

УДК [343.983:004.94]:343.618(045)



**Тернов Сергій Олексійович,**  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
*(Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського)*

**Бескровний Олексій Іванович,**  
кандидат технічних наук, доцент  
*(Донецький юридичний інститут  
МВС України)*



## **ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ МОДЕЛЮВАННЯ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОСТОРУ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ СИТУАЦІЇ**

*У роботі запропоновано алгоритми моделювання дорожньо-транспортних ситуацій при обмеженій оглядовості. Використання алгоритмів дозволить дослідити різні варіанти дорожньо-транспортної ситуації, відтворити обстановку й умови події, а також виконати розрахунок кількісних та якісних характеристик моделюваної візуальної ситуації. Гнучкість пропонуваного алгоритму дозволить розширювати, у разі потреби, коло вирішуваних завдань і забезпечити їх універсальність. Отримані результати є основою для подальших досліджень з метою створення математичного забезпечення автоматизованого моделювання візуального простору дорожньо-транспортних ситуацій із використанням наочних зображень.*

**Ключові слова:** *дорожньо-транспортна ситуація, оглядовість транспортного засобу, візуальний простір, плоска геометрична модель, алгоритми моделювання, функція стратегії.*

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема моделювання дорожньо-транспортної ситуації (сукупність подій, що розвиваються на дорозі, обумовлених взаємодією водія та інших учасників руху в певних просторово-часових межах) при обмеженій оглядовості [1, с. 10] з позиції різних спостерігачів розглядається науковцями як під час проведення автотехнічних експертиз, так і в процесі організації дорожнього руху та оцінки його безпеки [2, с. 37; 3, с. 53; 4, с. 107–136]. У рамках проблеми розглядається можливість отримання плоскої графічної картини дорожньо-транспортної ситуації на основі ортогонального креслення, аксонометричного або іншого метрично визначеного зображення машини, дороги, придорожніми інженерними спорудами, насадженнями та іншими об'єктами. Плоска графічна картина повинна бути метрично визначеною, без обмеження кутів зору оператора транспортного засобу, оборотна в ортогональне креслення, яка точно передає величину і співвідношення площин, кутів і лінійних параметрів її елементів, універсальною щодо різних вимог оглядовості, не вимагати високої кваліфікації і значних витрат при її створенні. Крім цього, необхідно передбачити можливість автоматизації за допомогою сучасних інформаційних технологій процесів побудови та реконструкції, а також дозволи-

ти здійснити кількісну та якісну оцінку оглядових властивостей різних моделей машин на будь-якій стадії аналізу дорожньо-транспортної ситуації. Отримано аналітичні вирази та алгоритми визначення параметрів плоскої моделі візуального простору в залежності від характеру конфігурації, розмірів і просторової орієнтації заданої множини об'єктів, а також напрямки головного променя зору оператора транспортного засобу [5, с. 11–35, 53–67, 84–93; 6, с. 47–50; 7, с. 9–11; 8, с. 4–8].

**Мета статті.** Завданням даної роботи є розробка алгоритмів моделювання візуального простору дорожньо-транспортних ситуацій при обмеженій оглядовості з метою дослідження різних варіантів дорожньо-транспортної ситуації, відтворення обстановки і умови події, а також отримання кількісних та якісних характеристик модельованої візуальної ситуації.

**Викладання основного матеріалу.** Моделювання візуального простору дорожньо-транспортної ситуації є процес отримання інформації про стан візуального комфорту оператора, що знаходиться в робочому положенні щодо заданої візуальної ситуації при виконанні певного технологічного процесу або маневру. До візуальної ситуації відносять предметний простір, що оточує оператора в межах функціональної зони системи «людина — машина». Сюди включають елементи поста управління і конструктивні елементи транспортного засобу, контури візуальних перешкод, траєкторії руху транспортного засобу, розміщення об'єктів спостереження і т.п. Множина описаних елементів і становитиме сукупність вхідної інформації процесу моделювання візуального простору дорожньо-транспортної ситуації. Кожен з елементів вхідної інформації пропонується описувати множиною перетинів, кожне з яких описується сукупністю просторових координат характерних точок. Математичну модель множини елементів вхідної інформації (ЕВІ) можна представити формулою:

$$\{ EBI_i \} = \{ K_i, \{ BM_{ik} \}, NB_{ik} \},$$

де  $K_i$  — кількість перетинів, що описують  $i$ -ий елемент візуального простору;

$BM_{ik}$  — множина параметрів, що характеризують просторове положення  $K$ -го перетину  $i$ -го елемента;

$NB_{ik}$  — кількість характерних точок  $K$ -го перетину  $i$ -го елемента.

У результаті перетворення вхідної інформації формується вихідна інформація, що являє собою тривимірну модель візуального простору дорожньо-транспортної ситуації. Множину елементів вихідної інформації складають об'єкти відкритого і закритого полів зору оператора, зони розміщення об'єктів спостереження і візуальних перешкод, а також значення параметрів, що характеризують ступінь огляду заданих об'єктів спостереження. Математична модель множини елементів вихідної інформації візуального простору (ВІВП) має такий вигляд:

$$\{ BIBP_i \} = \{ KBC_i, \{ XYZB_i \}, BP, BC, CTB, VM \},$$

де  $KBC_i$  — кількість характерних точок  $i$ -го елемента;

$\{ XYZB_i \}$  — множина значень просторових координат характерних точок шуканого об'єкта;

$BP$  — трикутна матриця ліній плоских перетинів розмірності  $KBC_i \times KBC_i$ ;

$BC$  — матриця перетинів, розмірність якої залежить від кількості плоских перетинів і кількості характерних точок, які їх описують;

$CTB$  — функція приналежності;

$VM$  — перевірка тесту видимості досліджуваного контура.

Елементи матриці  $BP$  приймають значення:

$$\{BP_{ij}\} = \begin{cases} 0, & \text{якщо лінія між характерними точками } i \text{ і } j \text{ відсутня;} \\ 1, & \text{якщо характерні точки } i \text{ і } j \text{ з'єднує видиме ребро;} \\ -1, & \text{якщо характерні точки } i \text{ і } j \text{ з'єднує невидиме ребро.} \end{cases}$$

Рядки матриці  $BC$  містять інформацію про характерні точки плоских перетинів елементів візуального простору. Елементи матриці  $BC$  приймають значення:

$$\{BC_{ij}\} = \begin{cases} 0, & j - \text{а характерна точка належить } i - \text{ому ребру;} \\ 1, & j - \text{а характерна точка не належить } i - \text{ому ребру.} \end{cases}$$

Функція  $CTB$  виконує перевірку тесту приналежності досліджуваного об'єкта спостереження заданому візуальному об'єму тривимірного простору. Процедура перевірки полягає у визначенні приналежності характерних точок контуру об'єкта спостереження візуальним об'ємом. Умова приналежності характерної точки з координатами візуальному об'єму має вигляд:

$$\text{Sgn}(A_n x_{ijk} + B_n y_{ijk} + C_n z_{ijk} + D_n) = P_n,$$

де  $n = \overline{1, N}$ ;  $N$  — кількість площин, що утворюють візуальний об'єм;

$A_n, B_n, C_n$  — коефіцієнти рівняння  $n$ -ої візуальної площини;

$P_n$  — ознака позитивних напівпросторів площин досліджуваного візуального об'єму.

Результатом роботи  $CTB$  є булева змінна, що набуває значення "істина" (видно) або "неправда" (не видно).

При перевірці тесту видимості  $VM$  виконується розрахунок просторових координат точок перетину ліній досліджуваного об'єкта спостереження з гранями візуального об'єму. Отримані точки перетину фіксують, а потім виділяють видиму частину об'єкта спостереження. Після перевірки тесту видимості заповнюється вектор-рядок огляду розглянутого контуру.

Набором обмежень (НО) моделювання візуального простору є регламенти чинних міжнародних і національних стандартів, галузеві нормативні документи та інше.

У процесі моделювання візуального простору дорожньо-транспортної ситуації фундаментально бере участь плоска геометрична модель (ПГМ), конструювання якої ведеться на наочних зображеннях. Створення геометричної моделі як найбільш наочної і зрозумілої інженерно-технічним працівникам, які не мають спеціальної математичної підготовки, не є самоціллю. Вона повинна бути підпорядкована цілям обчислювального процесу. Цикл обчислювального процесу (об'єкт — алгоритм — програмне забезпечення — алгоритм) визначає характер моделі, яка повинна при цьому зберігати свою наочність як основну перевагу перед іншими моделями. У якості відображень вторинної моделі використовуються проєкції плоского моделювання оглядовості транспортних засобів.

Для забезпечення формування елементів вихідної інформації і побудови плоскої геометричної моделі використовується математичне забезпечення рішення комплексу задач (МЗРКЗ), пов'язаних з описом функціональних відносин елементів візуального простору і їх плоского відображення, управління формою і положенням об'єктів візуального простору, опису елементів вторинної моделі і її взаємозв'язок з оригіналом, розрахунку кількісних і якісних характеристик модельованої візуальної ситуації. Розрахунок кількісних та якісних характеристик модельованої візуальної ситуації здійснюють на основі сферичної картини огляду, що є базою плоского моделювання оглядовості транспортних засобів. Функція визначення кількісних і якісних характеристик оглядовості має вигляд:

$$OBK = \frac{\text{sgn}(1-2n)}{10(n-m)} \left[ \sum_{i=1}^{n1} OTO_i + \sum_{i=1}^{n2} (\arccos L_i^{\wedge} \setminus \arccos L_i) + \sum_{i=1}^{n3} (\arccos \sqrt{S_i^{\wedge}} \setminus \arccos \sqrt{S_i}) + \sum_{i=1}^{n4} \sum_{j=1}^{Ki} A_{ij}^{\wedge} \setminus A_{ij} \right] + n - m,$$

- де  $n$  – кількість об'єктів спостереження;  
 $m$  – кількість об'єктів закритого поля зору;  
 $i$  – номер об'єкта спостереження;  
 $j$  – номер елемента  $i$ -го об'єкта спостереження;  
 $K_i$  – кількість елементів  $i$ -го об'єкта спостереження;  
 $A^{\wedge}$  – сферична проекція об'єкта  $A$ ;  
 $OTO$  – коефіцієнт огляду точкового об'єкта спостереження;

$$OTO_i = \begin{cases} 0, & i - \text{ий точковий об'єкт знаходиться у закритому полі зору оператора;} \\ 1, & i - \text{ий точковий об'єкт знаходиться у відкритому полі зору оператора;} \end{cases}$$

$n1, n2, n3, n4$  — кількість об'єктів спостереження в залежності від їх цільового призначення (точкові, лінійні, кутові, плоскі відповідно), що знаходяться повністю або частково у відкритому полі зору оператора транспортного засобу;

$$L = \frac{x_i x_{i+1} + y_i y_{i+1} + z_i z_{i+1}}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \sqrt{x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2 + z_{i+1}^2}};$$

$$S = \frac{\sin q_i \sin(q_i - u_i)}{\sin u_i};$$

$$q_i = \frac{u_i + u_{i+1} + u_{i+2}}{2};$$

$u_i$  — сферичний кут;

$$n1 + n2 + n3 + n4 = n - m.$$

Моделювання візуального простору дорожньо-транспортної ситуації ведеться оператором за пультом монітора комп'ютера в інтерактивному режимі. Програмні засоби організації діалогу виконують обробку переривань від пристроїв зворотного зв'язку і організацію відповідної реакції обчислювального комплексу за допомогою передачі управління необхідним функціональним блокам прикладного програмного забезпечення, а також передбачають виконання всіх графічних і обчислювальних операцій для розв'язання задач моделювання візуального простору. Програми організації діалогу також відтворюють на екрані дисплея текстові і цифрові повідомлення, які коментують хід обчислювального процесу, і містять прикладні програми коригування оперативних даних. Це дає можливість втручатися в хід обчислювального процесу і отримувати рішення, що відповідають заданим вимогам. Функцію стратегії алгоритму моделювання візуального простору дорожньо-транспортної ситуації (ФСМВП) можна представити у вигляді:

$$\text{ФСМВП} = \text{ЕВІ} \rightarrow \left[ \text{МЗРКЗ} \rightarrow \text{ПГМ} \right] \rightarrow \text{НО} \rightarrow \text{ВІВП}.$$

Крім того, рішення задач на кожному етапі може виконуватися і в автоматичному режимі без участі людини на проміжних етапах. Перелік вихідних параметрів у цьому випадку визначається користувачем перед початком обчислювального процесу.

**Висновки і пропозиції.** Застосування пропонованих алгоритмів використання засобів інтерактивних комп'ютерних технологій дозволить дослідити різні варіанти дорожньо-транспортної ситуації, відтворити обстановку й умови події, а також отримати кількісні та якісні характеристики модельованої візуальної ситуації. Гнучкість пропонованих алгоритмів дозволить розширювати при необхідності коло вирішуваних завдань і забезпечить їх універсальність.

### Список використаних джерел

1. Правила дорожнього руху України: відповідає офіційному тексту. — К. : УкрСПЕЦВИДАВ, 2016. — 64 с.
2. Решетніков Є. Б. Дослідження безпеки руху на нерегульованих перехрестях при обмеженій оглядовості / Є. Б. Решетніков, Д. В. Овсієнко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 3 (56). Том 2. — С. 36–39.
3. Решетніков Є. Б. Безпека руху на нерегульованих перехрестях при обмеженій оглядовості / Є. Б. Решетніков // Вестник ХНАДУ. — 2010. — Вып. 50. — С. 52–56.
4. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець. — Харків : ХНАДУ, 2013. — 320 с.
5. Кавун Ю. М. Геометрия визуального пространства / Ю. М. Кавун. — Донецк : ГНТБ, 1994. — 102 с.
6. Тернов С. А. Моделирование дорожно-транспортных ситуаций на наглядных изображениях / Матеріали наукової конференції викладачів академії за підсумками наукової роботи у 2008–2009 рр. (Донецьк, 20-21 квітня 2010 р.) // Міністерство освіти і науки України, Донецька академія автомобільного транспорту. — Донецьк : ДААТ, 2010. — С. 46–51.
7. Тернов С. О. Автоматизація процесів плоского моделювання дорожньо-транспортних ситуацій / С. О. Тернов, М. І. Загороднов // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. — Донецьк : ДААТ. — 2012. — № 4. — С. 8–12.
8. Тернов С. А. Автоматизоване моделювання засобів забезпечення візуальною інформацією / С. А. Тернов, О. І. Бескровний, В. В. Фортуна // Науч. тр. SWorld. — Вып. 1(42). Т. 3. — Иваново : Научный мир, 2016. — С. 4–9.

**Тернов Сергей Алексеевич,**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
(Донецкий национальный университет экономики и торговли  
имени Михаила Туган-Барановского)

**Бескровный Алексей Иванович,**

кандидат технических наук, доцент  
(Донецкий юридический институт МВД Украины)

### ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИТУАЦИИ

*В работе предложены алгоритмы моделирования визуального пространства дорожно-транспортных ситуаций с ограниченной обзорностью. Применение алгоритмов позволит исследовать различные варианты дорожно-транспортной ситуации, воссоздать обстановку и условия события, а также*

выполнить расчет количественных и качественных характеристик моделируемой визуальной ситуации. Гибкость предлагаемых алгоритмов позволит расширять при необходимости круг решаемых задач и обеспечить их универсальность.

Полученные результаты являются основой для дальнейших исследований с целью создания математического обеспечения автоматизированного моделирования визуального пространства дорожно-транспортных ситуаций с использованием наглядных изображений.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортная ситуация, обзорность транспортного средства, визуальное пространство, плоская геометрическая модель, алгоритм моделирования, функция стратегии.

**Ternov Sergiy,**

candidate of technical sciences

(Donetsk national university of economics and trade

Mykhailo Tugan-Baranowski)

**Beskrovnyi Oleksii,**

candidate of technical sciences

(Donetsk Law Institute of the Ministry of Internal Affairs)

### USING INTERACTIVE COMPUTER TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF VISUAL SPACE TRAFFIC SITUATIONS SIMULATION

*The problem of modeling a traffic situation (a set of events developed on the road due to the interaction of the driver and other road users in certain spatial-temporal limits) with limited visibility from the perspective of different observers is regarded by scientists as during autotechnical expertise, and the organization of road traffic and evaluation of its safety. The possibility of flat graphic picture of traffic situation based on orthogonal drawings, axonometric or other specified metrically car image, road, roadside engineering, plantations and other objects is considered as part of the problem. The flat graphic pattern must be metrically determined, without limiting the angles of the operator of the vehicle reverse in orthogonal drawings that accurately conveys the value and value areas, corners and linear parameters of its elements, universal concerning different visibility requirements without requiring high skills and substantial costs in its creation. In addition, there should be given the possibility of automation by means of modern information technology processes of construction and reconstruction, and allowed to make quantitative and qualitative assessment survey properties of different models of cars at any stage of the analysis of traffic situations.*

*To ensure the formation of flat geometric model elements, definition of numerical characteristics of visual space and analysis of different traffic situation models complex mathematical software solution to problems associated with the description of the functional relationship of visual elements and space of flat display, control the shape and position of of visual space objects, describing elements of the secondary model and its relationship with the original calculation of quantitative and qualitative characteristics of the simulated visual situation was used. Calculation of the quantitative and qualitative characteristics of the simulated visual situation was based on a spherical pattern, which is the base plane simulation visibility of vehicles. Subject area surrounding the operator in the functional areas of the system "man-vehicle" is included to the visual situation. These items include office management and structural elements of the vehicle contours of visual interference, the trajectory of the vehicle, the placement of surveillance, etc.*

*The paper presents the visual space simulation algorithms of road situations with limited visibility to investigate different options of traffic situations, recreating conditions and terms of events and obtaining quantitative and qualitative characteristics of the simulated visual situation.*

*The use of algorithms proposed for the use of interactive computer technologies will explore various options for a traffic situation recreate the situation and conditions of the event, and get quantitative and qualitative characteristics of visual simulated situation. The flexibility of the proposed algorithms will expand as necessary range of tasks and ensure their universality.*

**Key words:** road-traffic situation, the vehicle visibility, visual space, flat geometric model, modeling, algorithm, strategies function.

Надійшла до редколегії 15.01.2017