

GRZEGORZ LENDA

## **Rozwinięcie metod tworzenia funkcji sklejaných w aspekcie budowy modeli na podstawie danych dyskretných**

### **Streszczenie**

Tematyka przedstawiona w pracy związana jest z zastosowaniem funkcji sklejaných do tworzenia modeli obiektów, których reprezentacja ma charakter dyskretny. Ujęcie problemu zostało ukierunkowane na przypadki, w których końcowe efekty przybliżeń mogą budzić wątpliwości, zarówno z dokładnościowego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. Funkcje sklejané stanowią efektywne narzędzie w zakresie projektowania kształtu nowych obiektów. Pozwalają również na precyzyjny opis inwentaryzowanych powierzchni, pod warunkiem dostarczenia danych o odpowiedniej rozdzielczości. Specyfika pomiarów geodezyjnych, niejednokrotnie wyklucza możliwość uzyskania wystarczająco gęstej siatki regularnie rozłożonych obserwacji obiektu, co zawsze wiąże się ze spadkiem dokładności przybliżeń uzyskiwanych za pomocą *splajnów*. Z drugiej strony, zbiory danych o dużej liczebności, negatywnie wpływają na czas tworzenia i późniejszego przetwarzania powierzchni sklejaných. Problematyka modelowania obiektów z wykorzystaniem danych dyskretných, stanowi złożone zagadnienie, które wymaga różnokierunkowego rozwoju metod tworzenia funkcji sklejaných. W pracy przedstawiono rozważania i propozycje autora, zmierzające do spełnienia tych wymagań. Wobec braku możliwości ścisłego sprecyzowania niektórych założeń i celów, było to niekiedy zadanie trudne i subiektywne.

Tekst pracy został podzielony na cztery autonomiczne działy, związane z następującą tematyką : modyfikacje metod tworzenia funkcji sklejaných, wspomaganie funkcji sklejaných przez inne metody aproksymacji, tworzenie modeli obiektów reprezentowanych przez liczne zbiory punktów, wykorzystanie funkcji sklejaných jako pośredniego narzędzia aproksymacji. Teorię związaną z podstawami tworzenia funkcji sklejaných ograniczono w pracy do minimum, ponieważ na rynku wydawniczym znajduje się już wystarczająca liczba pozycji poświęconych tej tematyce.

W zakresie pierwszego, teoretycznego działu, ingerującego w proces tworzenia funkcji sklejaných, opracowano nowe metody: parametryzacji, wagowania wymierných funkcji NURBS oraz lokalnego ograniczania klasy połączeń *splajnu*. Metody te mogą być użyteczne do opisu obiektów mierzonych z umiarkowaną gęstością i równomiernością, o różnym stopniu zakrzywienia i zmienných wymaganiach co do ciągłości połączeń.

Wspomaganie funkcji sklejanych za pomocą innych metod przybliżeń, związane jest z postulatem redukcji zafalowań *splajnu*, powstałych w rejonach nieregularności i luk w zbiorze obserwacji. Zaproponowano wykorzystanie czterech metod umożliwiających generowanie pseudoobserwacji pomocniczych, zapobiegających zafalowaniom: kriging, krzywe wielomianowe, powierzchnie Coonsa oraz Gordona. Na podstawie badań testowych, wyłoniono spośród nich metody przynoszące najlepsze wyniki dokładnościowe.

Problematyka opisu obiektów reprezentowanych przez liczne zbiory punktów, dotyczy budowy modeli na podstawie danych pochodzących ze skaningu laserowego. Tworzenie interpolacyjnych powierzchni sklejanych przy użyciu kompletnych chmur punktów nie ma uzasadnienia ekonomicznego. W pracy zaproponowano algorytm rozgęszczania obserwacji, pozwalający na wybór punktów regularnie rozłożonych na powierzchniach wybranych obiektów powłokowych. Regularny rozkład jest natomiast czynnikiem decydującym o dokładności przybliżeń uzyskanych za pomocą powierzchni sklejanych.

Funkcje sklepane mogą również pełnić zadania pomocnicze, przy rozwiązywaniu bardziej złożonych problemów niż zastępowanie danych dyskretnych modelami ciągłymi. W czwartym dziale zwrócono uwagę na niektóre charakterystyczne własności *splajnów*, wykorzystanych w zadaniach związanych z użyciem normalnych oraz stycznych do obiektu. W rozdziale tym przeprowadzono również szczegółowe testy porównujące dokładność powierzchni sklejanych tworzonych za pomocą metod interpolacji i aproksymacji.

Kolejność rozdziałów ustalono na podstawie trzech przesłanek: istotności rozważanych zagadnień, innowacyjności proponowanych rozwiązań oraz uniwersalności zastosowań. Z punktu widzenia dokładności uzyskiwanych przybliżeń, proponowane metody oferują kilkuetapowy mechanizm, działający w następującej sekwencji:

1. Zapewnienie odpowiedniej regularności i gęstości materiału pomiarowego (rozdz. 3).
2. Zastosowanie odpowiednich metod tworzenia funkcji sklejanych, związanych z: parametryzacją, wagowaniem funkcji NURBS, redukcją klasy połączeń (rozdz. 1).
3. Generowanie pseudoobserwacji w miejscach lokalnych ubytków lub nieregularności zbioru obserwacji (kriging uniwersalny, powierzchnie Gordona) (rozdz. 2).

GRZEGORZ LENDA

## **Development of the methods to create spline functions in terms of building models based on discrete data**

### **Summary**

The subject matter presented in the dissertation is related to the use of spline functions to create models of objects, whose representation is a discrete one. Depiction of the problem has been focused on the cases in which the final effects of approximations may be questionable, both in terms of accuracy and economics. Spline functions are an effective tool in the scope of designing the shape of new objects. They also allow a precise description of the measured surfaces, subject to providing data of a sufficient resolution. The specificity of surveying often precludes the possibility of obtaining a sufficiently dense grid of regularly spaced observations of the object, which is always associated with a decreased accuracy of the approximations obtained by means of the splines. On the other hand, data sets with large multiplicity have a negative influence on the time of creating and the subsequent processing of spline surfaces. The problem of modeling objects based on discrete data is a complex issue that requires the multi-dimensional development of methods to create spline functions. The dissertation presents the author's reflections and suggestions aimed at meeting these requirements. Due to the lack of a possibility to exactly clarify some of the assumptions and objectives, the task was difficult and subjective at times.

The work was divided into four autonomous chapters, related to the following topics: modifications of the methods of creating spline functions, supporting of spline functions by other methods of approximation, creating of object models represented by multiple sets of points, using spline functions as an indirect tool of approximation. The theory associated with the basics of creating spline functions was limited to a minimum, as the publishing market is already filled with a sufficient number of publications devoted to this subject.

In the first, theoretical chapter, interfering in the process of creating spline functions, new methods were developed: parameterization, weighting of rational NURBS functions and local limitations to spline connection class. These methods can be useful to describe the objects surveyed with moderate density and uniformity, with varying degrees of curvature and changing requirements for the connection continuity.

The support of spline functions using other approximation methods is related to the postulate of the spline bulge reduction, formed in areas of irregularities and gaps in a set of observations. The use of four methods was proposed, which would enable to

generate auxiliary pseudo-observations, preventing the bulges: kriging, polynomial curves, Coons and Gordon surfaces. Based on test research, the methods generating the best accuracy results were selected.

The issue of describing objects represented by multiple sets of points is related to the creating of models based on data from laser scanning. Creating interpolation spline surfaces with the use of complete point clouds is not economically justified. The dissertation proposes an algorithm of reduce density of observations, allowing the selection of the points spaced regularly on the surfaces of the selected shell structures. Regular distribution is the factor which decides about the accuracy of the approximations obtained by means of spline surfaces.

Spline functions can also fulfill auxiliary tasks to solve more complex problems than the substitution of discrete data with continuous models. The fourth chapter highlights some of the characteristic properties of the splines, used in the tasks involving the use of the normal and tangential to the object. This chapter also comprises extensive tests carried out to compare the accuracy of the spline surfaces created with interpolation and approximation methods.

The order of the chapters was based on three prerequisites: the relevance of the depicted issues, the innovative approach of the proposed solutions and the versatility of the applications. Regarding the accuracy of the obtained approximations, the proposed methods offer a multi-stage mechanism operating in the following sequence:

1. Ensuring appropriate regularity and density of the measurement material (Chapter 3).
2. Applying appropriate methods to create spline functions related to: parameterization, weighting of NURBS functions, reduction of connection class (Chapter 1).
3. Generating pseudo-observations at local declines or irregularities of the observation set (universal kriging, Gordon surfaces) (Chapter 2).