

VYUŽITÍ SATELITNÍCH SYSTÉMŮ V KOMBINOVANÉ DOPRAVĚ

Vlastislav MOJŽÍŠ, Václav CEMPÍREK, Milan PODOLÁK, Tomáš BRÁZDA

Katedra technologie a řízení dopravy

1. Všeobecně o GPS v kombinované dopravě

Telematika je moderním prostředkem pro efektivní plánování a řízení logistických, dopravních a přepravních procesů. Zvláště důležitá je pravidelná, nezkreslená, průběžná informace o poloze a stavu mobilních prostředků. Satelitní systémy umožňují automaticky zjistit jejich polohu a stav ve zvolených časových intervalech nebo v definovaných bodech o určitých zeměpisných souřadnicích resp. se na jejich polohu a stav dotázat. Jsou to i vstupy do optimalizačních modelů pro řízení a rozhodování v dopravě za standardních situací nebo v krizových stavech. Tyto systémy zvyšují bezpečnost posádky a nákladu, zajišťují rádiový přenos informací a umožňují lépe využít ložný prostor dopravních prostředků. Satelitní systémy umožňují rychlou, obousměrnou výměnu informací mezi dispečerem a mobilními prostředky. Asi 95% informací lze předat do 30 s, zbytek do 3 minut. Systém sledování pracuje nepřetržitě. Pozitivní přínos implementace satelitních systémů v intermodální přepravě se projeví i při organizaci dopravy ve městech a regionech, zejména z hlediska životního prostředí.

2. Návrh matematického modelu řízení vlakové a kombinované dopravy

Modelem se rozumí zjednodušené zobrazení skutečnosti. Pro pojem modelu jsou charakteristické dvě stránky:

- zjednodušení (pouze takové zjednodušení, při kterém se nevynechá žádná podstatná okolnost),
- zobrazení (zde je důležitá volba vhodných zobrazovacích prostředků).

V systému KD se přemísťují přepravní elementy využitím více druhů dopravy. Element je daný typem elementu, počáteční adresou, cílovou adresou a časem, ve kterém se má přemístění uskutečnit. Každý element může v KD procházet následujícími procesy:

- a) vstup z okolí – podej zásilky zákazníkem,
- b) svoz prostředky automobilové dopravy do terminálu KD (místo interakce více dopravních oborů),
- c) pobyt elementu v terminálu KD (čekání na odjezd kompletu jiného druhu dopravy a tvorba kompletu jiného dopravního oboru z přepravních jednotek, elementů a náležitostí jiného dopravního oboru),
- d) přemístění v kompletu jiného dopravního oboru,

- e) případné další změny oborů dopravy v přepravním řetězci skládající se vždy z pobytu přepravního elementu v terminálu KD a přemístění v kompletu jiného dopravního oboru,
- f) pobyt elementu v posledním terminálu KD,
- g) rozvoz prostředky automobilové dopravy do místa cíle přepravního elementu.

Systém KD je z pohledu racionalizace jako celek složitý. Z funkčního hlediska ho lze dekomponovat na několik podsystémů, kterými např. jsou:

- volba umístění terminálu KD,
- optimalizace časových rozvrhů železniční, vodní a letecké dopravy ve vztahu ke KD,
- optimalizace procesů probíhajících v atrakčním obvodu,
- bilancování přepravních elementů,
- optimální organizace pohybu dopravních elementů v přechodových uzlech.

Využití technologie GPS pro řízení dopravních systémů je limitováno především cenou, která závisí na:

- potřebné přesnosti informace o poloze objektu,
- četnosti podávaných informací,
- počtu sledovaných objektů.

Dalšími omezujícími faktory je horší činnost zařízení v členitém terénu (např. tunely, hluboké zářezy atd.) a jak rychlá je potřeba odezvy zařízení na dotaz na polohu objektu. Při hodnocení možnosti využití technologie GPS v kombinované dopravě je proto nutné hledat odpovědi na dvě základní otázky:

Jaký druh elementů je vhodné a účelné sledovat?

Pro řízení jakých procesů a v jaké míře je vhodné GPS využít?

Efekt ze zavedení nového systému – nasazení na všechny elementy daného druhu. Výstupy z řešení části projektu věnované matematickému modelu KD je možné rozdělit na dvě části, a to na část teoretickou a na část praktickou. Do teoretických výstupů je možné zařadit:

- definování systému KD jako celku,
- jeho dekompozici na jednotlivé podsystémy,
- matematické modely jednotlivých podsystémů,
- obecné algoritmy pro řešení dílčích problémů podsystémů.

Za praktickou část výstupů je možné považovat vše, co vede k hlavnímu cíli, tj. k aplikaci pro podporu řízení procesů v atrakčním okruhu terminálu KD, tzn.:

- základní datový model procesů v atrakčním okruhu terminálu KD,
- podrobný databázový model,
- algoritmus respektujícího všechna omezení pro určování svozného a rozvozního plánu,
- původní aplikace podporu řízení procesů v atrakčním okruhu terminálu KD za využití GPS.

3. Atrakční okruh terminálu

Verbální model považuje následující činnosti za procesy v AO terminálu:

- svoz ložených elementů z míst atrakčního okruhu k přepravě,
- svoz prázdných elementů po vyložení určených k uložení v terminálu nebo přepravě v prázdném stavu do jiného terminálu,
- rozvoz ložených elementů z terminálu k vykládce u zákazníků,
- rozvoz prázdných elementů z terminálu k nakládce u zákazníků.

Svoz a rozvoz elementů probíhá pomocí dopravních prostředků silniční dopravy po existující silniční síti. Vstupem do systému řízení procesů v AO jsou:

- množina elementů, které je potřeba přemístit z terminálu do AO či opačně,
- množina dopravních prostředků, které mohou přemístění uskutečňovat,
- existující silniční síť.

Výstupem racionalizačních postupů je navržení okružních jízd jednotlivých dopravních prostředků (během kterých dochází k přemístění elementů) při dodržení všech omezujících podmínek a minimalizaci hodnoty zvoleného kritéria.

Cílem úlohy racionalizace procesů při svozu a rozvozu v AO terminálu KD je minimalizace celkového výsledku, který vzniká z dílčích nákladů na provoz jednotlivých dopravních prostředků zúčastněných na tomto svozu a rozvozu. K reálnému vyjádření minimálního celkového výsledku je žádoucí, aby se v nákladech odrážely všechny části procesu svozu a rozvozu komplexně.

Při svozu a rozvozu je možné vypočítávat činnosti závislé na:

- ujeté vzdálenosti (vlastní přeprava),
- času spotřebovaném na jejich vykonání (čekání na manipulaci v terminálu, čekání u nakládky /vykládky, čekání na další přepravu).

Procesy, které mohou být racionalizovány v AO terminálu lze rozdělit v matematickém modelu na dva podproblémy:

- nalezení optimální trasy pro jízdu silničních vozidel a manipulačních prostředků mezi dvěma body v AO terminálu,
- určení optimálních okružních jízd a spojování těchto jízd do turnusů.

Matematický model - Problém stanovení trasy vozidel (jedno depo, více vozidel)

A vozidel má navštívit n vrcholů sítě tak, aby celková hodnota kritéria všech A vozidel byla minimální. Každý z vrcholů může být uspokojen pouze jedním vozidlem a na trase musí být navštíven právě jednou.

Použité označení:

n počet obsluhovaných vrcholů

A počet vozidel

C_{ij} náklady na cestu z vrcholu v_i do vrcholu v_j

Depo se označí jako vrchol v_1 . Položí se:

$x_{ij} = 1$ je-li hrana (v_i, v_j) zařazena do trasy

$x_{ij} = 0$ jinak

Minimalizuje se funkce:

$$\sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{n+1} C_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

Omezující podmínky:

$$\sum_{i=2}^{n+1} x_{ij} = A \quad (2)$$

pro $j = 1$ do depa vyjíždí právě A vozidel

$$\sum_{i=2}^{n+1} x_{ij} = 1 \quad (3)$$

pro $j = 2, \dots, n+1$ do každého vrcholu vyjíždí právě jedno vozidlo

$$\sum_{j=2}^{n+1} x_{ij} = A \quad (4)$$

pro $i = 1$ z depa vyjíždí právě A vozidel

$$\sum_{j=2}^{n+1} x_{ij} = 1 \quad (5)$$

pro $i = 2, \dots, n+1$ z každého vrcholu vyjíždí právě jedno vozidlo

$$\sum_{i \in Q} \sum_{j \notin Q} x_{ij} \geq 1 \quad (6)$$

Q je libovolná neprázdná podmnožina množiny vrcholů grafu z množiny Q musí existovat cesta do množiny $\bar{Q}$.

Algoritmus určování svozného a rozvozního plánu zahrnuje vstupní údaje potřebné pro řešení, které je možné rozdělit na vstupní údaje o:

- činnostech,
- prostředcích silniční dopravy,
- zákaznících.

Základní postup metody je následující:

- 1) Všechny činnosti se seřadí podle času možného začátku. Druhým kritériem je čas nutného konce činnosti. V případě, že není zadán začátek činnosti, jsou tyto činnosti řazeny na začátek seznamu. V případě nezadaného konce, jsou činnosti řazeny na konec.
- 2) Vztít z tohoto seznamu další činnost.
- 3) Pokud existuje k této činnosti v pořadí další vhodná ke společnému přemístění (souhlasí místo počátku a konce přemístění, souhlasí časový limit zadáný jako parametr úlohy), najít nejvhodnější automobil a přívěs. V opačném případě nalézt nejvhodnější automobil nebo návěs a tahač.
- 4) Pokud činnosti mají shodné časové omezení (dispečer může zadat toleranci, ve které se bude časové omezení považovat za shodné), z této skupiny činností se postupně vybírají činnosti s nejnižšími náklady, tyto se zařadí do přepravního plánu. Tento výběr se provádí do této doby, než jsou všechny činnosti ze skupiny naplánovány.
- 5) Upravit seznam činností a prostředků silniční dopravy s ohledem na vykonanou (-é) činnost (-i)
- 6) Pokud existuje další činnost, pokračuje se bodem 2.

Výběr vozidla se uskutečňuje podle nákladového kritéria. Jeho jednotlivé složky jsou:

- a) Čekání vozidla – vozidlo stihne dojet z aktuální pozice na místo počátku činnosti dříve, než je možný začátek činnosti. Zbývajíc čas je potřebné zahrnout do kritéria.
- b) Jízda pro tažené vozidlo – tato složka je součástí kritéria pouze v případě výběru i taženého vozidla a je-li aktuální pozice taženého vozidla jiná než tažného.
- c) Jízda do místa začátku činnosti - tato složka je součástí kritéria pouze v případě, že aktuální pozice tažného, popř. taženého vozidla, je jiná než místo začátku činnosti.
- d) Čekání při vyprazdňování/plnění IPJ – zde se jedná o započítání doby, kdy je vozidlo blokováno a nemůže být využito k obsluze dalších činností.

Uvedené složky lze vyjádřit matematicky, ale z důvodu omezení rozsahu příspěvku neuvádíme jednotlivé složky v matematickém vyjádření. Samozřejmě, že volbou jednotlivých sazeb či výběrem zahrnutí či nezahrnutí jednotlivých složek lze velikost kritéria, a tím i průběh výpočtu, měnit. Při výběru tažného i taženého vozidla je nutné vypočítat kritérium pro všechny dvojice tažných a tažených vozidel (samozřejmě s ohledem na jejich vzájemnou slučitelnost).

4. Využití GPS – kontrola probíhajících procesů

Pomocí algoritmu dojde ke stanovení přesného časového plánu pro jednotlivá vozidla. Ne vždy však bude docházet k tomu, že předem naplánovaný rozvrh jízd bude možné zachovat po celé období, pro které byl stanoven. Na probíhající procesy mohou negativně působit mimořádné situace, kterými např. jsou:

- zrušení plánované přepravy nebo naopak neplánované zařazení nové přepravy,

- technická závada na vozidle,
- zdržení při manipulacích,
- zdržení při mimořádných situacích v silničním provozu atd.

Kontrola časového průběhu jednotlivých procesů může být uskutečňována na těchto principech:

- 1) V určených časových okamžicích určení polohy vozidla $\Rightarrow$ predikce doby ukončení probíhající činnosti $\Rightarrow$ přijetí rozhodnutí o dalším postupu.
- 2) Při ukončení probíhající činnosti potvrzení řidičem $\Rightarrow$ určení aktuální polohy vozidla $\Rightarrow$ přijetí rozhodnutí o dalším postupu.

Hlavním cílem projektu nebylo pouze vytvoření matematického modelu KD, ale vytvoření softwarové aplikace pro podporu řízení procesů v AO terminálu KD. Architekturu programu lze rozdělit do modulů podle prvků vyskytujících se v AO.

Převpravce – informace o přepravcích v AO, jejich umístění a trasách pro přepravu mezi nimi.

Typ přepravní jednotky – informace o typech PJ a možnostech jejich stohování –připraveno pro řešení interních operací v terminálu.

Typ vozidla – informace o typech vozidel, nákladech na přepravu PJ těmito typy vozidel, varianty možného ložení jednotlivých typů jednotek na vozidlo, možnost a náklady manipulace těchto PJ vlastním vozidlem.

Přepravní jednotka – informace o PJ, skutečném stavu jednotky, historii stavu PJ a přepravním plánu PJ, záznam událostí skutečnosti, doplňování událostí do přepravního plánu PJ, možnost úpravy přepravního plánu PJ (změna plánovaného času a rušení plánu PJ – celého nebo části).

Vozidlo – informace o vozidle, skutečném stavu vozidla, historii stavu vozidla a přepravním plánu vozidla, záznam událostí skutečnosti, doplňování událostí do přepravního plánu vozidla – ruční vytváření plánu, možnost úpravy přepravního plánu vozidla (změna plánovaného času a rušení plánu vozidla – celého nebo části), sledování plnění přepravního plánu a potvrzování uskutečnění jednotlivých plánovaných událostí, vytváření statistiky a kalkulace nákladů přeprav uskutečněných nebo plánovaných za určité období.

Požadavek – informace o pravidelných a konkrétních požadavcích na přepravu, vytváření přepravního plánu na základě požadavků, zjišťování stavu vykonání požadavku.

Komunikace – zjišťování polohy vozidel ze systému GPS.

Geografická interpretace – zobrazování skutečné polohy a polohy v přepravním plánu do mapových podkladů, kalkulace difference skutečné polohy od plánované.

Jednotlivé moduly jsou umístěny v samostatných knihovnách s rozhraním popisujícím jednak datový obsah modulu, jednak funkčnost modulu.

Data jsou uložena v databázi **Oracle**, přístup k datům je realizován rozhraním **OCI32**. Přístup na komunikační server Geoinvestu je realizován rozhraním **Princip Kokes Library API**. Modul **komunikace** tvoří doplněk ke komunikačnímu protokolu vyvinutému firmou Geoinvest. Tento modul doplňuje uchování dat v databázi, notifikaci volajících modulů a možnost protokolovat stav zpracování požadavků a přijatých zpráv. K zobrazování mapových podkladů je využita komponenta MapObject 2.0 firmy ESRI, jako mapové podklady jsou použity vektorové mapy DMÚ200 vytvořené firmou VTOPÚ Dobruška.

Při sestavě programu bylo uvažováno s možností vzniku mimořádných událostí, které se v průběhu plnění přepravního plánu mohou vyskytnout jednak z časového důvodu a jednak s ohledem na vznik poruch na mobilních (technických) zařízeních.

5. Ověřovací zkoušky funkčnosti jednotky GPS

Ověřovací zkoušky jednotky GPS byly realizovány v OKD Doprava, a.s. v měsících květen až červenec roku 2000 u vozidla s přívěsem, které zajišťovalo svoz a vykládku dřevných štěpků kontejnery ACTS pro koncového zákazníka Biocel Paskov. Jednotka GPS umožnila u vozidla sledovat jeho pozici v reálném čase při jízdě mezi obsluhovanými místy a při překládkových operacích. V tomto směru ověřování funkčnosti jednotky GPS splnilo účel, podrobnější vyhodnocení v tomto případě nebylo potřebné.

Po přihlášení ke komunikačnímu serveru GPS si program vyzvedne seznam vozidel, která zde jsou uvedena podle státní poznávací značky (SPZ). Vybráním příslušného vozidla ze seznamu zjistíme jeho polohu a nebo historické údaje v určitém časovém období. V programu je zpracováno i průběžné sledování polohy vozidla. Údaje o vozidle jsou uloženy v databázi a bude je možno posuzovat s přepravním plánem tak, aby mohl být v reálném čase aktualizován i s ohledem na možný začátek navazujících operací jednak v terminálu a u přepravníků.

6. Závěrečné doporučení

Na základě poznatků získaných studiem odborné literatury, vlastního řešení a praktických zkušeností v laboratorních i reálných podmínkách, dospěli řešitelé k těmto závěrům a doporučením:

- 1) Implementace GPS v KD je nezpochybnitelná. Satelitní sledování slouží nejen ke zjišťování polohy elementů přepravních jednotek, ale je potřebné ho také využít zejména k optimalizaci dopravních a přepravních procesů v celém logistickém řetězci. V řešení projektu je prezentována optimalizace těchto procesů v AO terminálu KD ve vazbě na prostředky silniční dopravy. Technický pokrok už prakticky umožňuje díky autonomnímu napájení umístit mobilní jednotku na každou přepravní jednotku KD a tím ji bude možné sledovat kontinuálně, při stohování ve spolupráci s doplňkovým informačním systémem.
- 2) Uplatnění GPS v KD je smysluplné za předpokladu, že budou sledovány tímto systémem všechny přepravní jednotky. Prioritně je však potřebné zavést sledování u IPJ s citlivým, nebezpečným zbožím a zbožím s omezenou dobou trvanlivosti a postupně implementovat u všech přepravních jednotek, u všech operátorů KD, u všech provozovatelů terminálů a všech provozovatelů dopravy
- 3) Nevyhnutelné je sjednotit systémy pro sledování v kombinované dopravě nejen v národním měřítku, ale i v rámci mezinárodní spolupráce. Je nutné využít jednotných standardů pro komunikaci mezi relativně samostatně pracujícími systémy.
- 4) V projektu bylo plně dosaženo optimalizace obsluhy AO terminálu KD. Další řešení je potřebné zaměřit na optimalizaci přidělování přepravních jednotek na základě jejich bilancování s využitím znalostí jejich polohy prakticky v reálném čase. Bude také žádoucí optimalizovat manipulační procesy překládacích prostředků a mechanismů v terminálu na základě znalosti přesné polohy IPJ.
- 5) Výsledky výzkumného úkolu spojují výhody využití technologie GPS v silniční dopravě jako takové a při optimalizaci řízení procesů v kombinované dopravě. Ve spojení se sledováním zásilek v železniční dopravě je zákazníkovi umožněn ucelený obraz o pohybu jeho zásilek.
- 6) Řešitelé doporučují prezentovat výsledky projektu se záměrem jejich reálného uplatnění v KD. V dalším řešení je potřebné nadále akcentovat zákaznický přístup, aby zákazník na základě informací z GPS systému mohl činit objektivní rozhodnutí v rámci operativních změn.

Lektoroval: Doc. Ing. Karel Kavanec, CSc.

Odevzdáno v květnu 2001

Literatura

- [1] Kolektiv: Závěrečná zpráva projektu S 205/210/801 pro MDS „Inteligentní systém určení polohy vozidel na principu GPS pro zvýšení bezpečnosti a efektivního řízení pozemní dopravy“. Geoinvest- Institut Jana Pernera, Praha-Pardubice 2001.
- [2] Černý, J., Kluvánek, P.: Základy matematické teorie dopravy. Veda, Bratislava 1989.
- [3] Mojžíš, V.: Úloha přidělování prázdných vozů, disertační práce. Žilina 1977.
- [4] Mojžíš, V. aj.: Teoretické základy technologie a řízení kombinované dopravy. Grantový projekt grantové agentury ČR. DF JP, Pardubice 1996.
- [5] Mojžíš, V. aj.: Využití satelitních systémů v kombinované dopravě. In: Sborník mezinárodní konference „Intelligent Transport Systems“. Fakulta dopravní ČVUT, Praha 1999, 9 s.
- [6] Cempírek, V., Řepková, B.: Telematika přináší úsporné ekonomické a ekologické potenciály v nákladní dopravě a při tvorbě dopravních řetězců, CDV Brno, Sborník přednášek pro seminář Šance pro dopravu ve městě, telematika-ITS, BVV 19.04.200 Brno.

Resumé

VYUŽITÍ SATELITNÍCH SYSTÉMŮ V KOMBINOVANÉ DOPRAVĚ

Vlastislav MOJŽÍŠ, Václav CEMPÍREK, Milan PODOLÁK, Tomáš BRÁZDA

Satelitní sledování slouží nejen ke zjišťování polohy elementů-přepravních jednotek, ale je potřebné ho také využít zejména k optimalizaci dopravních a přepravních procesů v celém logistickém řetězci. V řešení projektu je prezentována optimalizace těchto procesů v AO terminálu KD ve vazbě na prostředky silniční dopravy. Uplatnění GPS v KD je smysluplné za předpokladu, že budou sledovány tímto systémem všechny přepravní jednotky. Je nutné sjednotit systémy pro sledování v kombinované dopravě nejen v národním měřítku, ale i v rámci mezinárodní spolupráce. Musí být využity jednotné standardy pro komunikaci mezi relativně samostatně pracujícími systémy.

Summary

SATELLITESYSTEMS IN COMBINED TRANSPORT

Vlastislav MOJŽÍŠ, Václav CEMPÍREK, Milan PODOLÁK, Tomáš BRÁZDA

Satellite following serves not only for location of elements - transport units but it is necessary to use it especially for optimalization of traffic and transport processes in whole logistics chain. Optimisation of these processes in AO combined transport terminal is presented in the project in contexture on road transport vehicles. Application of GPS is signified in combined transport providing that all transport units will be followed this way. It is necessary to unify the systems for following in combined transport not only in national standard but also international. To communication between the two relatively separately working systems must be used unified standards.

Telematics contribution to dispraise of expenses and escalation efficiency by optimal operational, transport and logistics process control also in combined transport. The main aspect for solving logistics problem is regular and distortionless information about positions of mobile objects inclusive their condition.

Satellite systems rank among modern substance of telematics. Satellite systems enable navigation, monitoring and destination position of mobile objects. Satellite systems escalate degree of garrison and freight security, and enable quicker reverse flows of information.

Contribution articulates into two parts. Scopes of satellite systems utilise for combined transport control and demands for these systems are description in forepart. Fundamental characteristic and structure of mathematical model of combined transport is present in second parts.

Zusammenfassung

DIE NÜTZUNG DES SATELLITENSYSTEMS IM KOMBINIERTEN VERKEHR

Vlastislav MOJŽÍŠ, Václav CEMPÍREK, Milan PODOLÁK, Tomáš BRÁZDA

Die Satellitenfolgung nützt nicht nur zur Feststellung der Position der Beförderungseinheiten, aber kann sie für die Optimalisation der Verkehrs- und Transportprozesse in der ganzen Logistischenkette nützen sein. Die Lösung des Projekts repräsentiert die Optimalization der Prozesse des Nach- und Vorlauf im Terminal in der Verbindung an die Strasssenträger. Die Geltung GPS im kombinierten Verkehr ist sinnvoll unter der Voraussetzung, dass alle Beförderungseinheiten mitz diesem System folgen werden. Die systeme für die Folgung im kombinierten Verkehr nicht nur im Nationalmassstab, sondern auch im Internationalmassstab müssen vereinigen sein. Für Kommunikation zwischen relativ selbst Arbeitssystemen müssen die Einheitsstandards nützen sein.