

S-100 – Часть 7

Пространственная схема

Содержание

7-1 Цель	4
7-2 Соответствие	4
7-3 Ссылки	5
7-3.1 Нормативные ссылки	5
7-3.2 Не нормативные ссылки	5
7-4 Геометрия	5
7-4.1 Введение	5
7-4.1.1 Классы геометрии пространственной схемы S-100 и их ссылки на ISO 19107:2003	6
7-4.1.2 DirectPosition	7
7-4.1.3 GM_Position	8
7-4.2 Простая геометрия	9
7-4.2.1 S100_GM_CurveInterpolation	10
7-4.2.2 GM_CurveSegment	11
7-4.2.3 GM_SurfaceInterpolation	13
7-4.2.4 GM_SurfacePatch	13
7-4.2.5 GM_Polygon	14
7-4.2.6 GM_Curve	14
7-4.2.7 GM_CurveBoundary	15
7-4.2.8 GM_OrientableCurve	15
7-4.2.9 GM_OrientableSurface	15
7-4.2.10 GM_Point	15
7-4.2.11 GM_Primitive	15
7-4.2.12 GM_Ring	16
7-4.2.13 GM_Surface	16
7-4.2.14 GM_SurfaceBoundary	16
7-4.2.15 GM_Complex	16
7-4.2.16 GM_Composite	17
7-4.2.17 GM_CompositeCurve	17
7-4.2.18 GM_Aggregate	17

7-4.2.19 GM_MultiPoint	17
7-4.2.20 S100_ArcByCenterPoint	18
7-4.2.21 S100_CircleByCenterPoint	18
7-4.2.22 S100_GM_SplineCurve	18
7-4.2.23 S100_GM_PolynomialSpline	20
7-4.2.24 S100_GM_Knot (DataType)	22
7-4.2.25 S100_GM_KnotType	22
7-4.2.26 Вектор	23
7-4.3 Конфигурации геометрии	23
7-4.3.1 Уровень 1 – 0-, 1-мерный (без ограничений)	24
7-4.3.2 Уровень 2a – 0-, 1-мерный	24
7-4.3.3 Уровень 2b – 0-, 1-мерный.....	25
7-4.3.4 Уровень 3a – 0-, 1- и 2- мерный	25
7-4.3.5 Уровень 3b – 0-, 1- и 2- мерный	25
Приложение 7-А Примеры (информативное)	26
7-А-1 Пример кривой	26
7-А-2 Пример поверхности	27
7-А-3 2.5 Пример размерной геометрии	28

7-1 Цель

Пространственные требования стандарта S-100 являются менее объемлющими, чем требования стандарта ISO 19107 “Geographical Information - Spatial schema”, который содержит всю информацию, необходимую для описания пространственных характеристик географических объектов и манипулирования ими, и на котором основана настоящая Часть. Следовательно, эта часть содержит только подмножество классов ISO 19107, необходимых для S-100. Эта версия содержит только геометрию, если в будущем потребуется что-то для описания топологии, то эта часть будет расширена для удовлетворения этих требований.

Эта Часть определяет:

- 1) Поднабор классов ISO 19107 (раздел 6), который является минимально необходимым для поддержки 0, 1, 2 и 2,5 мерных пространственных схем. Как таковой, он ограничивается определением только данных и не включает операции;
- 2) Дополнительные ограничения (опущены необязательные элементы или ограниченные кардинальности), которые налагаются на эти классы данным профилем.
- 3) Дополнительные классы для некоторых видов криволинейной геометрии. Эти дополнительные классы основаны на спецификациях, которые, как ожидается, будут включены в следующее издание ISO 19107.

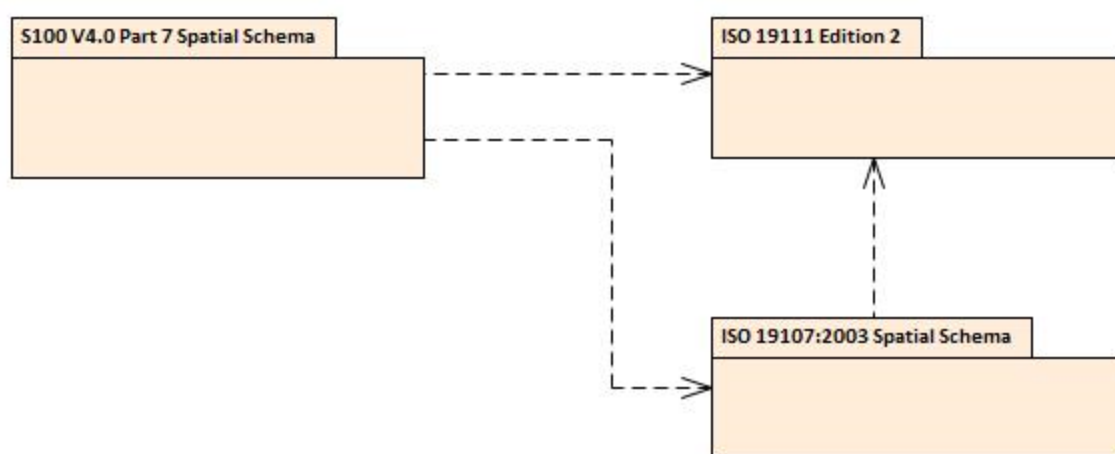


Рисунок 7-1 — Взаимосвязи Пространственной схемы S-100 с пакетами ISO 19100.

7-2 Соответствие

Этот профиль состоит из простой геометрии, основанной на трех критериях - комплексность, размерность и функциональная комплексность. Первые два критерия (комплексность и размерность) определяют типы, указанные в этом профиле, которые должны быть реализованы в соответствии с прикладной схемой, согласно данному варианту соответствия.

Эти критерии следующие:

Два уровня комплексности:

- 1) Геометрические примитивы
- 2) Геометрические комплексы;

Четыре уровня размерности:

- 1) 0-размерные объекты
- 2) 0- и 1-размерные объекты
- 3) 0-, 1- и 2-размерные объекты
- 4) 0-, 1-, 2- и 2.5 –размерные объекты; и

Один уровень функциональной комплексности:

- 1) Только типы данных (операции не включены).

Этот профиль удовлетворяет классам соответствия A.1.1.1, A.1.1.2, A.1.1.3, A.2.1.1 и A.2.1.2 по ISO 19107. Этот профиль соответствует классу 2 ISO 19106:2004.

7-3 Ссылки

7-3.1 Нормативные ссылки

Для применения этого документа требуются следующие нормативные документы. Что касается датированных ссылок, то применяется только упомянутое издание. Для недатированных ссылок применяется последнее издание документа (включая поправки).

ISO 19107:2003, *Geographic information — Spatial schema*

ISO TS 19103:2005, *Geographic information — Conceptual schema language*

ISO 19111, *Geographic information — Spatial referencing by coordinates*

7-3.2 Не нормативные ссылки

Указанная ниже ссылка приводится только в информационных целях или для уточнения частей настоящего документа. Проекты могут быть изменены и не являются международными стандартами.

ISO/DIS 19107, *Geographic information – Spatial schema (Draft – June 2018)*

7-4 Геометрия

7-4.1 Введение

Этот профиль состоит из простой геометрии, которая может быть выражена в нескольких конфигурациях, как описано в пункте 6.1.3 ISO 19107:2003.

7-4.1.1 Классы геометрии пространственной схемы S-100 и их ссылка на ISO 19107:2003

Таблица 7-1 Пространственные типы

Геометрия координат	Примитив геометрии	Комплекс геометрии	Агрегат геометрии
Coordinate Geometry	Geometry Primitive	Geometry Complex	Geometry Aggregate
DirectPosition (6.4.1)	GM_Curve (6.3.16)	GM_Complex (6.6.2)	GM_Aggregate (6.5.2)
CurveInterpolation (6.4.8)	GM_CurveBoundary (6.3.5)	GM_Composite (6.6.3)	GM_MultiPoint (6.5.4)
GM_CurveSegment (6.4.9)	GM_OrientableCurve (6.3.14)	GM_CompositeCurve (6.6.5)	
GM_Position (6.4.5)	GM_OrientableSurface (6.3.15)		
GM_Polygon (6.4.36)	GM_Point (6.3.11)		
GM_SurfacePatch (6.4.34)	GM_Primitive (6.3.10)		
SurfaceInterpolation (6.4.32)	GM_Ring (6.3.6)		
S100_ArcByCenterPoint (none)	GM_Surface (6.3.17)		
S100_CircleByCenterPoint (none)	GM_SurfaceBoundary (6.3.7)		
S100_GM_SplineCurve			
S100_GM_PolynomialSpline			

7-4.1.1.1 Сплайновые модели (Информативный)

Классы сплайнов S100_GM_SplineCurve и S100_GM_PolynomialSpline в данной версии S-100 строят модели на базе кривых и сплайнов согласно ISO 19107:2003 и проектной версии ISO 19107, которая находится в стадии разработки на момент создания данной версии S-100.

При построении моделей приняты следующие правила:

- Новый проект модели ISO устраняет концепцию сегмента кривой: "...Curve, CurveSegment, GenericCurve и CompositeCurve представлены как один класс. По той же причине, нет отдельных 'segments' или patches". Строгое включение этой концепции в стандарт S-100 потребует всеобъемлющего пересмотра части 7, а также, возможно, форматов данных S-100.
- Модель ISO 19107:2003 имеет недостатки в моделировании узлов, и это распространилось на схему GML ISO 19136.
- До завершения работы над новым изданием ISO 19107 остается еще некоторое время - нынешний проект пока не является международным стандартом ISO и может быть изменен.

- Некоторые классы сплайнов (или интерфейсы) просто добавляют ограничения и/или изменяют фиксированное значение атрибута по сравнению с их обобщениями без определения каких-либо новых атрибутов

Перекрестные ссылки на сплайновые классы S100 по ISO 19107:2003 и проект классов ISO 19107 по состоянию на август 2017 года приведены в таблице ниже:

Таблица 7-2 Ссылки ISO для классов сплайнов S-100

Класс S100	Ссылка ISO 19107:2003	Ссылка проекта модели ISO 19107
S-100 class	ISO 19107:2003 reference	Draft ISO 19107 model reference
S100_GM_SplineCurve	GM_SplineCurve (6.4.26); GM_BSplineCurve (6.4.30)	<interface>SplineCurve; <interface>BSplineCurve <datatype>BSplineData
S100_GM_PolynomialSpline	GM_PolynomialSpline (6.4.27); GM_CubicSpline (6.4.28)	<interface>PolynomialSpline; <interface>CubicSpline

Все "classes" в версии проекта ISO 19107 являются "interfaces", а представление координат является реализационным решением. Поэтому новые классы даются с префиксом "S100_".

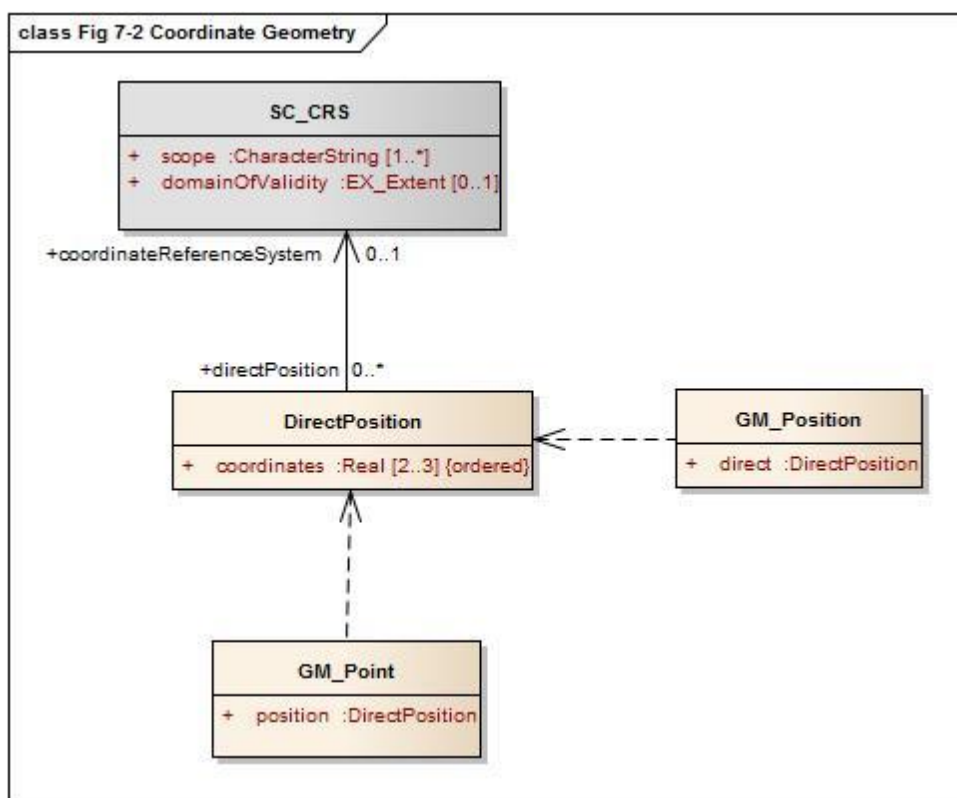


Рисунок 7-2 — Геометрия координат

7-4.1.2 DirectPosition (прямое местоположение)

7-4.1.2.1 Семантика

DirectPosition содержит координаты местоположения в рамках конкретной системы отсчета координат. В этом профиле ассоциированная *SC_CRS* должна быть связана на уровне *GM_Aggregate*, а не напрямую с *DirectPosition*.

7-4.1.3 GM_Position (положение)

7-4.1.3.1 Семантика

Тип данных *GM_Position* (Рисунок 7-2) состоит из или *DirectPosition*, или ссылки на *GM_Point* (*GM_PointRef*), из которой *DirectPosition* может быть получен.

Этот профиль не позволяет использовать не прямое положение (*GM_PointRef*).

7-4.2 Простая геометрия

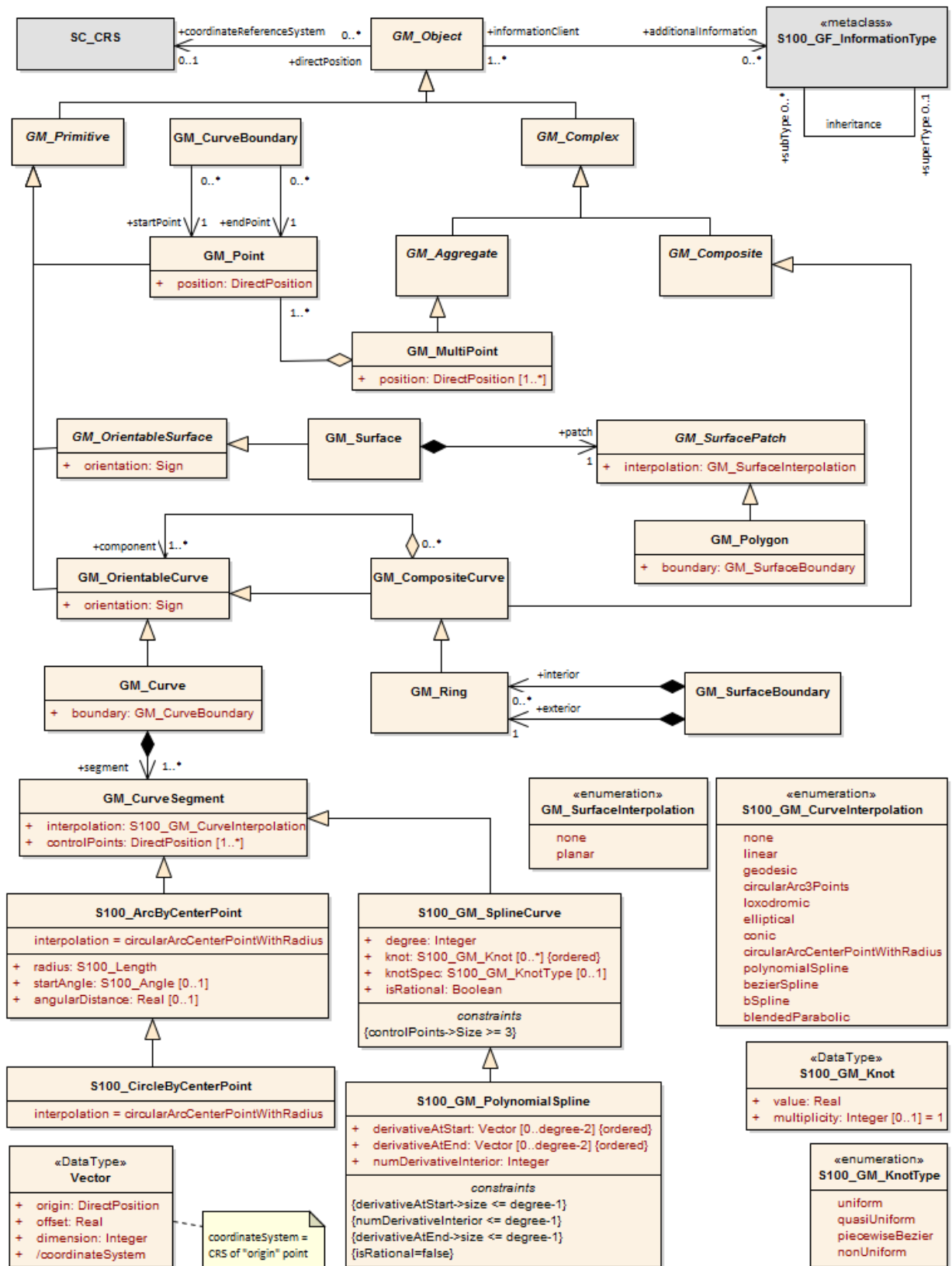


Рисунок 7-3 — Геометрия

7-4.2.1 S100_GM_CurveInterpolation (интерполяция кривой)

7-4.2.1.1 Семантика

S100_GM_CurveInterpolation (Рисунок 7-3) является перечнем кодов, используемых для определения механизмов интерполяции, определяемых прикладной схемой.

В этом профиле доступные виды интерполяции ограничиваются следующими:

- 1) Нет (none) – Интерполяция не определена. Предположение заключается в том, что кривая соответствует типу пространственного объекта, если она ограничена этим (например, для дуг и окружностей) или, если это не так, является локсодромической.
- 2) Линейная (linear) – интерполяция определяется серией DirectPositions по прямой линии между каждой последовательной парой controlPoints.
- 3) Геодезическая (geodesic) – механизм интерполяции должен помещать DirectPositions на геодезическую кривую между каждой последовательной парой controlPoints. Геодезическая кривая - это кривая кратчайшей длины. Геодезическая интерполяция определяется в системе отсчета координат GM_Curve, в которой используется GM_CurveSegment.
- 4) Дуга окружности по 3 точкам (circularArc3Points) – интерполяция определяется серией из трех DirectPositions на дуге круга, проходящей от начальной точки через среднюю точку к конечной точке для каждого набора из трех последовательных controlPoints. Средняя точка находится на полпути между начальной и конечной точкой.
- 5) Локсодромическая (loxodromic) – метод интерполяции помещает DirectPositions на локсодромическую кривую между каждой последовательной парой controlPoints. Локсодромия – это линия, пересекающая все меридианы под одним углом, это путь постоянного пеленга.
- 6) Эллиптическая дуга (elliptical): для каждого набора из четырех последовательных controlPoints механизм интерполяции помещает DirectPositions на дугу эллипса по мере прохождения от первой controlPoint через средние controlPoint до четвертой controlPoint. Примечание: если четыре controlPoints коллинеарные, дуга становится прямой линией. Если четыре controlPoints находятся на одной окружности, дуга становится дугой окружности.
- 7) Коническая дуга (conic): то же, что и эллиптическая дуга, но с использованием пяти последовательных точек для определения конического сечения.
- 8) Дуга окружности с центром и радиусом (circularArcCenterPointWithRadius) – интерполяция определяется дугой окружности заданного радиуса и центром положения, заданным единственной контрольной точкой. Дуга начинается с параметра угла начала и распространяется до угла, заданного параметром углового расстояния. Этот тип интерполяции должен использоваться только с геометрией S100_ArcByCenterPoint и S100_CircleByCenterPoint. Точная семантика параметров дается в пункте 7-5.2.20 (S100_ArcByCenterPoint).

9) Полиномиальная (*polynomialSpline*) – контрольные точки упорядочены в строку, но они связаны полиномиальной функцией. Обычно степень непрерывности определяется степенью выбранных многочленов.

10) Сплайн Bézier (*bezierSpline*) – данные упорядочены в строку, но они связаны полиномиальной или сплайновой функцией, определенной на основе Безье. Обычно степень непрерывности определяется степенью выбранных многочленов.

11) В-сплайн (*bSpline*) – контрольные точки упорядочены в строку, но они состоят из полиномиальной или рациональной (факторной) сплайновой функции, определяемой с помощью базисных В-сплайновых функций (которые являются фрагментарными многочленами). Использование рациональной функции определяется Булевым флагом "isRational". Если *isRational* имеет значение TRUE, это означает, что все *DirectPositions*, ассоциированные с контрольными точками, в однородной форме. Обычно степень непрерывности определяется степенью выбранных многочленов.

12) Смешанная параболическая (*blendedParabolic*) – контрольные точки упорядочены в строку, но они связаны функцией, которая смешивает сегменты параболических кривых, определенных тройками последовательных точек данных. Каждая тройка включает в себя последние две точки своего предшественника. Дальнейшие подробности семантики приведены в пункте 7-4.2.2.2.

7-4.2.2 GM_CurveSegment (сегмент кривой)

7-4.2.2.1 Семантика

GM_CurveSegment (Рисунок 7-3) определяет положение, форму и ориентацию одного *GM_Curve*. *GM_CurveSegment* состоит либо из позиций, соединенных прямыми линиями, либо позиций, которые попадают на линию, определенную конкретным типом интерполяции, как описано в 7-5.2.1.

7-4.2.2.2 Семантика специфических интерполяций

Тип интерполяции кривой *blendedParabolic* предназначен для представления гладких кривых (или сегментов) с использованием достаточно малого числа контрольных точек. Этот тип интерполяции означает, что сегмент кривой, кодируемый в массиве контрольных точек, состоит из последовательно смешанных параболических кривых. Параболические кривые, подлежащие смешиванию, определяются последовательными тройками контрольных точек. Каждая тройка включает две последние точки своей предшественницы. Рисунок ниже иллюстрирует эту концепцию.

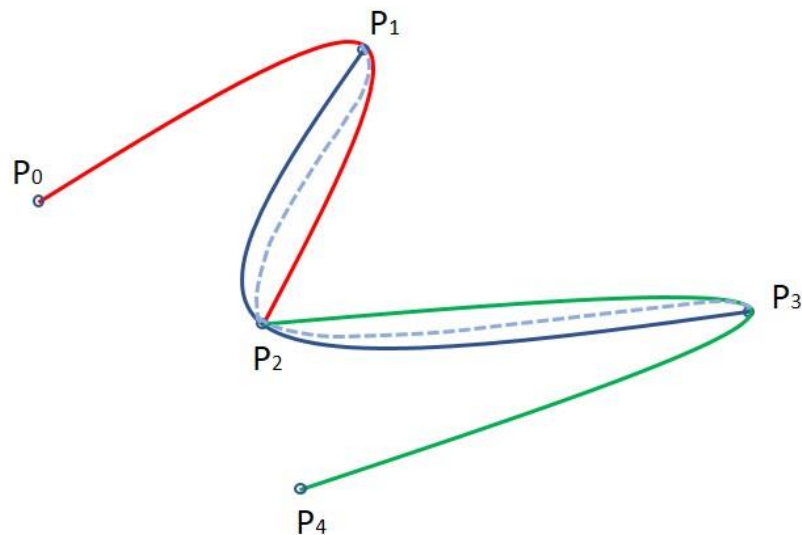


Рисунок 7-4 Иллюстрация смешанной параболической интерполяции

Последовательность 5 точек $P_0 - P_4$ определяет 3 параболических сегмента: $S_1(P_0-P_1-P_2)$, $S_2(P_1-P_2-P_3)$ и $S_3(P_2-P_3-P_4)$. Кривая между P_1 и P_2 определяется слиянием сегментов P_1-P_2 из S_1 и S_2 , тогда как кривая между P_2 и P_3 определяется слиянием сегментов P_2-P_3 из S_2 и S_3 . Результирующая кривая между $P_1 - P_3$ показана пунктирной линией.

Полученная кривая между двумя контрольными точками вычисляется как комбинация двух парабол, которые имеют две общие контрольные точки, например, ее можно вычислить с помощью выпуклой комбинации $S(P_i, P_{i+1}) = (1-t) * S_j + t * S_{j+1}$, где t изменяется от 0 до 1 по мере продвижения от P_i к P_{i+1} .

На практике нет необходимости вычислять уравнения парабол для слияния, так как интерполированные точки могут быть вычислены с использованием координат контрольных точек. Например, выпуклая комбинация, приведенная ранее, вытекает в формулу ниже для кривой от P_k до P_{k+1} , которая применяется к раздельным X и Y размерениям:

$$\begin{aligned}
 P(t) = & P_k + \frac{1}{2} t (P_{k+1} - P_{k-1}) \\
 & - \frac{1}{2} t^2 (P_{k+2} - 4P_{k+1} + 5P_k - 2P_{k-1}) \\
 & + \frac{1}{2} t^3 (P_{k+2} - 3P_{k+1} + 3P_k - P_{k-1})
 \end{aligned}$$

Для разомкнутых кривых первый интерполированный сегмент сегмента кривой в целом может быть получен путём добавления фиктивной точки, предшествующей первой точке в массиве контрольных точек, с координатными значениями, такими, что вторая производная в t -пространстве (ускорение кривой) в первой точке массива контрольных точек является ноль. (Это позволяет использовать ту же формулу слияния, что и для остальной части кривой.) Последний интерполированный сегмент можно вычислить аналогичным образом, добавив фиктивную контрольную точку после последней точки в массиве.

Для замкнутых кривых, непрерывность и гладкость в первой и последней точке массива контрольных точек требуют, чтобы первая тройка контрольных точек была такой же, как и последняя тройка (или, что эквивалентно, кривая может быть обозначена как замкнутая кривая, так что процедура построения может обернуться вокруг начала и конца массива контрольных точек).

Из-за искажений, вызванных применением плоскостных методов к изогнутым поверхностям, `blendedParabolic` не должна использоваться, когда важное значение имеет точное расположение полученной кривой. (Можно достичь более высокой точности, увеличив количество контрольных точек, но это не соответствует назначению использования этого типа интерполяции.)

Кривые с таким типом интерполяции имеют следующие характеристики:

- Гладкое представление с относительно небольшим числом контрольных точек. Тем не менее, свойства гладкости не такого высокого качества, как кубические сплайны;
- Дешевле в вычислительном смысле, чем кубические сплайны;
- Лучший локальный контроль - например, перемещение контрольной точки влияет только на два сегмента, которые с нее начинаются и заканчиваются, и их непосредственных соседей;
- В массиве контрольных точек должно быть не менее 3 точек.

7-4.2.3 `GM_SurfaceInterpolation` (интерполяция поверхности)

7-4.2.3.1 Семантика

`GM_SurfaceInterpolation` (Рисунок 7-3) - это перечень кодов, используемых для идентификации метода интерполяции.

В этом профиле виды интерполяции ограничены следующими параметрами:

- 1) Нет (`none`) – внутренняя поверхность не определена. Предполагается, что поверхность следует исходной поверхности, определенной системой отсчета координат.
- 2) Планарная (`planar`) – эта интерполяция является участком планарной, или плоской, поверхности. Граница в этом случае должна находиться в пределах этой плоскости.

7-4.2.4 `GM_SurfacePatch` (путь поверхности)

7-4.2.4.1 Семантика

`GM_SurfacePatch` (Рисунок 7-3) – это абстрактный корневой класс для всех 2-мерных геометрических конструкций. Он использует единую интерполяцию для определения формы и положения ассоциированных примитивов `GM_Surface`.

7-4.2.5 GM_Polygon (полигон)

7-4.2.5.1 Семантика

GM_Polygon (Рисунок 7-3) определяется границей (см. раздел 7-4.2.7 ниже) и подстилающей поверхностью, с которой эта граница связана. Полигон использует планарную интерполяцию. *GM_Polygon* является подтипом *GM_SurfacePatch*.

7-4.2.6 GM_Curve (кривая)

7-4.2.6.1 Семантика

GM_Curve (Figure 7-3) является потомственным подтипом *GM_Primitive* через *GM_OrientablePrimitive*. Это основа для 1-мерной геометрии. Кривая является непрерывным изображением разомкнутого интервала и поэтому может быть записана как параметризованная функция, такая как $c(t):(a, b) \rightarrow E_n$, где "t" является реальным параметром, а E_n - Евклидово пространство размерности n (обычно 2 или 3, в соответствии с определением системы отсчета координат). Любая другая параметризация, которая приводит к тому же изображению кривой, проходящей в том же направлении, например, любые линейные сдвиги и положительные шкалы, такие как $e(t) = c(a + t(b-a)):(0,1) \rightarrow E_n$, являются эквивалентным представлением той же кривой. В целях упрощения *GM_Curve* должна параметризоваться длиной дуги, так что операция параметризации, наследуемая от *GM_GenericCurve* (см. ISO 19107 раздел 6.4.7), будет действительна для параметров от 0 до длины кривой.

Кривые непрерывны, связны и имеют измеримую длину с точки зрения системы координат. Ориентация кривой определяется этой параметризацией и соответствует касательной функции, которая аппроксимирует производную функцию параметризации и всегда указывает в направлении "вперед". Параметризация разворота кривой, определяемой $c(t):(a, b) \rightarrow E_n$, может быть определена функцией формы $s(t) = c(a + b - t):(a, b) \rightarrow E_n$.

Кривая состоит из одного или нескольких сегментов кривой. Каждый сегмент кривой в рамках кривой может быть определен с помощью другого метода интерполяции. Сегменты кривой соединены друг с другом, причем конечная точка каждого сегмента, за исключением последнего, является начальной точкой следующего сегмента в списке сегментов.

Спецификации отдельных продуктов могут ограничивать типы интерполяции, разрешенные для пространственных атрибутов.

ПРИМЕР: Изобара ограничивается кривыми, состоящими только из сегментов с типом интерполяции *polynomialSpline* и степенью 3 (то есть, кубическими сплайнами).

7-4.2.7 GM_CurveBoundary (граница кривой)

7-4.2.7.1 Семантика

Граница *GM_Curve* должна представляться как *GM_CurveBoundary*.

7-4.2.8 GM_OrientableCurve (ориентируемая кривая)

7-4.2.8.1 Семантика

GM_OrientableCurve (Рисунок 7-3) - это *GM_Curve* с ассоциированной ориентацией, наследуемой из *GM_OrientablePrimitive*.

7-4.2.9 GM_OrientableSurface (ориентируемая поверхность)

7-4.2.9.1 Семантика

GM_OrientableSurface (Рисунок 7-3) - это *GM_Surface* с ассоциированной ориентацией, наследуемой из ее родителя *GM_OrientablePrimitive*.

7-4.2.10 GM_Point (точка)

7-4.2.10.1 Семантика

GM_Point (Рисунок 7-3) - это 0-мерный геометрический примитив (*GM_Primitive*).

GM_Point – это тип данных геометрического объекта, состоящий из одной и только одной точки.

7-4.2.11 GM_Primitive (примитив)

7-4.2.11.1 Семантика

GM_Primitive (Рисунок 7-3) – это абстрактный корневой класс для всех геометрических примитивов, определенных в этом профиле. *GM_Primitive* - это *GM_Object*. *GM_Primitive* состоит из трех подтипов. *GM_Point*, который 0-мерный; *GM_Curve*, который 1-мерный и *GM_Surface*, который 2-мерный. Все геометрические примитивы (*GM_Primitive*) должны быть частью как минимум одного *GM_Aggregate* (см. ISO 19107 раздел 8.10.1). Нет прямой связи между каждым *GM_Primitive* и системой отсчета координат *SC_CRS*, используемой для определения положения *GM_Primitive*. Все *GM_Primitive*, содержащиеся в *GM_Aggregate* используют одну *SC_CRS* для определения их положения.

7-4.2.12 GM_Ring (кольцо)

7-4.2.12.1 Семантика

GM_Ring (Рисунок 7-3) состоит из ряда ссылок на *GM_OrientableCurves*.

Конечная точка *GM_OrientableCurve* “n” является *startPoint* *GM_OrientableCurve* “n+1” и первая *startPoint* совпадает с последней точкой *endPoint*, обозначая, что *GM_Ring* замкнута. *GM_Ring* должна быть простой, то есть не должна самопересекаться.

7-4.2.13 GM_Surface (поверхность)

7-4.2.13.1 Семантика

GM_Surface (Рисунок 7-3) является подклассом *GM_Primitive* и базисом 2-мерной геометрии. Он является *GM_OrientableSurface* с положительной ориентацией.

Этот профиль не использует реализации *GM_Surface*. *GM_Surface* в данном профиле должна быть подтипом как *GM_Polygon*.

7-4.2.14 GM_SurfaceBoundary (граница поверхности)

7-4.2.14.1 Семантика

Граница *GM_Surfaces* должна представляться как *GM_SurfaceBoundary* (Рисунок 7-3).

GM_SurfaceBoundary состоит из ссылок на комбинацию как минимум одного внешнего *GM_Ring* и ноль или более внутренних *GM_Ring*. Окружности должны быть замкнутыми как это описано в ISO 19107 Разделе 6.6.11.1.

7-4.2.15 GM_Complex (комплекс)

7-4.2.15.1 Семантика

GM_Complex (Рисунок 7-3) - это коллекция геометрически отдельных, простых *GM_Primitive*. Если *GM_Primitive* (отличный от *GM_Point*) находится в определенном *GM_Complex*, тогда существует множество примитивов меньшей размерности в том же комплексе, которые образуют границу этого примитива. Например, *GM_Surface* является 2 мерным объектом, его граница состоит из *GM_Curve*, которые 1 мерные.

7-4.2.16 GM_Composite (комползит)

7-4.2.16.1 Семантика

Геометрический композит *GM_Composite* (Рисунок 7-3) является набором примитивов, которые должны иметь геометрию одного типа и которые могут существовать в качестве одиночного примера этого примитива.

Например, композитная кривая - это набор кривых, которые могут быть одинаково представлены одной кривой. Это не применяется к *GM_Point*, которые могут содержать только одну точку.

7-4.2.17 GM_CompositeCurve (комползитная кривая)

7-4.2.17.1 Семантика

GM_CompositeCurve (Рисунок 7-3) имеет все геометрические свойства кривой. Композитная кривая - это последовательность *GM_OrientableCurve*, каждая кривая (кроме первой) начинается там, где заканчивается предыдущая кривая.

7-4.2.18 GM_Aggregate (агрегат)

7-4.2.18.1 Семантика

Агрегаты *GM_Aggregate* (Рисунок 7-3) собирают геометрические объекты. Поскольку они часто используют изменение ориентации, ссылка на кривую и ссылки на поверхности не идут непосредственно к *GM_Curve* и *GM_Surface*, а направлены к *GM_OrientableCurve* и *GM_OrientableSurface*.

Большинство геометрических объектов содержатся в фичерах и не могут содержаться в коллекциях, которые являются жесткими агрегациями. По этой причине коллекции, описанные в настоящем пункте, представляют собой слабые агрегаты и должны содержать ссылки на геометрические объекты.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подклассы *GM_OrientablePrimitive* обрабатываются таким образом, что ссылаемый объект может быть связан с определенной ориентацией этого объекта.

7-4.2.19 GM_MultiPoint (множество точек)

7-4.2.19.1 Семантика

GM_MultiPoint это класс агрегата, содержащий только точки. Роль ассоциации "element" должна быть установлена в *GM_Point*, содержащимся в этом *GM_MultiPoint*.

7-4.2.20 S100_ArcByCenterPoint (дуга с точкой центра)

7-4.2.20.1 Семантика

S100_ArcByCenterPoint – это дуга окружности с центром, заданным единственной контрольной точкой и радиусом, заданным параметром *radius*. Радиус – это геодезическое расстояние от центра. Дуга начинается с пеленга, заданного атрибутом *start angle*, и заканчивается на пеленге, рассчитанном путем добавления значения параметра *angular distance* к углу начала. Направление дуги задается знаком углового расстояния с положительными значениями, указывающими направление по часовой стрелке относительно наблюдателя, расположенного вертикально над центральной точкой. Пеленги относительно истинного севера, за исключением того, что дуги с центром в полюсе (где истинный север не определен или неоднозначен), должны использовать главный меридиан в качестве начала отсчета направления.

Начальный угол должен задаваться в градусах и ограничиваться диапазоном [0.0, 360.0]. Угловое расстояние должно задаваться в градусах и ограничиваться диапазоном [-360.0, +360.0]. Верхняя граница радиуса изменяется в зависимости от местоположения и исходного геоида, однако должна быть меньше минимального расстояния от центра до его антиподальной точки. Инструменты или спецификации на производство продукта могут налагать нижний предел радиуса.

7-4.2.21 S100_CircleByCenterPoint (окружность с точкой центра)

7-4.2.21.1 Семантика

S100_CircleByCenterPoint это окружность с центром, заданным одной контрольной точкой и радиусом, заданным параметром *radius*. Угол начала и угловое расстояние могут быть опущены. Семантика и пределы атрибутов совпадают с S100_ArcByCenterPoint с начальным углом равным 0.0° и угловым расстоянием равным +360.0°, если они не заданы. Если же заданы, то угловое расстояние должно быть +360.0 или -360.0.

7-4.2.22 S100_GM_SplineCurve (кривая сплайна)

7-4.2.22.1 Семантика

Все сплайны имеют общее свойство. Они могут быть представлены параметрическими функциями, отображаемыми в системе координат геометрического объекта, который они будут представлять. Сплайны представляются в двух существенных формах: интерполирующие и аппроксимирующие.

Интерполирующие сплайны ("interpolant") проходят через каждую из указанных контрольных точек. В общем случае кривые определяются их точками данных с дополнительными условиями в пограничных точках (точками данных в конце сегмента), а уровень непрерывности (например, непрерывность C0 в точке означает, что кривая соединяется в этой точке; C1 что сегменты с обеих сторон

имеют одинаковые первые производные в точке). Кубический сплайн проходит через каждую точку данных, является непрерывным и имеет гладкую касательную в каждой точке.

Второй тип ("approximants") только аппроксимирует контрольные точки. Эти сплайны используют наборы вещественных функций, все из которых определены на одном общем домене (например, интервал $[0,0, 1,0]$); они всегда неотрицательны в своих значениях; и всегда суммируются в виде полного множества 1,0 для всего домена. Эти функции используются в векторных уравнениях, так что трассировка кривой является средневзвешенной. Кривая сплайна всегда лежит в выпуклой оболочке контрольных точек. Поскольку такие функции определены в векторной форме, они, как правило, могут быть использованы в любой системе координат целевого размера.

Аппроксиманты имеют приятные свойства, включающие легкость представления, простоту вычисления, гладкость и некоторую форму выпуклости. Обычно они не проходят через контрольную точку, но, если массив контрольных точек достаточно плотный, локальные свойства заставят их хорошо аппроксимировать и дадут хорошую кривую с точки зрения формы и гладкости.

S100_GM_SplineCurve и его подкласс(ы) должен иметь значения `curveInterpolation` которые соответствуют типу кривой; то есть, одной из `polynomialSpline`, `bezierSpline`, или `bSpline` соответственно.

Из-за искажений, вызванных применением плоских методов к изогнутым поверхностям, а также характера сплайнов и смешанной кривой в качестве аппроксимаций, различные сплайны и интерполяции `blendedParabolic` не должны использоваться в тех случаях, когда точность местоположения полученной кривой имеет важное значение, например, определение границ районов ограниченного плавания. (В принципе можно получить высокоточные кривые за счет увеличения числа контрольных точек, но это не решает задачи использования этих типов интерполяции.)

По этим причинам, классы, упомянутые 7-4.1.1.1 и пропущенные `curveForm` даются с префиксом 'S100_'.

7-4.2.22.2 Атрибуты

knot: Атрибут "knot" это массив узлов, каждый из которых определяет значение параметра сплайна в пространстве и будет использоваться для определения базисных функций сплайна. Тип данных *knot* содержит информацию о множественности узлов. Значения параметров в этом массиве должны быть монотонными и строго увеличиваться; то есть каждое значение должно быть больше, чем его предшественник.

degree: Атрибут "degree" должен быть степенью многочленов, используемых для определения интерполяции. Рациональные сплайны будут иметь эту степень как предельную степень для числителя и знаменателя рациональных функций, используемых для интерполяции.

knotSpec: Атрибут "knotSpec" дает тип распределения узлов, используемый при определении этого сплайна. Это для информации и возможной оптимизации реализации, и должно быть установлено в соответствии с различными функциями.

isRational: Атрибут "isRational" указывает, что сплайн использует рациональные функции для определения кривой. Это делается путём создания полиномиального сплайна на однородных координатах и проецирования обратно в правильные координаты, когда все вычисления сделаны. Атрибут "isRational" должен быть "TRUE", если и только если контрольные точки сплайна находятся в однородных координатах, причем каждая точка имеет вес.

Атрибут ISO 19107 "curveForm" не используется, поскольку он предназначен только для информации, используется для кодирования первоначального намерения.

7-4.2.22.3 Семантика специфических разновидностей

В-сплайн – это фрагментарный параметрический многочлен или рациональная кривая, описанная в терминах контрольных точек и базисных функций. Если knotSpec не присутствует, то knotType однороден, а узлы равномерно распределены, и за исключением первого и последнего имеют кратность = 1. На концах узлы имеют кратность = степень+1. Если knotType однородны, их указывать не нужно.

В-сплайны должны иметь curveInterpolation, установленный на *bSpline*. Базисные функции для В-сплайнов зависят от степени и определяются в учебниках по математике, компьютерной графике и компьютерному дизайну геометрии.

В-сплайновая кривая — это кусочная кривая Безье, если она квазиоднородна, за исключением того, что внутренние узлы имеют кратность атрибута¹ = "degree" вместо того, чтобы иметь кратность один. В этом подтипе расстояние между узлами должно составлять 1,0, начиная с 0,0. Кусочная кривая Безье, имеющая только два узла, 0,0 и 1,0, каждая кратности (degree +1), эквивалентна простой кривой Безье.

Сплайны Безье - полиномиальные сплайны, использующие многочлены Безье или Бернштейна для интерполяции. Эти многочлены определены в учебниках по математике, компьютерной графике и компьютерному дизайну геометрии. Сплайны Безье должны иметь curveInterpolation, установленным на *bezierSpline*.

7-4.2.23 S100_GM_PolynomialSpline (полиномиальный сплайн)

7-4.2.23.1 Семантика

Полиномиальный сплайн — это полиномиальная кривая, проходящая через точки массива контрольных точек. Конструкция такого сплайна зависит от ограничений, которые могут включать:

- ограничения значений или производных сплайна в точках данных;
- ограничения непрерывности различных производных в выбранных точках;

¹ Это атрибут "multiplicity" класса GM_Knot

- степень используемого многочлена.

Полиномиальный сплайн степени n должен определяться по частям между значениями параметра узла как многочлен n степени с непрерывностью до C_{n-1} в контрольных точках, где определяющий многочлен может меняться.

Этот уровень непрерывности регулируется атрибутом `numDerivativesInterior`, которые по умолчанию должен быть $(degree-1)$.

Конструктивные параметры могут включать ограничения для числа производных " $degree - 1$ " многочленов на каждом узле.

Основное различие между полиномиальными сплайнами, B-сплайнами (базисными сплайнами) и сплайнами Безье заключается в том, что полиномиальные сплайны проходят через их контрольные точки, что делает контрольную точку и массив точек выборки идентичными.

7-4.2.23.2 Атрибуты

`derivativeAtStart`, `derivativeAtEnd` (vector): Атрибут "`derivativeAtStart`" должны иметь значения, используемые для первоначальных производных (до $degree - 2$) для интерполяции на этой кривой в начальной точке сплайна. Атрибут "`derivativeAtEnd`" должны иметь значения, используемые для финальной производной (до $degree - 2$) для интерполяции по этой кривой в конечной точке сплайна. Эти атрибуты используются для обеспечения непрерывности и гладкости с предшествующими и последующими кривыми, если таковые имеются; например, если этот сегмент кривой является одним из последовательности сегментов кривой, или если кривая является составной кривой.

`numDerivativesInterior` (Integer): Атрибут "`numDerivativesInterior`" является числом непрерывных производных, необходимых для внутренних узлов (то есть между первым и последним узлом). Атрибут "`numDerivativesInterior`" указывает тип непрерывности, которая гарантируется внутри кривой. Значение "0" означает C_0 непрерывность (который является обязательным минимальным уровнем непрерывности), значение "1" означает C_1 непрерывность и т.д.

7-4.2.23.3 Семантика специфических разновидностей

Кубические сплайны являются полиномиальными сплайнами степени = 3. Число точек в массиве контрольных точек должно быть $3*N+1$, где N - число кубических частей.

7-4.2.24 S100_GM_Knot (DataType) (узел (тип данных))

7-4.2.24.1 Семантика

Узлы — это значения из области конструктивного пространства параметров для кривых, поверхностей и твердых тел². Каждая последовательность узлов используется для размерности пространства параметров $k_i = \{u_0, u_1, u_2, \dots\}$. Таким образом, в поверхности, использующей функциональную интерполяцию, такую как B-сплайн, будет две последовательности узлов, по одной для каждого параметра $k_{i,j} = (u_i, v_j)$.

В последовательности узлов для B-сплайна узел может быть повторен (воздействуя на формулу сплайна). В других кривых, узлы все будут кратностью 1. В S-100 последовательности узлов представлены так, как в модели ISO 19107 (проект 2017); то есть, различные значения, сопровождаемые кратностью, выражаются как $k_i = (t \in \mathbb{R}, m \in \mathbb{Z})$. Альтернативная форма хранения данных (простая последовательность, с повторениями или каждый узел в соответствии с его кратностью) приемлема в формате данных, если это требуется стандартом кодирования, на котором основан формат данных.

7-4.2.24.2 Атрибуты

value (Real): Атрибут "value" является значением параметра в узле сплайна. Значения последовательных узлов должны монотонно увеличиваться.

Multiplicity (Integer): Атрибут "multiplicity" – это множественность узла.

7-4.2.25 S100_GM_KnotType (тип узла)

7-4.2.25.1 Семантика

B-сплайн является однородным тогда и только тогда, когда все узлы имеют кратность 1 и отличаются положительной константой от предыдущего узла. B-сплайн квази-однороден тогда и только тогда, когда узлы имеют кратность (degree+1) на концах, кратность 1 в других местах, и они отличаются положительной константой от предыдущего узла. Это перечисление используется для описания распределения узлов в пространстве параметров различных сплайнов. Возможны следующие значения:

- 1) Однородный (uniform): Узлы равномерно распределены, все кратности 1.
- 2) Не однородный (nonUniform): Узлы имеют разное расстояние и кратность.
- 3) Квази однородный (quasiUniform): Внутренние узлы однородны, но первый и последний имеют кратность, превышающую степень сплайна (p+1).
- 4) Кусочный Безье (piecewiseBezier): Подстилающий сплайн формально является сплайном Безье, но степень узла всегда является степенью

² Твердые тела не реализуются в S-100

сплайна, за исключением концов, где степень узла $(p+1)$. Такой сплайн является чистым сплайном Безье между его различными узлами.

7-4.2.26 Вектор

Тип данных "Vector" должен быть ассоциирован с точкой на GeometricReferenceSurface (например, поверхность геоида), чтобы быть хорошо определенным. Атрибуты вектора также указывают "start position" вектора.

7-4.2.26.1 Атрибуты

origin: DirectPosition – Атрибут "origin" является положением точки на GeometricReferenceSurface, к которой вектор является касательным. Прямое положение связано с системой координат; это определяет систему координат для вектора. Пространственное измерение прямой позиции определяет размер вектора.

offset: Real [1..*] – Атрибут "offset" использует систему координат прямого положения и представляет локальный касательный вектор в терминах дифференциалов локальных координат. Значения смещения - увеличение вектора вдоль каждой оси координат.

dimension: Integer – Атрибут "dimension" - это размер начального и, следовательно, размер локального касательного пространства вектора.

coordinateSystem: Атрибут "coordinateSystem" такой же что и система координат начального узла.

Для типов пространственных кривых источником будет точка, в которой определяется вектор; смещение будет дифференциалом широты и долготы, которые вместе указывают на величину и направление вектора; размерность будет 2 для кривых с контрольными точками, закодированными как широта/долгота; и coordinateSystem, являющаяся той же самой, что и исходная система, не кодируется.

7-4.3 Конфигурации геометрии

Рисунок 7-3 показывает одно размерные соответствия для всех геометрических моделей, которые могут быть дополнительно ограничены как по размерности, так и по сложности. Это разбивается на 5 базовых уровней.

7-4.3.1 Уровень 1 – 0-, 1-мерный (без ограничений)

Набор примитивов изолированных точек и кривых. Кривые не ссылаются на точки (нет границ), точки и кривые могут совпадать. Области представлены замкнутым петлями кривых.

7-4.3.2 Уровень 2а – 0-, 1-мерный

Набор примитивов точек и кривых со следующими ограничениями:

- 1) Каждая кривая должна ссылаться на начальную и конечную точки (они могут совпадать).
- 2) Кривые не должны самопересекаться, как показано на рисунке 7-5.
- 3) Области представляются замкнутым петлями кривых, начинающихся и заканчивающихся в общей точке.
- 4) В случае районов с дырами все внутренние границы должны быть полностью находиться в пределах внешней границы, и внутренние границы не должны пересекаться друг с другом или с внешней границей. Внутренние границы могут касаться других внутренних границ или внешней границы касательно (то есть в одной точке), как показано на Рисунке 7-6.
- 5) Внешняя граница поверхности должна описываться в направлении по часовой стрелке (поверхность справа от кривой), а ориентация кривой должна быть положительной. Внутренняя граница поверхности должна находиться в направлении против часовой стрелки (поверхность справа от кривой), а ориентация кривой должна быть отрицательной, как показано на рисунке 7-7.

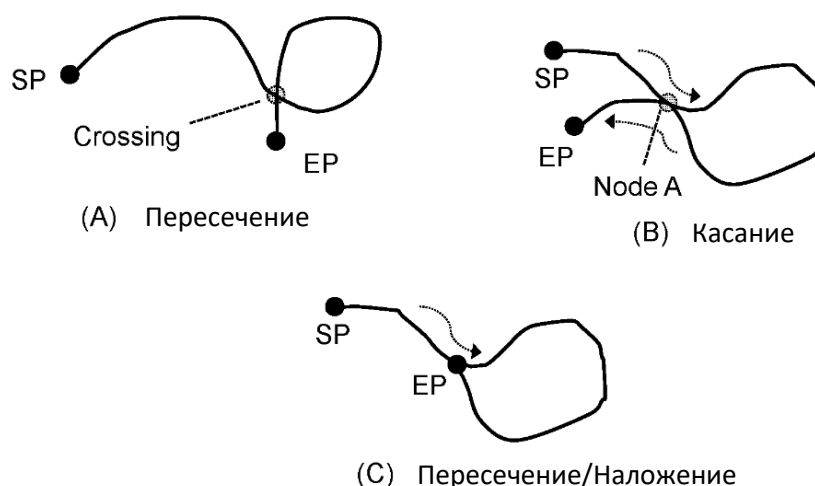


Рисунок 7-5 Пример самопересечения (Неправильная геометрия)

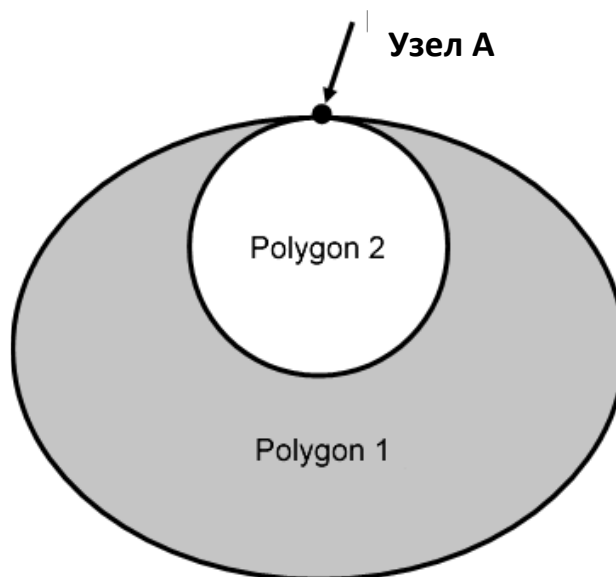


Рисунок 7-6 Дырки в области (Правильная геометрия)



Рисунок 7-7 — Направление границ

7-4.3.3 Уровень 2b – 0-, 1-мерный

Набор примитивов точек и кривых. Применяются ограничения Уровня 2a плюс следующее:

- 1) Каждый набор примитивов должен образовывать геометрический комплекс;
- 2) Кривые не должны пересекаться без ссылки на точку пересечения;
- 3) Дублирование совпадающей геометрии запрещено.

7-4.3.4 Уровень 3a – 0-, 1- и 2-мерный

Набор примитивов точек, кривых и поверхностей. Применяются ограничения для Уровня 2a.

7-4.3.5 Уровень 3b – 0-, 1- и 2-мерный

Набор примитивов точек, кривых и поверхностей. Применяются ограничения Уровней 2a и 2b плюс следующее:

- 1) Поверхности должны быть взаимоисключающими и обеспечивать исчерпывающее покрытие.

Приложение 7-А

Примеры

(информативное)

7-А-1 Пример кривой

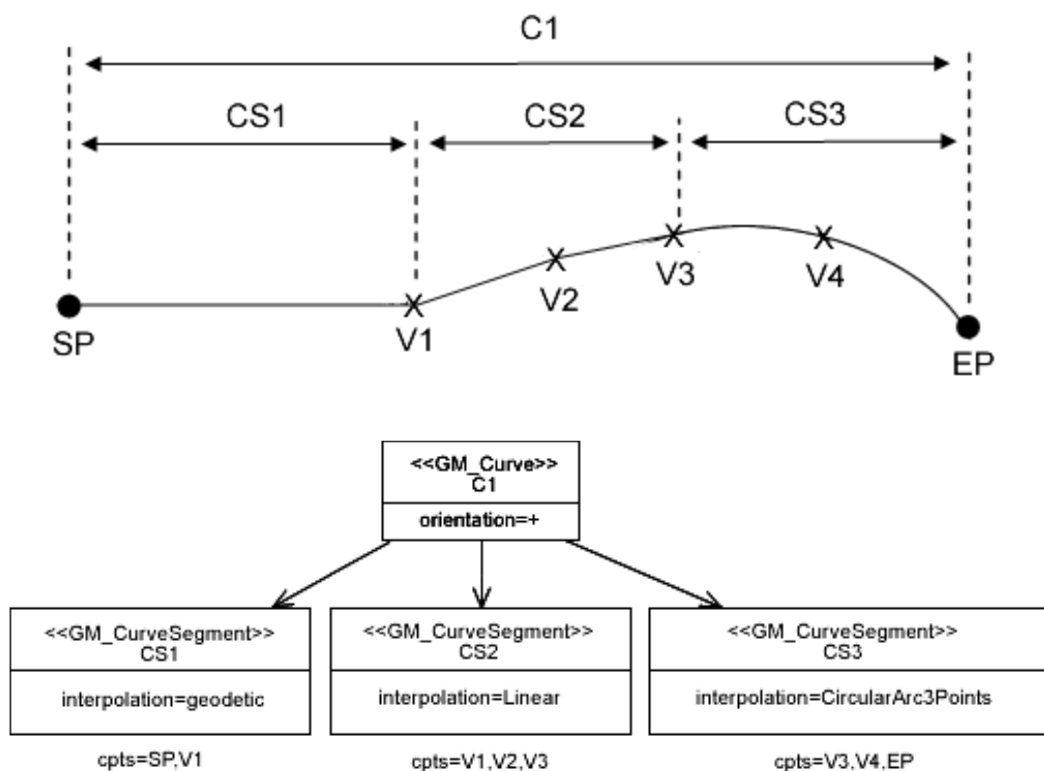


Рисунок 7-А.1 — Пример кривой

Ниже описываются геометрические элементы примера кривой (Рисунок 7-А.1).

C1 (GM_Curve) состоит из CS1, CS2 и CS3 (GM_CurveSegment). CS1 использует геодезическую интерполяцию, CS2 linear и CS3 circularArc3Points. SP (начальная точка) и EP (конечная точка) (GM_Point) являются начальной и конечной точками C1 и могут также использоваться не напрямую как 0 мерное положение точечного фичера. Массив контрольных точек для каждого сегмента состоит из комбинации SP, EP и вершин как показано на диаграмме выше. Ориентация C1 — это + (forward) от SP до EP.

7-A-2 Пример поверхности

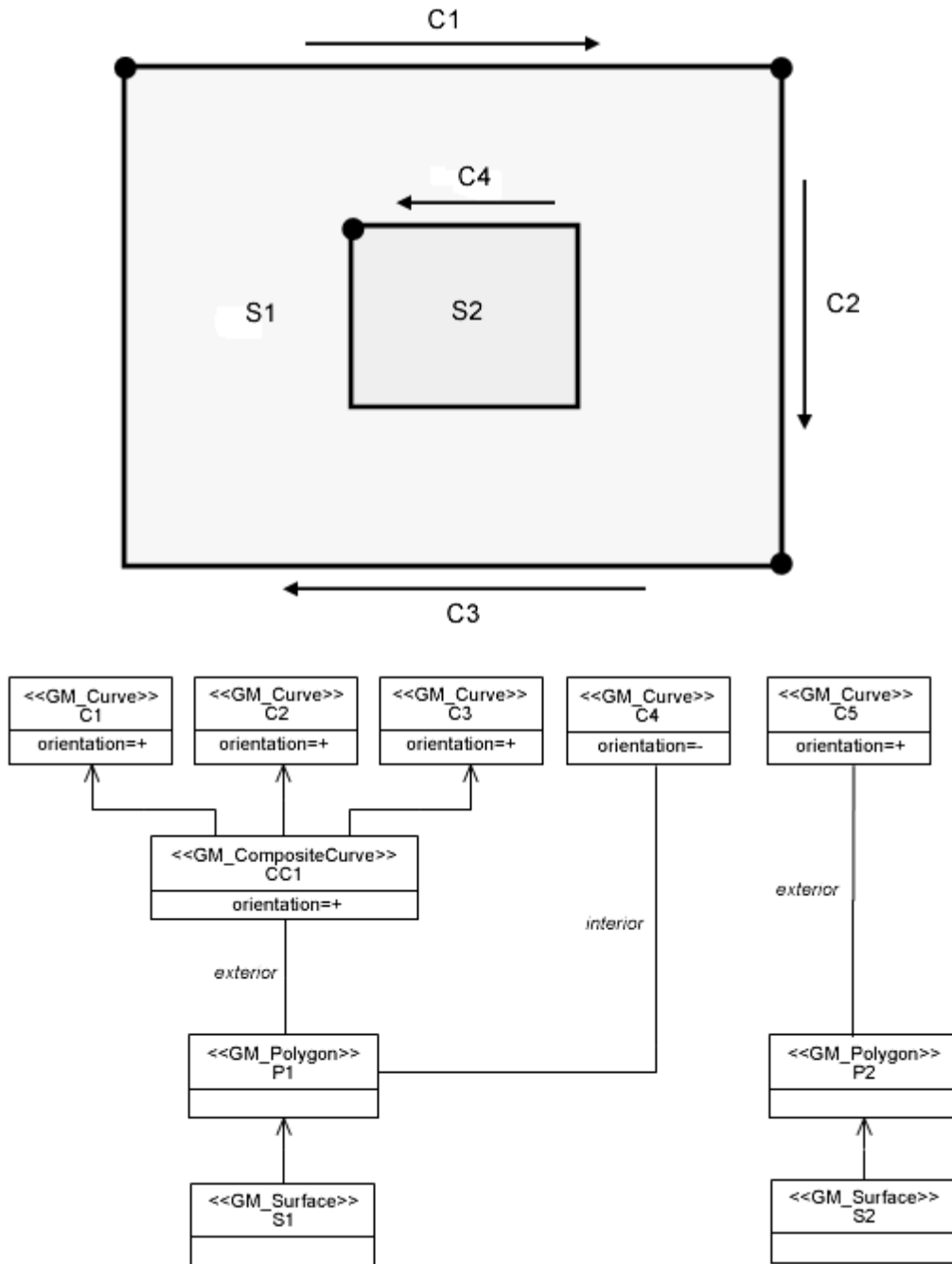


Рисунок 7-A.2 – Пример поверхности

Выше описываются геометрические элементы примера поверхности (Рисунок 7-A.2).

S1 (GM_Surface) представлена патчем поверхности P1 (GM_Polygon), граница которого состоит из внешних и внутренних колец. Внешнее кольцо CC1 (GM_CompositeCurve) является агрегатом C1, C2, C3 (GM_Curve), внутреннее кольцо C4 является простой GM_Curve.

7-A-3 2.5 Пример размерной геометрии

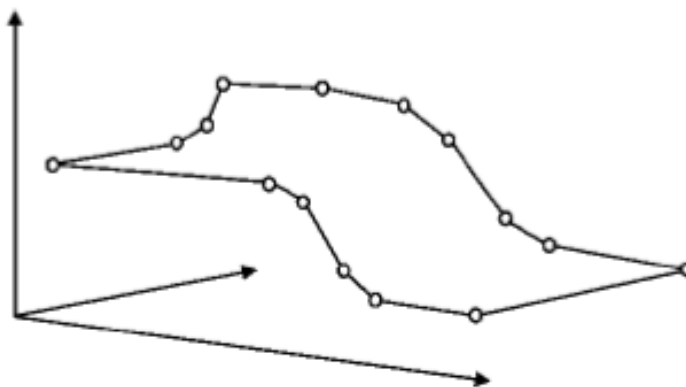


Рисунок 7-A.3 – Пример 2.5D

В изображенном примере кривая, которая составляет внешнюю границу GM_Polygon, состоит из массива 3D контрольных точек. Обратите внимание, что интерполяция поверхности должна быть "none", что означает, что положение внутренних точек не определяется. Интерполяция "planar" может быть только если все точки лежат на плоскости.