

УДК 004.946

DOI: 10.46548/21vek-2022-1157-0001

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ КОМПЬЮТЕРНОГО ГЕНЕРАТОРА ИЗОБРАЖЕНИЯ ИМИТАТОРА ВИЗУАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЁРА

©2022

Козлов Андрей Юрьевич, доктор технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика»

Пензенский государственный университет

(440039, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: a89162@yandex.ru)

Чиркина Марина Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационно-вычислительные системы»

Кувшинова Ольга Александровна, аспирант кафедры «Информационно-вычислительные системы»

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

(440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mails: chm-77@mail.ru, oly791702@mail.ru)

Есимова Нурзипа Сапаровна, аспирант кафедры «Информационные системы и технологии»,

Пензенский государственный технологический университет

(440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: nurzipa.esimova@mail.ru)

Аннотация. Развитие науки и техники создало условия появления обучающих комплексов для профессиональной подготовки машинистов локомотивов, водителей автомобилей, судоводителей, пилотов летательных аппаратов. Из перечисленных обучающих комплексов наиболее развитыми являются авиационные тренажёры, разработанные для обучения лётчиков не только профессиональным навыкам управления летательного аппарата, но и самолётовождению. Решение задач обучения водителей и пилотов предполагает перемещение информационной модели транспортного средства в информационной модели внешней среды. Для формирования визуально наблюдаемой информационной трёхмерной модели внешней среды через стекло кабины тренажёра применяются специальные системы, называемые «Имитатор визуальной обстановки». В их состав входит специализированная программно-техническая система, названная «Компьютерный генератор изображения». Его назначение – синтез с использованием методов машинной графики в режиме реального времени на экране 2D-проекции части информационной модели внешней среды, попавшей в камеру наблюдения. В качестве исходной информации используются видимые и управляющие примитивы, полностью описывающие все 3D-модели объектов, расположенные по всей модели района полётов размером 1500×1500 км. Модель района полётов большая, а видна в каждый момент времени только незначительная её часть. Поэтому на первой стадии обработки базы данных компьютерного генератора изображения проводится отсев, или исключение из процесса синтеза информации, которая в данный момент времени не востребована. Авторами статьи рассмотрены требования к структурам баз данных имитаторов визуальной обстановки. Полученные выводы могут быть использованы и для других имитаторов синтезирующих визуально наблюдаемые модели объектов внешней среды, видимых через имитатор тепловизора или через имитатор радиолокатора.

Ключевые слова: имитаторы авиационного тренажёра, информация для решения навигационных задач, Big Data.

THE STRUCTURE OF THE DATABASE OF THE COMPUTER GENERATOR OF THE IMAGE OF THE SIMULATOR OF THE VISUAL ENVIRONMENT OF THE AVIATION SIMULATOR

© 2022

Kozlov Andrey Yurievich, doctor of technical sciences,
associate professor of the department of Automation and Telemechanics

Penza State University

(440039, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: a89162@yandex.ru)

Chirkina Marina Alexandrovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department of Information Computing Systems

Kuvshinova Olga Alexandrovna, postgraduate student of the department of Information Computing Systems

Penza State University of Architecture and Construction

(440028, Penza, German Titov St., 28, e-mails: chm-77@mail.ru, oly791702@mail.ru)

Esimova Nurzipa Saparovna, postgraduate student of the department of Information systems and technologies,

Penza State Technological University

(440039, Penza, Baidukova passage / Gagarin street, 1a/11, e-mail: nurzipa.esimova@mail.ru)

Abstract. The development of science and technology has created the conditions for the emergence of training complexes for the professional training of locomotive drivers, car drivers, navigators, and aircraft pilots. Of these training complexes, the most developed are aviation simulators designed to train pilots not only in professional aircraft control skills, but also in aircraft navigation. Solving the problems of training drivers and pilots involves moving the information model of the vehicle in the information model of the external environment. To form a visually observed informational three-dimensional model of the external environment through the glass of the simulator cabin, special systems are

used called the "Visual Environment Simulator". They include a specialized software and hardware system called "Computer Image Generator". Its purpose is a synthesis using computer graphics methods in real time on the screen of a 2D-projection of a part of the information model of the external environment that has fallen into the surveillance camera. As initial information, visible and control primitives are used, which fully describe all 3D-models of objects located throughout the model of the flight area with a size of 1500×1500 km. The model of the flight area is large, and only a small part of it is visible at any given time. Therefore, at the first stage of processing the database of a computer image generator, screening or exclusion from the synthesis process of information that is not in demand at a given time is carried out. The authors of the article considered the requirements for the database structures of visual environment simulators. The findings can also be used for other simulators that synthesize visually observed models of environmental objects visible through a thermal imager simulator or through a radar simulator.

Keywords: aviation simulator simulators, information for solving navigation tasks, *Big Data*.

Введение. Обработка информации в режиме реального времени с извлечением исходных данных из баз данных всегда предполагает использование методов *Big Data* [1]. В частности, такая задача ставится при разработке авиационных тренажёров, позволяющих лётчикам летать над узнаваемой моделью выбранного района полётов размером 1500×1500 км [2]. Современное развитие науки и техники создало условия для синтеза визуально наблюдаемой модели пространства, окружающего подвижные кабины моделей транспортных средств. Это обучающие комплексы для профессиональной подготовки машинистов локомотивов [3], водителей автомобилей [4], судоводителей [5], пилотов летательных аппаратов [6]. Наиболее развитыми являются авиационные тренажёры [7] разработанные для обучения лётчиков не только профессиональным навыкам управления летательного аппарата, но и самолётовождению [8].

Решение задач обучения водителей и пилотов предполагает перемещение модели транспортного средства в модели внешней среды [9]. Для формирования трёхмерного изображения внешней среды наблюдаемой через стекло кабины тренажёра разработаны специальные системы, называемые «Имитатор визуальной обстановки» [10]. В их состав входят компьютерные генераторы изображения, синтезирующие на плоском экране часть модели внешней среды, попавшей в камеру наблюдения.

Синтез в режиме реального времени изображения на экране проводится методами машинной графики [11]. В качестве исходной информации используются видимые и управляющие примитивы. Видимые примитивы используются для синтеза наблюдаемой 3D-модели объекта, а управляющие примитивы используются для решения задач взаимозакрываемости (при подвижном наблюдателе) [12]. Отсев части модели внешней среды происходит, не попавшей в камеру наблюдения [13] или находящейся в зоне видимости расположенных в ней 3D-моделей [14]. Исключение из процесса синтеза информации, которая в данный момент времени не востребована осуществляется методами *Big Data* [15], за счёт использования структурированной базы данных [16] компьютерного генератора изображения [17]. Литературный обзор показал, что использование структурированной базы данных [18] позволяет:

– во-первых, проводить обучение на узнаваемой

модели местности большого размера [19]. Для авиационных тренажёров Заказчик требует обеспечить полёт над моделью района размером 1500×1500 км [20];

– во-вторых, распределять ресурсы компьютерного генератора изображения [21] для получения изображения, насыщенного моделями реперных объектов [22] обеспечивающих возможность решать навигационные задачи по визуальным ориентирам.

Авторами статьи рассмотрены требования к структурам баз данных имитаторов визуальной обстановки авиационных тренажёров как наиболее развитой обучающей системы [23]. Полученные выводы могут быть использованы и для других обучающих систем.

Целью статьи является исследование структур баз данных компьютерного генератора изображения позволяющих решать две противоречивые задачи. Первая задача – обеспечить возможность решения навигационных задач, связанных с визуальной ориентировкой по наблюдаемым 3D-моделям реперных объектов [24], при любой траектории полёта на авиационном тренажёре над моделью узнаваемого района полётов размером 1500×1500 км (что предполагает хранение большого числа исходных данных для синтеза видимых из кабины 3D-моделей реперных объектов, при этом чем больше моделей таких объектов – тем лучше решается задача моделирования узнаваемого района полётов). Вторая задача – обеспечить выполнение режима реального времени (цикл 80 мсек) [24], что предполагает обработку за каждый цикл режима реального времени ограниченного числа 3D-моделей. Решить эти противоречивые задачи предлагается за счёт использования специальной структуры базы данных компьютерного генератора изображения имитатора.

Материалы и результаты исследования. База данных в имитаторе визуальной обстановки обрабатывается программно-технической системой «Компьютерный генератор изображения». За каждый такт режима реального времени последовательно выполняются четыре процесса.

Во время выполнения первого «сценарного процесса» обрабатывается вся база данных с целью отбора той информации, обработка которой позволит синтезировать видимой в данный момент времени часть модели района полётов.

Во время выполнения второго «геометрического

процесса» синтезируется на плоскости, совмещённой с экраном монитора, 2D-проекция примерного вида части района полётов, который должен в данный момент времени должен видеть лётчик.

Во время выполнения третьего «клипперного процесса» «обрезаются» части моделей 3D-объектов, которые не вмещаются в прямоугольник экрана монитора.

Во время выполнения четвёртого «видео процесса» математическая модель 2D-проекции той части модели района, которая в данный момент времени

должна быть видна, преобразуется в сигналы RGB которые высвечивают на физической плоскости экрана монитора требуемое изображение.

Три последних процесса выполняются по алгоритмам машинной графики и не предполагают увеличения, или уменьшения числа обрабатываемых 3D-моделей.

Первый процесс ориентирован на обработку базы данных, в которой «упакована» вся информация о моделях 3D-объектов модели района полётов, приведённого на рисунке 1.

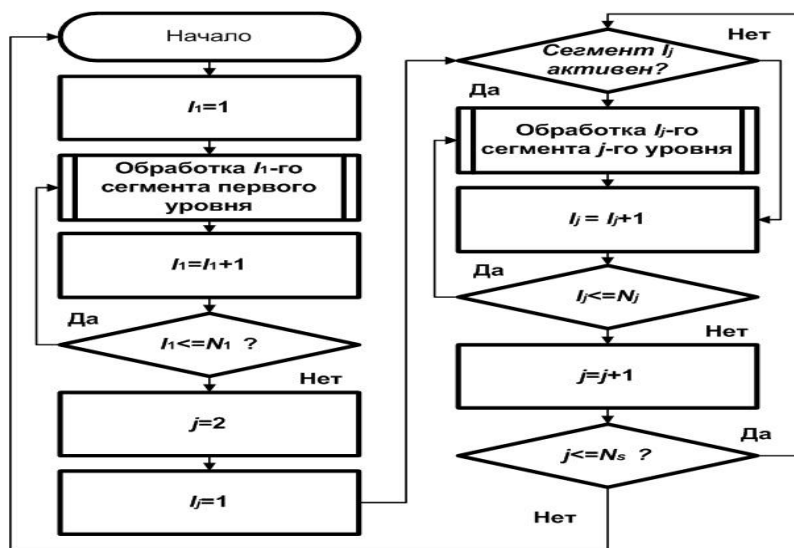


Рисунок 1 – Схема выполнения сценарного процесса, обрабатывающего структурированную базу данных с целью выяснения активных сегментов информации

В настоящее время не существует компьютерных генераторов изображения способных последовательно обработать все примитивы, из которых набраны модели 3D-объектов модели района полётов. В то же время в каждый цикл режима реального времени, определяемого в 80 мсек, необходимо синтезировать изображение ограниченного участка модели района полётов, видимой в данный момент времени из кабины. Для этого вся модель района полётов разбивается на сегменты – модели участков поверхности с 3D-моделями объектов. Каждый S_i сегмент заключён в «охватывающую сферу» – выпуклый многоугольник стороны которого без просветов граничат со сторонами таких же многоугольников. Целью работы сценарного процесса отобрать только те сегменты, которые в данный момент времени должны быть активизированы, другие сегменты должны быть отсеяны. Для этого сегменты в базе данных описаны специальными операторами, позволяющими при первоначальном обходе перебрать все сегменты и отобрать те из них, которые лежат от наблюдателя ближе всего (на заданной дистанции). Вся модель района полётов I_j делится на сегменты первого уровня $I_m = \bigcup_{i=1}^h I_{k1}$ числом I_j . Каждый сегмент первого уровня $I_{m2} = \bigcup_{j=2}^h I_{2j}$ может делиться на сегменты второго уровня. При этом на какое число сегментов второго уровня может делиться конкретный сегмент первого уровня I_{mi} зависит от необходимости создать

узнаваемую модель земной поверхности (есть разница как моделировать море и как моделировать город). Каждый сегмент второго уровня I_{2i} может делиться на сегменты третьего уровня I_{3i} и т.д. Условия деления каждого сегмента более высокого уровня на сегменты более низкого сегмента зависят от задач, поставленных Заказчиком перед обучающим комплексом.

Нахождение оптимального числа делений модели района полётов на сегменты разного уровня является сложной задачей. В настоящее время практически во всех авиационных тренажёрах принято делить модель района полётов на четыре типа сегментов, что было связано с разработкой канадским концерном CAE (длительное время бывшим мировым лидером авиационного тренажёростроения). Компьютерные генераторы, обеспечивающие обучение лётчиков визуальной посадке на узнаваемую модель взлетно-посадочной полосы конкретного аэродрома и обучение управлению моделью летательного аппарата при движении по узнаваемым рулёмным дорожкам этого аэродрома. Следствием такого подхода являлась разработка структуры базы данных, каждый сегмент представлялся в виде плоской фигуры «прямоугольный треугольник». Этого было достаточно для обучения лётчика пилотированию летательного аппарата и решению навигационных задач при визуальной посадке на модель взлетно-посадочной полосы. При этом основной характеристикой компьютерных гене-

раторов изображения являлось число обрабатываемых примитивов.

Сейчас для подготовки водителей транспортных средств всё более актуально становится задача обучения лётчика и водителя решению задач, связанных с визуальной ориентировкой в пространстве. Это требует иного подхода к разработке структуры базы данных. Если следовать принципу «горизонтальной масштабируемости» *Big Data*, то копирование подходов для обучения лётчика пилотирования визуальной посадки на модель взлетно-посадочной полосы и для создания баз данных, позволяющих обеспечить непрерывную визуализацию модели внешней среды. При произвольном движении модели транспортного средства в модели внешней среды неизбежно приводит к неприемлемому результату – время обработки баз данных превышает заданный цикл режима реального времени, а также недостаточной насыщенности моделями реперных объектов наблюдаемой части района полётов. При этом существующие методы разработки структуры баз данных не ориентированы на их использование в режиме реального времени. Главное отличие при обработке баз данных компьютерными генераторами изображения, необходимо учитывать время обработки самой базы данных, а именно: время выбора на первом этапе активных сегментов первого уровня, а затем время выбора из активных сегментов второго уровня активных сегментов третьего уровня и т.д. Для этого необходимо перейти от принятого сейчас учёта производительности компьютерных генераторов изображения, на максимальное число визуальных примитивов типа «3D-полигон» к учёту возможного числа обрабатываемых примитивов разного типа с учётом времени необходимого на обработку баз данных.

Заключение. Анализ известных баз данных для компьютерных генераторов изображения имитаторов визуальной обстановки тренажёров, где в режиме реального времени синтезируется внешний вид модели пространства, видимого через остекление кабины тренажёра подготовки водителей транспортных средств, включая лётчиков, машинистов локомотивов и судоводителей показал:

1. При структурировании базы данных является исключением на этапе сценарного процесса сегментов базы данных с содержащимися в них моделями 3D-объектов, которые в данный момент времени не видны лётчику.

2. Каждая модель одного и того же 3D-объекта отличается от другой по числу визуальных примитивов, используемых для её синтеза.

3. Для расчёта времени обработки базы данных целесообразно использовать допустимое время обработки всех сегментов и зная время обработки примитивов указывать сколько примитивов могут располагаться в каждом сегменте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. <https://habr.com/ru/post/267361/> (дата обращения 15.12.2021).

2. Roganov V., Mikheev M., Esimova N., Babich M., Butaev M., Kukuchkina O. "On the assessment of the image model of 3D models synthesized by optical-software-technical systems" // Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2020 - Proceedings. 2020. – pp. 9067481.

3. Roganov V., Roganova E., Glebova T. Requirements for optical-hardware-software systems for modeling three-dimensional visually observable space for training simulators for locomotives//2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018. 2018. – pp. 8602860.

4. Роганов В.Р., Герасимова А.В., Роганова Э.В., Глебова Т.А. Требования к оптико-аппаратно-программным системам моделирования трехмерного визуально наблюдаемого пространства для тренажеров подготовки машинистов локомотивов//Современные информационные технологии. 2019. № 29. – С. 78-82.

5. Гришина Ю.С., Роганов В.Р. Расширение списка задач обучения лётчиков при полётах на авиационных тренажёрах//В сборнике: Перспективные направления развития отечественных информационных технологий. Материалы III межрегиональной научно-практической конференции. Научный редактор Б.В. Соколов. 2017. С. 135-137.

6. Роганов В.Р. By solving the problem of providing the necessary quality of the model of the surrounding space//Современные информационные технологии. 2015. № 22. – С. 7-13.

7. Годунов А.И., Петухов М.В., Роганов В.Р. Обработка информационных потоков в авиационных тренажерах//Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент. 1997. № 2. – С. 37.

8. Roganov V., Esimova N., Kuvshinova O., Lavendels J. 3D systems that imitate visually observable objects to train a person's ability to visually determine distance to a selected object// Proceedings - 2019 21st International Conference "Complex Systems: Control and Modeling Problems", CSCMP 2019. 2019. – pp. 600-603.

9. Roganov V.R., Kuvshinova O.A., Grintsov D.M. To issue of semiotic component visible for pilot of space model beyond cabin of aircraft simulator//В сборнике: Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020). Lecture notes in mechanical engineering. Chelyabinsk, 2021. – pp. 420-428.

10. Vyatkin S.I., Dolgovesov B.S. Combined method of visualization of functionally defined surfaces and three-dimensional textures//Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2019. Vol. 55. N 2. – pp. 172-180.

11. Nechai T., Korop G., Roganov V., Roganova E., Chirkina M. Information and computing system for planning of management of railway stations of industrial enterprises// Advances in social science, education and humanities research. Proceedings of the International Conference Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2018). 2019. – pp. 246-251.

12. Роганов В.Р., Кувшинова О.А., Гринцов Д.М. К вопросу о семиотической составляющей видимой для лётчика модели пространства за кабиной авиационного тренажёра//В сборнике: Пром-Инжиниринг. труды VI Всероссийской научно-технической конференции. Челябинск, 2020. – С. 63-67.

13. Пылов П.А., Протождяконов А.В. Deviation in the Big Data and its visualization//Инновации. Наука. Образование. 2021. № 30. – С. 712-717.

14. Роганов В.Р., Роганова Э.В., Игонин О.О. Построение подстилающих поверхностей для размещения моделей реальных объектов в моделях реальной местности при фиксированных точках расположения наблюдателя//Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2008. № 1-2 (11). – С. 119-126.

15. Vyatkin S.I., Dolgovesov B.S. Compression of geometric data with the use of perturbation functions//Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2018. Vol. 54. N 4. pp. 1.

16. Stroo D.M.G. Big insight: visualisation in relation to business intelligence, Big Data and Data Science//Big Data and Advanced Analytics. 2015. N 1. – pp. 77-87.

17. Roganov V.R., Kuvshinova O.A., Asmolova E.A., Esimova N.S., Omirbekov R.U., Aidarbek G.K. The task of increasing the number of training situations as one of the areas for improving the ergatic software and hardware systems aviation simulator// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021,

1061(1), 012014

18. Morozov B.B., Dolgovesov B.S., Mazurok B.S., Gorodilov M.A. Constructing distributed multimedia virtual environment with multichannel visualization of media data on graphic accelerators//Programming and Computer Software. 2014. Vol. 40. N 4. – pp. 193-198.

19. Пылов П.А., Протоdjяконов А.В. Visualization of Big Data on various correlation graphs//Инновации. Наука. Образование. 2021. № 30. – С. 730-736.

20. Vasenin V., Zanchurin M., Zenzinov A., Korshunov A., Krivchikov M., Roganov V., Shachnev D. Automation in complex software systems lifecycle for 'Istina' data analysis system//Proceedings - 2019 Actual Problems of Systems and Software Engineering, APSSE 2019. 2019. – pp. 103-108.

21. Роганов В.Р., Петряева З.В., Четвергова М.В. Программный модуль обработки исходных данных для составления общего списка реперных объектов для включения их в моделируемые сцены визуализации имитаторов авиационного тренажера//Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020616156, 11.06.2020. Заявка № 2020615418 от 28.05.2020

22. Зубов Н.П. Концепция разработки и применения учебного командного пункта в составе тренажерно-моделирующего комплекса тактической подготовки личного состава авиационной группы оперативно-тактической авиации//Вестник Академии военных наук. 2013. № 2 (43). – С. 120-127.

23. Роганов В.Р., Кувшинова О.А., Четвергова М.В. Программный модуль сортировки названий реперных объектов для формирования тезауруса реперных объектов трёх сцен имитаторов, синтезирующих изображение местности, видимое через остекление кабины авиационного тренажера, на экране имитатора радиолокатора и на экране имитатора тепловизора//Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020616157, 11.06.2020. Заявка № 2020615419 от 28.05.2020.

24. Роганов В.Р., Филиппенко В.О., Асмолова Е.А., Михеев М.Ю. Расширение списка задач обучения на авиационном тренажере при полётах в режиме постоянной видимости земли// Современные информационные технологии. – 2016. – № 24. – С. 49-55.

Статья поступила в редакцию 25.01.2022

Статья принята к публикации 10.03.2022