

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ХАДІ АКРАМ ХАБ РАМАН

УДК 624.943: 004.22

ДИСЕРТАЦІЯ
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФОРМ
ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ФОТОГРАММЕТРИЧНИМИ
СИГНАЛАМИ ЇХ ПОДАННЯ

17 Електроніка та телекомунікації

172 Телекомунікації та радіотехніка

Подається на здобуття наукового ступеню PhD. Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Х. А. Хаб Раман

Науковий керівник: Мозговий Дмитро Костянтинович, кандидат технічних наук,
доцент

Дніпро – 2021

АНОТАЦІЯ

ХАДІ АКРАМ ХАБ РАМАН. Інформаційна технологія реконструкції форм просторових об'єктів за фотограмметричними сигналами їх подання.
– Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня PhD (доктора філософії) за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2021.

На сьогодні одним із ключових напрямків досліджень у галузі телекомунікацій є завдання стиснення даних для забезпечення їхньої ефективної передачі по каналах зв'язку, які мають обмежену пропускну здатність.

Для вирішення цього завдання необхідно розробляти високоефективні методи і алгоритми зменшення надмірності вихідних даних, які передаються по каналах зв'язку.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого і актуального питання у галузі сучасних телекомунікаційних систем - розробленню методики, математичних моделей та ефективних технологій формування та зменшення надмірності тривимірних зображень, які передаються по каналах зв'язку.

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу у галузі моделювання – запропоновано дискретну матричну модель (ДММ) подання просторових об'єктів для задач синтезу, реконструкції і аналізу їх форми. Модель побудовано на основі дискретних даних про об'єкт, якими, наприклад, є растрові зображення або дані з просторових сканерів. На відміну від подібних воксельних моделей, матричні моделі описують не об'єм, а поверхні об'єктів і зберігаючи перевали воксельних моделей, такі як простота і регулярність структури, усувають властиву їм надмірність. У роботі показано, що, зберігаючи інформацію про форму, достатню для

візуалізації об'єкта, матрична модель може займати в 4-8 разів менший об'єм пам'яті порівняно з воксельною (порівняння проводилося для моделей у форматі VOX пакета MagicaVoxel). Встановлено умови, за яких матрична модель залишається економнішою за воксельну і показано, що ці умови виконуються для практично значимих випадків.

У процесі виконання роботи вперше отримано такі наукові результати.

У дисертаційній роботі запропоновано методику доступних і недорогих технологій формування тривимірних зображень багатоповерхових будівель, в якій для визначення висоти будівлі використовуються супутникові знімки надвисокої просторової роздільної здатності.

У дисертаційній роботі було вирішено важливу науково - практичну задачу в області зменшення надмірності тривимірних зображень - запропоновано дискретну матричну модель представлення просторових об'єктів, яка дозволяє істотно зменшити розмір файлів, що передаються по каналах зв'язку.

Також результатом представленої роботи є побудована матрична модель, яка, також як і існуючі воксельні моделі, ґрунтуючись на дискретності вихідних даних про об'єкт, на відміну від останніх, враховує тільки форму поверхні просторового тіла і тим самим усуває надмірність, пов'язану з необхідністю зберігання інформації про об'єм об'єкта.

ДММ визначає форму об'єкта, описуючи його поверхню набором відстаней до габаритного контейнера і замінює тривимірний масив вокселів на шість матриць рельєфу. Завдяки цьому зберігається дискретне представлення поверхні об'єкта, але загальний обсяг елементів моделі скорочується.

Для можливості адаптації моделі під конкретні набори вихідних даних розроблено узагальнену процедуру редискретизації вихідного

масиву, яка не залежить від його розмірності. Показано, як вона застосовується для двовимірного випадку матриць рельєфу ДММ. Встановлено факт впливу редискретизації матриць рельєфу на їх значення, що вимагає їхнього відповідного реквантування.

Маніпуляції з моделями можуть призводити до порушення їхньої цілісності. Для контролю цілісності ДММ, при порушенні якої відновлення форми об'єкта стає неможливим, отримано умови цілісності. Показано, що використання даних умов у практично значущих випадках (коли число елементів моделі більше 15) вимагає перегляду меншої кількості елементів даних, ніж пряме зіставлення ДММ з ВМ.

Порівняння запропонованої матричної моделі для представлення тих просторових об'єктів, що й воксельні моделі у форматі VOX, використовуваному в пакеті MagicaVoxel, підтверджує їхню економічність. Залежно від конкретної форми, ДМ вимагає об'єму пам'яті, який в 4-8 разів менше, ніж для ВМ.

До обмежень запропонованої моделі належить відсутність урахування прозорості, що долається у воксельних моделях шляхом використання вокселей різної оптичної щільності. Дане питання потребує опрацювання в подальших дослідженнях.

Також природним обмеженням запропонованої моделі є можлива втрата інформації про частини поверхні просторового об'єкта в разі, якщо вона має більше однієї проекції на межі габаритного контейнера. Однак це обмеження не є критичним у додатках, на які орієнтована ДММ, а саме там, де використовується видима зовнішньому спостерігачеві частина поверхні об'єкта.

Крім того, на даний момент немає процедури візуалізації просторових форм безпосередньо на основі ДММ. Для цього використовується перехід до ВМ з подальшим застосуванням специфічних для неї методів

візуалізації (як, наприклад, метод Marching Cubes і його модифікації, що широко застосовуються в комп'ютерній томографії).

У результаті, одним із напрямків майбутніх досліджень є знаходження ефективного перетворення матричної моделі в опис форми на підставі графічних примітивів сучасних систем моделювання (наприклад, Blender) або бібліотек візуалізації (наприклад, OpenGL). Крім того, вивчення вимагають перспективи використання запропонованої ДММ у додатках, що використовують аналіз поверхні об'єктів для їхньої реконструкції та ідентифікації.

Ключові слова: супутникова фотозйомка, воксельна модель, матрична модель, тривимірні об'єкти, реконструкція форми, редискретизація, усунення надмірності.

ABSTRACT

HADI AKRAM HAB RAMAN. Information technology of reconstruction of forms of spatial objects on photogrammetric signals and their representation. - On the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of PhD (Doctor of Philosophy) in the specialty 172 "Telecommunications and radio engineering" Dnipro National University Oles Honchar, 2021.

Today, one of the key areas of research in the field of telecommunications is the task of compressing multidimensional data sets to ensure their efficient transmission over communication channels that have limited bandwidth.

To solve this problem, it is necessary to develop highly effective methods and algorithms for reducing the redundancy of multidimensional data arrays transmitted over communication channels.

The dissertation work is devoted to the decision of an important and actual question in the field of modern telecommunication systems - to development of a technique, mathematical models and effective technologies of formation and reduction of redundancy of the three-dimensional images which are transferred on communication channels.

In the dissertation the important scientific and practical problem in is solved branches of modeling - The discrete matrix model of representation of spatial objects for problems of synthesis, reconstruction and the analysis of their form is offered. The model is based on discrete data about the object which, for example, are raster images or readings of spatial scanners. In contrast to such voxel models, matrix models do not describe the volume but the surface of objects, and while maintaining the advantages of voxel models, such as simplicity and regularity of structure, eliminate their inherent redundancy. It is shown that by storing information about the form sufficient for object visualization, the matrix model can occupy 4-8 times less memory compared to

voxel (the comparison was made for models in the VOX format of the MagicaVoxel package). The conditions under which the matrix model remains more economical than the voxel model is established, and it is shown that these conditions are fulfilled for practically significant cases.

In the process of performing the work for the first time the following scientific results were obtained.

In the dissertation work the technique of accessible and inexpensive technologies of formation of three-dimensional images of multistory buildings in which for definition of height of the building is offered, ultra-high spatial resolution satellite images are used.

In the dissertation work the important scientific and practical problem in the field of reduction of redundancy of three-dimensional images was solved - the discrete matrix model of representation of spatial objects which allows to reduce the size of the files transferred on communication channels is offered.

Also, the result of the presented work is a matrix model, which, as well as existing voxel models, based on the discreteness of the original data about the object and their simplicity, in contrast to the latter, takes into account only the surface shape of the spatial body and thus eliminates redundancy. associated with the need to store information about the volume of the object.

DMM determines the shape of the object, describing its surface by many distances to the dimensional container and replaces the three-dimensional array of voxels with six relief matrices. This preserves the discrete representation of the object's surface, but reduces the total amount of model elements.

To be able to adapt the model to specific sets of source data, a generalized rediscrction procedure of the source array has been developed, which does not depend on its dimension. It is shown how it is applied to the two-dimensional case of DMM relief matrices. The fact of influence of re-discretization of relief matrices on their value is established. that demands their corresponding requantization.

Manipulation of models can lead to a violation of their integrity. To control the integrity of the DMM, in violation of which the restoration of the shape of the object becomes impossible, the conditions are obtained. It is shown that the use of these conditions in practically significant cases (when the number of model elements is more than 15) requires the review of fewer data elements than the direct comparison of DMM with VM.

Comparison of the proposed matrix model to represent those spatial objects as voxel models in VOX format used in the MagicaVoxel package, confirms their cost-effectiveness. Depending on the specific form, DM requires a memory volume that is 4-8 times less than for VM.

The limitations of the proposed model include the lack of accounting for transparency, which is overcome in voxel models by using voxels of different optical densities. This issue needs to be addressed in further research.

Also, a natural limitation of the proposed model is the possible loss of information about parts of the surface of the spatial object, if it has more than one projection on the boundary of the dimensional container. However, this limitation is not critical in DMM-targeted applications, namely where part of the object's surface visible to the outside observer is used.

In addition, there is currently no procedure for visualizing spatial forms directly based on DMM. To do this, use the transition to VM with the subsequent use of specific imaging methods (such as the Marching Cubes method and its modifications are widely used in computed tomography).

As a result, one of the areas of future research is to find an effective transformation of the matrix model into a description of the form based on graphical primitives of modern modeling systems (by the way, Blender) or visualization libraries (by the way, OpenGL).

In addition, the studies require the prospects of using the proposed DMM in applications that use the analysis of the surface of objects for their reconstruction and identification.

Key words: satellite photography of voxel model, matrix model, three-dimensional objects, shape reconstruction, rediscretion, redundancy elimination.