

# РОЖДЕНИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ИДЕЙ

Г. БУШ

## 8. МАТРИЦЫ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ИДЕЙ

В математической теории матрицами называют совокупность условных образов в виде прямоугольника расположенных объектов, имеющих определенный математический смысл, значение которого можно вычислить по установленным в теории матриц правилам. В широком смысле матрицами можно назвать любые таблицы, расписанные по определенным правилам в известном порядке.

Применение матриц для генерирования изобретательских идей является одним из наиболее эффективных приемов систематической эвристики. При умелом подходе с помощью матриц удастся перекрыть все поле возможных решений. В области, перекрытой матрицей, можно рассмотреть все возможные элементы и их комбинации. По существу, этот прием использовал Д. И. Менделеев при открытии периодического закона химических элементов.

Создание матриц для решения каждой отдельной изобретательской задачи требует определенных навыков и творческого подхода. Мы рассмотрим лишь некоторые простые, проверенные на практике решения изобретательских задач приемы и их разновидности.

Анализ взаимоотношений и связей между идеями, процессами, элементами технического объекта, между элементами системы «человек—техника—среда» является, несомненно, одним из главных источников изобретательских идей. Выявление ранее не замеченных связей и отношений, даже первоначально кажущихся второстепенными и несущественными, часто служит подсказкой неожиданного полезного решения.

Наиболее простой методический прием анализа отношений — выявление отношений и связей между двумя объектами или элементами. Такой анализ удобно провести, применяя матрицы двухсторонних отношений. Матрицы облегчают последовательный анализ отношений между всеми парами определенного множества рассматриваемых объектов или элементов.

Римский ритор Квинтиллиан в I в. до н. э. определил семь вопросов, на которые необходимо ответить, чтобы информация о событии, явлении, процессе, задаче была полной: кто? (quis?), что? (quid?), где? (ubi?), чем? (quibus auxiliis?), зачем? (cur?), как? (quomodo?), когда? (quando?).

Кто?	СУБЪЕКТ	1					
Что?	ОБЪЕКТ	2	1-2				
Где?	МЕСТО	3	2-3	1-3			
Чем?	СРЕДСТВА	4	3-4	2-4	1-4		
Зачем?	ЦЕЛЬ	5	4-5	3-5	2-5	1-5	
Как?	МЕТОД	6	5-6	4-6	3-6	2-6	1-6
Когда?	ВРЕМЯ	7	6-7	5-7	4-7	3-7	2-7

Перечисленные вопросы направлены на получение информации соответственно о субъекте, объекте, месте, средствах, цели, методах и времени, относящихся к рассматриваемому явлению или событию.

Целесообразность постановки перечисленных выше вопросов подтверждается современной информатикой, вполне естест-

Рис. 18. Матрица двухстороннего взаимодействия ключевых вопросов.

венно, что постановка этих вопросов оказывается полезной и тогда, когда ставится изобретательская задача. Однако ставят изобретательскую задачу, как правило, в условиях дефицита информации, когда желательно из имеющихся данных получить наибольшую пользу путем их многоаспектного рассмотрения. При этом оказывается, что большее количество информации, чем прямые ответы на семь вопросов Квинтиллиана, может дать взаимное комбинирование вопросов. Для облегчения, системной постановки комбинированных вопросов строится матрица двухстороннего взаимодействия вопросов (рис. 18).

Каждый маленький ромбик включает комбинацию из двух вопросов, например, ромбик 1—4 содержит вопрос «кто—чем?», ромбик 2—3 вопрос «что—где?», ромбик 6—7 вопрос «как—когда?» и т. д. Эти вопросы соответственно означают в полном изложении: кто и какие средства использует для решения изобретательской задачи, какой объект и где должен быть создан, каким методом и когда целесообразно решать задачу, и т. д. Ответы на вопросы выписываются на отдельном листе и используются для постановки и классификации задачи. После определения принципиальной структуры технического объекта целесообразно изучить взаимоотношения между элементами объекта. Такой анализ позволяет найти оптимальное конкретное решение воздействия на рассматриваемые элементы разными методами: объединением, трансформацией, изменением соотношений размеров, перестановкой, инверсией, изменением степени динамизации, включением одного элемента в другой и т. д.

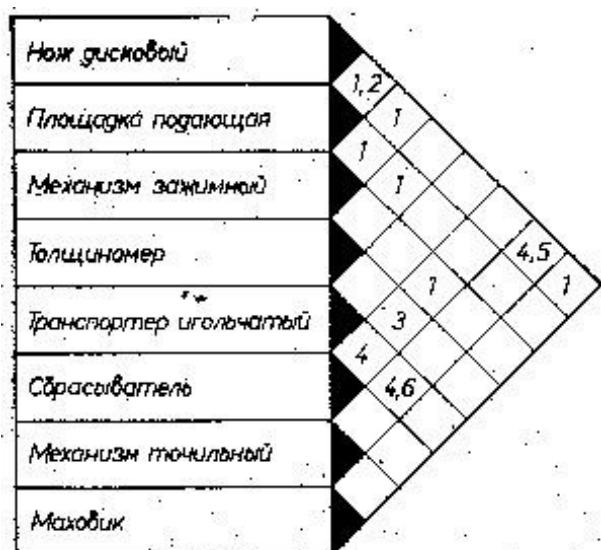


Рис. 19. Матрица двухсторонних взаимоотношений ветчино-колбасорезки:

1 — изменение взаимного расположения; 2 — трансформация; 3 — взаимный обмен местами; 4 — объединение; 5 — элиминация; 6 — уменьшение

В этих случаях, а также в случаях решения конструкторско-изобретательских задач по усовершенствованию известных технических объектов можно применять матрицы двухсторонних взаимоотношений элементов технического объекта. Например, при постановке задачи по усовершенствованию ветчино-колбасорезки элементы объекта могут взаимно изменять свои отношения, если их объединить, увеличить, уменьшить, трансформировать, переставить в другое место, взаимно поменять местами, исключить один элемент с передачей его функции другому, изменить степень динамичности (рис. 19).

Применение матриц двухсторонних взаимоотношений отнюдь не ограничивается перечисленными выше формами. Приобретение небольшого опыта их использования позволяет строить разные матрицы для анализа конкретной проблемной ситуации, конкретной конструкторско-изобретательской задачи, факторов, связанных с решением конкретной задачи.

Одним из вариантов распространенных матриц являются матрицы двухсторонних отношений между техническим объектом и предметами окружающей его среды.

Рассмотрим пример. Предположим, что дана задача на конструирование рабочего стола для инженера оперативной информации в проектно-конструкторском

бюро. Для построения матрицы сначала составим список объектов, находящихся в помещении для инженера-информатора. Такой перечень может включать, например, стол информатора, стул (кресло), настольную лампу, телефон, теле-

0	Стол информатора	Стол информатора
1	0-1	Стол машинки
2	0-2	Стул
3	0-3	Телефон
4	0-4	Телетайп
5	0-5	Переговорное устройство
6	0-6	Табулятор
7	0-7	Пишущая машинка
8	0-8	Пюпитр
9	0-9	Шкаф
10	0-10	Полка
11	0-11	Перфокартотека
12	0-12	Селектор
13	0-13	Читальный аппарат
14	0-14	Лампа
15	0-15	Светильники

Рис. 20. Матрица взаимоотношений стола информатора и технической среды:

*a* — анализ взаимоотношений при проектировании стола информатора; *b* — анализ взаимоотношений при проектировании комплекса оборудования для информатора

от одного стола к другому без перехода и передвижения стула. Желательно, чтобы оба стола были включены в одну систему, имели одинаковое оформление, отделку, стиль, унифицированные элементы. В данных условиях целесообразно применение вогнутого большого Г- или П-образного стола информатора с приставным столом для пишущей машинки и поворотным стулом. Устройство ящиков и тумбочек обоих столов должно быть таким, чтобы информатор мог ими пользоваться не передвигаясь.

Результаты анализа следует записать на отдельном листе к каждому из рассматриваемых элементов в отдельности. Естественно, что при анализе взаимоотношений выявляются и такие пары элементов, между которыми взаимных связей не обнаруживается. Рассматриваемые взаимоотношения отмечаются зачеркиванием соответствующих клеток матрицы. Так, например, между полкой для информационных материалов и пюпитром пишущей машинки, на первый взгляд, не видно существенных связей. Заключение об отсутствии этих связей должно приниматься только после вдумчивого анализа. Казалось бы, то же самое можно сказать и о связях между алфавитно-цифровым табулятором и переговорным устройством. Однако если учесть, что весьма удобно информационные данные, получаемые на табуляторе, непосредственно передавать через переговорное

устройство, перфокартотеку селектор, шкаф с выдвижными ящиками, полку для информационных материалов, аппарат для чтения микрофильмов, пишущую машинку, алфавитно-цифровой табулятор, переговорное устройство для 10 абонентов, электрифицированный пюпитр для пишущей машинки, потолочные светильники, стол для пишущей машинки. После построения матрицы отношений (рис. 20) изучаются возможные взаимодействия, взаимоотношения и связи между отдельными объектами. Так, например, при определении взаимоотношений между столом информатора и столом для пишущей машинки можно отметить следующее. Оба стола должны находиться в непосредственной близости. Лучше всего, если работа информатора переключается лишь путем поворота

устройство абоненту-заказчику информации, то обнаруживается ряд существенных связей между упомянутыми объектами.

Разумеется, анализ взаимоотношений между всеми элементами системы целесообразен лишь тогда, когда выполняется задача проектирования всей системы. Если речь идет о конструировании стола информатора, то необходимо изучить только двухсторонние взаимоотношения между конструируемым объектом и другими объектами, находящимися в одной системе с ним. В таком случае матрица упрощается и превращается в простейшую двумерную матрицу (см. рис. 20), в которой на одной стороне откладываются элементы технической среды, а на другой — усовершенствуемый технический объект.

При известном навыке применения метода матрицы идей удобно строить комплекс двумерных (или трехмерных) матриц совместно с матрицами двухсторонних отношений (рис. 21). Если устройство состоит из самостоятельных механизмов (узлов) М1, М2, М3, М4 и М5, то путем построения матриц двухсторонних отношений между узлами (детальями) этих механизмов и изучения целесообразности и возможности их преобразования (объединения, исключения, упрощения, трансформации, включения одного узла или детали в другой и т. п.) получаем идеи конструкции видоизмененных элементов. Так, например, первичные элементы а, б, с, d, e, f, g, h механизма (узла) М3 преобразуются в видоизмененные элементы А, В, С, D, E, F, G, причем отдельные первичные элементы в новом сочетании (например, элемент h) могут оказаться излишними. В другом случае после преобразования могут появиться новые элементы, выполняющие дополнительные функции, например, элементы x, y, z в механизме М5.

Далее комбинируют отдельные элементы механизмов (узлов) друг с другом. Выбираются только те механизмы (узлы), между элементами которых могут быть взаимоотношения и связи (взаимное усиление, взаимное торможение, регулирование, обратная связь и т. д.). Распространенными типами связи технических элементов являются связи по типу механической детерминации, субординации или корреляции. Наиболее элементарная связь элементов — связь по типу механической детерминации, сущность которой заключается в непосредственном контактном взаимодействии элементов между собой. При коррелятивной и субординационной связи детерминируется взаимодействие, как правило, между элементами, расположенными далеко друг от друга.

Особое внимание следует обратить на нахождение новых, ранее не замеченных связей и отношений между элементами объекта. Ведь иногда именно к этому сводится процесс создания изобретения.

При анализе двумерной матрицы окажется, что многие элементы между собой не сочетаются или не имеют связей. Такие комбинации сразу вычеркиваются. Остальные возможные комбинации сначала оцениваются с точки зрения эффективности в рамках решения данной задачи. Принимая за основу наиболее эффективные комбинации, осуществляется вторая оценка комбинации элементов — на совместимость. Этим окончательно определяется оптимальный вариант (иногда 2—3 варианта для последующего изучения и предварительной разработки).

Естественно, что оптимальный вариант будет содержать опять часть измененных элементов механизмов (узлов) объекта. Не излишним будет повторное построение матриц двухсторонних отношений элементов отдельных механизмов (узлов), чтобы выявить возможности упрощения конструкций.

В процессе решения изобретательских задач зачастую приходится комбиниро-

вать больше чем двумя характеристиками, элементами, идеями, рассматривать взаимоотношения множества переменных. В таких случаях можно применять многомерные матрицы.

Распространены трехмерные матрицы разного назначения.

Традиционная трехмерная матрица, зачастую для наглядности изображаемая в виде куба, имеет три переменные: а) ключевые вопросы, б) желательные качественные показатели технического объекта, в) методы поиска решения задачи (рис. 22).

Трехмерные координаты могут иметь и другие характеристики (табл.9).

Таблица 9.

Переменная характеристика X	Переменная характеристика Y	Переменная характеристика Z
Ключевые вопросы	Качественные показатели технического объекта	Методы поиска решения технической задачи
"_"	Недостатки технического объекта	"_"
Элементы технического объекта	Желательные преимущества технического объекта	"_"
Качественные показатели технического объекта	Основные принципы развития техники	"_"
Форма технического объекта	Материалы изготовления объекта	"_"
Функция технического объекта	Ключевые вопросы	"_"
Физическая среда	Агрегатное состояние объекта	"_"
Переменные характеристики одного элемента	Переменные характеристики другого элемента	Переменные характеристики третьего элемента

Если переменных характеристик, определяющих систему, больше трех, практическое применение многомерных матриц усложняется. Матрица с пятью переменными может иметь, например, следующий вид:

A1 A2 A3  
 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8  
 C1 C2 C3 C4  
 D1 D2 D3 D4 D5  
 E1 E2

где буквами обозначены переменные характеристики, индексами — отдельные возможные значения этих характеристик. В приведенном сравнительно простом примере общее количество возможных альтернативных вариантов составляет  $3 \times 8 \times 4 \times 5 \times 2 = 960$ .

В изобретательской практике часто встречаются задачи, содержащие значительно большее количество альтернативных вариантов. Нахождение множества, содержащего все возможные варианты, само по себе явление весьма положительное. Среди них часто находятся новые, еще в технике не использованные варианты. Однако в этом случае возникает весьма сложная проблема сравнения и оценки множества альтернативных вариантов. Для преодоления этой трудности применяются разные приемы:

- сокращение числа вариантов еще до составления матрицы путем исключения маловероятных, бесперспективных значений переменных;

	Кто?	Где?	Цем?	Зачем?	Как?	Когда?	
Удельная производительность							
Удельное разрежение							
Удельная масса							
Пылеборочная способность							
Пылеёмкость							
Время подготовки к работе							
Время приведения в исходное положение							
Вероятность безотказности за срок гарантии							
Долговечность							
Коэффициент блочности							
Коэфф. использования рациональных материалов							
Уровень шума							
Вибрационная скорость							
Безопасность обслуживания							
Товарный вид							
Отделка							
Окраска							
Себестоимость							
Удельные эксплуатационные расходы							
Коэффициент применяемости							
Патентоспособность							
Патентная чистота							
	Методы аналогии	Методы инверсии	Методы объединения	Методы расчленения	Методы трансформации	Методы транслокации	Методы имитации

Рис. 22. Трёхмерная матрица взаимоотношений факторов решения изобретательской задачи усовершенствования пылесоса

- дробление многомерной матрицы на отдельные двухмерные матрицы с последующим комбинированием элементов обычным табличным способом. Далее проводится предварительная оценка комбинации, исключение маловероятных комбинаций, из оставшихся комбинаций снова строятся двухмерные матрицы и т. д. Прием, однако, не гарантирует выбора оптимального варианта;
- применение метода аппроксимации: из сокращенной матрицы выбирается реальный элемент. Комбинации из отдельных элементов оптимизируются путем отбора лучшей их совместимости.

В процессе поиска решения изобретательской задачи могут применяться разнообразные таблицы.

Однако табличное упорядочение данных — это только предварительный прием представления информации. Смысл информации выявляется лишь путем ее анализа. Для облегчения проведения такого, анализа и обеспечения его эффективности целесообразно информационные данные преобразовать в более компактную форму, так как компактная форма отражает существенные сведения.

Компактности информационных данных можно достигнуть путем группировки понятий со сходными признаками, что решается приемами классификации. Другой путь достижения компактности информационных данных — это группировка признаков с общим характером изменений, что достигается анализом системы признаков. Лучшие результаты дает комбинированный подход — классификация объектов с тщательным анализом системы признаков.

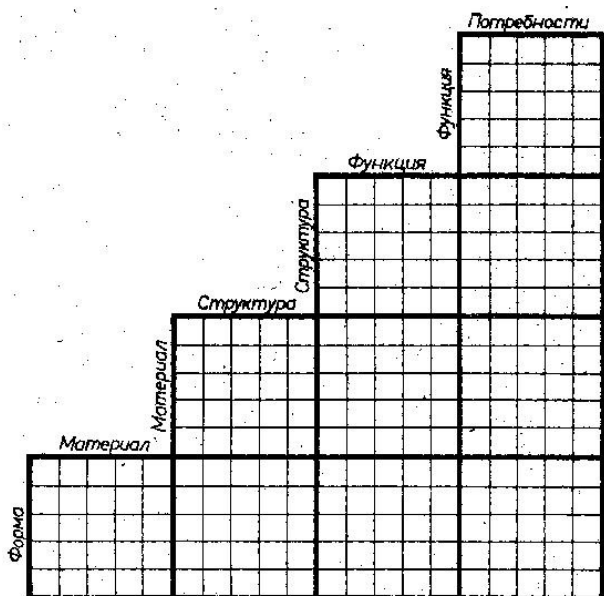


Рис. 23. Многомерная матрица анализа взаимоотношений факторов решения изобретательской задачи

Один из приемов анализа проблемной ситуации осуществляется в такой последовательности:

- составляется перечень всех факторов, в той или иной мере относящихся к проблемной ситуации;
- проводится классификация факторов по одному или нескольким существенным признакам;
- проводится ранжирование факторов по их важности в конкретных условиях;
- строится матрица двухстороннего взаимодействия факторов и проводится тщательный ее анализ.

Наиболее полный анализ проблемной ситуации можно провести с помощью многомерной матрицы анализа взаимоотношений (рис. 23). С помощью матрицы анализируются взаимоотношения и связи между актуальными общественными потребностями, всеми функциями технического объекта, его структурными элементами, возможными видами применяемых материалов, формой объекта и его составных частей. Матрица перекрывает все поле возможных взаимоотношений.

Матрица перекрывает все поле возможных взаимоотношений.