

ТАБЛИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ В МАШИНОСТРОЕНЕТО

Любен ЦЕКОВ
lcekov1@abv.bg

Михаела ТОПАЛОВА
m_topalova@tu-sofia.bg

Пламен МЪЦИНСКИ
matzinskipl@tu-sofia.bg

ТУ – София, ИПФ – Сливен
бул. „Бургаско шосе” 59, 8800 Сливен, БЪЛГАРИЯ

***Резюме:** В настоящата статия се предлага подход за таблично моделиране на технологични процеси в машиностроенето. Съставена е таблица на съответствието и са определени елементите на демонстрационен технологичен топологичен граф, посредством таблично представяне.*

***Ключови думи:** таблично моделиране, таблица на съответствието, технологични процеси, ориентирани графи*

1. Въведение

Структурата на технологичните процеси (ТП) в машиностроенето, предвижда изпълнението на технологични операции (ТО) върху детайли в определена последователност. Основните функции на технологичните процеси в машиностроенето са видовете и методите за обработване, а свойствата им се определят от техническите характеристики и параметрите на машините, приспособленията и инструментите според [3]. Всичко това определя пространствено-времевият характер на технологичните процеси в машиностроенето.

Сложността на решенията, съпътстващи тяхното проектиране, обуславя необходимостта от прилагането на методите и средствата на автоматизираното проектиране, в чиято основа е създаването на формализирано описание на технологичните задачи.

За нуждите на настоящата разработка е избран методът на табличното моделиране. Този подход концептуално е най-близък компютърен аналог на традиционното неавтоматизирано технологично проектиране. При този тип проектиране решаването на задачите преминава последователно през различни състояния (етапи) за постигане на предварително поставени цели. Това от своя страна се осъществява с избор на целева конфигурация от машини, приспособления и инструменти по каталожни и др. таблици, осигуряващи съответните ТО.

Съставянето и използването на табличен модел (ТМ), концептуално трябва да отговаря на действията на технолога – от една страна, а от друга – логическото и математическото проектиране ще зависят от алгоритмичното осигуряване на компютърната система (КС) за автоматизирано проектиране на технологични процеси. Това налага следните изисквания към ТМ:

➤ Съставяне на пълна база от данни (БД) в КС, включваща в явен вид таблици с характеристиките и параметрите на проблемно-ориентирани конфигурации от машини, приспособления, инструменти и детайли за конкретен тип ТО.

➤ Избор на подходяща система за управление на базата от данни (СУБД) за формиране на динамичен тип таблични БД с възможност за определяне на допустимите еднородни релации, осигуряващи необходимите ТО.

➤ Формиране на таблици на съответствието (ТС), отчитащи съществуващите релации в БД за ТП и ТО на всеки обработван детайл и/или изделие.

2. Особенности на табличните модели в технологичното проектиране

Принципно всички СУБД, които позволяват формирането на динамични релационни БД, отговарят на поставените по-горе изисквания. Те запазват началната информация в

първичен табличен вид и имат програмни инструменти за създаване на производни таблици чрез релации и филтри, отчитащи необходимите данни за всеки конкретен ТП. Съвременните КС със своите високи производствени характеристики (обем памет, бързодействие, динамично системно и приложно програмно осигуряване) практически универсализират процесите на технологичното проектиране, като те се ограничават само от възможностите, нуждите и желанията на технолога проектант.

От таблиците в релационната БД чрез целево разработени алгоритми за сортиране и смесване се формира таблица на съответствието (Таблица 1), която е математическият двумерен табличен модел, съдържащ технологичните параметри на всички елементи, определящи конкретния технологичен процес и съдържащите се в него ТО. В таблицата с $M_1 \dots M_N$ са означени машините, като елементи на ТП, а с $P_1 \dots P_M$ – параметрите им.

Таблица 1 Таблица на съответствието за даден технологичен процес

Клони Възли	P_1	P_2	...	P_M
M_1				
...				
M_N				

Такива таблици се формират от началната информация в релационната БД за всички N елементи на определен ТП и са неговият основен модел за проектиране.

За доказване адекватността на подхода за таблично моделиране при технологичното проектиране се използва известният и широко прилаган за същите цели графо-аналитичен метод, основан на теорията на графите.

В контекста на мрежовото моделиране на технологичните процеси в машиностроенето за елементите на ориентиран претеглен граф, определени от теория на графите [1, 2, 4 и др.], може да се разглежда следното съответствие:

✓ Възлите могат да бъдат машини, приспособления, инструменти, детайли и допустими технологични комбинации от тях с конкретните им характеристики и параметри.

✓ Клоните отразяват реални ТО с или без целеви характеристики (тегла). От своя страна теглото на клон може да бъде носител на данни за състоянието на детайла или такива необходими за избор на следваща ТО. Например, параметри като време, точност и др.

В реалните технологични процеси в машиностроенето, понятието инцидентност [2]

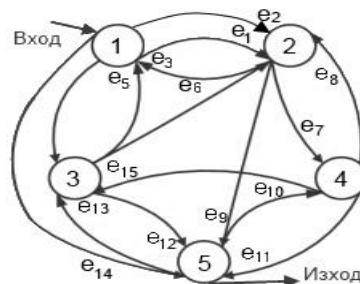
може да се интерпретира като степен на натоварване на машина, степен на завършеност на технологичен процес и др. От друга страна последователността на изпълнение на ТО, може да се представи с пътя между свързаните възли. Дължината му, определена съгласно [2], предполага интерпретация, различна от реалното понятие за път. Например, ако е възприето с теглото на клоните да се моделира времето за изпълнение на ТО, то дължината на път от графа ще бъде съответно сумарното време, необходимо за изпълнението на ТО от описания технологичен маршрут.

3. Табличен модел за определяне на елементите на топологичен технологичен граф

За нуждите на разработката е избран демонстрационен граф, като вместо визуално определяне елементите на графа се приема, че той не съществува. Алгоритмичното определяне на основните му характеристики от ТС се формира релационно от БД въз основа на първичната таблична информация в нея за съответните обекти.

3.1. Изходни данни

Показаният на фиг. 1 ориентиран топологичен граф е примерен и моделира производствен участък, състоящ се от пет машини, представени с възлите 1, 2, 3, 4 и 5. Във всеки от възлите се осъществяват ТО, съответстващи на маршрутния технологичен процес. Преходите между ТО се представят с множеството от клони на графа $E = \{e_1, e_2, \dots, e_{15}\}$. От фигурата е видно, че двойката възли с поредни номера 1 и 2, притежават повтарящи се клони – e_1 и e_2 . Тази постановка според [2], определя разглеждания топологичен граф като мултиграф.



Фиг. 1 Примерен ориентиран топологичен граф

В настоящата разработка се приема, че $f^{(k)}(i,j)$ е функция, дефинираща съответствието на различните клони с отделните тегла, като k е цяло число и представлява пореден номер разновидност на теглото на клоните, определящи разглеждания мултиграф. От своя страна i и j съответно представляват пореден номер

на начален и краен възел на клон и в конкретния случай се изменят от 1 до 5.

Описание на възлите, свързващите ги клонове и техните тегла, е представено в Таблица 2. Всъщност това е табличният модел, който чрез логически алгоритъм с филтри може да се получи от реляционните таблици в БД без да се използва графът.

Таблица 2 Таблица на съответствието за ориентирания топологичен граф

Клон	Начален възел	Краен възел	Тегло на клон
e ₁	1	2	f ⁽¹⁾ (1,2)
e ₂	1	2	f ⁽²⁾ (1,2)
e ₃	2	1	f ⁽¹⁾ (2,1)
e ₄	1	3	f ⁽¹⁾ (1,3)
e ₅	3	1	f ⁽¹⁾ (3,1)
e ₆	3	2	f ⁽¹⁾ (3,2)
e ₇	2	4	f ⁽¹⁾ (2,4)
e ₈	4	2	f ⁽¹⁾ (4,2)
e ₉	2	5	f ⁽¹⁾ (2,5)
e ₁₀	5	4	f ⁽¹⁾ (5,4)
e ₁₁	4	5	f ⁽¹⁾ (4,5)
e ₁₂	3	5	f ⁽¹⁾ (3,5)
e ₁₃	5	3	f ⁽¹⁾ (5,3)
e ₁₄	1	5	f ⁽¹⁾ (1,5)
e ₁₅	4	3	f ⁽¹⁾ (4,3)

3.2. Определяне на елементите

✓ **Определяне на броя ТО, изпълнявани на всяка машина**

Ако възлите се разглеждат с техните поредни номера, то на възел 1 принадлежат 6 инцидентни клонове, съответно на възел 2 – 7, на възел 3 – 6, на възел 4 – 5 и на възел 5 – 6. Тази част от задачата може да се реши визуално от графа (фиг. 1) с определяне на броя на инцидентните с всеки възел клонове.

Същият резултат ще се получи алгоритмично, ако се броят и сумират индексите на възлите 1, 2, и т.н., последователно в двете колони на ТС (т.е. начален и краен възел). Алгоритъмът е прост и съдържа итерационно търсене, сравнение, броене и присвояване за всеки от възлите.

✓ **Определяне на пропускащи пътища и на най-кратък път**

В разглеждания случай това може да се определи от ТС чрез филтър в колоните с начален и краен възел с подреждане на клоновете в посока вход-изход (начален-краен възел) и

изчисляване на сумата от теглата на клоновете, описващи даден път.

Тази задача в табличния модел позволява да се решават и други важни технологични задачи като: итерационно търсене и намиране на повече пропускащи пътища, оптимален избор на пропускащ път по определен целеви критерий и др.

Дължината на пропускащите пътища във физическия смисъл на техните тегла е представен в Таблица 3.

Таблица 3 Сумарни тегла на пропускащите пътища

Пропускащ път	Сумарно тегло
1-2-5	f ⁽¹⁾ (1,2)+ f ⁽¹⁾ (2,5)
1-2-4-5	f ⁽¹⁾ (1,2)+f ⁽¹⁾ (2,4)+f ⁽¹⁾ (4,5)
1-3-5	f ⁽¹⁾ (1,3)+ f ⁽¹⁾ (3,5)
1-5	f ⁽¹⁾ (1,5)

Необходимо е да се отбележи, че за определяне на сумарното тегло на пропускащ път в много задачи е допустимо сумиране на еднотипни тегла. В зависимост от физическата същност на теглата на клоновете, сумарните тегла на пропускащите, непропускащите и на цикличните пътища може да се интерпретира по различен начин.

✓ **Определяне на циклични пътища**

Цикличните пътища са тези, които започват и завършват в един и същ възел. За определяне на сумарните им тегла е необходимо да се изчислят сумите на еднотипните тегла на клоновете, които ги описват. За настоящото изследване резултатите са представени в Таблица 4.

Таблица 4 Сумарни тегла на цикличните пътища

Цикличен път	Сумарно тегло
1-2-1	f ⁽¹⁾ (1,2)+ f ⁽¹⁾ (2,1)
1-2-4-2-1	f ⁽¹⁾ (1,2)+f ⁽¹⁾ (2,4)+f ⁽¹⁾ (4,2)+f ⁽¹⁾ (2,1)
1-3-1	f ⁽¹⁾ (1,3)+f ⁽¹⁾ (3,1)
1-3-5-3-1	f ⁽¹⁾ (1,3)+f ⁽¹⁾ (3,5)+f ⁽¹⁾ (5,3)+f ⁽¹⁾ (3,1)
2-4-2	f ⁽¹⁾ (2,4)+f ⁽¹⁾ (4,2)
3-5-3	f ⁽¹⁾ (3,5)+f ⁽¹⁾ (5,3)
4-5-4	f ⁽¹⁾ (4,5)+f ⁽¹⁾ (5,4)
3-5-4-5-3	f ⁽¹⁾ (3,5)+f ⁽¹⁾ (5,4)+f ⁽¹⁾ (4,5)+f ⁽¹⁾ (5,3)
2-4-5-4-2	f ⁽¹⁾ (2,4)+ f ⁽¹⁾ (4,5)+f ⁽¹⁾ (5,4)+f ⁽¹⁾ (4,2)

4. Изводи

1. Предложеният табличен модел е адекватен на обектите и процесите, характеризиращи технологичното проектиране в машиностроенето и е пряко релационно свързан с параметричните таблици на технологичните обекти в БД.

2. Табличното моделиране позволява решаването на оптимизационни задачи, тъй като се формира чрез релации от динамична БД, където първичната информация е в явен вид и освен съхранение допуска и целесъобразни преобразования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Болобаш Б. Теория на графите. София, Наука и изкуство, 1989.
- [2] Наков Пр., П. Добриков. Програмиране = ++Алгоритми. София, TopTeam Co, 2002.
- [3] Годоров Н., Д. Чакърски. Автоматизация на проектирането в машиностроенето. София, Техника, 1994.
- [4] Трудоношин В.А., Н. В. Пивоварова. Математические модели технических объектов. Москва, Высшая школа, 1986.

TABULAR MODELLING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN MACHINE-BUILDING

Luben TSEKOV
lcekov1@abv.bg

Mihaela TOPALOVA
m_topalova@tu-sobia.bg

Plamen MATSINSKI
matzinskipl@tu-sobia.bg

Technical University – Sofia
Faculty of Engineering and Pedagogy – Sliven
59 Burgasko shosse blvd., 8800 Sliven, BULGARIA

Abstract. *The present article focuses on a special approach to tabular modelling of technological processes in machine-building. A correlation table has been created followed by a table representation of the elements comprising a demo technological topological graph.*

Keywords: *tabular modelling, correlation table, technological processes, oriented graphs*