

SP 10/02/78

NT 005/78

Transyt/6 – Programa Computacional Para Coordenação E Sincronismo de Semáforos.

Eduardo Antonio Moraes Munhoz

1. Histórico

O programa *Transyt (Traffic Network Study Tool)* foi desenvolvido pelo professor D. I. Robertson do ‘*Transport and Road Research Laboratory*’ (TRRL), órgão de pesquisas de tráfego do Ministério dos Transportes (DOT) da Inglaterra. A primeira versão do programa foi elaborada em 1969. Desde então, novas versões tem sido preparadas com o propósito de modificar certos procedimentos do programa a fim de torná-lo mais eficiente, tanto em termos de engenharia de tráfego como computacionais. Presentemente, a versão mais recente é a *Transyt/6*, emitida em 1976, que além de conter a opção *Transyt* com prioridade para ônibus (*Bus Transyt*), inclui também um novo modelo para considerar a relação de atraso na parada/saída de veículos, o qual possibilita a obtenção de planos especiais de tráfego cujo objetivo é a redução do consumo de combustível.

2. Descrição Do Programa

O programa *Transyt* é um método para determinar planos de tráfego de tempo fixo, com o objetivo de minimizar o atraso e o número de paradas dos veículos que percorrem a rede viária. Basicamente o programa simula o comportamento do fluxo veicular em trechos de vias do sistema, e através de uma função de otimização define a defasagem e os tempos ótimos de verde para cada fase ou aproximação dos cruzamentos. O *Transyt* consiste essencialmente de dois elementos: um modelo comportamental do fluxo de tráfego e um modelo matemático de otimização.

2.1. Modelo de Tráfego

Neste modelo são assumidas as seguintes hipóteses:

- h.1. Todas as interseções importantes da rede são sinalizadas;
- h.2. Todos os semáforos operam com um tempo de ciclo comum ou montado deste valor;
- h.3. A distribuição do tráfego nos “links” de fronteira da área de controle é uniforme, ou seja, os veículos entram na rede à uma taxa constante de chegada;
- h.4. As porcentagens de fluxo de conversão nos cruzamentos são constantes ao longo do tempo;
- h.5. As filas que se formam numa dada aproximação são sempre escoadas (destruídas) no primeiro período de verde desta aproximação, ou seja, não existem ciclos saturados.

No *Transyt* a rede viária é apresentada por um conjunto de nós conectados por links. Um nó representa uma interseção sinalizada e um link uma corrente de tráfego unidirecional entre dois nós consecutivos. O ciclo é subdividido em unidades de tempo iguais e todos os cálculos do programa são feitos com base nos valores médios de fluxos e filas de veículos presumíveis de ocorrerem em cada uma dessas unidades. A simulação do comportamento de tráfego em cada link da rede é feita através de manipulação, para cada unidade de tempo, de três tipos de padrões de tráfego (histogramas de fluxo):

1. Padrão de chegada-fluxo que chegaria na faixa de retenção no fim do link se os veículos não fossem retidos pelo semáforo que controla o escoamento do link;
2. Padrão de saída-fluxo de escoamento de tráfego de um link;
3. Padrão de saturação-fluxo de escoamento se durante todo o intervalo de verde o tráfego saísse na capacidade máxima (fluxo de saturação).

Todos os cálculos de atraso, número de paradas, comprimento de fila etc., são feitos a partir desses histogramas. Além disso, o programa considera os efeitos da dispersão dos pelotões de tráfego, devido às diferentes velocidades individuais de cada veículo. Relacionando os fluxos de chegada num link com os fluxos de saída dos links precedentes, o *Transyt* traça o movimento dos veículos

Alterando-se o intervalo de tempo entre a chegada (A) e a partida (B) do primeiro veículo da faixa de retenção, a área entre as curvas e conseqüentemente o atraso irá variar também. Assim, ajustando-se convenientemente o intervalo A – B poder-se a minimizar o atraso. Em termos gerais, o modelo de otimização do *Transyt* procura determinar para cada interseção da rede qual o intervalo A – B que melhor desempenho apresenta em relação à uma função objetivo, denominada Índice de Performance (IP). Para tanto o programa utiliza como funções de demanda e serviço os padrões de tráfego de chegada e saída, respectivamente, gerados pelo modelo de simulação de tráfego.

O índice de performance é definido por:

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i + K S_i)}{n}$$

Onde:

n = número de links da rede

D_i = atraso médio total no link i

K = fator de penalidade de parada

S_i = número médio de paradas no link i

No cômputo do IP, o atraso médio é composto de duas parcelas:

1. Atraso médio uniforme – calculado em função da periodicidade dos fluxos de veículos nos cruzamentos;
2. Atraso médio aleatório – componente de atraso que considera os efeitos da flutuação do volume de tráfego ao longo dos ciclos, devido ao comportamento estocástico dos fluxos de chegada.

A lógica do modelo de otimização do *Transyt* se utiliza de um processo matemático iterativo denominado “Hillclimbing” para determinação das configurações ótimas dos semáforos. Além de otimizar as defasagens. O programa *Transyt* pode opcionalmente, otimizar a duração dos intervalos de verde das fases dos cruzamentos. Para cada estágio do processo de otimização, o programa fornece um relatório com os valores de atraso e parada em cada link, bem como os valores totais para a rede. Paralelamente, pode-se solicitar a impressão de gráficos da chegada e saída de veículos para links específicos.

3. Transyt Com Prioridade Para Ônibus (Bus Transyt)

Os benefícios resultantes da coordenação e sincronismo de semáforos distribuem-se sobre todos os veículos da rede, uma vez que o critério principal para otimização é o atraso veicular, definido de unidades de veículo/hora. Neste caso não ocorre distinção entre as classes diferentes de veículos (automóveis, ônibus, caminhões etc.). Contudo a Engenharia de Tráfego tem dado uma ênfase cada vez maior à mobilidade de pessoas ao invés de veículos. Nesse sentido, um ônibus carregado de passageiros deve ter prioridade sobre os veículos particulares.

A fim de considerar este aspecto, o TRRL desenvolveu uma versão do programa (*Transyt/5-1972*) que determina planos de tráfego com o objetivo de minimizar o tempo total de viagem dos passageiros na rede, favorecendo assim os veículos com maior índice de ocupação. Além disso, as vantagens proporcionadas ao transporte coletivo superam amplamente as eventuais restrições impostas ao tráfego dos demais veículos. A principal característica do *Transyt/5*, que é uma

extensão do método básico, é a simulação em separado do comportamento de diferentes tipos de veículos numa corrente de tráfego mista. Os testes de validade do programa efetuados na cidade de Glasgow, mostram que os planos de tráfego produzidos pelo *Transyt/5* aumentaram a velocidade média de percurso dos ônibus em cerca de 8% em comparação com a obtida pelo *Transyt* normal. Paralelamente, constatou-se que não houve mudanças significativas nas velocidades dos demais veículos.

Conclusões

Atualmente o *Transyt* é tido pelos especialistas como sendo a ferramenta mais eficiente para o cálculo de planos de tráfego de tempo fixo (ciclo constante). Em São Paulo, a CET implantou e tem aplicado o *Transyt/6* para dimensionamento dos semáforos das principais áreas e corredores da cidade. Em alguns casos, como por exemplo Av. Paulista, foi utilizada a opção de prioridade para ônibus e os resultados obtidos, forma excelentes. O baixo custo do projeto e a alta taxa de retorno fazem do *Transyt* um elemento de extrema importância no planejamento de investimentos a curto prazo para a melhoria das condições de eficiência e uso do sistema viário.

Referências

- D.I. Robertson – RRL – Report LR 235 (1969)
Transyt: A Traffic Network Study Tool

- D. I. Robertson and R.A. Vincent – TRRL Laboratory Report 666
Bus Priority in a network of fixed-time signals

Eduardo Antonio Moraes Munhoz
Chefe do Departamento de Estratégia e Controle
Coordenadoria Técnica