

УДК 004.45

ПОДХОДЫ К ПОВТОРНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРЕССОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2017 Е.А. Таирова^{1,2}, В.В. Шишкин¹, В.И. Постнов¹

¹ Институт авиационных технологий и управления
Ульяновского государственного технического университета

² ООО «РЦ «АСКОН-Волга», г. Ульяновск

Статья поступила в редакцию 29.09.2017

В статье анализируются основные проблемы автоматизированного построения технологических моделей прессованных профилей. Рассматриваются математические методы моделирования таких деталей. Предлагается способ построения технологических моделей прессованных профилей с использованием нейронных сетей.

Ключевые слова: САПР, трехмерная модель, прессованный профиль, нейронные сети.

В конструкциях воздушной техники широко используются прессованные фрезерованные профили. Разработка моделей данных профилей осуществляется авиационными конструкторскими бюро по отраслевым стандартам, принятым в авиационной промышленности. На предприятие-изготовитель они передаются в виде электронной модели изделия, в которой отсутствует история построения, так как необходимо сделать модель как можно легче для отображения в САД-системе и обеспечить запрет на внесение изменений [1].

Процесс конструкторско-технологической подготовки производства, принятый в отечественной авиационной отрасли предполагает единое информационное пространство и единый набор инструментов трехмерного моделирования для реализации сквозной технологии и возможности повторного использования данных. Декларируется, что такой подход позволит добиться значительных выгод в реализации проектов. Однако в применении данного подхода просматриваются непреодолимые противоречия: поскольку существует запрет на изменение данных на этапах после конструкторского проектирования и геометрическая модель представляется без истории построения, то наблюдаются следствия:

- единого информационного пространства добиться невозможно;
- невозможно повторно использовать данные;

- требуются неоправданно высокие затраты на организацию и поддержку инфраструктуры управления жизненным циклом изделия;

- невозможно оценить эффективность работы участников, так как отсутствует прозрачность процессов;

- между участниками процесса проектирования существуют коммуникационные барьеры, вследствие чего инструменты автоматизации проектирования не позволяют ускорить реализацию проектов;

- стандартные модели, которые применяются при разработке электронных описаний изделия, различаются в зависимости от информационной среды предприятия;

- на этапе технологического моделирования требуется перепроектировать модель заново.

Таким образом, актуальным вопросом является задача повторного использования трехмерной конструкторской модели в процессах технологического моделирования и производства. Авторами предлагается подход, при котором построение технологических разверток гнутых прессованных профилей автоматизируется при помощи нейронных сетей.

Существующие подходы к получению разверток трехмерных моделей основываются на инструментах САПР. С использованием численных методов модель разворачивается. Данный подход хорошо работает в случае, когда гиб представляет собой прямую линию, а само тело изготавливается из листа. Это характерно для таких изделий, как корпус электронного прибора или обечайка. В случае с гнутыми прессованными профилями данный подход неприменим, так как линия сгиба представляет собой сложную кривую. Численные методы решения уравнений для получения проекций дают слишком большие ошибки. Специализированные при-

Таирова Екатерина Александровна, аспирант кафедры «Самолетостроение», специалист по комплексным ИТ-решениям. E-mail: tairova_ea@ascon.ru.

Шишкин Вадим Викторович, кандидат технических наук, директор ИАТУ УлГТУ. E-mail: shvv@ulstu.ru

Постнов Вячеслав Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Самолетостроение».

E-mail: untcviam@gmail.com

ложения, которые разработаны для этой задачи также часто не справляются с задачей, так как они дают большую погрешность развернутого тела по одной из конструктивных осей. Это не позволяет полученные развертки использовать для производства.

Предлагаемый подход позволяет внести интеллектуальную составляющую в создание разверток. Нейронные сети широко используются для обработки изображений, распознавания рукописных символов, речи, голосового управления. Новизна подхода состоит в том, что нейронные сети применяются для преобразования трехмерных моделей [4].

Форма конструкторской модели образуется поверхностями. Между собой они соединяются поверхностями сшивки. Итоговая модель является объединением поверхностей и не является непрерывной. Традиционно задача развертки листового тела сводится к преобразованию кривой в прямую равной длины. Длина кривой вычисляется в таком случае:

$$s = \int_a^b \sqrt{1 + f'^2(x)} dx . \quad (1)$$

Если же тело является сложным и состоит из нескольких поверхностей 2-го порядка с различными параметрами, применяется подход разбиения на сечения и распрямления этих сечений. Вычисление длины кривой в трехмерном пространстве аналитически осуществляется по следующей формуле:

$$s = \int_a^b \sqrt{x'^2(t) + y'^2(t) + z'^2(t)} dt . \quad (2)$$

где $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

В дальнейшем крайние точки сечений соединяются, и полученная фигура именуется разверткой на плоскость. Развертка, построенная из распрямленных сечений будет обладать неровными рваными краями, будет геометрически неточна вследствие принятых допущений, использования численных методов построения моделей в САПР и допусков. Заготовка, изготовленная по такой модели, будет неприменима в производстве и классифицируется как брак. Задача построения разверток, описываемых в данной статье профилей, сложна для формализации. Поэтому необходимо участие человеческого интеллекта для создания технологической модели. При этом задействуются такие свойства как распознавание изображений и трехмерное воображение.

Предлагаемый автором подход к решению задачи основан на применении нейронных сетей, хорошо зарекомендовавших себя в области распознавания изображений.

Если конструкторскую модель представить в виде множества

$$A = [V, F]$$

а технологическую модель представить в виде множества:

$$B = [V', F'] ,$$

где V и V' представляет собой множество вершин, а F и F' — множество граней геометрической модели, тогда задача получения развертки прессованного профиля может быть формально представлена как отображение множества A на множество B . Для этого необходимо совершить преобразования $V \rightarrow V'$ и $F \rightarrow F'$.

Попытки совершения данных преобразований аналитическими методами не могут быть осуществлены в первом приближении, ввиду того, что отсутствует очевидная формальная связь между рассматриваемыми множествами. Одно множество не может быть преобразовано в другое единственным образом, а оценка правильности полученных моделей требует экспертного мнения. С другой стороны, возможно обучить нейронную сеть для совершения необходимых преобразований.

Сложность задачи заключается в необходимости учитывать трехмерную геометрию моделей. Для специалистов по 3D-моделированию привычными являются математические методы, связанные с аналитической геометрией, вычислением производных, проецированием тел на плоскость. Предлагаемый подход требует непосредственной работы нейронной сети в трехмерном пространстве, учета местоположения центра масс. Следовательно, требуется многослойная сеть, каждый из слоев которой будет отвечать за преобразования. Предлагается имплементация следующих видов слоев:

1. Слой построения сечений. Будет разбивать конструкторскую модель на сечения. Точность полученной модели будет зависеть от количества сечений. При этом необходимо учитывать криволинейность участков, так как дополнительные сечения на прямолинейных участках не добавляют точности модели, а лишь увеличивают вычислительные затраты. На данном слое алгоритм будет вычислять производную от функции кривой. В случае, если она равна нулю, участок является прямым. Если производная не равна нулю участок считается криволинейным. Необходимое количество слоев в таком случае должно определяться в процессе обучения сети.

2. Слой определения центра масс сечения. Будет вычислять положение точки центра масс в каждом предложенном сечении. Положение центра масс будет вычисляться по следующей формуле:

$$x_c = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \sum_{i=1}^n x_i m_i / \sum_{i=1}^n m_i$$

$$y_c = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2 + \dots + y_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \sum_{i=1}^n y_i m_i / \sum_{i=1}^n m_i, \quad (3)$$

где x_c и y_c – координаты центра масс сечения, m_i – масса элементарной фигуры, на которое разбивается сложное сечение. Точки центра масс будут располагаться на некоторой кривой. Вычисление длины этой кривой позволит получить истинную длину профиля, которая будет служить ограничением при построении развертки.

3. Слой построения развертки. Будет располагать сечения друг относительно друга с необходимым сдвигом с учетом положения точки центра масс.

4. Слой формирования технологической модели из сечений. Будет объединять полученные сечения в итоговую технологическую модель.

Оценка эффективности предлагаемого подхода должна проводиться экспериментально путем обучения нейронной сети. Однако, уже на данном этапе возможно предположить 20-40 процентное повышение скорости построения разверток за счет автоматического выполнения некоторых операций. Даже если удастся добиться эффективной работы хотя бы одного из слоев, это будет означать появление нового способа решения задач трехмерного моделирования.

Помимо формирования 3D-модели развертки с необходимо иметь механизм, позволяющий оценить, насколько данная развертка будет адекватна конструкторской модели. Этого возможно добиться путем моделирования процессов прессования. Данный вопрос рассматривается в работе А. А. Перевалова [5]. Модель должна показывать следующие этапы:

1. Фрезерование вырезов и карманов.
2. Прессование.
3. Удаление материала припуска.

После этого необходимо произвести совмещение модели с конструкторской, вычесть одну из

другой и оценить разницу. Если эта разница окажется меньше чем некоторое число, работу нейронной сети можно считать удовлетворительной.

В заключении следует отметить, что инструменты, предлагаемые в современных САПР для моделирования деталей и узлов конструкций судов в аэрокосмической отрасли в качестве специализированных решений узких задач свою эффективность, не подтверждают, о чем говорит узость их применения. На сегодняшний день прорыв в автоматизации 3D-моделирования в авиастроении возможен благодаря новым подходам и использованию интеллектуальных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левин Д., Малюх В., Ушаков Д. The PLM Encyclopedia. Новосибирск: Издательский дом «Азия», 2008. 445 с.
2. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А.И. Пекари, Ю.М. Тарасов, Г.А. Кривов и др. М.: Аграф-пресс, 2006. 304 с.
3. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. 640 с.
4. Pokhilko A.F., Kamalov L.E. The Process Approach to Synthesizing and Analyzing of 3D Representations of Complex Technical Objects. Pattern Recognition and Image Analysis, 2013, Vol. 23, No. 1, pp. 1–6. © Pleiades Publishing, Ltd., 2013.
5. Перевалов А.А. Исследование процесса гибки с одновременной закруткой длинномерных деталей летательных аппаратов из прессованных профилей: Дис. ...канд. техн. наук. Комсомольск-на-Амуре 2012.
5. Prasad B. Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product and Process Organization, Volume I, II, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
7. Замятина О.М. Метод моделирования и комплексного анализа бизнес-процессов // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 6. С. 180-186.
8. Diana S. Solomona and Kenneth F.D. Hughey. A proposed Multi Criteria Analysis decision support tool for international environmental policy issues: a pilot application to emissions control in the international aviation sector. // Environmental Science & Policy Volume 10, Issues 7-8, November-December 2007, Pages 645-653.

APPROACHES TO THE REDUCED USE OF GEOMETRICAL MODELS OF PRESSED PROFILES IN AUTOMATED DESIGN OF AVIATION TECHNOLOGY

© 2017 E.A. Tairova^{1,2}, V.V. Shishkin¹, V.I. Postnov¹

¹ Institute of Aviation Technology and Management of Ul'yanovsk State Technical University

² ООО «RC «ASCON-Volga», Ul'yanovsk

The main problems of automated construction of technological models of pressed profiles are analyzed in the article. Mathematical methods of modeling such details are considered. A method for constructing technological models of extruded profiles using neural networks is proposed.

Keywords: CAD, three-dimensional model, extruded profile, neural networks.

Ekaterina Tairova, Graduate Student.

E-mail: tairova_ea@ascon.ru

Vadim Shishkin, Candidate of Technics, Professor at the Measuring and Computing Complexes Department.

E-mail: shvv@ulstu.ru

Vyacheslav Postnov, Doctor of Technics, Associate Professor, Head of the Branch. E-mail: untcviam@gmail.com