

ALOCÇÃO DINÂMICA DE RECURSOS: APLICAÇÃO AO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS EM LONGA DISTÂNCIA

Antonio Martins Lima Filho

Nicolau D. Fares Gualda

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Transportes

RESUMO

O planejamento operacional de um sistema de transporte de longa distância implica resolver um problema de otimização de rede dinâmica, visando efetuar de forma eficaz e eficiente os movimentos das cargas utilizando a capacidade de transporte disponível. A metodologia de solução aqui proposta utiliza a abordagem de Rede de Filas Logísticas, a qual substitui o processo de otimização global da rede através de Programação Linear Inteira por um algoritmo que permite a resolução de uma série de sub-problemas delimitados no tempo, reduzindo sensivelmente a quantidade de variáveis envolvidas. Este método permite a utilização de modelos matemáticos mais realistas em um horizonte de planejamento mais amplo. O texto aborda, ainda, os problemas envolvidos na aplicação da metodologia proposta a um caso real, levando em conta as características específicas de um operador de serviços de transporte e as possibilidades de modelagem e cálculo das ferramentas computacionais disponíveis.

ABSTRACT

Operational planning of a long haul transportation system implies to solve a dynamic network optimization problem, aiming to perform the freight movements in an efficient and effective way, while utilizing the available transportation capacity. The solution methodology proposed here utilizes the Logistic Queuing Network approach, replacing the network global optimization process through Integer Linear Programming by an algorithm that allows the resolution of a sequence of sub-problems delimited in the time, strongly reducing the quantity of variables involved. This method allows the utilization of more realistic mathematical models in a broader planning horizon. The paper discusses, also, problems involved applying the proposed methodology to an actual case, considering the specific characteristics of a transportation services supplier and the modeling and calculation capacity of the available computational tools.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa tem como tema o Planejamento Operacional de um Sistema de Transporte Rodoviário de Cargas em Longa Distância, utilizando a abordagem de Alocação Dinâmica de Recursos.

A idéia central é desenvolver um modelo matemático para a alocação de equipamentos de transporte disponíveis à demanda de cargas dos clientes de uma empresa operadora desse tipo de serviço.

Como resultado espera-se que o modelo desenvolvido possa ser utilizado como referência no processo de tomada de decisões, eventualmente através de um programa computacional do tipo “Sistema de Suporte a Decisão”, possibilitando o gerenciamento eficiente e eficaz do Sistema (garantindo nível de serviço adequado e otimizando o resultado econômico). Como resultado adicional pode-se esperar a minimização do custo social e ambiental decorrente da utilização do modal de transporte em estudo, através da elevação do quociente Toneladas Transportadas / Quilômetro Percorrido.

O tipo de pesquisa adotado envolve o estudo de processos, desenvolvimento de tecnologia, desenvolvimento de programa computacional e síntese sobre o estado da arte. A pesquisa não deverá se limitar ao tratamento matemático do problema, enfatizando também os processos

envolvidos no gerenciamento de um sistema de transporte rodoviário de cargas em longa distância.

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Trata-se de um problema de gerenciamento otimizado de uma frota de veículos dedicada ao transporte rodoviário de cargas em longa distância, resolvendo os problemas simultâneos de mover as cargas de sua origem a seu destino e gerenciar a capacidade de transporte necessária a esse movimento.

Trata-se de um problema caracterizado como alocação dinâmica de recursos, uma vez que o recurso utilizado (veículo de transporte) para atender a uma demanda (carga) vai se tornar disponível ao final da tarefa (movimento da carga) em um local distinto do original. O recurso assim disponibilizado deve então atender a uma nova demanda existente no local, aguardar por uma demanda ainda não existente (já definida ou apenas prevista) ou ser reposicionado para atender a uma demanda, existente ou prevista, em outro local.

O problema toma então a forma de uma Rede Dinâmica, com nós caracterizados por pares definidos no espaço e no tempo e arcos caracterizados por limites superiores correspondentes a quantidades estocásticas (demandas). Cada deslocamento de capacidade implica um custo e simultaneamente uma receita, caso uma demanda seja atendida, devendo-se então otimizar o resultado econômico total do sistema, sujeito às restrições de nível de serviço e capacidade.

3. O PROBLEMA NA LITERATURA

O estudo de modelos dedicados à otimização do gerenciamento de sistemas de transporte de carga em longa distância vem apresentando notáveis progressos nos anos recentes.

A abordagem tradicional do problema, utilizando Programação Inteira, encontra-se bem formulada no trabalho de Hane et al. (1994). Utilizando os recursos computacionais da época, os autores propõem uma série de ferramentas para contornar os problemas advindos da grande massa de dados a tratar, entre elas um algoritmo de ponto interior.

Mais recentemente o problema vem sendo tratado através da abordagem de “rede de filas logísticas” (Logistics Queueing Network) proposta pela primeira vez por Powell et al. (1995). A este trabalho pioneiro seguiu-se toda uma série de pesquisas que vêm aperfeiçoando paulatinamente este tipo de tratamento para o problema, alternando abordagens determinísticas com abordagens estocásticas e propondo métodos diferenciados para lidar com o tema. Nesta linha devemos citar os trabalhos de Powell e Carvalho (1998), Carvalho e Powell (2000), Godfrey e Powell (2002a e 2002b).

4. METODOLOGIA PROPOSTA

A otimização de uma rede dinâmica através da solução de um problema de programação linear inteira apresenta dois inconvenientes principais: em primeiro lugar, as variáveis devem ser assumidas como determinísticas, o que nos afasta da realidade das previsões de demanda; em segundo lugar, a grande quantidade de variáveis envolvidas acaba restringindo a modelagem do problema, seja em relação a sua verdadeira complexidade, seja em relação à extensão do horizonte de planejamento.

A abordagem de rede de filas logísticas, por outro lado, permite obter uma razoável aproximação da solução ótima, transformando o problema de otimização global da rede em uma série de sub-problemas delimitados no tempo: o método consiste em resolver sucessivamente os diversos sub-problemas e em seguida ajustar os parâmetros de valor utilizados, repetindo-se o processo até a obtenção de uma convergência de solução.

Os parâmetros de valor utilizados, por sua vez, decorrem da aplicação do conceito de filas logísticas: a cada terminal e em cada instante do tempo considera-se a existência simultânea de uma fila de cargas aguardando atendimento e uma fila de equipamentos de transporte disponíveis para efetuar o atendimento. Em função do resultado econômico associado a cada uma das cargas, se atendidas, pode-se associar valores aos veículos disponibilizados, permitindo que o problema se resolva através do ordenamento decrescente desses valores.

Godfrey e Powell (2001) apresentam um algoritmo para a solução deste tipo de problema, denominado CAVE (Concave Adaptive Value Estimation); este algoritmo permite atingir uma boa aproximação na solução do clássico “Newsvendor Problem”, o qual possui as mesmas características de demanda aleatória para produtos de rápida deterioração apresentadas pelo problema de gerenciamento de transporte aqui considerado. Uma aplicação detalhada do algoritmo encontra-se em Godfrey e Powell (2002a).

5. APLICAÇÃO A UM CASO REAL

Neste item estaremos considerando os problemas envolvidos no desenvolvimento de uma solução para um sistema existente de transporte rodoviário de cargas em longa distância.

Serão feitas análises das particularidades do sistema e de sua dinâmica no tempo. Deve-se ainda definir adequadamente o conceito de resultado econômico a ser otimizado, sem prejuízo do nível de serviço oferecido e levando em conta a capacidade de atendimento disponível (Pandolfi, 1999).

Espera-se poder incluir no modelo a possibilidade de utilizar o atendimento de clientes esporádicos como uma forma de reposicionamento mais inteligente. Pretende-se incluir, também, considerações a respeito da oportunidade de utilização de capacidade de terceiros para atendimento aos clientes do operador do sistema.

Será delineada a modelagem matemática do sistema de forma a utilizar um programa computacional de otimização de rede ou, alternativamente, propor a simulação da operação em software especializado que possua um mecanismo otimizador associado.

A metodologia desenvolvida deverá permitir, então, que se obtenham soluções de apoio à decisão que associem uma extensão apropriada do horizonte de planejamento e mínimas simplificações do processo real.

6. CONCLUSÃO

O aproveitamento otimizado dos recursos de transporte rodoviário no atendimento das cargas disponíveis possibilitará maximizar o lucro do operador e/ou reduzir os custos para seus clientes, e acarretará uma redução dos níveis de poluição, congestionamento de trânsito, desgaste das vias e outras variáveis sociais e ambientais. Por outro lado, o custo logístico

total, do qual o transporte é o componente mais importante, poderá ser reduzido para cada empresa e para o país como um todo.

O presente trabalho se propôs a apresentar uma metodologia que permita obter os resultados acima no contexto de sistemas de transporte de cargas existentes na realidade brasileira.

Embora voltado para o planejamento operacional, os resultados obtidos poderão ser estendidos para atender às necessidades de planejamento tático, permitindo ao operador do sistema assumir compromissos mais realistas com seus clientes e seus parceiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvalho, T. A. e Powell, W. B. (2000) A multiplier adjustment method for dynamic resource allocation problems. *Transportation Science*, v. 34, n. 2, p. 150-164.
- Godfrey, G. A. e Powell, W. B. (2001) An adaptive distribution free algorithm for the Newsvendor Problem with censored demands, with applications to inventory and distribution problems. *Management Science*, v. 47, n. 8, p. 1101-1112.
- Godfrey, G. A. e Powell, W. B. (2002a) An adaptive dynamic programming algorithm for dynamic fleet management, I: single period travel times. *Transportation Science*, v. 36, n. 1, p. 21-39.
- Godfrey, G. A. e Powell, W. B. (2002b) An adaptive dynamic programming algorithm for dynamic fleet management, II: multiperiod travel times. *Transportation Science*, v. 36, n. 1, p. 40-54.
- Hane, C.; Barnhart, C.; Johnson, E.; Marsten, R.; Nemhauser, G. e Sigismondi, G. (1995) The fleet assignment problem: solving a large-scale integer program. *Mathematical Programming*, v. 70, p. 211-232.
- Pandolfi, Marcos (1999) *Alocação de veículos a centros de distribuição segundo critérios de margem de contribuição unitária e produtividade*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Powell, W. B. e Carvalho, T. A. (1998) Dynamic control of logistics queueing networks for large-scale fleet management. *Transportation Science*, v. 32, n. 2, p. 90-109.
- Powell, W. B.; Carvalho, T. A.; Godfrey, G. A. e Simão, H. P. (1995) Dynamic fleet management as a logistics queueing network. *Annals of Operations Research*, v. 61, p. 165-188.
-

Endereço dos Autores:

Depto de Engenharia de Transportes
Caixa Postal 61548
CEP 05424-970 – São Paulo – SP
Fone: +11.3091-5732 Fax: +11.3091.5716
Email: ngualda@usp.br