

УДК 677.025

**СИНТЕЗ РЕГУЛЯРНЫХ СТРУКТУР ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ  
КАК АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЫ  
НА МАТРИЦЕ БИНАРНЫХ ОТНОШЕНИЙ***И.Г. ЦИТОВИЧ, Н.В. ГАЛУШКИНА, А.Ф. АНДРЕЕВ***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

Язык и семантика формализации знаний как основа автоматизированного проектирования, широко внедряющаяся в область информационных технологий, находит широкое применение при алгоритмизации и разработке прикладных программ в машиностроении, электронике, при создании машин-автоматов в виде различных методик, форматов, технологий (IDEF, CASE - технологий и др.) и подробно отражены в литературе [1], [2] и др.).

Проблемы формализации технологических знаний в текстильной области исследовались в [3], где рассматривается направление синтеза технологических процессов.

Методические и практические вопросы формализованного описания и моделирования процессов вязания трикотажных машин рассмотрены в [4].

Написана фундаментальная работа по формализованному описанию регулярных ниточных структур [5], а вопросам анализа технологических возможностей трикотажного оборудования посвящена работа [6].

Информационный взрыв вызвал не только проблемы в практике научных исследований, но и необходимость построения новой образовательной среды как синтеза психологии, электроники и социоло-

гии (дисциплины соционики) [7, с.20] и др. Такая концепция пересмотра сложившихся форм и инструментов переработки информации была вызвана тем, что открытия в области психологии (Ф. Хайек, 1983 г.) и структуры сознания индивида (Р. Сперри, 1981 г.; К. Юнг, 1924 г.), теории управления (М. Винер и др.), а также становление концепции самоорганизации систем (синергетики) (И. Пригожин, 1977 г.) создали более эффективную основу построения современной системы образования, моделей знаний (логических, продукционных, фреймов, различных сетей), научного творчества и продуктивного мышления и в целом создания новой информационной культуры [8], [9].

В структуре жизненного цикла продукции (стандарты ИСО-9000 и др.) основной стадией, определяющей эффективность технических решений, является проектирование и его проектные процедуры (в том числе инструменты САПР), относящиеся к структурному и параметрическому синтезу объектов [1], [2]. В связи с этим освоение методов автоматизированного проектирования становится основной задачей, имеющей образовательный и прикладной смысл.

Хотя анализ неразрывно связан с процессом синтеза (как основа проверки соответствия, верификации свойств объекта), необходимо учитывать, что синтез направлен на создание принципиально новых решений, а процедуры анализа относятся к существующему объекту. Это касается существующей порочной практики анализа технологических возможностей зарубежных машин и технологий и приспособления знаний к зарубежному опыту (имеющий, конечно, определенный образовательный, практический и экономический смысл).

Существенно также, что создание нового принципиально лежит в сфере новых идей, фундаментальных знаний и структурного синтеза.

Структурный синтез по существу формирует инженерию знаний, так как именно способность преобразовывать множество данных по определенным правилам позволяет создавать новые продукты (решения). Системы, основанные на знаниях, в будущем становятся основой продуктивного мышления. Следовательно, важнейшая цель образования и практической научной деятельности – именно развитие продуктивного мышления, поиск решений в дискретном пространстве состояний.

Это подтверждает и практика, когда в современном информационном обществе все больше возрастает роль нечисловых "вычислений" или комбинаторных алгоритмов. Создание, в частности, большинства новых текстильных объектов есть не результат применения математических формул, а результат символических нечисловых операций с определенными базовыми элементами.

Это касается практически всех объектов изобретений (возможно, кроме фундаментальных открытий). При этом считают, что проблему любой сложности можно свести к проблеме поиска решений в дискретном пространстве состояний (альтернатив), если формализовать ее в терминах начального состояния ( $S_0$ ), конечного ( $S_e$ )

и формулах (F) (правилах) перехода в пространстве состояний [10].

Наиболее универсальной формой представления данных (а знания – это данные и правила работы с ними (Дейкстре)), отражающих закон формы различных объектов и их свойства, является матрица данных. Клетка матрицы данных, ее кодирование (цифры, знаки, цвет, образ и пр.) дает наиболее информативное значение сущности дискретного объекта, углубляя процессы восприятия знаний и эффективность мышления. Правила, связывающие содержимое клеток матриц, дают начало логике, теории конечных множеств и теории вероятностей.

Теория матриц данных приводит к единой технологии анализа и структурного синтеза (как отношений переменных), отражает психологические аспекты творчества (когнитивную составляющую), связанные с приобретением, структурированием и обработкой информации, образным представлением объекта [11].

В текстильной технологии, в частности, в трикотажном производстве, матричные и знаковые формы отображения строения материалов традиционно оставались основными компактными и понятными формами технологических знаний. Действительно, все текстильные объекты имеют дискретную структуру, включая волокна, нити, трикотажные полотна и изделия. Дискретными являются и процессы их производства. Поэтому модели таких систем на этапе проектирования можно рассматривать как алгебраические, а процессы – как сложные (временные) событийные системы [12], [13].

Если рассматривать трикотажное производство, то основные объекты инженерного творчества (инжиниринга) связаны с созданием новых трикотажных переплетений: именно от структуры переплетений и вида нитей зависят свойства готовой продукции.

Основываясь на аппарате дискретной математики, задача создания новых струк-

тур и экспертных систем ("мягких алгоритмов") [13], [14] должна быть построена не на интуитивной основе (в определенном смысле как бессистемный примитивный поиск и "слепой" перебор вариантов, который приводит к тупиковым решениям, а вершина "дерева решений" оказывается висячей [13, с.245]), а как задача логического вывода новых отношений структурных элементов из исходного базового множества с использованием определенных порождающих правил и технологических знаний.

Известно, что любой объект дискретной системы должен быть представлен только одной сущностью, которая должна быть уникально идентифицирована. Имя сущности должно отражать категорию, тип или класс (понятие) объекта, а не его конкретный экземпляр. Порождение новых объектов есть зависимая сущность или новое понятие [15]. Именно наличие однозначных идентификаторов понятий позволяет формировать словарь базовых элементов предметной области, использовать компьютерную обработку знаний (в частности, переходить от переплетений к технологии их изготовления и созданию новых технологических машин).

Любое переплетение нитей в текстильный продукт характеризуется структурой, то есть наличием определенных элементов и связей между ними. Связи между элементами характеризуются фундаментальным понятием дискретной математики – отношением и местностью (арностью) отношений или количеством объектов (переменных), между которыми рассматриваются отношения. Функции технологии заключаются именно в физической реализации этих связей или отношений.

Таким образом, моделью дискретной системы можно считать некоторое множество  $M$  с заданным набором отношений  $R$ , то есть конструкция вида [1]:

$$\psi = \langle M, R \rangle. \quad (1)$$

Совокупность множества  $M$  с заданными в нем операциями отношений называют также алгеброй  $A$ . К фундаментальным алгебрам относят группоиды – это совокупность  $\langle M, f \rangle$ , где  $f$  – операция типа умножения или сложения. В первом случае группоид называют мультикативным, во втором – аддитивным.

Причем функция  $f$  может иметь не только логический смысл, а и физический, связанный с множеством функций трансформации (или модификации) элементов базового множества.

Для трикотажных переплетений можно сформировать базовое множество  $E$  структурных элементов из известных  $\{e_i\} \in E$ , полагая, что все эти элементы образуют ортогональное пространство признаков<sup>1</sup>, могут иметь определенную длину (то есть параметрически заданы) и могут быть определены при анализе в числовом виде<sup>2</sup>.

К этому множеству могут быть отнесены: известные петли различного вида – глади (лицевые, изнаночные), ластика (лицевые, изнаночные), плюшевые; наброски – прессовые, футерные; протяжки, в том числе уточные, футерные, прессовые, жаккардовые, протяжки неполных переплетений и др.

Элементы базового множества  $E$  отображены нами на основе геометрического представления с некоторой модификацией формы и выбора масштаба путем построения (синтеза) элементов из геометрических примитивов (дуг, отрезков прямых) с учетом их сопряжения и "сборки" в более сложные конструкции.

<sup>1</sup> Ортогональность пространства означает, что изменение любого компонента не влечет за собой автоматического изменения другого.

<sup>2</sup> По этой причине в это множество не могут быть включены остовы петель и платинные дуги, что является основой САПР трикотажа и делает процедуру параметрического проектирования некорректной, а предлагаемые расчетные процедуры не подлежат проверке и верификации.

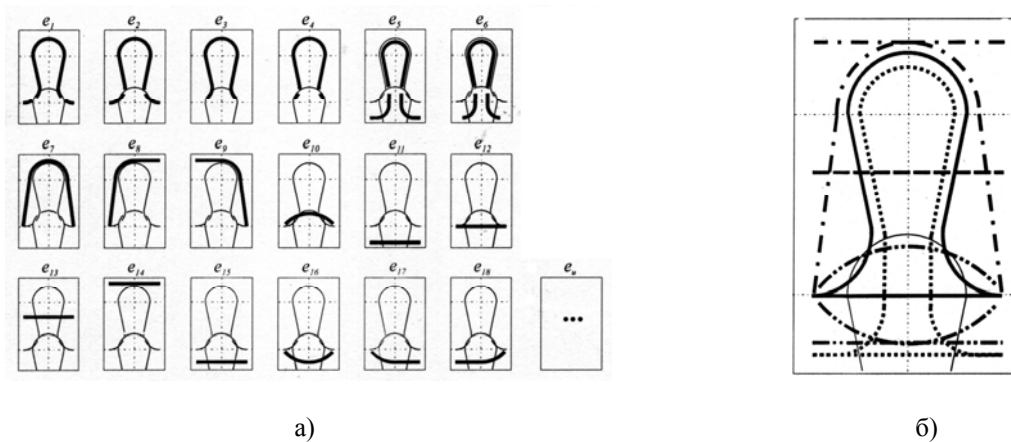


Рис. 1

Как пример, на рис. 1-а, приведено множество  $E$  структурных элементов  $\{e_u\}$  трикотажа, состоящее из 18 базовых элементов<sup>3</sup>. Это множество целесообразно представить в виде обобщенной структуры (рис. 1-б), что позволяет видеть возможности их отображения в виде более сложных единиц<sup>4</sup>.

При компьютерной визуализации нами были использованы математические методы геометрического синтеза элементов с учетом их сопряжения в координатах поля вязания и различной визуализации (технологической, товарной).

Будем исходить из того, что каждому элементу  $e_u$  однозначно соответствует нить  $t_h$ <sup>5</sup> из множества  $T_h$  нитей, то есть  $T_h = \{t_h | h = 1, 2, \dots, N\}$ , отличающихся природой (видом), структурой (нить, пряжа кольцевого, безверетенного способов прядения, комплексная, текстурированная и т.п.) или цветом (из множества  $M_c$  цветов нитей). Здесь  $N$  – имеющийся ресурс нитей.

Будем использовать матричный метод формирования (синтеза) переплетений на модели (1)  $\psi = \langle M, S \rangle$  в виде двумерной таблицы (в частном случае, матрицы

смежности), каждой строке (столбцу) которой взаимно однозначно сопоставим элементы множества  $M$ .

Множество  $M$  будем рассматривать как некоторое конечное множество  $E$  базовых элементов структуры трикотажа, то есть положим  $M = E = \{e_u | u = 1, 2, \dots, U\}$ , где  $U$  – некоторое число элементов (единиц), которое с большой вероятностью может быть использовано при формировании структур трикотажных переплетений и полотен и может расширяться.

$M_S =$

$E$	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$	$e_6$	$e_7$	...	$e_{10}$	$e_{11}$	$e_{12}$	...
$e_1$								...				...
$e_2$								...				...
$e_3$								...				...
$e_4$								...				...
$e_5$								...				...
$e_6$								...				...
$e_7$								...				...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$e_{10}$								...				...
$e_{11}$								...				...
$e_{12}$								...				...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Рис. 2

При задании бинарных отношений в виде матрицы  $(M_S = \langle E, R_e^{(s)} \rangle)$ , фрагмент которой представлен на рис. 2: каждой строке (столбцу) взаимно однозначно со-

<sup>3</sup> Впервые представлено в диссертационной работе Н.В. Галушкиной, 2005 г.

<sup>4</sup> Теоретически это означает (хотя это пока трудно технологически представить), что в каждой точке координат полотна могут быть сформированы все элементы этого множества.

<sup>5</sup> От англ. thread – нить.

поставим элемент множества  $E$ . Тогда каждая клетка  $(i, j)$  матрицы (которая может быть реализована технологически) может быть представлена в виде логического пересечения элементов  $e_i \cap e_j$  ( $e_i e_j$ ) и соответствует бинарному отношению  $R_e^{(s=2)}$ .

Теоретически мощность такого множества  $E \times E = E^2$ . То есть бинарным отношением  $R_e^{(s)}$  на множестве  $E$  является подмножество его квадрата:  $R \subset E^2$ . В данном случае матрица  $E^2$  будет представлять отношения при отображении множества на себя, а ее отношения – представлять множество упорядоченных пар  $(e_i, e_j)$  или кортежей двухкомпонентных переплетений, таких, что  $\{e_i, e_j\} \in E^2$ .

В матрицу базовых элементов  $E$ , на котором определена алгебраическая бинарная операция, добавим единичный элемент  $e_0$  [13], такой, что  $e_0 e_i = e_i$ ,  $e_0 e_j = e_j$ , который дает тождественное (унарное) отображение элементов (часто обозначают при аддитивной записи нулем). Это позволяет формировать однокомпонентные (одноточные) структуры переплетений в координатах раппорта (в каждой точке добавлять по одному элементу), а также отношений любой "арности" – как четные, так и нечетные. С учетом этого, теоретически мощность множества бинарных отношений возрастает до значений  $M = E^2 + E$ , а мощность всех решений практически неограничена.

Клетку  $(i, j)$  матрицы можно, например, отличать, помещая в нее "единицу", а остальные, где отношения невозможны – записывать в них нули (или оставлять клетки зачерченными или пустыми – это возможные варианты формализации).

Пустые клетки или неизвестные  $R_e^{(s)}$  отношения – это возможности поиска новых отношений, которые можно получить посредством новых функциональных органов или механизмов машин – в этом суть инноваций и изобретений трикотажных

"продукций" и машин, в этом суть продуктивного мышления!<sup>6</sup>

Анализ структуры отношений матрицы  $M_S$  с учетом технологических реализаций (кроме пустых "клеток" матрицы) дает вполне определенные бинарные отношения элементов (в том числе состоящие из единичных элементов множества) и описывает большинство главных, производных, рисунчатых и комбинированных переплетений (регулярной структуры).

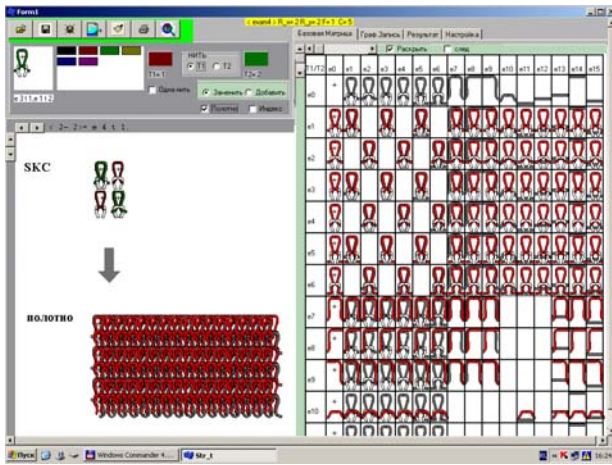
В каждой точке координат (пересечения петельного ряда и петельного столбика) поля вязания  $k = \langle k_w, k_c \rangle$ <sup>7</sup> в направлении осей  $w$  и  $c$  в пределах выбранного раппорта  $R_B$  и  $R_H$  переплетения  $k_w = \{1, 2, \dots, R_B\}$  и  $k_c = \{1, 2, \dots, R_H\}$  могут быть образованы унарные, бинарные, включая  $n$ -арные отношения элементов, то есть образованы единичные, двойные, тройные и т.д. совокупности или группы  $R_e^{(s)}$  при переходе от одной координаты к другой.

Как результат, в пределах выбранных координат раппорта переплетения – мы имеем множество  $M_S$  переплетений в виде объединений  $R_e^{(s)}$  элементов в структурные комплексы-ячейки SKC (Structural Knitted Cell)<sup>8</sup> переплетений, принадлежащих определенным свойствам  $R_e^*$ , то есть  $R_e^{(s)} \subset R_e^*$ , из которых формируются элементы (участки полотна).

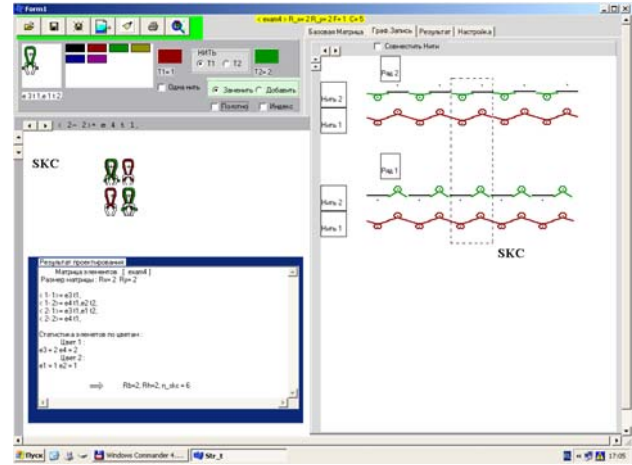
<sup>6</sup> Мы предоставляем возможность желающим получить патент, заполнить пустые клетки путем указания способа реализации решения.

<sup>7</sup> Аббревиатура  $w$  и  $c$  от англ. wale – петельный столбик, course – петельный ряд.

<sup>8</sup> Понятие структурной ячейки (в отличие от раппорта) является основой описания и проектирования свойств трикотажа и является базовым понятием строения трикотажа в зарубежной науке и практике. Впервые ввел J.J. Knaption.



а)



б)

Рис. 3

Методология синтеза переплетений регулярных структур на матрице бинарных отношений была реализована в виде компьютерной версии (рис. 3) при работе в режиме экспертной системы. Программа позволяет осуществлять "сборки" структурных элементов в комплексы (ячейки) - SKC, реализовывать визуализацию полотна (рис. 2-а) и отображать результаты синтеза в виде формализации структуры и семантической конструкции переплетения (рис. 2-б).

Результатом проектирования являются: размер раппорта переплетения  $R_B$  и  $R_H$ , количество и вид применяемых нитей  $t_h$ , графическая запись переплетения и количество элементов  $n$  в структурной ячейке - SKC полотна.

Полученное решение как информационная модель (ИМ) может быть представлено в виде формализованной семантической конструкции (кортежа) определяющих признаков:

$$\langle \text{переплетение } m_s \in M_s \rangle ::= \langle \text{имена элементов, } e_i \in E \rangle \langle \text{тип нити, } t_h \in T_h \rangle \langle \text{тип логического отношения, } R_e^{(s)} \rangle \langle \text{координаты } K_w \in R_B, K_c \in R_H \rangle,$$

которые единственным образом идентифицируют переплетение<sup>9</sup>, в том числе в программном обеспечении.

Полученных данных, во-первых, достаточно для перехода к проектированию технологического процесса вязания полотна и составления управляющих технологических программ (УТП) машин-автоматов; а во-вторых, для решения задач параметрического синтеза разработанных переплетений.

Разработанный инструмент компьютерного проектирования (синтеза) превращает задачу создания новых переплетений в простую инженерную процедуру, повы-

шает эффективность изобретательской работы, отвечает новым требованиям построения образовательного процесса, восприятия и переработки информации на более высоких (когнитивных) уровнях, способствует развитию продуктивного творческого мышления.

Необходимо отметить, что образная матрица бинарных отношений – это не иллюстративная графика, а графика, порождающая новые решения (познавательная графика), которую можно отнести к когнитивной графике (пифограмме), которую иногда считают визуальным изображением математики.

<sup>9</sup> Имеются в виду регулярные структуры без трансформации структурных элементов. Их синтез требует построения дополнительной матрицы бинарных отношений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2000.
2. *Вермишев Ю.Х.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: Радио и связь, 1988.
3. *Воронов М.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.115...120.
4. *Цитович И.Г., Колесов Б.В., Инихов Д.Б.* // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1991, №4. С.84...88.
5. *Дзюба В.И.* Формализация регулярных неточных структур в САПР текстильных изделий: Монография. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002.
6. *Колесникова Е.Н.* Основы автоматизированных методов проектирования технологии петлеобразования. – М.: ТОО "Оргсервис ЛТД", 2000.
7. Актуальные проблемы исследования сложных систем / В сб. тр. научн.-метод. семинара). – Уфа: РИО БИСТ, 2006.
8. *Анисимова Н.С.* Мультимедиа технологии в образовании: понятия, методы, средства: Монография / Под ред. П.А. Бордовских. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2002.
9. *Гаврилова Т.А.* Объектно-структурная методология концептуального анализа знаний и технология автоматизированного описания баз знаний // Тр. Междунар. конф.: Знания – диалог – решение '95. – Т.1. – Ялта, 1995.
10. *Feigenbaum E.A., Feldman J.* Computer and thought. – NY: Mc Craw-Hil, 1963.
11. *Найсер У.* Познание и реальность: Смысл и принципы когнитивной психологии. – М.: Изд-во "Прогресс", 1981.
12. *Месарович М., Тахакара Я.* Общая теория систем: Пер. с англ. – Мир, 1978.
13. *Горбатов В.А.* Основы дискретной математики: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1986.
14. *Герман О.В.* Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний. – Мн.: Дизайн ПРО, 1995.
15. *Калянов Г.Н.* CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). – М.: Изд-во "Лори", 1996.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 30.11.06.