

Таблиця 2

**Коефіцієнти розв'язувального правила якості виконання завдань
підтвердження мінімуму 2-ї категорії**

Номер ознаки	Ознака	Коефіцієнт розв'язувального правила					
1	V відриву колеса переднього стояка шасі	.2592	-.3976	.1559	-.0175		
4	H початку прибирання шасі	.0421	.3102	-.3524			
5	H початку прибирання механізації	-.2293	.4522	-.2228			
7	V кінця прибирання механізації	.0001	-.0637	-.1889	.2525		
9	V _{max} початку випуску механізації	.2054	-.2054				
10	Крен на 3-му розвороті	.0276	-.1994	.1718			
11	Крен на 4-му розвороті	.0001	.1970	-.1970			
13	V посадки	-.1019	.2410	-.2117	.0726		
14	N у посадки	.1196	.2086	-.4644	.1362	.0001	
15	L приземлення	-.1300	-.2259	-.0858	-.1475	.5892	.0001
16	Z приземлення	-.2925	.0117	-.0255	-.0685	.3748	
17	Крен максимальний на глісаді	.2407	-.1229	.2521	-.3699		
18	Межа по курсу	-.4086	4086				
21	V виходу	.0456	-.2320	.2694	-.0830		

Оцінка якості збудованого розв'язувального правила показує, що для всіх векторів 1-го класу значення функції W позитивні, другого – негативні. Таким чином, досягнуто повне розділення векторів вибірки на два класи.

Використану методику можливо рекомендувати для розробки систем контролю діяльності екіпажів інших типів ПС, а також операторів інших транспортних засобів.

Список літератури

1. Яцков Н.А. Основы построения автоматизированных систем контроля полетов воздушных судов: Учебник для вузов гражданской авиации. – К.: КИИГА, 1989. – 344 с.
2. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей / Под. ред. В.Н. Вапника. – М.: Наука, 1984. – 816 с.
3. Окунь Я. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.

Стаття надійшла до редакції 21.01.02.

УДК 629.735.072.8.08

С.В. Кузнецов

МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ АЕРОПОРТІВ У ІМІТАТОРАХ ВІЗУАЛЬНОГО ОТОЧЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ

Розглянуто моделювання світлосигнальних засобів аеропортів, можливі спрощення, засоби підвищення якості моделювання і зменшення коштовності моделювання завдяки урахуванню особливостей джерел світла, середовища і світлосприйняття людини.

Вступ. В авіаційних тренажерах модель оточуючого середовища складається з моделей поверхні Землі і наземних орієнтирів, атмосфери, зоряного неба, світлосигнальних систем та рухомих повітряних об'єктів неприродного походження. Моделювання світлосигнальних засобів і атмосфери є найбільш складною задачею.

Існуючі у світі системи комп'ютерного синтезу зображення найвищого класу вирішують проблему відтворення вогнів за допомогою коштовних каліграфічних систем, відображаючи яскраві точки. Це наближає процес моделювання вогнів до фізичного, дозволяє об-

минути алгоритмічне врахування іррадіації для випадку досить прозорої атмосфери. Ці системи забезпечують високий рівень яскравості та мають високу роздільну здатність, до 2048×2048 . До недоліків цих систем можна віднести складність та коштовність розробки, велику енергоємність, обмеження та складність моделювання вогнів при низькій прозорості атмосфери, необхідність накладення при відображенні растрового зображення та зображення каліграфічної системи. Наведені причини спричиняють необхідність переходу до растрових систем. До переваг растрових систем можна віднести меншу коштовність, більшу придатність для відображення фарбованих і текстурованих поверхонь складної форми.

Зменшення обсягів тренування на повітряному судні (ПС) за рахунок збільшення обсягів тренування на авіаційних тренажерах вимагає подальшого підвищення якості моделювання.

Загальні відомості. У реальному оточуючому середовищі у процесі сприйняття візуальної інформації беруть участь [1, с. 13-14]:

- джерела світла (первинні, вторинні – освітлені об'єкти, що відбивають світло і середовище);
- середовище, що поглинає, заломлює, розсіює промені світла;
- приймач зображення – людське око, що має апарати денного та нічного зору, які істотно відрізняються.

До характеристик джерел світла можна віднести [1; 2; 3]:

- яскравість (силу світла);
- колір (спектральний склад випромінювання);
- діаграму направленості;
- розміри джерел світла;
- розподіл яскравості по площі джерела світла;
- розташування (відносно близько до освітлюваних об'єктів або далеко);
- кутовий розмір безпосередньо джерела світла для поточної відстані спостереження (значно більше кутової роздільної здатності, перехідний розмір, менше кутової роздільної здатності ока).

Для типового середовища характерні багаторазове розсіювання світла у прозорих об'єктах, у т. ч. в атмосфері, багаторазове неізотропне відбивання світла від границь середовищ, у т. ч. від прозорих та непрозорих об'єктів, поляризація світла, неоднорідність та неізотропність середовища, наявність явища флуоресценції. Відбиття може бути як дифузним, так і дзеркальним, але частіше зустрічається їх поєднання. При загородженні об'єктами інших об'єктів від окремих джерел світла утворюються області затінення [3–6].

До характеристик середовища (атмосфери) можна віднести [1, с. 16-20], [2], [3]:

- прозорість атмосфери (концентрація та розмір часток в атмосфері, у т. ч. наявність крапель води та кристалів льоду, вологість, наявність вітру і турбулентних явищ), що характеризується показником розсіяння;
- коефіцієнт заломлення;
- загальну освітленість;
- яскравість атмосфери.

До характеристик ока можна віднести [2; 3; 7; 8]:

- світлочутливість та розподільну здатність (гостроту зору) окремо для рецепторів денного та нічного зору, враховуючи нелінійність розподільної здатності;
- стан зорового апарату (адаптація ока до світла або тіні, у т. ч. переважання сприйняття денним або нічним зором, осліплення).

На гостроту зору також впливають кисневе голодування, прискорення, вібрації, недосягання та швидкість руху.

Розглянемо випадок моделювання вогнів льотної смуги. Загальна кількість вогнів становить декілька тисяч, що вимагає розробки швидкодіючих алгоритмів їх синтезу.

Вогні літної смуги є вузько направленими вогнями прямої дії, тобто використовується не відбите іншими об'єктами світло, а прямі промені [1, с. 5]. При безпосередньому спостереженні вогню світлосигнальної системи виникає явище іррадіації, що зумовлює зріст видимого розміру випромінюючої точки [1, с. 41-42]. Це комплексне явище, яке враховує заломлення та розсіяння світла. Саме врахування наявності цього явища, хоча й ускладнює розробку моделі, але дозволяє істотно зменшити вимоги до системи відображення. Зменшення

3) моделі, що забезпечують високу швидкість і реалістичність за рахунок застосування спеціалізованого устаткування та спеціалізованих алгоритмів моделювання.

У моделі категорії 1 не враховуються або грубо наближаються діаграма направленості, розмір та розподіл яскравості по площі джерела світла. При моделюванні вогнів не виконується вимога відсутності похибок дискретизації (відсутність миготіння), не враховується суттєва відмінність сприйняття людським оком випромінюючих та невипромінюючих об'єктів. Вплив прозорості середовища розповсюдження променів не враховується або дуже грубо наближається. Середовище вважають ізотропним, однорідним, а багаторазове розсіювання, затухання та заломлення не враховують. Моделі непрозорих та напівпрозорих об'єктів представляються складеними з досить великих полігонів. Багаторазове відбиття світла не розглядають, що не дозволяє отримувати штатними засобами реалістичне дзеркальне відбиття. Відбиття в багатьох випадках розглядають як дифузне. Освітленість та колір розраховують для вершин полігонів, а потім виконують інтерполяцію по поверхні (метод Гуро).

У моделях категорії 2 використовують такі загальновідомі методи розрахунку освітленості, як пряме та зворотне трасування променів, метод випромінювання. Зафарбовування може виконуватися за методом Фонга або його модифікаціями. Такі системи використовують у кіноіндустрії, але вони в чистому вигляді не відповідають вимогам авіаційних імітаторів реального часу.

Засоби моделювання. Великосерійні системи апаратного обчислювання графічного конвеєра растрового типу загального призначення забезпечують обчислення найпростіших моделей (категорії 1), задовільну якість з точки зору детальності. Вони здатні відображати досить складні для реального масштабу часу моделі із задовільною швидкістю (до $25 \cdot 10^6$ трикутників на 1 с). Ці системи мають цілком задовільну якість накладання растрових зображень (текстур) на поверхню полігонів. Якість моделювання небагатьох (8–16–32) джерел світла та найпростіших видів неоднорідності атмосфери (припускаючи прямолінійне розповсюдження променів світла) швидко наближається до задовільної.

У той самий час ці системи не мають засобів моделювання анізотропної атмосфери з урахуванням нелінійності розповсюдження променів світла. Ці системи не мають засобів для моделювання багатьох джерел світла. Яскравість окремих точок залишається незадовільною.

Обчислювальні системи загального призначення, що застосовуються для відображення моделей категорії 2, коштують на декілька порядків більше та не здатні функціонувати у реальному масштабі часу.

Розробка алгоритмів для систем категорії 3 може бути обґрунтована тільки при ідеологічній відсутності можливості використання моделей категорії 2. Враховуючи можливості апаратного забезпечення, що за своєю ціною відповідають задачі подовження ресурсу існуючих авіаційних тренажерів, а також ідеологічну необхідність зменшення коштовності авіаційних тренажерів, за рахунок повного переходу на растрові системи отримуємо необхідність розробки нових алгоритмів моделювання вогнів світлосигнальних систем.

Основні проблеми та шляхи їх вирішення. Виходячи з наведеного, можна зазначити, що найбільшу складність при моделюванні вогнів аеропортів становить незадовільна яскравість окремих точок. Обмеження виникають на етапі відображення. При вирішенні цієї проблеми пропонується враховувати ефект іррадіації, що вимагає розробки відповідних алгоритмів. Відсутність миготіння також забезпечується завдяки урахуванню явища іррадіації. Основу проблеми моделювання ореольного ефекту та «світлової пелени» становить недостатнє вивчення цього явища. Грубо наближені оцінки можна отримати з наведеної літератури, а уточнення проводиться з використанням експертних оцінок.

З урахуванням цих факторів розробляється модель, елементи якої були перевірені на тренажері КТЛ Ту-154Б2 в Національному авіаційному університеті за участю інструкторського складу університету й УДУСЦ ЦА.

1. . . . , - .: . , 1979. - 120 .
2. . . . ; / ; . . - . - 1972.
3. - ., 1966. - 322 .
4. . . . (- .) . - .: . . . , 1977. - 368 .
5. - . , 1983.
6. - - : . , 1973.
7. . . . : . , 3- . http://ermak.cs.nstu.ru/kg_rivs/home.htm.
8. . - 2- . . . - .: . , 1980.
9. . - .: . , 1993.
10. . . - .: . , 1988.
11. *FAA Advisory Circular 120-40 - Airplane Simulator Qualification. 7/29/91. Change 2 - 6/9/93.*
12. . . . : . , - .: . , 1978.
13. *FAA Advisory Circular 150/5340-4 - Installation Details for Runway Centerline Touchdown Zone Lighting Systems. 5/6/75. (Consolidated reprint includes Changes 1 and 2),,*
14. *FAA Advisory Circular 150/5340-19. Taxiway Centerline Lighting System. 11/14/68.*
15. *FAA Advisory Circular 150/5340-24. Runway and Taxiway Edge Lighting System. 9/3/75. (Consolidated reprint includes Changes 1).*
16. *ICAO Annex 14 Aerodromes. Volume I Aerodrome Design and Operations. 3rd edition, incorporating Amendment 1-3. 1999, July. 222 p. No. AN14.*
17. *ICAO - VAP: . . Doc 9710. 1997.*

21.01.02.

621.391.82(024)

. . . , - . , . .
. . . , - . , . .
. . . , - . , . .
. . . , .

() , (), -
, . -
. -
, (, 0, (} , -
. /