Matematyczne wyprowadzenie wzorów doboru prędkości zalecanej

Propozycja modelu proponującego prędkość zalecaną opiera się o założenie, że średni dystans pomiędzy pojazdami na monitorowanym odcinku powinien być równy lub większy od teoretycznej drogi zatrzymywania się pojazdów poruszających się na nim. Zadaniem algorytmu do tego celu jest rozwiązywanie następującego równania:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

gdzie:

oznacza średni odstęp między pojazdami,

oznacza odległość pokonaną w trakcie czasu potrzebnego na reakcję ze strony kierowcy oraz pojazdu przed rozpoczęciem hamowania,

oznacza odległość pokonaną przez pojazd w trakcie hamowania.

Możliwe jest jego zapisanie w taki sposób, aby stanowiło one równanie kwadratowe ze względu na maksymalną prędkość, przy której jeszcze możliwe jest zatrzymanie pojazdu przy zachowaniu odległości między pojazdami równej .

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

gdzie:

oznacza opóźnienie hamującego pojazdu,

oznacza prędkość pojazdu, która pozwala na bezpieczne jego zatrzymanie,

oznacza czas reakcji kierowcy.

Przyjmuje się, że wartość jest zależna od warunków panujących na jezdni. W wersji modelu aktualnej na dzień ostatniej edycji raportu przyjmuje się następujące wartości (Tabela 1):

**Tabela 1.** Wartości współczynnika w zależności od stanu nawierzchni

|  |  |
| --- | --- |
| **Stan nawierzchni** | **Wartość []** |
| sucha | 7,5 |
| mokra | 4,5 |
| zaśnieżona | 1,5 |

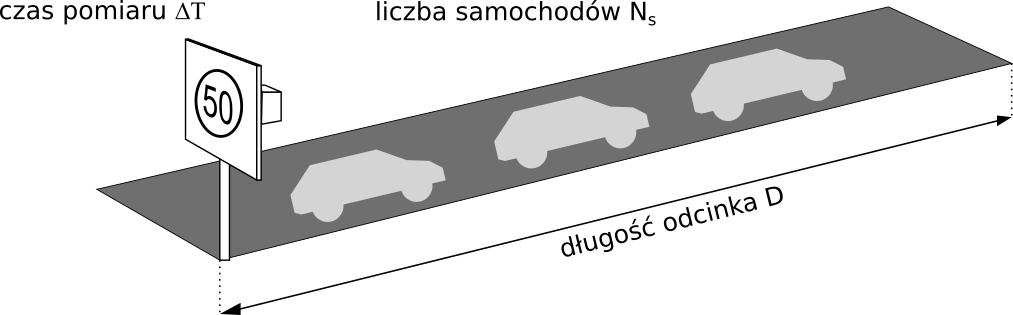
Równanie rozwiązywane jest ze względu na prędkość , dlatego ostateczny wzór przybiera formę:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Ze wzoru (2) i (3) wynika, że do sprawnego działania systemu konieczna jest znajomość przynajmniej parametrów , oraz . Obecnie system dysponuje możliwością pomiaru następujących parametrów ruchu drogowego:

* Częstotliwość przejazdów samochodów (lidar, sensor Dopplera, analiza audio, analiza wideo) - liczba zarejestrowanych przejazdów na minutę, ​
* Średnia prędkość samochodów w pobliżu detektora (sensor Dopplera, sonda natężeniowa) - średnia prędkość pojazdów np. w ostatniej godzinie rejestracji, ​
* Estymacja klas pojazdów i średniej długości pojazdu (lidar, analiza audio, analiza wideo) - estymacja klas pojazdów może pośrednio służyć do wyznaczania długości pojazdów,
* Opóźnienie hamowania (detektor stanu nawierzchni, stacja pogodowa, analiza audio, analiza wideo) - np. trzy możliwe stany nawierzchni i powiązanych opóźnień,
* Zasięg widoczności (stacja pogodowa) - w postaci odległości podanej w metrach.

Jedną z istotnych danych wejściowych jest estymata aktualnego odstępu między samochodami. ​



**Rys. 1** Ilustracja opisująca teoretyczną sytuację analizy ruchu w jednym miejscu oraz analizowane wielkości opisujące ruch.

Obecnie wartość przyjmowana przez system do obliczania prędkości zalecanej obliczana jest ze wzoru:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | (4) |
| q – natężenie ruchu [sam./s] | k – gęstość ruchu [pojazdów/m] | |
| L – średnia długość pojazdu [m] |  | |

Jeżeli aktualna wartość widoczności jest mniejsza niż średni odstęp pomiędzy pojazdami, to do obliczenia prędkości zalecanej brana jest mniejsza wartość widoczności. ​ Pozwala to na obniżenie prędkości zalecanej, stosownie do warunków widoczności panujących na drodze. Podobne ograniczenie można stosować, jeżeli wiadomo, że na danym odcinku drogi istnieje strefa niebezpieczna (np. za zakrętem) widoczna dopiero z pewnego, znanego dystansu.​

# Spis oznaczeń

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | odległość między pojazdami |  | długość odcinka, na którym dokonywany jest pomiar parametrów ruchu |
|  | odległość pokonana w trakcie czasu potrzebnego na reakcję ze strony kierowcy oraz pojazdu przed rozpoczęciem hamowania |  | gęstość ruchu [poj./m] |
|  | odległość pokonana przez pojazd w trakcie hamowania |  | natężenie ruchu [poj./s] |
|  | prędkość pojazdu, która jeszcze pozwala na bezpieczne jego zatrzymanie |  | średnia długość pojazdu [m] |
|  | czas reakcji kierowcy |  | natężenie ruchu [poj./s] |
|  | opóźnienie hamującego pojazdu |  | średnia prędkość pojazdów na obserwowanym odcinku drogi |
|  | czas pomiaru |  |  |
|  | Liczba pojazdów na analizowanym odcinku drogi |  |  |