky po prázdných vozech je charakterizován několika základními parametry:

- stanice nabídky (poptávky)
- počet a řada vozů
- datum a čas vyložení vozů, respektive datum a čas požadovaného přistavení
- datum a čas podání požadavku (u nakládky)

Z poptávky po prázdných vozech vzniká takzvaná vozová potřeba, na základě které se určí **vyrovnávkový úkol** neboli požadavek přepravy prázdných vozů z míst vykládky do míst nové nakládky. Cílem splnění vyrovnávkového úkolu není přitom odsunout “za každou cenu” prázdné vozy ze stanic vykládky, ale naopak přisunout vozy do stanic požadované nakládky a tedy splnit poptávku po vozech (a tím pádem i zajistit další placenou přepravu).

Jak již bylo naznačeno, problém vyrovnávky má také svůj časový rozměr. Vůz je v určitém časovém okamžiku vyložen, v jiném časovém okamžiku je požadováno jeho přistavení k nákladce. Přepravu mezi stanicemi lze zajistit pouze za určitý čas prostřednictvím nákladních vlaků jedoucích podle jízdního řádu. Všechny tyto faktory je nutné zapojit do rozhodování při plnění úkolů vyrovnávky.



Obrázek 5: Ukázka typické poptávky po prázdných vozech na síti ČD (vozové potřeby)

Vůz je základním “výrobním prostředkem” železnice a jako takový umožňuje realizaci tržeb z nákladní dopravy. Proto je naprosto klíčové hospodařit s vozem co nejefektivněji, tedy bez zbytečných časových a finančních ztrát. Úsporná a efektivní vyrovnávka vozů vede ke snížení nákladů železnice a ke snížení celkové potřeby vozů.

Jinými slovy, úloha vyrovnávky nákladních vozů je problémem **ekonomickým** (snížení režijních nákladů) a tím pádem i **optimalizačním** (hledání nejvhodnějšího řešení s nejnižšími náklady).

Po důkladné analýze započal vývoj optimalizačního modulu ve firmě OLTIS v roce 2004 výpočetně jednodušší variantou – lineárním modelem, který bude popsán níže. Po více než ročních zkušenostech s nasazením v provozu v roce 2005 byl letos zahájen vývoj algoritmů založených na nelineárním matematickém modelu.

Termíny optimalizace

V praxi optimalizace probíhá pro daný den v několika optimalizačních cyklech a krocích. Každý výpočet se provádí vždy pro jednu řadu vozů nebo skupinu zaměnitelných řad vozů a danou prioritu.

Vychází se z následujících termínů:

- uzavření příjmu objednávek do 14 hodin 3. dne před požadovaným dnem přistavení,
- potvrzení správnosti objednávky do 16 hodin,
- rozhodnutí o pokrytí nebo zamítnutí objednávky po ukončení optimalizačního procesu, nejpozději do 6 hodin následujícího dne

Postup optimalizace:

1. Výběr nabídek a poptávek dle kritérií platných pro konkrétní výpočet.
2. Výběr spojů, jejichž začátky odpovídají geograficky dopravním bodům nabídek a jejichž konce odpovídají dopravním bodům poptávek. Z nich pak jen takové spoje, které je možné realizovat ve stanoveném časovém období. Spoje se vybírají z předem připravené matice spojů, která se pomocí algoritmu SPONA (algoritmus vyhledání vlakového spojení v nákladní dopravě) generuje na určité období.
3. Ocenění spojů, které zároveň představuje “předpis” účelové funkce. Jedná se o součet následujících kritérií:
 - kilometrická délka spoje * náklady na jízdu 1 km vozu
 - náklady na přepracování (začlenění vozu do vlaku) * počet přepracování
 - penalizace za čekání na odjezd * časový odstup nabídky od odjezdu spoje z odesílací stanice
 - penalizace za čekání po příjezdu * časový odstup poptávky od příjezdu spoje do stanice určení (přichystání prázdného vozu k nakládce)
4. Odstranění duplicitních spojů a výběr nejvýhodnějšího (nejlevnějšího) spoje pro každou dvojici nabídka – poptávka.
5. Sestavení cenové matice, kde se pro vybrané spoje použije vypočtená cena. Pro všechny dvojice nabídka – poptávka musí cena existovat (matice musí být kompletní!). Proto, pokud se místo poptávky rovná místu nabídky, nastaví se cena zjednodušeným výpočtem vycházejícím prakticky pouze z penalizací. Pokud mezi nabídkou a poptávkou spoj neexistuje, nastaví se předem stanovená cena maximální (nekonečno).
6. Vlastní optimalizace probíhá v optimalizačním modulu pomocí lineárního nebo nelineárního algoritmu.
7. Úprava, předání a interpretace výsledků, které představují uspořádané dvojice nabídka-poptávka a přemísťované počty vozů.

Pro výsledek optimalizace je důležité, aby do ní bylo zahrnuto co největší množství nabídek a poptávek. Pomocí vhodného nastavení koeficientů (viz bod 3) lze dosáhnout různého chování optimalizačního algoritmu. Například, zda budou vyrovnávané vozy přepraveny prvním nebo posledním možným spojením.

Jako výhodnější se jeví varianta posledního možného spoje. Tím, že vůz čeká na poslední možný spoj, je stále zařazován do dalších optimalizací v další dny. Tím se počet objednávek zvyšuje a pro vůz se může objevit výhodnější přiřazení.

Optimalizační modul

Optimalizační modul je navržen velmi obecně, aby mohl být použit i v jiných příbuzných úlohách. Proto se zdá, že vstupy do výpočtu jsou příliš abstraktní. Tato abstrakce nemá žádný vliv na kvalitu výsledku. Před výpočtem je však potřeba některé hodnoty předpočítat, nejčastěji již na databázové úrovni systému. Potom se všechny objednávky a všechny vozy předané do optimalizačního modulu posuzují stejně, při samotné optimalizaci se už vozová řada ani jiné parametry objednávky nebo vozu nerozlišují.

Do optimalizačního modulu vstupují tyto základní údaje:

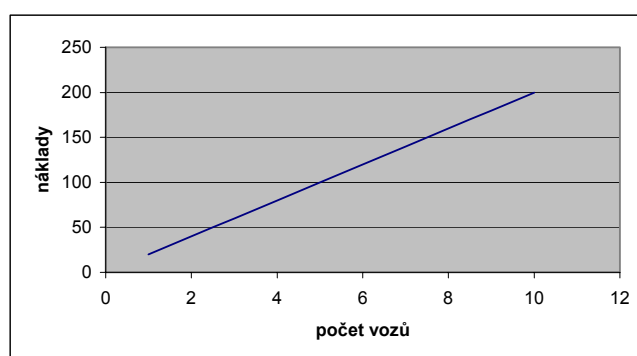
- počty vozů, které jsou nabízené
- počty vozů, které jsou poptávané
- cenové matice, jejichž koeficienty vyjadřují náklady na přemístění mezi místem nabídky a poptávky

Lineární model

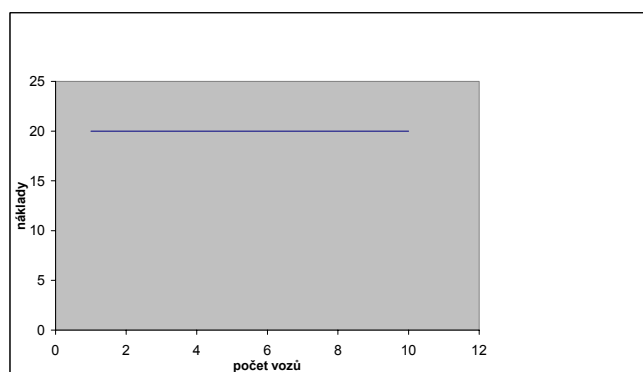
V současné době je pro optimalizaci použit lineární matematický model. Linearita spočívá v tom, že náklady na přemístění skupiny vozů jsou lineárně závislé na nákladech za přemístění jednoho vozu. To znamená, že do optimalizačního modulu vstupuje pro každé spojení jedno ocenění - náklady na přemístění jednoho vozu. Jednotkové náklady jsou pak konstantní.

Počet vozů	Celková cena	Jednotkové náklady
1	20	20
2	40	20
3	60	20
4	80	20
5	100	20
6	120	20
7	140	20
8	160	20
9	180	20
10	200	20

Tabulka 1: Celkové a jednotkové náklady lineárního modelu



Obrázek 6: Celkové náklady v rámci spojení - lineární



Obrázek 7: Jednotkové náklady v rámci spojení - lineární

Pro lineární výpočet lze po některých úpravách použít dobře známý “dopravní problém”. Pro zopakování: úlohou je určit takové velikosti dopravních proudů mezi stanicemi s nadbytkem prázdných vozů (nabídky) a stanicemi s nedostatkem těchto vozů (poptávky), aby byla požadovaná množství vozů přepraveny s celkovými minimálními náklady.

Před optimalizací je nutné převést úlohu na “vyrovnanou dopravní úlohu”. To je taková, kde se součet nabízených vozů rovná součtu poptávaných vozů. Provádí se to tak, že se do zadání přidá fiktivní nabídka nebo poptávka s počtem vozů odpovídajícím rozdílu. Stejným způsobem je nutné rozšířit cenovou matici doplněním nulových koeficientů.

Dalšími náročnými úpravami cenové matice se zajistí, aby nedošlo k zacyklení následného optimalizačního algoritmu, tedy aby řešení nebylo tzv. “degenerované”.

Vlastní optimalizace probíhá ve dvou fázích. Nejprve se pomocí vhodného heuristického algoritmu vyhledá některé výchozí řešení. Těchto algoritmů je známá celá řada, například metoda severozápadního rohu, indexová metoda, Vogelova aproximační metoda, Frekvenční metoda atd. Čím bude řešení získané heuristickou metodou lepší, tím bude potřeba méně iterací algoritmu ve druhé fázi optimalizace, která spočívá v postupném zlepšování, dokud není dosaženo optimálního řešení.

V optimalizačním modulu se pro vyrovnávku vozů používá indexová heuristická metoda. Vogelova aproximační metoda sice poskytuje lepší výchozí řešení, ale experimentálně bylo zjištěno, že je náročnější na operační paměť a dobu výpočtu.

Algoritmus je navržen tak, že může nalézt více optimálních řešení. Samozřejmě jen pokud jich více existuje.

Velikost úlohy (počet nabídek x poptávek)	Doba výpočtu
5x5	10 ms
100x100	130 ms
200x200	300 ms
250x250	610 ms

Tabulka 2: Závislost doby trvání výpočtu na velikosti úlohy.

Nelineární model

Pro vlakotvorbu platí, že přepravní vzdálenost a počet přepracování bývá v přímé úměře. Proto bylo možné s úspěchem (i když s připuštěním jisté nepřesnosti) použít lineární model.

Lineární model však nevystihuje úplně přesně všechna praktická provozní hlediska. V současné době je proto vyvíjen praxi bližší model nelineární, kde je jednotková cena za přemístění vozu dána funkcí a nikoli konstantou. Jako zjednodušený příklad lze uvést, že náklady na přemístění vozu se skládají z nákladů na jízdu každého jednoho vozu a náklady na část přepracování, kde lze počítat jednu sazbu pro celou skupinu vozů.

V nelineárním modelu se počítá se dvěma cenovými koeficienty, jsou tedy třeba dvě cenové matice. Jedna pro ocenění přemístění vozu, druhá pro ocenění přemístění celé skupiny vozů.

Matice pro vozy obsahuje následující nákladové složky:

- jízda vozu (km),
- penalizace prostoje vozu před a po přemístění (čas),
- složku nákladů na přepracování (technické prohlídky a podobně).

Matice pro skupinu vozů představuje:

- náklady na přepracování skupiny vozů,
- zařazení skupiny vozů do vlaku, atd.

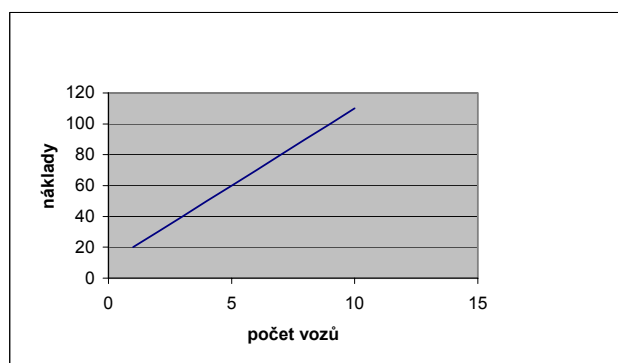
Jednotkové náklady na přemístění vozu lze poté vypočítat dle vzorce:

$$N_j = \frac{(x \cdot C_v + C_s)}{x}$$

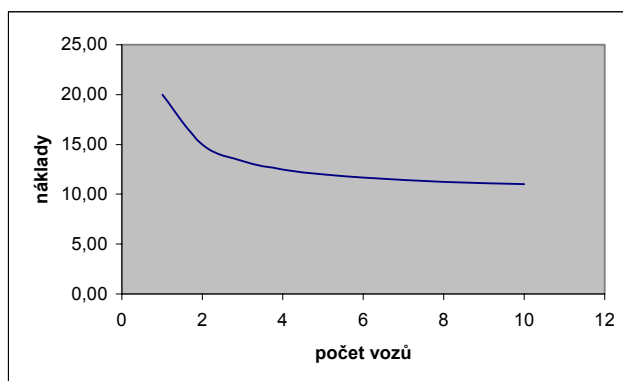
- kde: N_j jednotkové náklady na přemístění vozu z místa A do místa B
 x počet vozů ve skupině
 C_v složka ceny za přemístění jednoho vozu z A do B
 C_s složka ceny za přemístění celé skupiny vozů z A do B

Počet vozů	Cena vozů	Cena skupiny	Celková cena	Jednotkové náklady
1	10	10	20	20,00
2	20	10	30	15,00
3	30	10	40	13,33
4	40	10	50	12,50
5	50	10	60	12,00
6	60	10	70	11,67
7	70	10	80	11,43
8	80	10	90	11,25
9	90	10	100	11,11
10	100	10	110	11,00

Tabulka 3: Celkové a jednotkové náklady nelineárního modelu



Obrázek 8: Celkové náklady v rámci spojení - nelineární



Obrázek 9: Jednotkové náklady v rámci spojení - nelineární

Z posledního grafu je jasně patrná nelineárnost problému. Díky složce fixních nákladů na skupinu jednotkové náklady s rostoucím počtem vozů ve skupině klesají.

Řešení nelineárního problému vyrovnávky je výrazně komplikovanější než řešení lineárního. Pro výpočet už nelze použít běžné algoritmy určené pro dopravní úlohu. Není známa metoda, která poskytuje exaktní řešení obecné nelineární dopravní úlohy. Je nutné vyvinout nějaké jiné metody, které budou respektovat princip nelinearity. Proto bude nutné přistoupit k heuristickým algoritmům a smířit se s tím, že nalezené řešení nemusí být optimální. Dokonce ani nebude známo, nakolik se nalezené řešení vzdálilo od řešení optimálního.

V současné době probíhá testování a porovnávání několik metod. Zpočátku bylo posuzováno také velmi diskutované genetické programování. S přihlédnutím na výpočetní a paměťovou náročnost se jako nejvýhodnější jeví vývoj vlastních, úzce specializovaných heuristických metod.

V Praze, červen 2006

Lektorovali: Jiří Vrba
Ing. Oldřich Herman
Odbor nákladní dopravy a přepravy GŘ ČD



PŘIHLÁŠKA NAKLÁDKY (vzor 170904)

Stanice odesílací
1

Typ man. místa
2

Odesílatel
5

IČ odesílatele
6

Stanice přistavení
3

Manipulační místo
4

DIČ CZ / EU odesílatele
7

Objednatel
8

IČ objednatele
9

Plátce přepravného
11

IČ plátce přepravného
12

DIČ CZ / EU objednatele
10

DIČ CZ / EU plátce přepravného
13

Řádek číslo	Datum nakládky	Nakládka možná do	Číslo zboží dle NHM	UN číslo RID	Vůz		1. náhradní vůz		2. náhradní vůz		Hmotnost zboží (t)	Železniční podnik určení	Výstupní přechodová stanice ČD	Stanice určení	Upřesnění přepravy	Poznámka
					Kód	Počet	Kód	Počet	Kód	Počet						
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																

Právní vztahy vyplývající z této přihlášky se řídí vyhláškami Českých drah zveřejňovanými v Přepravním a tarifním věstníku platnými v den potvrzení této přihlášky nakládky.

Jméno zaměstnance objednatele
31

Telefon
32

Datum převzetí
33

Jméno zaměstnance ČD
34