

Modele i symulacje zmienności potoków ruchu w przestrzeni dowolnej ilości skrzyżowań

Utworzono: wtorek, 08, marzec 2011 08:58 Władysław Skonecki, Barbara Wójtowicz, Jerzy Ekiert, Krzysztof Żaba



Obecnie obserwujemy wzmożony wzrost liczby pojazdów na ulicach polskich miast. Samochód stał się podstawowym dobrem dzisiejszych czasów, dlatego też mamy do czynienia z poważnymi utrudnieniami w ruchu, w szczególności na terenie dużych miast, gdzie mieszka około 80% populacji, a ograniczone są zasoby terenowe, które pozwoliłyby na rozbudowę sieci drogowej. Zaczęto, więc poszukiwać rozwiązań, które usprawniłyby istniejący układ drogowy. Podjęto zagadnienia obserwacji, przewidywań zachowań kierowców oraz tworzenia modeli, które odzwierciedlałyby rzeczywisty ruch potoków pojazdów. Rozwój techniki pozwala na coraz szybsze dokładniejsze zbieranie informacji o tym, co dzieje się na drogach.

Podstawą do rozważań o modelach odzwierciedlających potoki ruchu jest prawidłowo wykonany pomiar oraz jego archiwizacja. Oprócz tradycyjnego pomiaru wykonywanego przez obserwatora dysponujemy: wideo detekcją [8], pętlami indukcyjnymi [11], danymi z satelity (wykorzystując system poboru opłat) [12].

Do opisu zjawisk występujących na drodze, jakim jest przemieszczanie się pojazdów wykorzystuje się modelowane z zakresu matematyki, fizyki oraz modele symulacyjne. Opisany poniżej model jest połączeniem modeli, które opisane są w literaturze:

- Model makroskopowy - odzwierciedla on przepływ potoku ruchu na pewnym odcinku lub obszarze, w którym zaburzenie pojedynczego potoku ma wpływ na cały układ, co powoduje zmianę czynników społeczno-ekonomicznych. Przykładami modeli makroskopowych są: model falowy ruchu, model dyspersyjny. [1]
- Model mikroskopowy - modelowanie przemieszczania się pojedynczego pojazdu, wyrażone relacjami zachodzącymi między pojazdem a jego

Modele i symulacje zmienności potoków ruchu w przestrzeni dowolnej ilości skrzyżowań

Utworzono: wtorek, 08, marzec 2011 08:58 Władysław Skonecki, Barbara Wójtowicz, Jerzy Ekiert, Krzysztof Żaba

~~kierowcą, między pojazdami oraz między pojazdem a jego otoczeniem.” [1]~~
Przykładami modeli mikroskopowych są: model jazdy z liderem, model kolejek.

- Model mieszany – to połączenie modelu makroskopowego z mikroskopowym. [7]
- Modele fizyczne i matematyczne:
 - statyczne to takie, których charakterystyka nie zmienia się wraz z upływem czasu,
 - dynamiczne – charakterystyka zmienia wraz z upływem czasu z można następnie podzielić na: analityczne, numeryczne w skład, których wchodzi modele symulacyjne.
- Modele symulacyjne
 - ciągłe,
 - dyskretne – obliczane są jedynie stany układu w pewnych chwilach czasu.
- Model komórkowy – stosowany do modelowania ruchu ulicznego zakłada on ruch pojazdów z prędkością 0 lub 1. Pojazdy poruszają się w jednym kierunku o jedną komórkę wówczas możemy opisać potok ruchu wzorem:

$$n_i(t+1) = n_i^{in}(t)(1 - n_i(t)) + n_i(t)n_{i+1}^{out}(t)$$

gdzie:

$n_i(t)$ - stan komórki numer i w czasie t ,

$n_i^{in}(t)$ - stan komórki numer $i-1$ w czasie t ,

$n_{i+1}^{out}(t)$ - stan komórki numer $i+1$ w czasie t , [3]

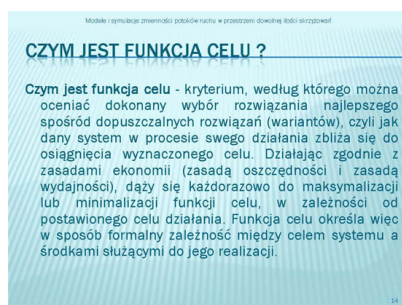
W 1992 r. Nagel i Schreckenberg przedstawili model - automat komórkowy opisujący ruch pojazdów. Założenia modelu to:

- podział ulicy na komórki dł. 7,5 m (samochód + wolne miejsce),
- droga jest jednokierunkowa jedno pasowa,
- komórka może być zajęta przez jeden pojazd lub wolna,
- każdej komórce przypisana jest wartość prędkości,
- ruch pojazdów w tym modelu opisują 4 pojęcia:
 - przyspieszanie - pojazd zwiększa swoją prędkość,
 - hamowanie - zmniejszenie szybkości w komórce poprzedzającej znajduje się pojazd,
 - losowość - na drodze bywają zdarzenia losowe np. wtargnięcie pieszego na jezdnię,
 - przesunięcie - po wykonaniu powyższych czynności następuje przesunięcie wszystkich pojazdów do następnej komórki i zwiększenie zmiennej czasu. [2, 3, 10]

Modele i symulacje zmienności potoków ruchu w przestrzeni dowolnej ilości skrzyżowań

Utworzono: wtorek, 08, marzec 2011 08:58 Władysław Skonecki, Barbara Wójtowicz, Jerzy Ekiert, Krzysztof Żaba

~~W 2007 roku powstał autorski model obrazujący zjawiska występujące na drodze w~~przemieszczaniu się pojazdów. Wykorzystał on pewne elementy dotychczas stosowanych modeli. Wypracowany został przez zespół w składzie: Władysław Skonecki - SITK /o Lublin, Barbara Wójtowicz - SITK /o Lublin, Jerzy Ekiert - Politechnika Lubelska. W roku 2009 do prac nad modelami ruchu dołączył Krzysztof Żaba - SITK /o Lublin, i wykorzystał doświadczenia zespołu oraz wniósł własny wkład podczas pisania pracy magisterskiej, którą obronił na Politechnice Lubelskiej w lipcu 2010 roku. Zespół autorski budując model oparł się na zasadzie „ciągłości strugi”, w tym przypadku powołano się na podobieństwo do płynów i gazów. Potok pojazdów porównuje się do bardzo cieniutkiej strugi płynu, gdzie kolejne cząsteczki płynu porównywane są do pojazdów. Prawo ciągłości zostało wykorzystane przy kalibrowaniu modelu.



Model nawiązuje też do pojęcia funkcji celu, jako kryterium, według którego można oceniać dokonany wybór rozwiązania najlepszego spośród dopuszczalnych rozwiązań (wariantów), czyli jak dany system w procesie swego działania zbliża się do osiągnięcia wyznaczonego celu. Działając zgodnie z zasadami ekonomii (zasadą oszczędności i zasadą wydajności), dąży się każdorazowo do maksymalizacji lub minimalizacji funkcji celu, w zależności od postawionego celu działania. Funkcja celu określa, więc w sposób formalny zależność między celem systemu a środkami służącymi do jego realizacji. Dla autorskiego modelu w dużym uproszczeniu funkcje celu podróży opisują cztery zagadnienia: Muszę jechać? Czym? Dokąd? Którędy?

Dla modelu autorskiego postawiono następujące wymaganie: wygenerowanie spodziewanych wartości potoków ruchu pojazdów na skrzyżowaniach i ciągach komunikacyjnych, dla których pomiar nie jest możliwy z uwagi na ich brak. Następnie zbudowano sieć powiązań pomiędzy elementami układu oraz zdefiniowano możliwość zmian, jakie można wprowadzać w systemie. Po pierwszej symulacji przeprowadzono korektę błędu wynikającego z pomiarów, by kolejne zmiany pozwoliły na uzyskanie oczekiwanych rezultatów.

Optymalizacja to dziedzina wiedzy zajmująca się metodami wyboru optymalnych działań związanych z aktywnością człowieka w sferze techniki, gospodarki itp., w tym przypadku ruchem drogowym. Podstawowym pojęciem optymalizacji jest kryterium optymalizacyjne, za pomocą, którego dokonuje się porównania poszczególnych rozwiązań. Zadaniem optymalizacji jest znalezienie najlepszego rozwiązania optimum (minimum lub maksimum) dla kryterium wyrażonego w języku matematyki funkcją celu

Modele i symulacje zmienności potoków ruchu w przestrzeni dowolnej ilości skrzyżowań

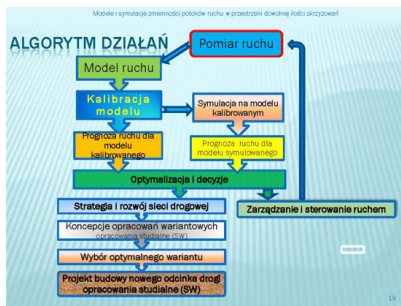
Utworzono: wtorek, 08, marzec 2011 08:58 Władysław Skonecki, Barbara Wójtowicz, Jerzy Ekiert, Krzysztof Żaba

$$f:R^N \rightarrow R$$

Gdy $N=1$ mamy do czynienia z optymalizacją jedno wymiarową, jeżeli funkcja celu przyjmuje postać:

$$f:R^N \rightarrow R^M \quad M \geq 2$$

mówimy o optymalizacji wielokryterialnej, gdzie optimum można wyrazić, jako ważoną wszystkich kryteriów. W sytuacji rzeczywistego stanu ruchu drogowego możemy mówić o zbiorze funkcji celu, zbór ten tworzą funkcje celu poszczególnych kierowców.



Kryterium optymalizacyjne jest wybierane w początkowej fazie projektowania, musi spełniać wymogi projektowania optymalnego, może być wybrane spośród parametrów obiektu (ruchu drogowego), może być kombinacją wielu parametrów. Uniwersalnym miernikiem, jakości rozwiązań konstrukcyjnych jest koszt.

Zakres prac obliczeniowych, projektowych i studialnych bazujących na prognozach obliczonych na podstawie pomiaru, modelowania i symulowania ruchu drogowego to:

- obliczanie konstrukcji nawierzchni (nośność kN/oś),
- obliczanie kategorii ruchu (KR),
- projektowanie geometrii nawierzchni (na szlaku i skrzyżowaniu),
- obliczanie poziomu swobody ruchu PSR (na szlaku i skrzyżowaniu),
- obliczanie wskaźnika przepustowości (%),
- projektowanie drogowej sygnalizacji świetlnej,
- obliczanie wskaźnika względnej liczby zdarzeń BRD,
- obliczanie wskaźników poziomu hałasu i szkodliwych substancji - Raport Oddziaływania na Środowisko,
- obliczanie wskaźników technicznych oraz efektywności ekonomicznej i finansowej w Studiach Wykonalności
- mogą również wystąpić inne konieczne obliczenia wyżej niewymienione.

Modele i symulacje zmienności potoków ruchu w przestrzeni dowolnej ilości skrzyżowań

Utworzono: wtorek, 08, marzec 2011 08:58 Władysław Skonecki, Barbara Wójtowicz, Jerzy Ekiert, Krzysztof Żaba



W latach 2006-2007 Ośrodek Usług Techniczno-Ekonomicznych SITK o/Lublin wykonywał projekt budowlano-wykonawczy na budowę ulicy Muzycznej w Lublinie, na odcinku od ul. Narutowicza do skrzyżowania z ulicami: Gazową i Krochmalną. Zadanie obejmowało projekt dwóch nowych skrzyżowań i dwóch nowych ciągów ulicznych. Powstał wówczas problem: jak w oparciu o posiadane przez zleceniodawcę, tj. Gminę Miasto Lublin, pomiary ruchu drogowego opracować prognozę ruchu dla nieistniejących (projektowanych) skrzyżowań oraz na ciągach nowo projektowanych ulic?

Do wykonanie tego zadania okazywały się niedostępne oprogramowania komputerowe oparte na modelowaniu i to z kilku powodów:

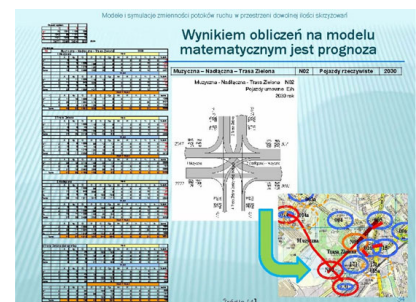
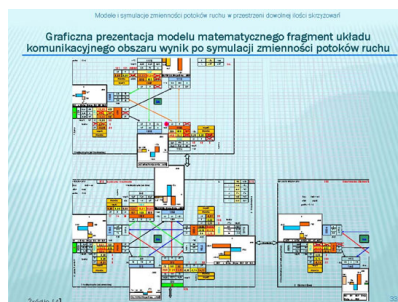
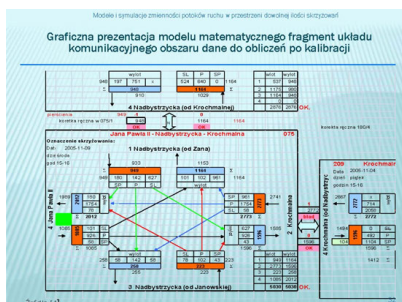
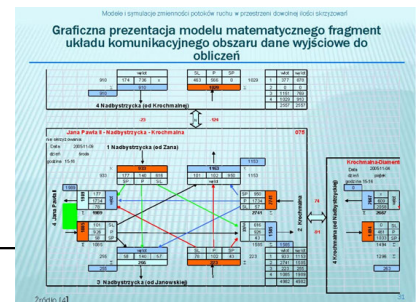
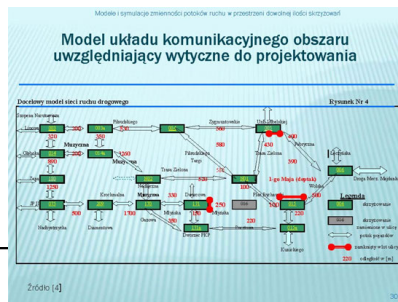
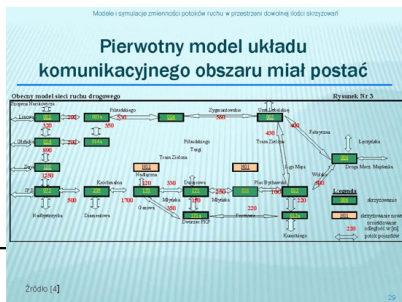
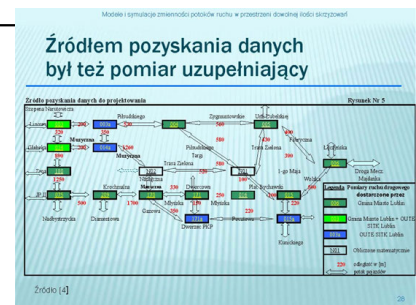
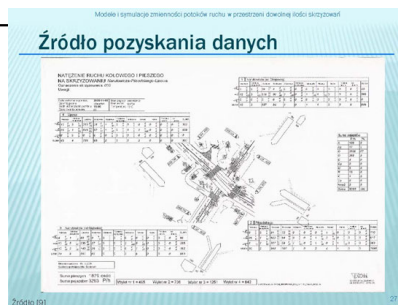
- cena oprogramowania,
- długi termin wdrażania oprogramowania do użytku,
- długotrwałe i kosztowne szkolenie na obsługę programy
- nie wiązanie danych z pomiaru ruchu z działaniem programu,
- brak możliwości transmisji danych do innych obliczeń (jak wyżej),
- brak kompleksowego oprogramowania na wspólnej platformie dającego możliwość dokonania obliczeń dla wszystkich potrzeb.

Rozwiązując ten problem postawiono następujące cele:

1. Platforma do wykonywania obliczeń ma być powszechnie znana i używana - wybrano EXCEL,
2. Dane wyjściowe do obliczeń i symulacji zmienności potoków ruch oparte o pomiar - dane wyjściowe dostarcza zleceniodawca,
3. Modelowanie, symulacja, prognozowanie wykonane w oparciu o: zbiór funkcji celu, prawie zachowania ciągłości strumienia - istnieją bezpośrednio związki pomiędzy pomiarem ruchu a zbiorem funkcji celu i ciągłością strumienia pojazdów,
4. Komórkowy model ruchu Nagela-Schreckenberga - dla skali makro model komórkowy jest zbieżny z działaniem modelu autorskiego.

Modele i symulacje zmienności potoków ruchu w przestrzeni dowolnej ilości skrzyżowań

Utworzono: wtorek, 08, marzec 2011 08:58 Władysław Skonecki, Barbara Wójtowicz, Jerzy Ekiert, Krzysztof Żaba



Postawiony przed zespołem problem został rozwiązany, a określone cele zrealizowane. Zbudowano matematyczny model ruchu dla otoczenia projektu ulicy Muzyczna w Lublinie, określono wielkości potoków pojazdów (w strukturze) dla nieistniejących (nowo projektowych) skrzyżowań i ciągów ulicznych, obliczono prognozy ruchu w wymaganym przedziale czasowym. Zasady przyjęte przy tworzeniu modelu zostały spełnione: zbiór funkcji celu prezentuje pomiar na wlotach przyjętych do modelu skrzyżowań, funkcję ciągłości ruchu (strumienia) wypełnia wykonana kalibracja modelu, zasady tworzenia modelu oparto o model komórkowy stosowany obecnie do modelowania ruchu ulicznego. Autorski model spełnia założenia modelu komórkowego następująco:

- prędkość ruchu pojazdów ma wartość 0 lub 1, ze względu na rozpatrywanie w skali makro,
- odległość między skrzyżowaniami ma wartość 0 lub 1,
- przekaz danych (kalibracja i symulacja) z wylotu jednego skrzyżowania na wlot sąsiedniego następuje w chwili zmiany stanu układu z 0 na 1.

Opracowany algorytm został przetestowany na osiemnastu ze sobą połączonych skrzyżowaniach. Zalety charakteryzujące aplikację to: oparcie na prostych działaniach matematycznych, prostota obsługi, przejrzystość danych otrzymanych z symulacji. W roku 2010 rozbudowano algorytm o nowe możliwości tj., symulacji

Modele i symulacje zmienności potoków ruchu w przestrzeni dowolnej ilości skrzyżowań

Utworzono: wtorek, 08, marzec 2011 08:58 Władysław Skonecki, Barbara Wójtowicz, Jerzy Ekiert, Krzysztof Żaba

~~strukturą rodzajową pojazdów w określonych kierunkach - co pozwala na możliwość~~
np. oceny wariantów przebiegu projektowanego „BUS PASA” Możliwość bezpośredniego podłączenia obliczonych prognoz ruchu uzyskanych z modelu i (lub) symulacji do innych aplikacji napisanych w EXCEL takich jak studium wykonalności, pozwala nas szybką ocenę jak przy zmianach geometrii, niewymagających wielkiego wkładu inwestycyjnego, można uzyskać długo falowe efekty w postaci np. wyższej prędkości przejazdu. [5]. Dodatkowo aplikacja może być podłączoną obliczeń inżynierskich: drogowych, bezpieczeństwa ruchu drogowego, ochrony. Wszystkie aplikacje otrzymują jednakowe dane, a ich zmiana w pliku źródłowym (model ruchu dane wejściowe) powodują automatyczne przeliczenie we wszystkich aplikacjach pod warunkiem, że są one prawidłowo skojarzone łączyami.

Władysław Skonecki, SITK /o Lublin
Barbara Wójtowicz, SITK /o Lublin
Jerzy Ekiert, Politechnika Lubelska
Krzysztof Żaba, SITK /o Lublin

Literatura:

- [1] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu drogowego, Warszawa, WŁK 2009.
- [2] Bartodziej M.: Modelowanie ruchu ulicznego za pomocą automatów komórkowych. Politechnika Wrocławska.
- [3] Krzysztofiak M.: Komórkowy model sterowania ruchem pojazdów w sieci ulic. Seminarium 2004 -PP SKiSR.
- [4] Projekt budowlano-wykonawczy na budowę ulicy Muzycznej w Lublinie na odcinku od ul. Narutowicza do ... skrzyżowania z ulicami: Gazową i Krochmalną Inżynieria ruchu –część 1 obliczeniowa. Model sieci ruchu ulicznego. Obciążenie modelu sieci ruchem. Prognozy ruchu drogowego., opracowany przez SITK oddział Lublin na zlecenie UM Lublin.
- [5] Żaba K.: Problemy i potrzeby komunikacyjne Lublina przed i po wybudowaniu tunelu pod Al. Racławickimi, Politechnika Lubelska, 2010.
- [6] <http://www.bit-poznan.com.pl/prezentacje/cotokbr.htm>
- [7] <http://www.dot.ca.gov>
- [8] <http://www.edroga.pl>
- [9] <http://www.ikom.lublin.pl/>
- [10] <http://www.knf.ifd.uni.wroc.pl> (prezentacja Kaczmarek, Pilarczyk)
- [11] <http://www.msr.pl>
- [12] <http://www.siemens.com>
- [13]] [http:// www.sms.am.put.poznan.pl](http://www.sms.am.put.poznan.pl)