

§4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Ю.Т. Лячек, С.И. Чеканов, Б.А. Абдулкадер

СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНСТРУКТОРСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ НА ОСНОВЕ ИХ АДАПТИВНОЙ БАЗОВОЙ СЕТИ

Аннотация. Рассматриваются особенности процесса и алгоритмы автоматического формирования параметрической модели непараметрического описания чертежа, в основе которой лежит использование адаптивной базовой сети чертежа, изменяющейся при изменении значений используемых в нем размеров. Адаптивная базовая сеть выступает в роли эффективной (универсальной) параметрической модели чертежа, так как она действует на все поле чертежа и соответственно на все характерные точки основных графических примитивов, определяющих образ детали, изображенной на чертеже. Вместе с тем, с этой сетью косвенно связаны и все элементы оформления чертежа (всевозможные технологические обозначения), и изображение размерных обозначений. Это позволяет автоматически получать практически полностью оформленные конструкторские чертежи модифицированных изделий. Формирование адаптивной базовой сети зависит только от используемых в описании основных графических элементов и типа и вида, установленных в нем, размерных обозначений. Ее представление не зависит от порядка и способа формирования графических примитивов (от алгоритма построения изображения детали), а также времени и способа простановки на чертеже размерных обозначений. Это позволяет использовать такую сеть для автоматического создания параметрического описания практически любого ранее сформированного в непараметрических системах конструкторского чертежа. Необходимо только, чтобы используемые размерные обозначения однозначно описывали форму изображенной детали, т.е. исходный чертеж должен соответствовать требованиям ЕСКД, и по нему можно было бы изготовить требуемую деталь. Созданные на основе адаптивной сети программные средства могут найти широкое использование в конструкторских отделах машиностроительных проектных бюро и предприятий.

Ключевые слова: программное обеспечение, параметризация, адаптация, базовая, сеть, чертеж, вид, модель, алгоритм, связь.

Промышленное производство постоянно стоит перед необходимостью обновления выпускаемой продукции. Это требует непрерывного проектирования новых изделий, и выпуска для них комплектов конструкторской документации, в число которых входят конструкторские чертежи, подготовка которых занимает большую долю конструкторского труда. Однако задача может быть облегчена благодаря тому, что большинство вновь выпускаемых изделий и составляющих их деталей не претерпевают существенных изменений, а являются модификацией ранее выпущенных. Как показывает статистика, при создании новой модификации какого-либо изделия

коэффициент обновления редко превышает 0,2, т.е. 80% деталей и узлов не претерпевают существенных изменений конфигурации. Часто за счет изменения значений размерных обозначений просто видоизменяется форма детали. Правда и для модифицированных вариантов изделий необходимо выпускать полные комплекты конструкторских документов (ККД). В этой связи широкое распространение приобретают системы автоматизированного проектирования, позволяющие создавать параметрические описания (модели) деталей, узлов и сборочных конструкций. Такие параметрические САПР, как правило, позволяют создавать 3-мерные твердотельные параметрические модели деталей, на основе которых далее конструктором автоматизированными методами формируются соответствующие чертежи с добавлением требуемых элементов оформления. Правда на эту доработку чертежей, связанную с их оформлением, затрачиваются дополнительные ресурсы — время и силы конструктора.

Построенные параметрические описания, как объемных деталей, так и чертежей, достаточно легко модифицировать и получать их новые представления путем простого изменения значения одного или совокупности размерных обозначений. Это существенно сокращает время (на порядок и более) получения требуемых ККД по сравнению с процессом обычного автоматизированного редактирования непараметрических описаний.

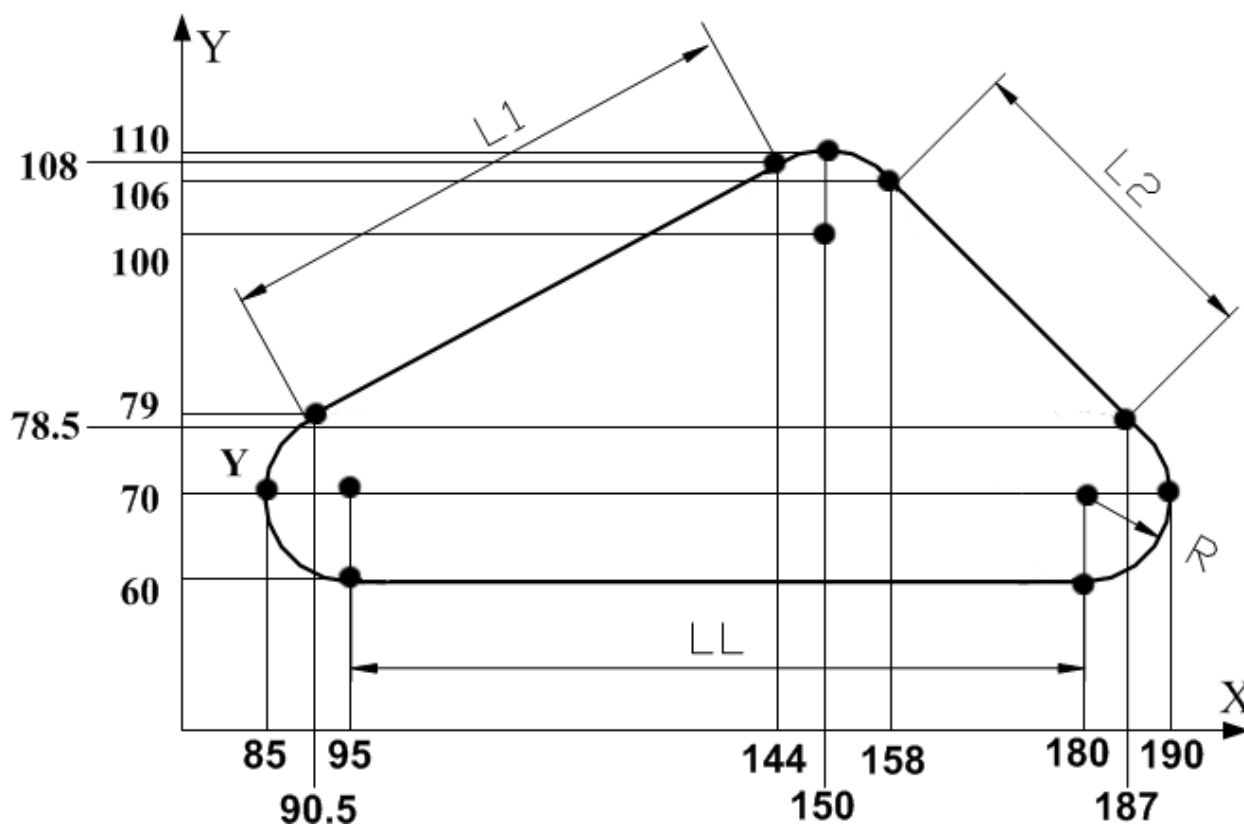
Вместе с тем на предприятиях все еще существует огромное количество непараметрических описаний конструкторских чертежей, и их количество продолжает увеличиваться за счет использования во многих конструкторских отделах непараметрических систем из-за их относительно невысокой стоимости. В этих условиях особую актуальность приобретают средства, позволяющие автоматически построить параметрическую модель электронного описания непараметрического конструкторского чертежа. Такая модель независимо от сложности, способа и времени построения чертежа может быть построена, не прибегая при этом к его повторному построению и оформлению в параметрической системе.

Следует отметить, что в файле непараметрического описания чертежа или любой геометрической фигуры все графические примитивы, в том числе и размерные обозначения, составляющие в совокупности образ изображенного на нем объекта, задаются в виде конкретных значений координат всех характерных точек этих графических примитивов. Т.е. размерные обозначения, как и другие графические примитивы, в непараметрическом варианте представления являются обычными графическими элементами, характеризующимися своими координатами характерных точек, и не несут никаких функций, которые бы управляли параметрами других графических примитивов. При этом изображение чертежа формируется ЭВМ путем последовательной прорисовки каждого графического примитива по указанным координатам его характерных точек. Редактировать такие описания в соответствии с новыми значениями размеров достаточно трудно и долго.

Отличие параметрического описания от обычного непараметрического заключается в том, что в нем хранится информация не только о геометрических примитивах объекта, о связях между ними и наложенных на них ограничениях, но и о параметрах этих примитивов (координатах их характерных точек), которые являются функциями значений размеров, присутствующих в чертеже. Т.е. при изменении значений размеров должны меняться координаты характерных точек соответствующих графических примитивов. В результате при выводе на экране дисплея или на графопостроителе чертежа с новыми значениями размеров должно автоматически формироваться его модифицированное изображение, полностью соответствующее этим новым размерам.

В связи с тем, что любой чертеж формируется на основе координат характерных точек графических примитивов, параметрическая модель чертежа должна обеспечивать перестроение этих точек в соответствии с новыми размерными значениями. Так как характерные точки основных примитивов чертежа образуют своего рода неравномерную прямоугольную координатную базовую сеть чертежа, в узлах (на пересечении) которой и располагаются эти точки (рис. 1), то перестроение этих точек и определяемых ими графических примитивов можно обеспечить путем перестроения элементов этой неравномерной прямоугольной сети (системы) координат. При этом в качестве имени элемента по каждой подсети может выступать значение его координаты.

Неравномерная прямоугольная базовая сеть чертежа



Связь между элементами такой базовой сети может быть выражена через размерные обозначения, установленные на чертеже. Тогда процесс установления связей между элементами базовой сети и используемыми размерными обозначениями на чертеже можно рассматривать, как процесс создания параметрической модели чертежа.

При установлении связи элементов базовой сети через размерные обозначения ее можно будет изменять при изменении значения любого размера чертежа или их совокупности. Такую изменяющуюся базовую связь можно называть базовой сетью адаптивной к изменяющимся значениям размерных обозначений или адаптивной базовой сетью, и с ее помощью обеспечить автоматическую перерисовку каждого примитива и в целом всего чертежа модифицированного изделия.

Таким образом, обработка размерных обозначений, установленных в чертеже, учет условий связи между графическими примитивами и ограничений, накладываемых на примитивы, а также использование вспомогательной угловой сети позволяют из базовой сети сформировать адаптивную базовую сеть чертежа, т.е. вариант параметрической модели чертежа.

Процесс формирования подобной адаптивной параметрической модели чертежей в самом общем виде может быть представлен состоящим из следующих укрупненных этапов:

- формирование координатной базовой и вспомогательной угловой сетей чертежа;
- установление связей между всеми парами элементов базовой и угловой сетей через новые значения размеров, вводимых пользователем;
- выявление новых значений координат (углов наклона) для элементов базовой сети (угловой сети) в соответствии с новыми значениями размерных обозначений и установление соответствия между старыми значениями координат элементов базовой (угловой) сети и их новыми значени-

ями, т.е. формирование адаптивного новым размерам представления базовой сети (адаптивной параметрической модели).

Формирование базовой и угловой(вспомогательной) сетей чертежа осуществляется путем:

- последовательного просмотра всех графических примитивов, входящих в описание чертежа и выявлении среди них основных графических примитивов, непосредственно формирующих изображение образа детали этого чертежа (отрезков, полилиний, окружностей, дуг, эллипсов и т.п.), а также осевых линий;
- выявления для каждого основного примитива характерных точек и соответствующих им координат. Для окружностей, эллипсов и дуг этого типа примитивов необходимо дополнительно определять значения координат их квадрантных точек. Для ортогональных осевых линий выявляются координаты, которые определяют направление этих осевых;
- включение выявленных новых значений координат в соответствующие списки (массивов) отдельно по координате X и Y (списки координат не должны содержать дублирующих значений);
- для наклонных отрезков, точек начала и конца дуг, а также наклонных осевых необходимо определять угол их наклона и на их основе формировать угловую сеть чертежа, исключая занесения в нее дублирующих значений.

Установление значений связи между парами элементов базовой и угловой сетей осуществляется при обработке:

- всех размерных обозначений, установленных в чертеже [1];
- особых точек чертежа, например, точек сопряжения или точек, в которых соединяются взаимно перпендикулярные отрезки;
- связей между всеми видами, имеющимися в чертеже.

Обработка размерных обозначений начинается с обработки горизонтальных, вертикальных, диаметральных, радиальных и угловых размеров, имеющихся в описании чертежа. На основе анализа точек привязки каждого размера к соответствующим элементам базовой (угловой) сети пополняются списки (массивы) связей между парами элементов базовой сети по координате X, Y, или по углу в виде, например, записей:

$$(X_i X_j LL) (Y_p Y_r HH) \text{ или } (\alpha_k \alpha_m \beta), (1)$$

где X_i, X_j — элементы базовой ортогональной сети по координате X (соответствующее значение координаты, как указывалось ранее), между которыми установлена связь через новое (измененное) значение размера, например LL;

Y_p, Y_r — то же, но связь по координате Y через значение размера HH;

α_k, α_m — элементы угловой сети, между которыми установлена связь через новое (модифицированное) значение углового размера β .

После этого, на основании уже сформированных связей между отдельными парами элементов ортогональной базовой и наклонной угловой сетей, осуществляется обработка параллельных и наклонных размеров. На этом этапе приходится предварительно выяснять находятся ли точки привязки текущего обрабатываемого размера в одном из уже сформированных списков связей. При этом необходимо стремятся пополнить списки связей за счет обработки последовательно вначале одиночных параллельных размеров, а затем за счет связанных размеров в пары и тройки.

Обработка особых точек, связанных с элементами базовой ортогональной сети, для которых не были установлены соответствующие связи через имеющиеся в чертеже размерные обозначения. Для каждого такого элемента базовой цепи, который еще не попал в списки связей, определяют характерную точку, порождающую этот элемент сети и связанные с ней графические примитивы исходного чертежа. Определив из исходного описания чертежа, какие это графические примитивы,

анализируют их на взаимное отношение. На основе этого анализа осуществляется выявление значимых связей этой точки с какой-либо уже определенной точкой (уже занесенной в списки связей) для этих взаимосвязанных графических примитивов.

Обработка связей между всеми видами, имеющимися в чертеже, предполагает первоначальное определение видов, их общее количество и их имена, а затем нахождение элементов базовой сети, относящихся к каждому из видов и установление связей между элементами базовой сети, которые принадлежат различным видам.

Алгоритм выявления общего количества и имен имеющихся видов в электронном описании чертежа при автоматическом формировании его адаптивной параметрической модели достаточно подробно изложен в [2]. Здесь отметим только основные положения, на которых этот алгоритм основывается:

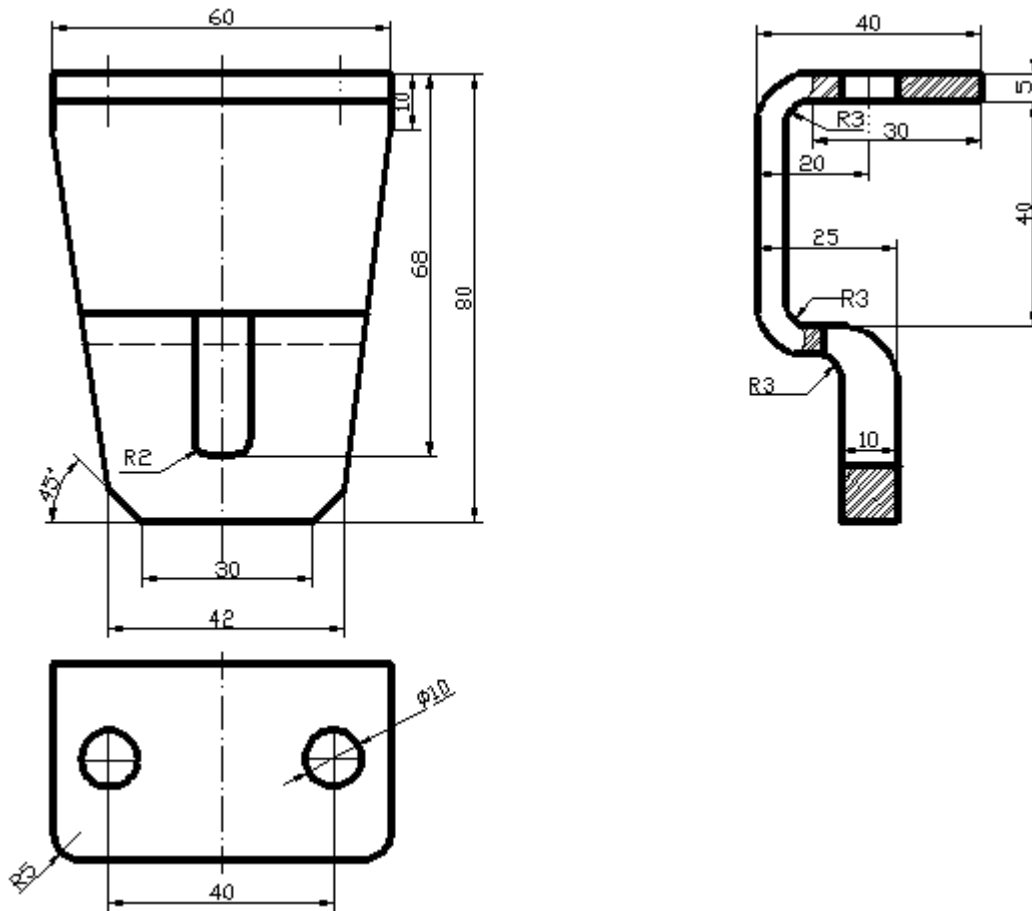
- взаимное расположение всех основных видов чертежа строго определяется ЕСКД, а дополнительные, местные виды и выноски сопровождаются соответствующими именами;
- область на поле чертежа, занимаемая каждым видом, определяется положением связанных друг с другом основных графических примитивов (отрезками, полилиниями, дугами и окружностями и т.д.), которые в совокупности составляют графическое изображение вида. При этом не должны учитываться вспомогательные примитивы, относящиеся к виду — осевые линии, линии штриховки сечений и разрезов, размерные и технологические обозначения;
- каждый дополнительный, местный вид и выносной элемент сопровождается своим именем. Для таких видов характерно отсутствие проекционных связей с основными видами, но эта связь все же может быть выявлена через их имена;
- между каждым видом на чертеже имеются свободные зоны, в которых могут располагаться вспомогательные примитивы и дополнительные надписи;
- каждый вид характеризуется отдельной изолированной от других видов областью рисования, которую можно, в частности, определить собственным минимально охватываемым прямоугольником (МОП), который, как правило, не должен пересекаться с МОП другого вида.

Таким образом, первая задача по разделению чертежа на виды заключается в определении группы примитивов, непосредственно связанных между собой. Один из наиболее эффективных и достаточно простых способов разделения чертежа на виды с точки зрения объема вычислений заключается в последовательном просмотре всех основных примитивов, определяющих форму объекта, выявлении для каждого из них МОП примитива и объединении касающихся и пересекающихся МОП графических примитивов в МОП вида.

Вторая задача разделения на виды заключается в выявлении наименования основных видов и сводится, прежде всего, к выявлению главного вида на основе сопоставления центра масс МОП основных видов. После этого имена остальных видов (сверху, снизу, слева, справа и сзади) легко определяются по их расположению относительно главного вида.

Нахождение элементов базовой сети, относящихся к каждому из видов, и установление связей между элементами, принадлежащим различным видам. Иными словами, на этом этапе осуществляется установление взаимного соответствия между элементами базовой сети по координате X и по координате Y, которые относятся к соответствующим основным видам. Аналогично можно определять связи между элементами базовой сети, относящиеся к основным и неосновным видам. Установление связей делается для того, чтобы в процессе создания параметрической модели чертежа можно было бы автоматически переносить без дополнительных вычислений значение выявляемых связей в соответствующих сетях по координатам X или Y с одного вида на другой. Эта необходимость переноса связана с тем, что размеры, установленные на одном виде в соответствии с требованиями ЕСКД, могут действовать на параметры графических примитивов не только своего вида, но и на примитивы, изображенные на других видах. Так, например, на трех видовом чертеже детали, представленном на рис. 2, горизонтальные размеры 20 и 40 мм, поставленные на виде слева, оказывают действие на элементы вида сверху, а диаметр отверстия $\varnothing 10$ мм, поставленный на окружность на виде сверху, наоборот, действует на вертикальные отрезки вида слева.

Пример трех видового изображения чертежа детали



© NOTA BENE (ООО "НБ-Медиа") www.nbpublish.com

Алгоритм выявления связей между элементами сети, принадлежащих разным основным видам по координаты X и Y включает следующие этапы.

Этап 1. Для видов 1, 3, 4 и 6 (см. рис. 3) выявляются минимальные и максимальные значения координаты X минимально охватывающего прямоугольника (X_i^{\min} и X_i^{\max}), а для видов 2 и 5 минимальные и максимальные значения координаты Y (Y_j^{\min} и Y_j^{\max}). Также определяются соответствующие расстояния между основными видами (между прямоугольниками, соответствующими этим видам) — $\Delta X_{1-4'}$, $\Delta X_{3-1'}$, $\Delta X_{6-3'}$, $\Delta Y_{1-2'}$, $\Delta Y_{5-1'}$;

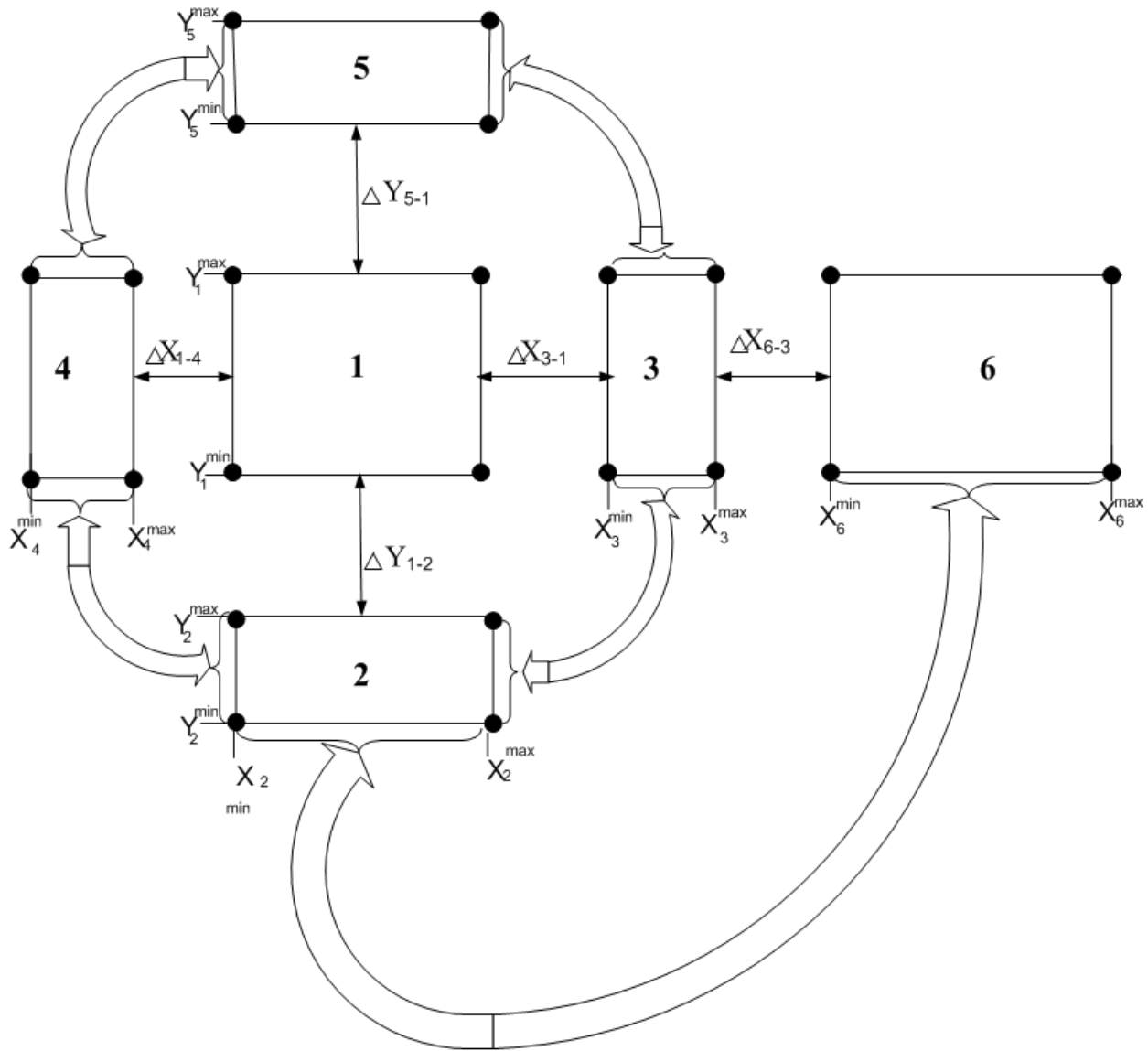
В соответствии с определенными на первом этапе значениями X_i^{\min} и X_i^{\max} для видов 1 (2, 5), 3, 4 и 6 выявляются все элементы базовой сети X, попадающие в указанные диапазоны. Затем для каждого вида составляются списки или массивы пар, состоящих из упорядоченных значений каждого базового элемента и расстояния (в мм) этого элемента от соответствующего левого края МОП для видов 1(2, 5) и 3 и от правого края для видов 4 и 6.

Например, списки для МОП 1(2, 5) и 3 представляются в виде:

$$((0, X_i^{\min}) (\delta X_i^k = (X_i^k - X_i^{\min}), X_i^k) \dots (\delta X_i^{\max} = (X_i^{\max} - X_i^{\min}), X_i^{\max})), (2)$$

где i — равно 1(2,5) или 3 в зависимости от номера рассматриваемого вида,

Связи между элементами сетей по координаты X и Y для основных видов чертежа



X_i^k – упорядоченные по возрастанию координаты, соответствующие элементам базовой сети для i -го МОП,
а для МОП 4 и 6 в виде:

$$((0, X_v^{\max}) (\delta X_v^k = (X_v^{\max} - X_v^k), X_v^k) \dots (\delta X_v^{\max} = (X_v^{\max} - X_v^{\min}), X_v^{\min})), (3)$$

где v – равно 4 или 6 в зависимости от номера рассматриваемого вида,

X_m^k – упорядоченные по убыванию координаты, соответствующие элементам базовой сети для v -го МОП;

Этап 2. В соответствии с определенными на первом этапе значениями Y_j^{\min} и Y_j^{\max} для видов 2 и 5 являются все элементы базовой сети Y , попадающие в указанные диапазоны. Затем для каждого вида составляются списки или массивы пар, состоящих из значений для каждого базового элемента и расстояния в мм этого элемента от соответствующего верхнего края для вида 2 и нижнего края для вида 5 соответствующих МОП. Так для МОП 2 список представляется в виде:

$$((0, Y_2^{\max}) (\delta Y_2^k = (Y_2^{\max} - Y_2^k), Y_2^k) \dots (\delta Y_2^{\max} = (Y_2^{\max} - Y_2^{\min}), Y_2^{\min})), (4)$$

где Y_2^k — упорядоченные по убыванию координаты, соответствующие элементам базовой сети, которые принадлежат 2-му МОП, а для МОП 5 в виде:

$$((0, Y_5^{\min}) (\delta Y_5^k = (Y_5^k - Y_5^{\min}), Y_5^k) \dots (\delta Y_5^{\max} = (Y_5^{\max} - Y_5^{\min}), Y_5^{\max})), (5)$$

где Y_5^k — упорядоченные по возрастанию координаты, соответствующие элементам базовой сети, которые принадлежат 5-му МОП.

Этап 3. Осуществляется последовательный анализ всех пар элементов в списках (4) и (5), составленных на 2-ом этапе для МОП 2 и 5 по координате Y и МОП 3, 4 по координате X (соответственно списки (2) и (3)), а также для МОП 1(2,5) и 6 по координате X (списки (2) и (3)). При совпадении в рассматриваемых парах первых элементов (величин расстояния элемента базовой сети от края соответствующего ему МОП):

- формируются списки соответствия базовых элементов, принадлежащих сетям по координатам X и Y .

Например:

$$((Y_2^{\max} X_3^{\min} X_4^{\max} Y_5^{\min}) \dots (Y_2^{\min} X_3^{\max} X_4^{\min} Y_5^{\max})).) \text{ и } (6)$$

$$((X_2^{\min} X_6^{\max}) \dots (X_2^{\max} X_6^{\min})).); (7)$$

- из соответствующих списков пар анализируемых МОП исключают те пары, для которых найдены соответствия;

Те пары, для которых не найдено ни одного соответствия, также удаляются из соответствующего списка МОП.

Этап 3 выполняется до тех пор, пока не будут вычищены все списки для всех МОП. На этом алгоритм установления соответствия между элементами базовых элементов сетей завершается.

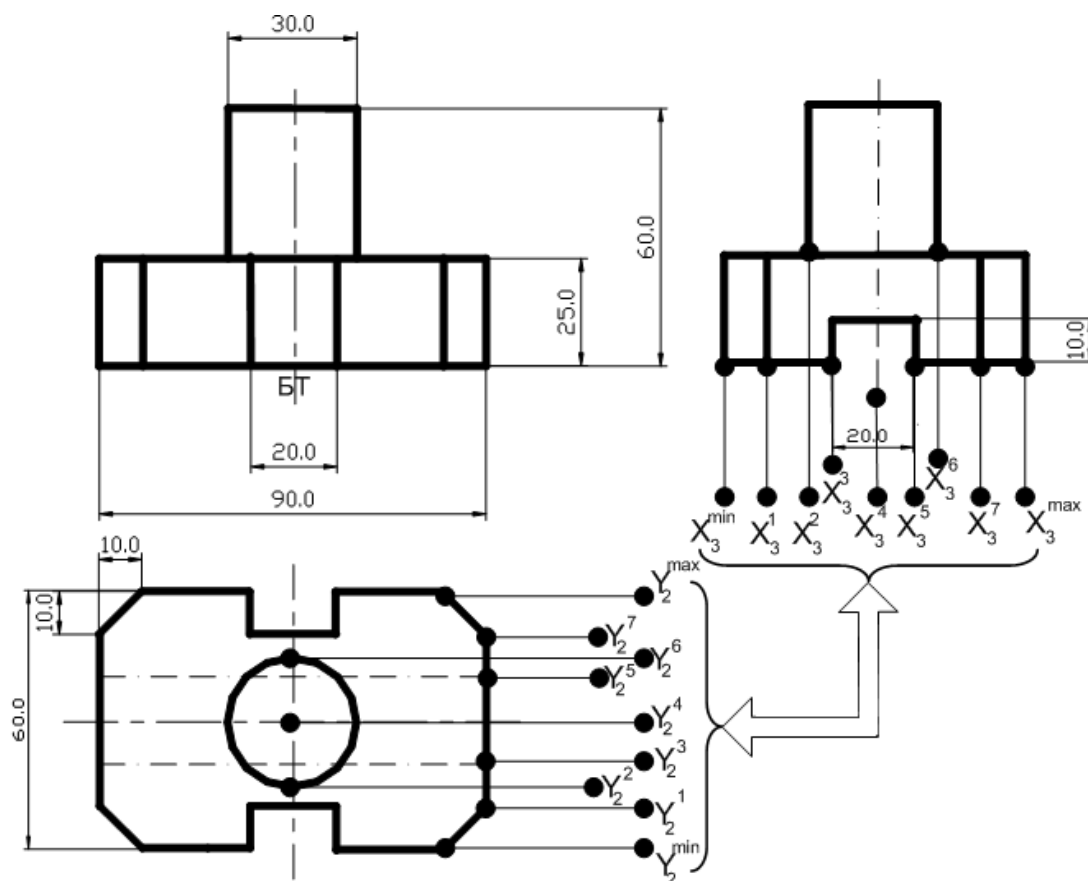
Составленные списки соответствия используются при дальнейшей работе алгоритма формирования параметрической модели для переноса значений установленных связей между элементами с одной сети на другую, например, из сети X в сеть Y и наоборот.

Пример установления соответствия связей элементов базовой сети между видами для трех видового чертежа представлен на рис. 4.

Обработка параллельных размерных обозначений, особых точек чертежа и связей между видами должна осуществляться в цикле до тех пор, пока выявленные связи не охватят все элементы базовой и угловой сети чертежа, или пока при выполнении очередного цикла вычислений не будет выявлено ни одной новой связи. Последний вариант говорит о том, что в программном обеспечении формирования адаптивной параметрической модели чертежа не был предусмотрен какой-то вариант обработки соответствующего отношения. В этом случае подсистема должна остановить процесс параметризации, а конструктор зафиксировать необрабатываемый вариант, чтобы сообщить об этом разработчикам для доработки подсистемы.

Выявление новых значений координат элементов базовой и углов наклона угловой сетей в соответствии с новыми значениями размерных обозначений, т.е. формирование адаптивной базовой сети, включает следующие основные этапы:

Пример установления списка соответствия базовых элементов сети



Список соответствия базовых элементов сетки :

$$((X_3^{\min} Y_2^{\max})(X_3^1 Y_2^7)(X_3^2 Y_2^6)(X_3^3 Y_2^5)(X_3^4 Y_2^4)(X_3^5 Y_2^3)(X_3^6 Y_2^2)(X_3^7 Y_2^1)(X_3^{\max} Y_2^{\min}))$$

- определение положения базовой точки адаптивной параметрической модели, от которой будет перестраиваться модифицированное изображение;
- определение новых координат (углов наклона) для всех элементов базовой сети и установления соответствия между старым значением базовой сети и ее новым значением.

Определение положения базовой точки. Под базовой точкой чертежа (X_6, Y_6) понимается точка, положение которой не меняется при его модификации, т.е. ее координаты остаются в модифицированном чертеже равными координатам исходного чертежа. Связанные с ней элементы базовой сети также будут неподвижными. Все остальные элементы опорной (базовой) сети, соответствующие характерным точкам графических элементов, рассчитываются (непосредственно или опосредованно) относительно этих неизменных элементов сети. В этой связи за базовую точку целесообразно принимать точку главного вида, которая либо является точкой центральной симметрии этого вида, либо лежит на оси его симметрии, либо с этой точкой связано наибольшее количество размеров (линейных, радиальных, диаметральных или угловых). Такой выбор обусловлен тем, что от этой точки (от этого элемента базовой сети чертежа) достаточно просто установить значение связей для наибольшего количества элементов базовой сети.

В крайнем случае, в качестве базовой точки может быть взята любая характерная точка любого основного примитива главного вида.

Алгоритм определения базовой точки состоит из следующих этапов:

- анализа описания элементов главного вида чертежа, нахождение в нем описаний линий симметрии и точек привязки размерных обозначений к характерным точкам основных графических примитивов;
- если в чертеже выявлена центральная симметрия, то за базовую точку сразу же принимается точка центра симметрии;
- вес каждого базового элемента сети главного вида, к которому привязано очередное рассматриваемое размерное обозначение, увеличивается на единицу. При этом подсчет суммарного веса идет отдельно по подсетям X и Y;
- если в виде выявлена ортогональная симметрия по какой-либо координате, то за базовую точку принимается та, которой соответствует максимальный вес по другой координате или любая другая точка с единичным весом (с которой связано только одно размерное обозначение);
- при отсутствии симметрии за базовую точку принимается та, для которой суммарный вес по обеим подсетям максимален, или любая из тех, у которых веса оказываются одинаковыми;
- после выявления базовой точки элементам базовой сети, связанным с ней, присваиваются значения, соответствующие ее исходным координатам.

Определение новых координат $(X_{i-н}, Y_{i-н})$ для всех элементов базовой сети и установление соответствия старых элементов базовой сети с новыми осуществляется исходя из нового значения координат для элементов базовой сети, соответствующих базовой точке $(X_б, Y_б)$ и списков связей (1), установленных для пар, охватывающих все элементы сетей. В результате формируются списки (массивы) в виде параметров адаптивной координатной сети:

$$((X_{б-ст} X_{б-н}) \dots (X_{i-ст} X_{i-н}) \dots (X_{п-ст} X_{п-н})) \text{ и}$$

$$((Y_{б-ст} Y_{б-н}) \dots (Y_{i-ст} Y_{i-н}) \dots (Y_{п-ст} Y_{п-н})),$$

Если на основе этих связей перерисовать основные графические примитивы, составляющие образ детали, с новыми параметрами их характерных точек, то будет получено модифицированное изображение детали, полностью соответствующее новым размерным обозначениям.

Вывод

адаптивная базовая сеть выступает в роли эффективной (универсальной) параметрической модели чертежа, построение которой зависит только от используемых в описании основных графических элементов и типа и вида, установленных в нем, размерных обозначений. Она не зависит от порядка и способа формирования графических примитивов (от алгоритма построения изображения), а также времени и способа простановки на чертеже размерных обозначений. Необходимо только, чтобы используемые размерные обозначения однозначно описывали форму изображенной детали, т.е. исходный чертеж должен соответствовать требованиям ЕСКД, и по нему можно было бы изготовить требуемую деталь.

Созданные на основе адаптивной параметрической сети программные средства могут найти широкое использование в конструкторских отделах машиностроительных предприятиях.

Список литературы:

1. Абдулкадер Бассам Ахмед, Аль-шайх Хасан, Лячек Ю.Т. Установление связей между элементами базовой сети при параметризации чертежей // Информационно-управляющие системы. — 2011. — №5(54). — С. 39-46.
2. Абдулкадер Бассам Ахмед, Лячек Ю.Т. Выявление видов деталей при автоматическом формировании параметрических моделей электронных описаний чертежей // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ". — 2012. — №3. — С. 27-32.
3. Аль-шайх Хасан, Лячек Ю.Т. Обработка параллельных размеров при параметризации чертежей // Инф. техн. в проф. деятельности и научн. работе // Сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. 2011 г. — Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет: в 2 ч. — Ч. 1. — С. 85-92.

References (transliteration):

1. Abdulkader Bassam Ahmed, al'-shaih hasan, Lyachek Yu.T. Ustanovlenie svyazei mezhdou elementami bazovoi seti pri parametrizacii chertezhei // Informacionno-upravlya-yushie sistemy. — 2011. — № 5(54). — S. 39-46.
2. Abdulkader Bassam Ahmed, Lyachek Yu.T. Vyyavlenie vidov detalei pri avtomaticheskom formirovanii parametriceskih modelei elektronnyh opisani chertezhei // Izvestiya SPbGETU «LETI». — 2012. — № 3. — S. 27-32.
3. Al'-shaih hasan, Lyachek Yu.T. Obrabotka parallel'nyh razmerov pri parametrizacii chertezhei // Inf. tehn. v prof. deyatel'nosti i nauchn. rabote // Sb. materialov Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. 2011 g. — 'oshkar-Ola: Mariiskii gosudarstvennyi tehniceskii universitet: v 2 ch. — Ch. 1. — S. 85-92.