

Information systems modeling

УДК 625.72:656.11

doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.01

О. В. Денисенко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ СКАНУЮЧОГО ДЕТЕКТОРА ТРАНСПОРТУ В ПАКЕТИ VISSIM

Предметом вивчення в статті є скануючий детектор транспорту (ДТ), який може бути використаний для забезпечення сучасного рівня управління і організації руху на вулично-дорожній мережі міста (ВДМ). Він дозволяє отримувати інформацію, яка в реальному масштабі часу характеризує параметри руху окремих транспортних засобів (ТЗ) і транспортних потоків (ТП) в цілому. **Метою статті** є дослідження методами комп'ютерного моделювання скануючого лазерного ДТ. Автором раніше були розроблені і запатентовані ДТ і технології світлофорного регулювання параметрів руху на рівні функціональних схем. Але обробка процесів формування імпульсних сигналів від фотоприймачів з метою отримання шуканих параметрів руху не проводилася. **Результати.** Розроблена структура моделі фрагмента детектора транспорту для типового випадку проїзду ТЗ двох контрольних зон сканування. Вибрано пакет моделювання, розроблено і апробовано модель роботи скануючого ДТ, виконано у вигляді інтерактивного віртуального стенду. Це дозволяє швидко перейти від моделювання до приладової реалізації досліджуваної системи. Розроблені підсистеми моделювання усіх складових процесу сканування і вимірювально-обчислювальних операцій. Показано, що визначення окремих параметрів руху ТЗ за запропонованою технологією здійснюється з достатньою точністю. **Висновки.** Методом моделювання підтверджені очікувані функціональні можливості і показані переваги запропонованої автором технології сканування і пристроїв для її реалізації. Це може служити основою для подальших досліджень з метою створення експериментального зразка інтелектуальної світлофорної системи регулювання.

Ключові слова: транспортний потік; транспортний засіб; детектор транспорту; пристрій розгортки; лазерний промінь; підсистема моделі; пакет VisSim.

Вступ

На даний час вирішення практичних завдань в області регулювання світлофорних об'єктів в Україні і світі має об'єктивні труднощі, пов'язані з відсутністю нових технологій, здатних в динаміці ефективно реагувати на всілякі зміни умов руху ТП на регульованих перехрестях.

Для забезпечення високого рівня керування та організації руху на регульованих перехрестях потрібна інформація, яка у необхідному обсязі у реальному масштабі часу характеризує не тільки параметри ТП, але й дає можливість отримати критеріальні оцінки якості роботи перехрестя.

Однією з головних задач для отримання такої інформації є наявність необхідних технічних засобів визначення цілого ряду параметрів ТП, що може бути забезпечено наявністю у комплексі діагностування надійних багатофункціональних детекторів транспорту, які дозволяють одночасно визначити габаритні параметри ТЗ, моменти їх проїзду контрольованих зон (КЗ) та перехрестя в цілому, швидкість, тип і напрямки руху ТЗ, їх інтенсивності по кожній смузі, інтервали руху, склад ТП, затримки та інші параметри, необхідні для ефективного керування світлофорною сигналізацією.

В цьому напрямку активно розвиваються інтелектуальні системи моніторингу перехресть, які використовують при розробці агрегатних систем та засобів управління ДР в системах інформаційного забезпечення завантаження перехресть ВДМ, а також для підвищення ефективності управління рухом транспорту на регульованих перехрестях. Ось чому задача розробки, дослідження та удосконалення су-

часних детекторів ТЗ і систем моніторингу перехресть на їх основі є важливою і актуальною.

Аналіз публікацій. В роботах автора [1–6] в якості детекторів ТЗ запропонована сучасна технологія лазерного сканування, яка забезпечує одночасне визначення широкого кола параметрів руху ТЗ, різноманітні характеристики окремих елементів ВДМ, критеріальні оцінки якості їх роботи і відповідає усім необхідним вимогам інтелектуальних АСУ, що функціонують у реальному режимі часу.

Метою статті є дослідження за допомогою комп'ютерного імітаційного моделювання процесу функціонування основних вузлів скануючого лазерного детектора транспорту та технології визначення комплексу необхідних параметрів руху ТЗ.

Суть пропозиції

В основу роботи запропонованих детекторів покладений принцип сканування гостроспрямованими лазерними променями, наприклад, зони перехрестя конусним видом розгортки, причому оптична вісь розгортки вибирається так, щоб кожний промінь описував коло на проїжджій частині перехрестя в необхідній області всіх його підходів та виходів (рис.1). Оптичні фотоприймачі в процесі розгортки лазерних променів по одному з кіл на входах і виходах КЗ послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різним смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя (на рисунку не показані). Для подальшого розвитку цього напрямку та дослідження точніших характеристик цілком логічним буде комп'ютерне моделювання основних функціональних елементів запропонованих пристроїв та технології в цілому.

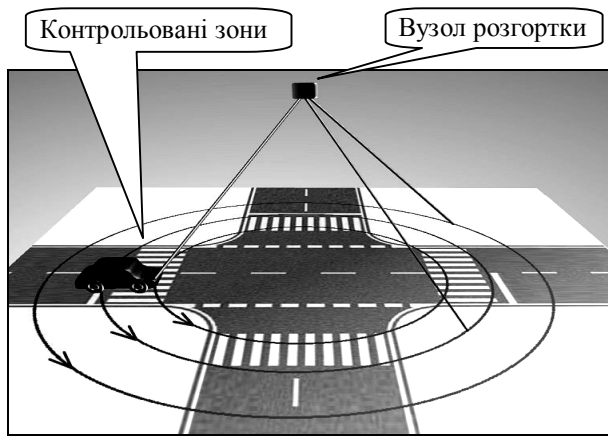


Рис. 1. До постановки задачі моделювання роботи пристрою сканування

Після огляду пакетів САПР був обраний пакет VisSim, призначений для дослідження і аналізу процесів у будь-яких динамічних системах [7]. Його особливістю є наявність безкоштовної академічної версії, простота використання і можливість застосування візуальних засобів структурного моделювання і відладки. З цим пакетом сумісні, наприклад, плати розробки TMS320C62x фірми Texas instrument [8], що дозволяє від моделювання швидко перейти до приладової реалізації досліджуваної системи. Тобто вже на етапі моделювання представляється можливим автоматично згенерувати виконуваний код для процесора плати, що управляє, минувши трудомісткий етап програмування, і відразу отримати працюючу фізичну модель системи управління.

Автором була розроблена і апробована модель роботи скануючого детектора транспорту, виконана у вигляді так званого віртуального стенду. У ній можна в реальному масштабі часу задавати параметри руху ТЗ, основні характеристики сканера і виконувати дослідницькі операції.

Зокрема, оцінити похибку розрахунку параметрів руху, переконатися в працездатності різних варіантів конфігурації вимірювально-обчислювального блоку і т. д. У спрощеній розрахунковій схемі для моделювання вибрана ділянка дороги (сірий прямокутник на рис. 2), яка сканується по ширині трьома лазерними променями (кружечками показано місце відбиття променів) по лінійній траєкторії, що утворюють контрольні зони.

Транспортний засіб із швидкістю V_a послідовно перетинає ці зони. При цьому з'являється відбитий світловий потік, що приймається відповідними фотоприймачами. Засобами візуального проектування пакету VisSim контур автомобіля був сформований чотирма відрізками прямих, заданих координатами: X_{ap} - передній бампер; X_{az} - задній бампер; Y_{av} - верхня за схемою сторона контура - Y_{an} - нижня (рис. 3).

Координати уздовж осі X переднього і заднього бампера ТЗ знаходять в результаті подвійного інтегрування заздалегідь заданого прискорення руху (змінна A_a) з урахуванням початкових умов і розмірів ТЗ. Інтегрування виконують типові динамічні ланки з передатною функцією $W(s) = 1/s$.

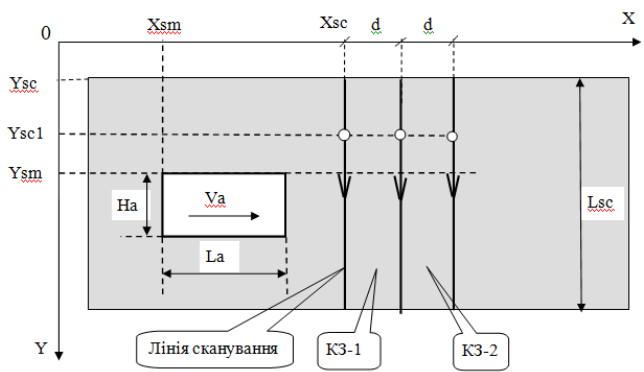


Рис. 2. Розрахункова схема

для моделювання роботи скануючого пристрою: xOy – система координат монітора при виводі анімації; Y_{sc} – координата початку сканування; V_a - швидкість ТЗ; Y_{sc1} – поточна координата сліду променю на дорозі; X_{sc} – координата сканування першого лазерного променя; X_{sm} – початкове положення ТЗ; L_a – довжина ТЗ; H_a – ширина ТЗ; d – довжина першої та другої КЗ; L_{sc} – довжина ліній сканування; КЗ-1, КЗ-2 – контрольовані зони, що формуються лініями сканування

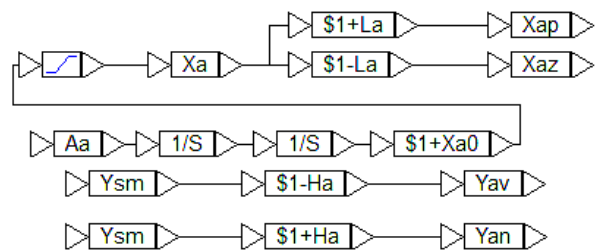


Рис. 3. Підсистема моделювання контуру ТЗ

У розрахунковій схемі були прийняті наступні припущення. Контур ТЗ у вигляді прямокутника починає рух з точки з координатами (X_{sm} , Y_{sm}) із швидкістю V_a і перетинає три лінії сканування. У кожній зоні лазерний промінь з лінійною швидкістю V_{sc} і періодом T_{sc} сканує ділянку дороги. У реальних умовах за наявності на смузі ТЗ промінь відбивається, приймається фотоприймачем і далі поступає на блоки обробки сигналу. У моделі це ситуація реалізується так.

Відповідно до розрахункової схеми відбитий від ТЗ сигнал з'явиться тільки у разі, коли промінь лазера, що падає, знаходиться усередині контуру ТЗ. Усі необхідні логічні операції виконує підсистема моделювання, на вхід якої подаються поточні координати контуру ТЗ і координата Y_{sc} скануючого променя (рис. 4). Її основними елементами є блоки логічної операції "і" ("and"), що формують вихідний сигнал U_{sc1} , - U_{sc3} . Таких підсистем буде три – по кількості ліній сканування. При проходженні автомобілем кожної лінії сканування на виході відповідного фотоприймача утворюються послідовності («пачки») імпульсів. Очевидно, що тривалість кожного імпульсу залежить від ширини ТЗ, а загальна кількість імпульсів в пачці – від його довжини. Було встановлено, що для подальших розрахунків параметрів руху треба виділити час початку і кінця кожної пачки, тобто отримати додаткові інформативні сигнали.

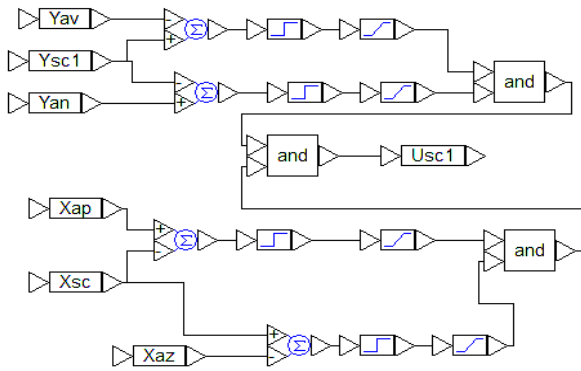


Рис. 4. Підсистема моделювання сигналу на виході фотоприймача

Тоді, знаючи відстань між лініями сканування d , можна обчислити швидкість, довжину і прискорення ТЗ по відомим. Ці дії виконує підсистема, приведена на рис. 5.

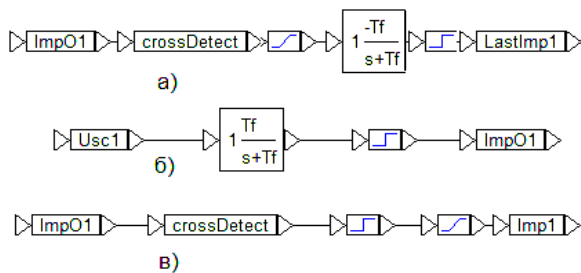


Рис. 5. Підсистема моделювання сигналів для розрахунків параметрів руху ТЗ: а – виділення зрізу огинаючої пачки імпульсів; б – формування огинаючої; в – формування фронту огинаючої

У цій статті не ставилося завдання детального опису усієї моделі – вона досить складна за кількістю блоків і зв'язків. Головний екран віртуального стенду показано на рис. 6. Допоміжний екран містить інтерактивні елементи завдання початкових умов і параметрів сканера (розміри ТЗ, розташування ліній сканування, початкові значення параметрів руху, частота сканування і т. д.).

На нижньому графіку приведена задана швидкість ТЗ (у цьому експерименті автомобіль рухається з прискоренням $a = 2 \text{ м/с}^2$ і початковою швидкістю $V_{a0} = 50 \text{ км/год}$). Для цих умов в моделі обчислені точні середні значення швидкості на ділянках між лініями сканування 1-2 і 2-3 по передньому бамперу ТЗ – це значення V_{12} і V_{23} . З хорошою точністю за результатами сканування обчислена і довжина ТЗ L_{a} .

Обчислені значення прискорення по передньому і задньому бамперу a_{123} і a_{t23} помітно відрізняється від закладеного в модель значення $a = 2$. Для підвищення точності потрібно буде підвищити частоту сканування або збільшити відстань між контрольними зонами для зниження методичних похибок.

Висновки

В цілому моделювання підтвердило функціональну спроможність і позитивні якості запропонованої автором технології сканування і пристроїв для її реалізації, що може служити підґрунтям для подальших досліджень з метою створення експериментального зразка. Розроблений віртуальний стенд може бути використано в учбовому процесі при вивченні технічних засобів автоматизації дорожнього руху і НДРС.

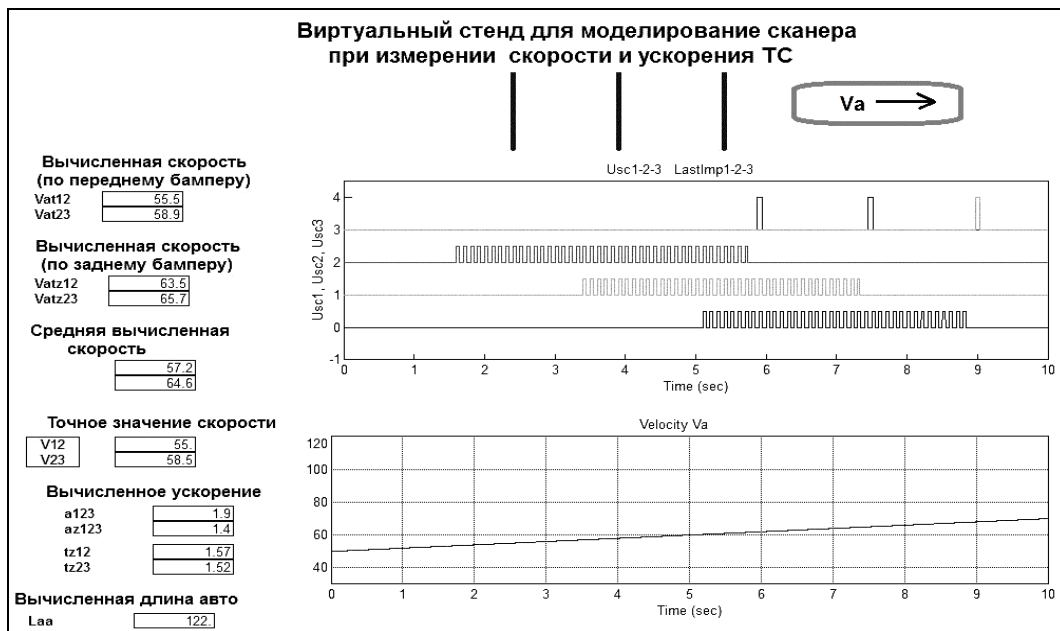


Рис. 6. Головний екран віртуального стенду моделювання скануючого детектора

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 114539 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення рівня обслуговування на регульованому перехресті / Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. – опубл. 26.06.17, Бюл. № 12/2017.
2. Пат. 114925 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення ступеня насичення напрямків руху регульованого перехрестя / Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 28.08.17, Бюл. № 16/2017.
3. Пат. 109680 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення транспортних затримок на регульованому перехресті / Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 25.09.15, Бюл. № 18/2015.

4. Пат. 115923 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення пропускної здатності ділянки дороги / Денисенко О.В; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 10.01.2018, Бюл. №1/2018.
5. Пат. 112094 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення тривалості елементів та циклу світлофорної сигналізації/ Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 25.07.16, Бюл. № 14/2016.
6. Пат. 115923 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення пропускної здатності нерегульованого перехрестя з головною і другорядною дорогами / Денисенко О.В; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 10.01.2018, Бюл. №1/2018.
7. VisSim is Now Altair Embed, available at: <https://web.solidthinking.com/vissim-is-now-solidthinking-embed>
8. Texas instruments, available at: <http://www.ti.com/product/TMS320C28344>

REFERENCES

1. Patent 114539 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining the level of service at a regulated intersection / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on 06/26/17, Bulletin No. 12/2017.
2. Patent 114925 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining the degree of saturation of the directions of motion of a regulated intersection / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on 08/28/17, Bulletin No. 16/2017.
3. Patent 109680 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining transport delays at a regulated intersection / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on September 25, 15, Bulletin No. 18/2015.
4. Patent 115923 Ukraine, G 08 G 1/09. Method of determining the throughput of the road section / Denisenko O.V.; Applicant and patent owner of KHNADU. Published on January 10, 2018, Bulletin No. 1/2018.
5. Patent 112094 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining the length of elements and the traffic light signaling cycle / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on July 25, 16, Bulletin No. 14/2016.
6. Patent 115923 Ukraine, G 08 G 1/09. Method of determining the throughput of an unregulated intersection with main and secondary roads / Denisenko O.V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on January 10, 2018, Bulletin No. 1/2018.
7. VisSim is Now Altair Embed, available at: <https://web.solidthinking.com/vissim-is-now-solidthinking-embed>
8. Texas instruments, available at: <http://www.ti.com/product/TMS320C28344>

Надійшла (received) 11.01.2019

Прийнята до друку (accepted for publication) 13.03.2019

Моделирование сканирующего детектора транспорта в пакете VisSim

О. В. Денисенко

Предметом изучения в статье является сканирующий детектор транспорта (ДТ), который может быть использован для обеспечения современного уровня управления и организации движения на улично-дорожной сети (УДС) города. Он позволяет получать информацию, которая в реальном масштабе времени характеризует параметры движения отдельных транспортных средств (ТС) и транспортных потоков (ТП) в целом. **Целью статьи** является исследование методами компьютерного моделирования сканирующего лазерного ДТ. Автором ранее были разработаны и запатентованы ДТ и технологии светофорного регулирования параметров движения на уровне функциональных схем. Однако, обработка процессов формирования импульсных сигналов от фотоприемников с целью получения искомого параметра движения не проводилась. **Результаты.** Разработана структура модели фрагмента детектора транспорта для типового случая проезда ТС двух контрольных зон сканирования. Выбран пакет моделирования, разработана и апробирована модель работы сканирующего ДТ, выполненная в виде интерактивного виртуального стенда. Это позволяет быстро перейти от моделирования к приборной реализации исследуемой системы. Разработаны подсистемы моделирования всех составляющих процесса сканирования и измерительно-вычислительных операций. Показано, что определение отдельных параметров движения ТС по предложенной технологии осуществляется с достаточной точностью. **Выводы.** Методом моделирования подтверждены ожидаемые функциональные возможности и показаны преимущества предложенной автором технологии сканирования и устройств для ее реализации. Это может служить основой для дальнейших исследований с целью создания экспериментального образца интеллектуальной светофорной системы регулирования.

Ключевые слова: транспортный поток; транспортное средство; детектор транспорта; устройство развертки; лазерный луч; подсистема модели; пакет VisSim.

Modeling of the scanning transport detector in the VisSim package

O. Denysenko

The subject matter of the study is the scanning transport detector, which can be used for providing a modern level of the management and organization of motion on the urban road network. It allows to get information that characterizes the parameters of a separate vehicle motion and flow of transport as a whole in real time. **The aim** of the article is to study the laser scanning transport detector by the computer simulation methods. By the author are previously developed and patented the transport detector and the technologies of motion parameters light traffic regulation on block diagrams level. But the further processing of photodetector pulsed signals formation processes in order to obtain the desired motion parameters was not carried out. **Results.** The structure of transport detector fragment model for scanning a type case of the vehicle transit on two control zones was developed. The simulation package was chosen, the model of scanning detector work, embodied in the interactive virtual stand form, was developed and tested. It allows the quickly move from modeling to device realization of the investigated system. The subsystems of all scanning process components and measuring-computational operations modeling were developed. It was shown that separate parameters of vehicle motion determination according to the proposed technology is carried out with sufficient precision. **Conclusions.** The simulation method confirms the expected functionality and shows the advantages of scanning technology proposed by the author, and devices for its realization. It can be a basis for further research to create an experimental prototype of the intelligent traffic light system.

Keywords: traffic flow; vehicle; transport detector; scanning device; laser beam; model subsystem; package VisSim.