

УДК 159.938.343.3(045)

Г. Т. Горохов, канд. техн. наук.
Ю. Е. Чаруха, дир. компанії

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ МОЖЛИВОЇ ВИДИМОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ ДОРОЖНЬОЇ ОБСТАНОВКИ

Дослідна компанія “Український Медіа Монітор”, e-mail: yuri@umm.kiev.ua

Уведено поняття “час можливої видимості”. Запропоновано спосіб обчислення часу за допомогою моделі зорового сприйняття шляхом імітаційного моделювання

The concept “time of possible visibility” is entered. The offered way of counting the time is by means of model of visual perception by imitating modeling.

Постановка завдання

Ефективне розміщення різноманітних інформаційних матеріалів на дорожніх щитах та дорожніх вказівках потребує вирішення завдання визначення раціонального обсягу зорової інформації, що наноситься на них. Для вибору структурних форм, значень кольору та яскравості інформації, що подається, використовують ряд ергономічних показників, серед яких є час сприйняття [1; 2].

Особливість зорового сприйняття дорожніх інформаційних об'єктів (ІО) полягає в тому, що увага водіїв і пасажирів транспортних засобів (ТЗ) може бути зосереджена на ІО як на центральному елементі зорового образу дорожньої обстановки чи ІО сприймаються як фонові частини зорового образу.

Урахування цієї особливості для вирішення завдання визначення обсягу зорової інформації зумовлює потребу виділяти із загального часу сприйняття окрему його складову – час можливої видимості $t_{м.в}$, що витрачається на сприйняття ІО як фонових елементів дорожньої обстановки та характеризує надані в часі можливості щодо переключенню уваги з них як фонових елементів на центральні ІО. Значення часу $t_{м.в}$ накладає обмеження знизу на максимально допустимий обсяг інформації.

Визначити час $t_{м.в}$ безпосередньо в реальних дорожніх умовах можна тільки для невеликої кількості ІО, для більшої кількості потрібно використовувати спеціальну реєструвальну апаратуру, що пов'язано з великими організаційними труднощами та фінансовими витратами. Тому доцільно доповнити експерименти в реальних умовах проведенням імітаційного моделювання (ІМ), що дозволяє оперативнотримувати для конкретних ІО необхідні часові дані з урахуванням змін умов спостереження в широкому діапазоні.

Основні підходи до побудови математичних моделей процесів у людино-машинних системах при ІМ досліджено у праці [3]. Для визначення часу $t_{м.в}$ на основі методів ІМ необхідно передбачити використання моделі зорового сприйняття, початкові дані для якої надходять із математичних моделей, що описують розташовані в просторі ІО і ТЗ.

Методам побудови моделей зорового сприйняття присвячено велику кількість робіт, у яких досліджено їх застосування для створення систем відображення інформації на диспетчерських пунктах автоматизованих систем керування [4; 5], у бортових системах керування польотом та пошукових оптико-електронних приладах [6; 7], при аналізі процесів розпізнавання зображень [8; 9; 10] та ін.

Аналіз цих робіт показує, що часові характеристики сприйняття досліджувались для випадків, коли увага операторів ергатичних систем була зосереджена на ІО, які для оператора є значущими в цей момент часу та безпосередньо пов'язані з його професійною діяльністю. Питання часових співвідношень для фонових елементів не розглядалися.

Зазначена особливість обумовлює потребу розроблення моделі зорового сприйняття ІО дорожньої обстановки, за допомогою якої можна визначити час $t_{м.в}$ залежно від напрямку погляду, що задається увагою водіїв та пасажирів.

Модель зорового сприйняття

Аналіз робіт у галузі інженерної психології дозволяє в основу побудови моделі зорового сприйняття покласти два принципи, перший з яких полягає в тому, що процес сприйняття можна досліджувати як дискретний процес, котрий складається з окремих квантів у часі [11].

Значення часу кванта t_k змінюється від декількох часток секунд до секунд залежно від фізичної інтенсивності сигналу, психічного стану спостерігача та завантаженості додатковою інформацією його оперативної пам'яті, кількістю попередніх повторних сприйняття одних і тих самих сигналів та ін. [12; 13]. Для операторів людино-машинних систем діапазон значень $t_k = (0,20 \dots 0,57)$ с [14].

Другий принцип установлює наявність усередині кванта часу t_k на перцептивно-розпізнавальному рівні виконання зоровою системою операцій з виявлення, розрізнення, розпізнавання та прийняття рішень щодо образу ІО [15]. В узагальненому вигляді ці операції в часі виконання утворюють фазу одномоментного акту сприйняття та фазу послідовного перебирання ознак [16].

У першій фазі часу після стрибкоподібного руху ока діаметр зони підсумовання рецептивних полів (ЗРП) сітківки зорового аналізатора має значення $(8 \dots 10)^\circ$, що дозволяє бачити тільки великі деталі зображення [17].

Протягом наступного проміжку часу $t_\phi = (0,11 \dots 0,15)$ с, коли здійснюється фіксація погляду, розмір ЗРП зменшується та встановлюється гострота зору, яка визначає зону ясної видимості (ЗЯВ), положення якої в просторі відповідає напрямку уваги на центральні ІО образу [18]. Точки фіксації погляду розміщені на характерних ознаках структури зображення ІО.

По закінченні цього часу спостереження знову розширюється ЗРП і до наступного руху очей діаметр ЗРП набуває початкового значення. Таким чином, у фазі одномоментного акту сприйняття за допомогою периферійного зору заздалегідь вибираються ділянки об'єктів, а потім фіксується центральний зір для більш детального огляду ознак.

Зоровий образ ІО за своєю природою суб'єктивний та важкодоступний для експериментального об'єктивного дослідження. Експериментальні дані дослідів із визначення часу розпізнавання об'єктів дозволяють дотримуватись гіпотези щодо послідовного перегляду ознак об'єкта протягом другої фази часу, при цьому для огляду ознак переміщується увага і відбувається стрибкоподібний рух очей [8; 16].

Розв'язання задачі розпізнавання зображень ІО можна подати у формалізованому вигляді як розв'язання задачі розпізнавання зображень на основі одного зі структурних методів опису зображень – методів теорії графів [19]. При цьому

один граф утворено структурними елементами зображення, а інший граф зберігається в пам'яті як структурний опис зорового образу ІО [20].

Задачу розпізнавання розв'язують як задачу визначення ізоморфізму графів. Розв'язання задачі має задовольняти часові умови

$$t_n + \sum N_\phi t_\phi + \sum N_T t_{\text{ет}} \leq t_k,$$

де N_ϕ – кількість точок фіксації погляду; $N_T = \log_2(N_{\text{ет}}+1)$ – кількість тактів декодування для виклику з пам'яті гіпотез-еталонів ІО; $N_{\text{ет}}$ – кількість гіпотез-еталонів у пам'яті; $t_{\text{ет}}$ – час одного такту виклику з пам'яті; t_n – час стрибкоподібного руху при переведенні погляду; t_ϕ – час фіксації погляду.

Заключна операція процесу зорового сприйняття полягає в прийнятті рішення щодо встановлення факту видимості ІО. Математичний опис цієї операції можна виконати на основі теорії статистичних розв'язків, експериментальна перевірка достовірності якої неодноразово перевірялась [21; 22; 23].

У структурі моделі зорового сприйняття мають бути модулі, які показано на рис. 1 і за допомогою яких функціонально вирішують завдання:

- вибору в просторі напряму ЗЯВ відповідно до напрямку уваги на центральні елементи зорового образу та наступного стрибкоподібного переміщення погляду для встановлення положення ЗРП;
- зіставлення структурних ознак зображень об'єктів, що спостерігаються, з ознаками об'єктів-еталонів, які зберігаються в пам'яті;
- прийняття рішення щодо факту видимості об'єктів.



Рис. 1. Структура моделі зорового сприйняття

Аналіз результатів інженерно-психологічних досліджень зорової системи людини дозволяє використовувати в модулях моделі такі дані:

- модуль зорового аналізатора – розмір зони ясної видимості $(5 \dots 7)^\circ$;
- модуль окорушійної системи – діапазон змін амплітуди стрибка $(1 \dots 20)^\circ$, час стрибка $t_n = (0,05 \dots 0,06)$ с, час чіткого спостереження точки фіксації погляду після стрибкоподібного руху

ока для одномоментного акту сприйняття $t_{\phi} = (0,11 \dots 0,15)$ с;

– модулі процесів розпізнання та прийняття рішень – час одного кванта сприйняття образу зовнішньої обстановки $t_k = (0,20 \dots 0,57)$ с, час виклику з пам'яті гіпотези-еталона $t_{ет} = (0,10 \dots 0,15)$ с, кількість одноразово сприйнятих об'єктів не більше $(5 \dots 7)$ одиниць.

Математичне забезпечення імітаційного моделювання

До складу математичного забезпечення входять математичні моделі та алгоритми, які дозволяють визначати час $t_{м.в}$ за таких припущень і обмежень:

– зовнішня форма поверхні ІО та об'єктів до рождної обстановки апроксимована плоскими гранями прямокутної форми, краї яких використовуються для опису структури зображень;

– ЗРП подано у вигляді квадрата, розмір діагоналі якого відповідає розміру ЗРП, що встановлено в експериментах;

– значення стрибкоподібного переміщення ока є випадкова величина, що описується нормальним законом розподілу;

– кольорові та яскравісні характеристики зображень не враховуються.

Процес ІМ складається з послідовного виконання етапів, взаємозв'язок яких в узагальненому вигляді показано на рис. 2.

Початкова інформація для функціонування модулів моделі зорового сприйняття в поточному кванті сприйняття отримують у результаті імітації переміщення ТЗ і обчислення точки знаходження ТЗ. Загальна кількість точок, у яких можливе спостереження зовнішньої обстановки, визначається траєкторією переміщення ТЗ у просторі, значеннями швидкості ТЗ і часу t_k одного кванта сприйняття.

У процесі ІМ використовують прямокутні системи координат:

– нерухому нормальну земну $OX_g Y_g Z_g$, щоб задати положення ІО та ТЗ у тривимірному просторі;

– рухому $OXYZ$, що збігається з положенням спостерігача ТЗ у тривимірному просторі. В цій системі задаються розміри та напрям поля зору спостерігача;

– нерухому $OXeYe$, щоб задати положення площини проєкції (екрана) у системі $OXYZ$ для формування зображень ІО.

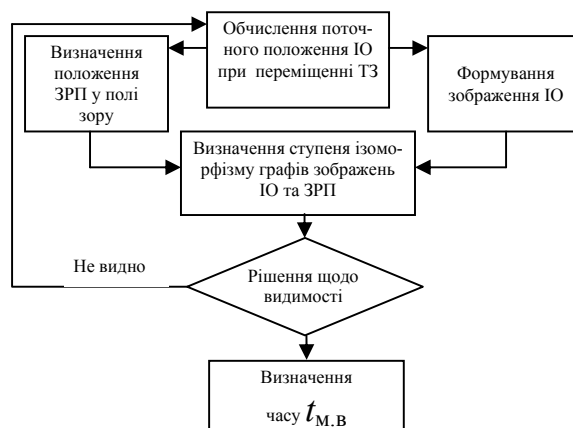


Рис. 2. Етапи імітаційного моделювання

Зображення ІО в системі $OXeYe$ формуються за допомогою алгоритмів машинної графіки шляхом обчислення положення ІО відносно ТЗ. Розмір ЗРП і напрям уваги спостерігача з рухомого ТЗ імітуються в модулях зорового аналізатора та окурушій системі.

Вибір випадкового місцеположення ЗРП у межах загального поля зору здійснюється алгоритмом, який імітує стрибок ока. Величина відхилення ЗРП від центра ЗЯВ у системі $OXeYe$ на кожній з осей OXe та OYe обчислюється згідно з нормальним законом розподілу випадкової величини. Центр ЗЯВ збігається з точкою, на яку спрямовано увагу погляду.

Розпізнання ІО виконують на підставі структурних методів опису зображень і розв'язання рішення задачі ізоморфізму графів.

У випадку часткового ізоморфізму графів для розпізнавання ІО використовують додатковий параметр, яким є величина площі взаємного перекриття зображень ІО та ЗРП. Застосування байєсівського правила розв'язання дозволяє встановити факт видимості ІО.

Підрахунок підсумкової кількості квантів $N_{м.в.}$, у яких ІО були видимі, дозволяє визначити час $t_{м.в}$ згідно з формулою

$$t_{м.в} = N_{м.в} t_k.$$

Результати моделювання

Програмну реалізацію модулів моделі зорового сприйняття та модулів імітації руху ТЗ виконано засобами математичного пакета MATLAB [24]. Як ІО вибрано щити розміром 3×6 м, установлені на висоті 4 м поруч з краєм автомобільної дороги. Траєкторія руху ТЗ прямолінійна, значення швидкості – 20, 40, 60 км/год, $t_k = 0,3$ с, $t_{\phi} = 0,12$ с.

Час $t_{м.в}$ обчислювали за різних початкових дальностей D_n появи ІО в полі зору спостерігача. Результати показано на рис. 3.

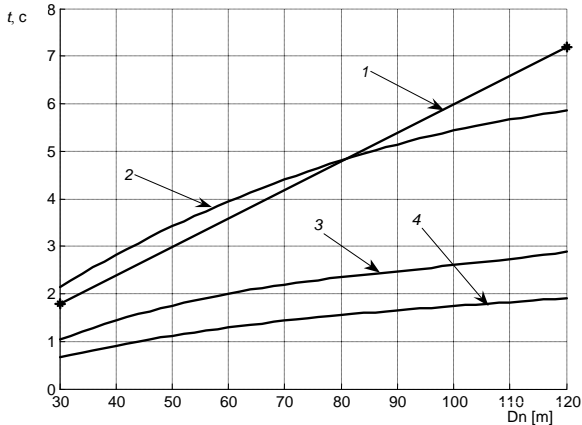


Рис. 3. Результати модулювання у разі зміни дальності появи ІО: 1 – загальний час сприйняття; 2, 3, 4 – $t_{м.в}$ за швидкостей 20, 40, 60 км/год

Аналіз форми кривих показує, що час $t_{м.в}$ має експоненціальну залежність від дальності появи ІО проти наявності лінійного закону змін загального часу сприйняття (крива 1, швидкість 60 км/год). Ця особливість дозволяє більш обґрунтовано вибирати значення дальності розташування ІО на конкретній ділянці дороги для забезпечення максимального часу сприйняття ІО.

Залежність часу $t_{м.в}$ від кута ALFA напряму погляду показано на рис. 4.

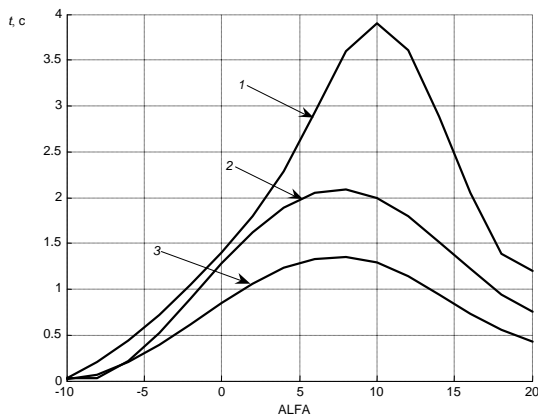


Рис. 4. Результати модулювання у разі зміни кута погляду ALFA в горизонтальній площині: 1, 2, 3 – $t_{м.в}$ за швидкостей 20, 40, 60 км/год

Аналіз форми кривих показує діапазон кутів, у межах яких значення часу $t_{м.в}$ максимальне. Указа-

ні значення діапазону дозволять визначити обсяг зорової інформації стосовно конкретної категорії спостерігачів, на прями уваги яких розрізняють, наприклад, водіїв і пасажирів.

Висновки

1. Уведення нового поняття “час можливої видимості” дозволило розробити модель зорового сприйняття, відмінною особливістю якої є наявність модулів, що імітують стрибкоподібний рух очей під час спостереження ІО як фонових елементів дорожньої обстановки.

2. Застосування методів імітаційного модулювання забезпечує отримання достовірних оцінок значень часу можливої видимості та може бути використано для обґрунтування обсягу зорової інформації, що наноситься на ІО дорожньої обстановки.

Література

1. Трофімов Ю. Л. Інженерна психологія: Підручник. – К.: Либідь, 2002–264 с.
2. Ложкин Г. В., Повякель Н. И. Практическая психология в системах “человек–техника”. –К.: МАУП, 2003.–295 с.
3. Душков Б.А., Королев А. В., Смирнов Б. А. Основы инженерной психологии: Учеб. для студ. вузов. – М.: Акад. проект. – Екатеринбург: Деловая кн., 2002. – 576 с.
4. Ванда В. Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации: 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1982. – 344 с.
5. Герасимов Б. М., Тарасов В. А., Токарев И. В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. АНУ, Ин-т кибернетики. им. В. М. Глушкова. – К.: Наук. думка, 1993. – 184 с.
6. Скрипеч А. В. Основы авіаційної інженерної психології: Навч. посіб. – К.: НАУ, 2002. – 532 с.
7. Мирошников М. М. Теоретические основы опико-электронных приборов: 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1983.– 696 с.
8. Завалишин Н. В., Мучник И. Б. Модели зрительного восприятия и алгоритмы анализа изображений. – М.: Наука, 1974. – 344 с.
9. Рубахин В. Ф. Психологические основы обработки первичной информации. – Л.: Наука, 1974. – 296 с.
10. Иванов Е. А., Фролов А. Я. Исследование зрительного опознания абстрактных моделей космических объектов // Исследование и моделирование деятельности человека-оператора / Отв. ред. Ю. М. Забродин. – М.: Наука, 1981. – С. 30–42.
11. Ганзен В. А. Восприятие целостных объектов. – М.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1974. – 153 с.

12. Лебедев А. Н. Частотные нейрофизиологические механизмы восприятия и памяти // Проблемы принятия решения. – М.: Наука, 1976. С. 232–239.
13. Инженерная психология. Теория, методология, практическое применение / Под ред. Б. Ф. Ломова. – М.: Наука, 1977. – 303 с.
14. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.
15. Инженерная психология в военном деле / Под общ. ред. Б. Ф. Ломова – М.: Воениздат, 1983. – 224 с.
16. Нотон Д., Старк Л. Восприятие. Механизмы и модели. Движение глаз и зрительное восприятие – М.: Мир, 1974. – 367 с.
17. Подвиги Н. Ф., Макаров Ф. Н., Шелепин Ю.Е. Элементы структурно-функциональной организации зрительно - глагодвигательной системы. – Л.: Наука, 1986. – 252 с.
18. Эргономика зрительной деятельности человека // В. В. Волков, А. В. Луизов, Б. В. Овчинников, Н. П. Травникова. – Л.: Машиностроение, 1989. – 112 с.
19. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977.– 317 с.
20. Дейвид Марр. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
21. Индлин Ю. А. Модель обучаемого наблюдателя в ситуации обнаружения и различения. // Проблемы принятия решения. – М.: Наука, 1976. – С. 56 – 77.
22. Забродин Ю. М. Процессы принятия решений на сенсорно-перцептивном уровне // Проблемы принятия решения. – М.: Наука, 1976. – С. 33 – 55.
23. Основы инженерной психологии: Учеб. пособие / Под ред. Б. Ф. Ломова – М.: Вышш. шк. 1977. – 335 с.
24. Иглин С. П. Математические расчеты на базе MATLAB. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 640 с.

Стаття надійшла до редакції 20.12.06.