

И.С. Пономарёв, Э.В. Лазарсон

I.S. Ponomarev, E.V. Lazarson

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

МЕТОДИКА ПЕРЕВОДА ТАБЛИЧНЫХ ДАННЫХ В АНАЛИТИЧЕСКУЮ ФОРМУ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

METHOD OF TRANSFER TABULAR DATA IN ANALYTIC FORM FOR SOLVING PRODUCTION PROBLEMS

Рассмотрено применение информационных технологий и свертки таблиц при решении различных задач проектирования в области сварочного производства для повышения эффективности труда.

Ключевые слова: сборка под сварку, нормирование технологических операций, регрессионный анализ, математическая модель.

The application of information technology and convolution tables for solving various design problems in the field of welding engineering to improve efficiency.

Keywords: welding assembly, normalization of process operations, regression analysis, mathematical model.

Широкое применение при решении различных задач получил метод представления справочных и нормативных данных в форме таблиц. Их удобно использовать, так как при этом способе проектирования специалист порой освобождается от необходимости проводить вычисления. Однако со временем номенклатура производимых изделий стала непрерывно и быстро возрастать. Применение расчетных таблиц сделалось неудобным ввиду увеличения их количества и размеров.

Для алгоритмизации решения различных задач и формализации табличных данных в области сварки на кафедре сварочного производства и технологии конструкционных материалов ПНИПУ находит применение метод свертки таблиц [1]. Данный метод позволяет переводить большие массивы таблиц в аналитические выражения, что сокращает время расчетов и во многих случаях упраздняет их.

В данной работе приведен пример составления математической модели на основе таблицы норм времени. В качестве объекта исследований была принята решетчатая колонна (рис. 1). Для нее в справочнике «Общестроительные нормативы времени на слесарно-сборочные работы при сборке металлоконструкций под сварку» составлена таблица значений штучного времени на сборочные операции (табл. 1).

Свертка таблиц в данной работе применялась с помощью математических преобразований в программе «Диаста».

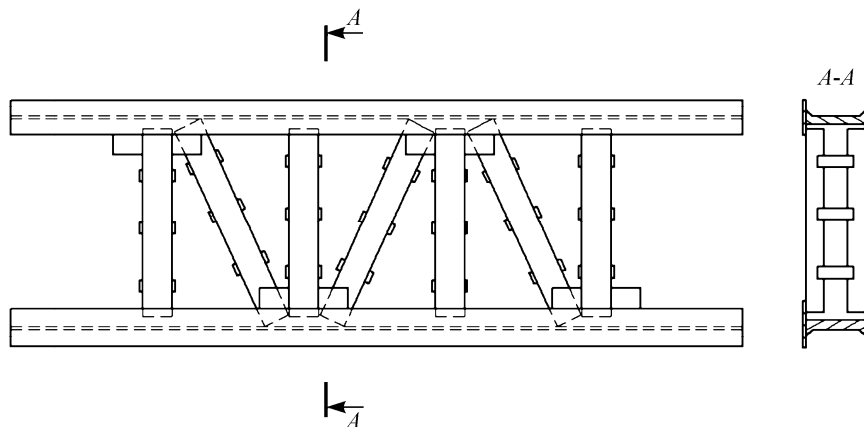


Рис. 1. Решетчатая колонна

Табличные значения времени относятся к совокупности выполнения следующих технологических операций и переходов:

- 1) подать детали, узлы к месту сборки, проверить их внешним осмотром;
- 2) установить базовые детали на место сборки;
- 3) разместить, установить детали изделия, выдержав размеры по чертежу;
- 4) подогнать сопряжение деталей, узлов, прихватить их электросваркой;
- 5) повернуть узел в процессе сборки.

Значения штучного времени в клетках матрицы соответствуют заданным сочетаниям веса узла и количеству собираемых в узле деталей.

На первом этапе находим зависимость штучного времени от веса собираемого узла. Для этого штучное время и вес из табл. 1 заносим в программу «Диаста» [1]. Вид регрессии выбирается исходя из вида графика данной зависимости, полученного в этой же программе (рис. 2).

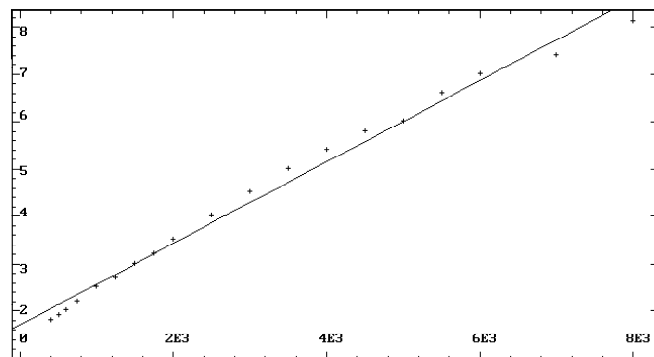
Из полученного графика видно, что зависимость штучного времени от веса узла близка к линейной. В связи с этим для получения уравнения зависимости в блоке программы «Статистическая обработка» была выбрана команда «Линейная функция».

Таблица 1

Сборка решетчатых колонн из профильного и листового металла

Вес собираемого узла, кг	Количество собираемых деталей в узле																		
	До 20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200	
	Штучное время на один узел, чел.-ч																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
400	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,1	3,4	3,9	4,2	4,6	5,1	5,4	6,0	6,4	7,4	8,2	9,0	9,8	
500	1,9	2,2	2,4	2,7	2,95	3,2	3,5	4,0	4,3	4,8	5,4	5,7	6,2	6,6	7,6	8,4	9,2	10,0	
600	2,0	2,3	2,6	2,8	3,2	3,3	3,6	4,15	4,5	5,0	5,6	6,1	6,6	7,0	8,0	8,8	9,6	10,2	
750	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,4	8,4	9,2	10,0	10,8	
1000	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,75	4,8	4,6	5,3	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,8	9,6	10,4	11,2	
1250	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3	4,8	5,5	6,2	6,7	7,3	7,8	8,3	9,2	10,0	10,8	11,8	
1500	3,0	3,2	3,5	3,7	4,0	4,25	4,5	5,1	5,7	6,3	6,9	7,4	8,0	8,5	9,6	10,5	11,3	12,2	
1750	3,2	3,5	3,7	4,0	4,3	4,5	4,8	5,3	6,0	6,5	7,1	7,6	8,1	8,6	9,7	10,8	11,6	12,6	
2000	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,55	6,2	6,7	7,3	7,8	8,3	8,8	9,9	11,0	11,8	12,8	
2500	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0	5,3	5,5	6,1	6,8	7,2	7,7	8,2	8,7	9,3	10,4	11,4	12,5	13,5	
3000	4,5	4,7	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,5	7,1	7,7	8,2	8,7	9,2	9,7	10,8	11,7	12,8	13,8	
3500	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,3	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,1	9,7	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	
4000	5,4	5,6	5,9	6,1	6,35	6,65	6,9	7,4	7,9	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,6	12,6	13,7	14,8	
4500	5,8	6,0	6,3	6,5	6,7	7,0	7,3	7,8	8,25	8,9	9,4	9,9	10,4	10,9	11,9	12,9	14,0	15,1	
5000	6,0	6,4	6,6	6,8	7,1	7,4	7,7	8,1	8,6	9,2	9,7	10,2	10,8	11,3	12,3	13,3	14,4	15,4	
5500	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,8	8,1	8,6	9,1	9,6	10,1	10,6	11,2	11,7	12,6	13,7	14,7	15,8	
6000	7,0	7,2	7,4	7,7	8,0	8,3	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	
7000	7,4	7,6	7,9	8,3	8,5	8,8	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,6	14,7	15,7	16,6	
8000	8,1	8,5	8,7	9,0	9,2	9,5	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,4	14,5	15,5	16,5	17,4	

Время, чел.-ч



Вес конструкции, кг

Рис. 2. Графическая зависимость параметров. $E3 = 10^3$

Полученные уравнения регрессии представлены в таблице:

Количество собираемых деталей в узле	Функциональная зависимость времени от веса собираемого узла (x – вес узла)
До 20	$1,68 + x \cdot 8,65 \cdot 10^{-4}$
25	$1,9 + x \cdot 8,61 \cdot 10^{-4}$
30	$2,19 + x \cdot 8,6 \cdot 10^{-4}$
35	$2,43 + x \cdot 8,67 \cdot 10^{-4}$
40	$2,75 + x \cdot 8,53 \cdot 10^{-4}$
45	$2,96 + x \cdot 8,69 \cdot 10^{-4}$
50	$3,23 + x \cdot 8,65 \cdot 10^{-4}$
60	$3,77 + x \cdot 8,57 \cdot 10^{-4}$
70	$4,3 + x \cdot 8,56 \cdot 10^{-4}$
80	$4,84 + x \cdot 8,56 \cdot 10^{-4}$
90	$5,39 + x \cdot 8,47 \cdot 10^{-4}$
100	$5,88 + x \cdot 8,52 \cdot 10^{-4}$
110	$6,4 + x \cdot 8,52 \cdot 10^{-4}$
120	$6,86 + x \cdot 8,64 \cdot 10^{-4}$
140	$7,85 + x \cdot 8,73 \cdot 10^{-4}$
160	$8,66 + x \cdot 9,14 \cdot 10^{-4}$
180	$9,63 + x \cdot 9,23 \cdot 10^{-4}$
200	$10,4 + x \cdot 9,63 \cdot 10^{-4}$

Полученные уравнения зависимостей имеют вид $a+bx$.

Следующим шагом является нахождение зависимостей между коэффициентами a и b уравнений в табл. 1 и количеством деталей в узле. Для этого значения коэффициентов из табл. 1 и количество деталей в узле вносят в программу «Диаста», графически определяют вид зависимости и выбирают вид регрессии. В данной таблице зависимости также имеют линейный вид:

$$y_1 = 0,615 + N \cdot 5,25 \cdot 10^{-2},$$

$$y_2 = 8,65 \cdot 10^{-4} + N \cdot 1,01 \cdot 10^{-7}.$$

Заменяя значение x в уравнениях из табл. 1 на вес собираемого узла Q , а также учитывая линейную зависимость коэффициентов уравнений от количества собираемых деталей, получили следующее выражение, характеризующее штучно-калькуляционное время $t_{шт.к}$, чел.-ч:

$$t_{шт.к} = 0,615 + N \cdot 5,25 \cdot 10^{-2} + (8,65 \cdot 10^{-4} - N \cdot 1,01 \cdot 10^{-7})Q,$$

где Q – вес конструкции, кг; N – количество деталей в узле.

Полученное выражение позволяет определить точное время на сборку конструкции, а также найти значения, выходящие за пределы аргументов табл. 1. Проверка точности модели показана в табл. 2.

Таблица 2

Определение погрешности

Вес собираемого узла конструкции Q , кг	Количество собираемых деталей N , шт.	Расчетные данные	Табличные данные	Погрешность, %
400	До 20	2,01	1,8	10,4
750	25	2,57	2,5	2,7
1250	40	3,79	3,8	0,26
3500	50	6,25	6,5	0,26
6000	120	12,03	12,0	0,25
8000	180	16,84	16,5	2

Анализ табл. 2 показал, что свертка таблицы позволила получить достаточно точную математическую модель. Средняя погрешность времени изготовления конструкции составляет 2,67 %, что можно считать вполне приемлемым.

С помощью данного метода были построены математические модели норм времени на сборку под сварку некоторых типовых сварных конструкций из ОНВ [2]:

Название технологической карты	Модель времени на изготовление
Сборка балок, ригелей, штанг и тому подобных конструкций из листового материала	$t_{шт.к} = (-1,83 \cdot 10^{-2} + Q \cdot 7,92 \cdot 10^{-4}) + (5,28 \cdot 10^{-2} + Q \cdot 1,2 \cdot 10^{-6})N + (4,23 \cdot 10^{-5} - Q \cdot 1,21 \cdot 10^{-8})N^2$
Сборка балок, ригелей, подкосов и тому подобных конструкций из профильного и листового металла	$t_{шт.к} = (7,5 \cdot 10^{-2} + Q \cdot 5,94 \cdot 10^{-4}) + (3,73 \cdot 10^{-2} + Q \cdot 1,15 \cdot 10^{-6})N$

Название технологической карты	Модель времени на изготовление
Сборка колонн, стоек и тому подобных конструкций из профильного и листового металла	$t_{шт.к} = (0,302 + Q \cdot 7,33 \cdot 10^{-4}) + (4,94 \cdot 10^{-2} - Q \cdot 1,17 \cdot 10^{-7}) N$
Сборка решетчатых колонн из профильного и листового металла	$t_{шт.к} = (0,615 + N \cdot 5,25 \cdot 10^{-2}) + (8,65 \cdot 10^{-4} - N \cdot 1,01 \cdot 10^{-7}) Q$
Сборка ферм, стрел, подкосов и тому подобных конструкций из профильного и листового металла	$t_{шт.к} = (0,86 + N \cdot 0,05) + (7,29 \cdot 10^{-4} + N \cdot 7,9 \cdot 10^{-7}) Q$
Сборка настилов, щитов, помостов и тому подобных конструкций из профильного и листового металла (часть 1)	$t_{шт.к} = (0,631 + Q \cdot 4,985 \cdot 10^{-4}) + (0,036 + Q \cdot 7,44 \cdot 10^{-6}) N$
Сборка настилов, щитов, помостов и тому подобных конструкций из профильного и листового металла (часть 2)	$t_{шт.к} = (1,179 + Q \cdot 8,637 \cdot 10^{-4}) + (0,051 + Q \cdot 2,514 \cdot 10^{-6}) N$
Сборка рам и тому подобных конструкций из профильного и листового металла (часть 1)	$t_{шт.к} = (0,928 + Q \cdot 6,87 \cdot 10^{-4}) + (0,052 - Q \cdot 1 \cdot 10^{-6}) N$
Сборка рам и тому подобных конструкций из профильного и листового металла (часть 2)	$t_{шт.к} = (1,114 + Q \cdot 9,867 \cdot 10^{-4}) + (0,064 + Q \cdot 3,454 \cdot 10^{-6}) N$
Сборка кожухов из листового и профильного металла	$t_{шт.к} = (0,139 + Q \cdot 0,0034) + (0,037 + Q \cdot 5,275 \cdot 10^{-5}) N$
Сборка балок рам крановых тележек	$t_{шт.к} = (0,119 + N \cdot 2,08 \cdot 10^{-2}) + (1,324 \cdot 10^{-3} + N \cdot 5,009 \cdot 10^{-5}) Q$
Сборка торцовых (концевых) балок коробчатого сечения мостов электрокранов	$t_{шт.к} = (1,779 + N \cdot 2,68 \cdot 10^{-2}) + (2,77 \cdot 10^{-3} + N \cdot 6,289 \cdot 10^{-6}) Q$

Название технологической карты	Модель времени на изготовление
Сборка главных балок двутаврового сечения мостов электрокранов	$t_{шт.к} = (2,504 + Q \cdot 9,792 \cdot 10^{-4}) + (0,048 + Q \cdot 1,576 \cdot 10^{-5}) N$
Сборка главных балок коробчатого сечения мостов электрокранов (часть 1)	$t_{шт.к} = (3,491 + Q \cdot 1,563 \cdot 10^{-3}) + (0,012 + Q \cdot 2,169 \cdot 10^{-5}) N$
Сборка главных балок коробчатого сечения мостов электрокранов (часть 2)	$t_{шт.к} = (8,28 + Q \cdot 9,632 \cdot 10^{-4}) + (0,004 + Q \cdot 1,343 \cdot 10^{-5}) N$

Сделаем следующие выводы:

1. Применение информационных технологий и свертки таблиц при решении задач в области сварки позволяет повысить производительность инженерного труда, упрощает и автоматизирует инженерные расчеты.

2. Метод свертки таблиц обеспечивает построение компактной математической модели взамен исходной заданной числовой таблицы.

Список литературы

1. Пономарёв И.С., Лазарсон Э.В. Свертка табличных данных с помощью компьютерной программы DIASTA // Master's Journal. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – № 1. – С. 76–82.

2. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные работы при сборке металлоконструкций под сварку. Мелкосерийное и единичное производство / Центральное бюро нормативов по труду. – 3-е изд. – М., 1968. – 99 с.

Получено 15.02.2013

Пономарёв Илья Сергеевич – магистрант, ПНИПУ, МТФ, ТСП-11м, e-mail: cs8864@mail.ru.

Лазарсон Эрнст Владимирович – кандидат технических наук, профессор, ПНИПУ, МТФ, e-mail: svarka@pstu.ru.