

DIN EN ISO 19107

ICS 35.240.70

Ersatz für
DIN EN ISO 19107:2005-05**Geoinformation –
Raumbezugsschema (ISO 19107:2019);
Englische Fassung EN ISO 19107:2019**Geographic information –
Spatial Schema (ISO 19107:2019);
English version EN ISO 19107:2019Information géographique –
Schéma spatial (ISO 19107:2019);
Version anglaise EN ISO 19107:2019

Gesamtumfang 259 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 19107:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 211 „Geographic information/Geomatics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 287 „Geoinformation“, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, erarbeitet.

Das zuständige nationale Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-03-03 AA „Geoinformation (SpA zu CEN/TC 287 und ISO/TC 211)“ im DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Dieses europäische Dokument enthält unter Berücksichtigung des DIN-Präsidialbeschlusses 1/2004 nur die englische Originalfassung von EN ISO 19107:2019.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 19101-1:2014	siehe DIN EN ISO 19101-1:2015-03
ISO 19107:2003	siehe DIN EN ISO 19107:2005-05
ISO 19108	siehe DIN EN ISO 19108
ISO 19109	siehe DIN EN ISO 19109
ISO 19111	siehe DIN EN ISO 19111
ISO 19118:2011	siehe DIN EN ISO 19118:2012-01
ISO 19125-1:2004	siehe DIN EN ISO 19125-1:2006-05
ISO 19125-2:2004	siehe DIN EN ISO 19125-2:2006-05
ISO 19136:2007	siehe DIN EN ISO 19136:2009-09
ISO 19136-2:2015	siehe DIN EN ISO 19136-2:2018-12
ISO 19141:2008	siehe DIN EN ISO 19141:2009-12
ISO 19148:2012	siehe DIN EN ISO 19148:2012-06

Da Korrekturen im englischen Referenzdokument zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm nicht mehr möglich waren, wurde eine Nationale Fußnote im Nationalen Vorwort eingefügt. Der Korrekturbedarf ist dem zuständigen ISO/TC 211 bekannt und es ist beabsichtigt, die Korrekturen im Rahmen der nächsten Überarbeitung entsprechend umzusetzen.

Die Nationale Fußnote befindet sich in 3.11.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 19107:2005-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Revision/Korrektur aus technischer Sicht, die Ergänzung notwendiger Erweiterungen, die sich aus der praktischen Anwendung ergeben haben und eine Behebung von Fehlern;
- b) Entfernung überflüssiger Klassen und Konstrukte. Integration in andere, so sind z. B. alle Aggregationstypen nun in der Klasse „Collection“ zusammengefasst;
- c) diese Fassung ist rückwärtskompatibel und Anwendungsschemata auf der Basis der alten DIN EN ISO 19107 sind nach wie vor gültig;
- d) Anhang D der neuen Norm enthält eine Gegenüberstellung der Konstrukte alter und neuer Versionen;
- e) die Conformance-Klassen wurden mit dem Ziel erweitert, Implementierungen mehr Möglichkeiten zu geben.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 19107: 2005-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 19101-1:2015-03, *Geoinformation — Referenzmodell — Teil 1: Grundsätze (ISO 19101-1:2014); Englische Fassung EN ISO 19101-1:2014*

DIN EN ISO 19103, *Geoinformation — Konzeptuelle Beschreibungssprache*

DIN EN ISO 19107:2005-05, *Geoinformation — Raumbezugsschema (ISO 19107:2003); Englische Fassung EN ISO 19107:2005*

DIN EN ISO 19108, *Geoinformation — Zeitliches Schema*

DIN EN ISO 19109, *Geoinformation — Regeln zur Erstellung von Anwendungsschemata*

DIN EN ISO 19111, *Geoinformation — Koordinatenreferenzsysteme*

DIN EN ISO 19118:2012-01, *Geoinformation — Kodierung (ISO 19118:2011); Englische Fassung EN ISO 19118:2011*

DIN EN ISO 19125-1:2006-05, *Geoinformation — Simple feature access — Teil 1: Gemeinsame Architektur (ISO 19125-1:2004); Englische Fassung EN ISO 19125-1:2006*

DIN EN ISO 19125-2:2006-05, *Geoinformation — Simple feature access — Teil 2: Structured Query Language (SQL) (ISO 19125-2:2004); Englische Fassung EN ISO 19125-2:2006*

DIN EN ISO 19136:2009-09, *Geoinformation — Geography Markup Language (GML) (ISO 19136:2007); Englische Fassung EN ISO 19136:2009*

DIN EN ISO 19136-2:2018-12, *Geoinformation — Geography Markup Language (GML) — Teil 2: Erweitertes Schema und Kodierregeln (ISO 19136-2:2015); Englische Fassung EN ISO 19136-2:2018*

DIN EN ISO 19141:2009-12, *Geoinformation — Schema für sich bewegende Objekte (ISO 19141:2008); Deutsche Fassung EN ISO 19141:2009*

DIN EN ISO 19148:2012-06, *Geoinformation — Lineares Bezugssystem (ISO 19148:2012); Englische Fassung EN ISO 19148:2012*

Nationaler Anhang NB (informativ)

Begriffe

Die Benummerung der folgenden Begriffe und Abkürzungen ist identisch mit der Benummerung in der englischen Fassung.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/IEC 11404, ISO 19103, ISO/IEC 19505-2 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

ANMERKUNG Gängige Wörter aus der Geometrie, wie Punkt, Kurve, Linie, Flächenkörper usw. tragen die gängigen Bedeutungen, es sei denn, sie werden als Klassifikator-Bezeichnungen (üblicherweise Schnittstellen) verwendet; in diesem Fall sind sie eine digitale Darstellung eines geometrischen Konzepts. Gängige mathematische Begriffe, die hier nicht definiert sind, tragen ihre gängigen mathematischen Bedeutungen (siehe [15], [10], ISO/IEC 11404 oder ein Standardwerk zum Thema, wie die „N. Bourbaki“-Reihe¹, gegenwärtig im Springer-Verlag in Französisch, Englisch und Deutsch veröffentlicht). Es sollte beachtet werden, dass mathematische Begriffe kontextsensitiv sein können und leicht mit allgemeinsprachlichen Begriffen verwechselt werden können. Beispielsweise besitzen Begriffe wie „offene“ Menge, „abgeschlossene“ Kurve, „abgeschlossene“ Menge, „rationale“ Funktion, „Begrenzung“, „Inneres“, „Abgeschlossenheit“, „Äußeres“ und „Funktion“ sowie andere allgemeinsprachliche Begriffe in der Mathematik und in diesem Dokument sehr spezifische Bedeutungen. Wo es zur Verhinderung von Verwechslungen erforderlich war, wurden bestehende Definitionen überarbeitet, um ihre Bedeutung in diesem Dokument zu verdeutlichen. Mathematische Begriffe umfassen gängiges Vokabular aus Geometrie, Topologie, Infinitesimalrechnung, Geodäsie und Differentialgeometrie. Viele dieser Begriffe können ausreichend geläufig sein, sodass ihre Aufnahme nicht notwendig ist. Sie sind hier enthalten, um Verwechslungen insbesondere mit Begriffen wie den vorstehend genannten zu verhindern, die in anderem Zusammenhang andere Bedeutungen haben.

3.1 abstrakte Wurzel (en: abstract root)

<Programmierung> üblicher Wurzel-Klassifikator einer Kategorie, der allen anderen Klassifikatoren in der Kategorie übergeordnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Klasse „Any“ ist in einigen Programmiersprachen die abstrakte Wurzel aller Klassen. Daher ist sie *de facto* die Vereinigung aller Klassen. In diesem Dokument ist Geometrie die (benannte und ausdrückliche) abstrakte Wurzel für alle Geometrieobjekte. In dem Modul „Geometrie“ und jedem seiner Teilmodule (einschließlich der in ihren Anforderungsklassen) wird jede Schnittstelle ein Untertyp von Geometrie sein, entweder direkt oder transitiv.

¹ N. Bourbaki ist das Pseudonym für die „Association des collaborateurs de Nicolas Bourbaki“ (de: Gesellschaft der Mitarbeiter von Nicolas Bourbaki) von Mathematikern, die erstmals 1935 veröffentlichte und sich die „Formalisierung“ der Mathematik zum Ziel gesetzt hatte. Die Gruppe hält ein Büro an der „École Normale Supérieure“ in Paris. Siehe https://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas_Bourbaki. Ihre Veröffentlichungen genießen in der mathematischen Fachwelt hohes Ansehen.

3.2

Bogen

(en: arc)

<Geometrie> Abschnitt (3.83) einer Kurve

3.3

baryzentrische Koordinaten

(en: barycentric coordinates)

<analytische Geometrie> Punkt in einem n-dimensionalen Koordinatensystem mit n+1 Zahlen, $[u_0, u_1, u_2, u_3, \dots, u_n] \ni [[0 \leq u_i \leq 1] \wedge \sum u_i = 1, 0]$, in dem die Lage eines Punkts eines n-Simplex (von beliebiger Dimension) durch einen gewichteten Massenmittelpunkt zweier Massen festgelegt wird, die auf ihren Eckpunkten liegen, unter Anwendung von Vektoralgebra von $\mathbb{R}^n$ verwendet in dem Koordinatenreferenzsystem

Anmerkung 1 zum Begriff: Obwohl es n+1 Koordinaten in einem baryzentrischen Koordinatensystem gibt, beträgt die topologische Dimension n, weil die Nebenbedingung (summiert sich auf 1,0) einen Freiheitsgrad verliert (sobald es n Ordinaten gibt, wird die verbleibende bestimmt, wie $u_n = 1,0 - \sum_{i=0}^{n-1} u_i$). Die Koordinaten für das Simplex sind sämtlich nicht-negativ, aber das System kann durch Verwendung negativer Zahlen über die Simplexe erweitert werden. Sind alle Ordinaten positiv, dann liegt der Punkt im (im Inneren des) n-Simplex. Beträgt eine von ihnen 1,0 und die andere 0, ist dies der Eckpunkt eines Simplex. Beträgt eine von ihnen null und die anderen sind noch jeweils größer gleich null, dann liegt der Punkt auf dem n-1-Simplex, gegenüber dem auf null gesetzten Scheitelpunkts. Sind einige negativ, liegt der Punkt außerhalb des Simplex. Die Koordinaten sind abhängig von dem zugrundeliegenden Koordinatenreferenzsystem der Quelldaten.

3.4

Richtungswinkel

(en: bearing)

in der Horizontalebene gemessene(r) Winkel, Tangente oder Richtung in einem Punkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition (im Gegensatz zu der nach ISO 19162:2015) ist für dieses Dokument erforderlich, weil der Begriff in anderen Definition verwendet wird, z. B. erstes geodätisches Problem und zweites geodätisches Problem. Die beiden Definitionen sind nahezu äquivalent, weil die Tangente einer Kurve auf einer Fläche eine Tangente zur Fläche ist und eine Richtung festlegt. Ein übliches 2-D-Maß des Richtungswinkels kann ein Winkel sein, der in äquivalenter Form von Norden aus im Uhrzeigersinn gemessen wird oder ein Einheits tangentialvektor. Wenn das Koordinatensystem räumlich dreidimensional ist, kann der horizontale Richtungswinkel zu seiner Vollständigkeit auch einen vertikalen Höhenwinkel erfordern. Wenn eine Referenzkurve (wie in ISO 19162 verwendet) durch die Bogenlänge parametrisiert wird, dann ist ihre „Ableitung“ ein Einheitsvektor. Wenn eine andere Parametrisierung „t“ angewendet wird, dann sollte die Ableitung normiert sein ($\vec{\tau}/\|\vec{\tau}\|$; $\dot{c}(t) = \vec{\tau}$;). Das ist nützlich, da das Parametrisieren der Bogenlänge rechentechnisch schwierig sein kann. Die numerische Darstellung eines Vektors ist abhängig vom Koordinatensystem. Der Richtungswinkel ist nicht abhängig vom Koordinatensystem, sondern kann in jedem plausiblen System dargestellt werden. Der Richtungswinkel ist nicht abhängig von seinen verschiedenen Darstellungen.

3.5

bikontinuierlich

(en: bicontinuous)

<Mathematik> umkehrbar, stetig und mit einer stetigen Inverse

3.6

Begrenzung

(en: boundary)

Menge, die die Grenzen einer Entität darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Begrenzung“ wird am häufigsten im Kontext der Geometrie benutzt, bei der die Menge aus einer Sammlung von Punkten oder einer Sammlung von Objekten, die von diesen Punkten dargestellt wird, besteht. In anderen Bereichen wird der Begriff im übertragenen Sinne gebraucht, um den Übergang zwischen einer Entität und dem übrigen betroffenen Domain zu bezeichnen.

3.7

Puffer

(en: buffer)

Geometrieobjekt, das alle Punkte enthält und nur diejenigen Punkte, deren Abstand von einem festgelegten Geometrieobjekt kleiner gleich einem bei seiner Konstruktion verwendeten, angegebenen Abstand ist

3.8

abgeschlossene Hülle

(en: closure)

Vereinigung des Inneren und der Begrenzung eines Topologieobjekts oder Geometrieobjekts

3.9

Korand

(en: coboundary)

Menge von topologischen Primitiven von höherer topologischer Dimension, die mit einem bestimmten Topologieobjekt assoziiert ist, sodass dieses Topologieobjekt in jeder ihrer Begrenzungen liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Falls ein Knoten auf der Begrenzung einer Kante liegt, ist diese Kante der Korand dieses Knotens. Jeder Orientierungsparameter, der mit einer dieser Relationen assoziiert ist, würde auch mit der anderen assoziiert sein. Der Korand eines Knotens kann als „Stern“ bezeichnet werden.

3.10

konform, Adj.

(en: conformal)

winkeltreu

Anmerkung 1 zum Begriff: Einige Projektionen sind konform. Beispielsweise stellt eine Mercatorprojektion der Winkel zwischen Kurven winkeltreu dar, sodass auch die Urbild-Kurven auf dem Ellipsoid - wie Linien stetiger geographischer Breite und Linien stetiger geographischer Länge - einander im Winkel von 90° schneiden, wenn zwei Kurven in einer Mercatorprojektionsebene einander im Winkel von 90° schneiden.

3.11

zusammenhängend

(en: connected)

Eigenschaft eines topologischen Raums, die besagt, dass nur der gesamte Raum oder die leere Menge die einzigen Teilmengen sind, die sowohl offen als auch abgeschlossen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die formale Definition von zusammenhängend ist, dass ein beliebiges Paar von lokal offenen Mengen, deren Vereinigung der gesamte Raum ist, eine nicht-leere Schnittmenge haben müssen.

ein topologischer Raum T ist zusammenhängend, wenn und nur wenn

$$[\nexists X, Y \subset T \ni X \cup Y = T] \Rightarrow [X \cap Y \neq \emptyset] \quad (1)$$

Diese formale Definition ist schwierig anzuwenden. Der nachstehend definierte Begriff „wegweise zusammenhängend“ (3.75) ist äquivalent zu dem in diesem Dokument beabsichtigten. Die Verwendung oder* „endlich genaue“ Koordinaten macht die Darstellung von Mengen, die zusammenhängend, aber nicht wegweise zusammenhängend sind, unmöglich. In allen Fällen wird „zusammenhängend“ verwendet, aber „wegweise zusammenhängend“ ist einfacher zu prüfen und zu visualisieren.

3.12

zusammenhängender Knoten

(en: connected node)

<Topologie> Knoten, der Anfang oder Ende einer oder mehrerer Kanten ist

* Nationale Fußnote: Fehler in der englischen Referenzfassung. Es muss „von“ anstelle von „oder“ heißen.

3.13**Referenzpunkt**

(en: control point)

<analytische Geometrie> Punkt, der in der Konstruktion einer Geometrie verwendet wird, der ihre Form teilweise definiert, aber nicht notwendigerweise auf dieser Geometrie liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Mittelpunkt eines Bogens ist ein Kontrollpunkt; Pole in B-Spline-Kurven sind Referenzpunkte.

3.14**konvex**

(en: convex)

<Geometrie> enthält alle Punkte auf einer „Linie“, die zwei innenliegende Punkte verbindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definition von „konvex“ erfordert eine Definition von „Linie“. Bei Koordinatensystemen ist das der übliche linear interpolierte Bogen, aber in diesem Zusammenhang ist die „Linie“ auf einer geometrischen Bezugsoberfläche ein „geodätischer Bogen“. Das Standardverfahren in diesem Dokument ist die lineare Interpolation.

3.15**konvexe Hülle**

(en: convex hull)

<Geometrie> kleinste konvexe Menge, die ein gegebenes Geometrieobjekt enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: „Kleinste“ ist die theoretisch kleinste Menge, nicht ein Ergebnis einer Messung. Die Definition kann umformuliert werden in: „die Schnittmenge aller konvexen Mengen, die das Geometrieobjekt enthalten“. Eine weitere Definition in einem euklidischen Raum $\mathbb{E}^n$ ist die Vereinigung aller Linien mit beiden Endpunkten im gegebenen Geometrieobjekt.

$$\begin{aligned}
 C = A.\text{convexHull} &\Leftrightarrow \\
 [C.\text{convex} = \text{TRUE}] \wedge [A \subset C] \wedge \\
 [[B.\text{convex} = \text{true}, A \subset B] \Rightarrow [A \subseteq C \subseteq B]]
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

3.16**Koordinate**

(en: coordinate)

Zahl in einer Folge von Zahlen zum Bezeichnen der Lage eines Punktes

Anmerkung 1 zum Begriff: In einem Koordinatenreferenzsystem werden die Zahlen durch Einheiten qualifiziert. Die Anzahl der Verschiebungen (im Allgemeinen als „Ordinaten“ bezeichnet) in einer Koordinate gibt nicht die Dimension an. Wenn es eine Nebenbedingung gibt, kann die Dimension kleiner sein. Siehe „Koordinatendimension“ (3.17).

3.17**Koordinatendimension**

(en: coordinate dimension)

<analytische Geometrie> Anzahl der Einzelentscheidungen, die zur Beschreibung einer Position in einem Koordinatensystem erforderlich sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Koordinatendimension repräsentiert die Anzahl der getroffenen Entscheidungen, und Nebenbedingungen können diese Auswahl beschränken. Eine baryzentrische Koordinate, die (n+1)-Versätze aufweist, der zugrundeliegende Raum ist jedoch n-dimensional. Homogene Koordinaten (wx, wy, wz, w) sind genau genommen dreidimensional, weil die Wahl von „w“ nicht die Position beeinflusst, d. h. (wx, wy, wz, w) = (x, y, z, 1) → (x, y, z), was nicht von w beeinflusst ist. Die Dimension wird höchstens die Anzahl der Zahlen in der Koordinate sein, sie kann jedoch niedriger sein, wenn die Koordinaten in irgendeiner Weise Nebenbedingungen unterliegen.

3.18

Koordinatenreferenzsystem

(en: coordinate reference system)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> Koordinatensystem, das durch ein Datum auf ein Objekt bezogen ist

[ISO 19111:2007, 4.8, modifiziert — Anmerkung 1 und 2 zum Begriff wurden ergänzt.]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die ursprüngliche Definition von Koordinatenreferenzsystem (CRS) verwendet ein Geometrieobjekt (ein geodätisches Datum), das sich durch ein Datum auf die reale Welt bezieht. ISO 19111 erweitert dies auf jeden „Parameter“, der im Wesentlichen als Graph der Relation des Parameters dargestellt werden kann. Dieser Graph liegt im Vektorprodukt des Datums, des Bereichsraums der Parameterfunktion und des Parameterraums (der hingegen mehrdimensional sein darf). Deshalb ist jedes in diesem Dokument verwendete Koordinatensystem logischerweise ein CRS. Da dies nicht die ursprüngliche Absicht von ISO 19111-2 war, wird dieses Dokument CRS für Koordinatensysteme verwenden, die mit einem geodätischen Datum assoziiert sind und verwendet den allgemeineren Begriff „Koordinatensystem“ für alle weiteren, die entweder größer oder kleiner sind. Hier bedeutet CRS Koordinaten mit Raumbezug. In jedem Fall, bei dem das zugrundeliegende Datum (Fläche) nicht eben ist, ist das Koordinatensystem nichteuklidisch und die Metriken sind nichtpythagoreisch.

Anmerkung 2 zum Begriff: Falls in späteren Versionen von ISO 19111 die vorstehend zitierte Definition geändert wird, sollte das keinen Einfluss auf dieses Dokument haben. Im Fall, dass dynamische Daten verwendet werden, würden Messungen, die durch geometrische Operationen von Objekten in diesem Dokument durchgeführt wurden, nur für die für das Datum und die zugehörigen Koordinaten verwendete Zeit gelten. Variiert das Datum, können die Messungen ebenfalls variieren, aber die Definitionen der Maße bleiben die gleichen, die tatsächlichen Werte können jedoch eine zeitabhängige Funktion sein.

3.19

Krümmungsvektor

(en: curvature vector)

<Differentialgeometrie> zweite Ableitung einer durch die Bogenlänge parametrisierten Kurve in einem Punkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn $c(s) = (x(s), y(s), z(s))$ eine Kurve im dreidimensionalen kartesischen Raum ist (E^3) und s die Bogenlänge entlang $c(s)$, dann ist der Einheitstangentenvektor $\dot{c}(s) = (\dot{x}(s), \dot{y}(s), \dot{z}(s))$, d. h. die Ableitung der Koordinatenwerte von „ c “ in Bezug auf „ s “. Der Krümmungsvektor beträgt $\ddot{c}(s) = (\ddot{x}(s), \ddot{y}(s), \ddot{z}(s))$. Der Krümmungsvektor kann durch die Inverse des Radius eines Kreises durch beliebige drei nahegelegene Punkte auf der Kurve genähert werden (von der Kurve zum Mittelpunkt des Kreises weisend).

3.20

Zyklus

(en: cycle)

<Geometrie, Topologie> beschränktes räumliches Objekt mit einer leeren Begrenzung

Anmerkung 1 zum Begriff: Zyklen werden zur Beschreibung von Begrenzungskomponenten verwendet. Ein Zyklus hat üblicherweise keine Begrenzung, da er selbstabschließend ist, aber er ist beschränkt (d. h., er hat keine unendliche Ausdehnung). Beispielsweise besitzen ein Kreis oder eine Kugel keine Begrenzung (d. h. die Begrenzung ist leer), aber sie sind beschränkt.

3.21

Datenpunkt

(en: data point)

<analytische Geometrie> Punkt, der auf der Geometrie liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Eckpunkte in einem Polygonzug sind Datenpunkte; die Punkte, die zur Konstruktion eines polynomen Splines verwendet werden, sind Datenpunkte. Datenpunkte können als Kontrollpunkte verwendet werden, sie werden jedoch häufig nach Konstruktion der Geometrie abgeleitet.

3.22**Durchmesser**

(en: diameter)

<Metrik> größter Abstand zwischen zwei Punkten in einer Menge von Punkten

3.23**gerichtete Kante**

(en: directed edge)

<Topologie> gerichtetes Topologieobjekt, das eine Zuordnung zwischen einer Kante und einer ihrer Orientierungen darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine gerichtete Kante, die mit der Orientierung der Kante übereinstimmt, hat eine + Orientierung, anderenfalls hat sie die gegensätzliche (–) Orientierung. Gerichtete Kanten werden in der Topologie zur Unterscheidung der rechten Seite (–) von der linken Seite (+) derselben Kante sowie des Startknotens (–) und Endknotens (+) derselben Kante verwendet, und in der rechnerischen Topologie zur Darstellung dieser Konzepte.

3.24**gerichtete Masche**

(en: directed face)

<Topologie> gerichtetes Topologieobjekt, das eine Zuordnung zwischen einer Fläche und einer ihrer Orientierungen darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Orientierung der gerichteten Kanten, die die äußere Begrenzung einer gerichteten Masche bilden, wird durch die Richtung dieses Vektors positiv erscheinen; die Orientierung einer gerichteten Masche, die einen topologischen Körper beschränkt, wird vom topologischen Körper fort weisen. Benachbarte Körper würden verschiedene Orientierungen für ihre gemeinsame Begrenzung verwenden, übereinstimmend mit derselben Art von Assoziation zwischen benachbarten Flächen und ihren gemeinsamen Kanten. Gerichtete Maschen werden in der Korand-Relation verwendet, um die räumliche Assoziation zwischen Masche und Kante zu bewahren.

3.25**gerichteter Knoten**

(en: directed node)

<Topologie> gerichtetes Topologieobjekt, das eine Zuordnung zwischen einem Knoten und einer seiner Orientierungen darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Gerichtete Knoten werden in der Korand-Relation verwendet, um die räumliche Assoziation zwischen Kante und Knoten zu bewahren. Die Orientierung eines Knotens in Bezug auf eine Kante ist „+“ bei einem Endknoten und „–“ bei einem Startknoten. Das stimmt mit den Vektorbegriff von „Ergebnis = Ende – Start“ überein.

3.26**gerichteter Körper**

(en: directed solid)

<Topologie> gerichtetes Topologieobjekt, das eine Zuordnung zwischen einem topologischen Körper und einer seiner Orientierungen darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Gerichtete Körper werden in Korand-Relation verwendet, um die räumliche Zuordnung zwischen Masche und topologischem Körper zu erhalten. Die Orientierung eines Körpers ist hinsichtlich einer Fläche „+“, wenn der aufsteigende Normalenvektor auswärts gerichtet ist und „–“, wenn er einwärts gerichtet ist. Das entspricht dem Konzept von „auf = auswärts“ bei einer Fläche, die einen Körper beschränkt.

3.27

Abstand

(en: distance)

<Geometrie, metrische Räume> Mindestlänge einer Kurve, die die beiden Punkte oder Geometrien verbindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die übliche Metrik für zwei Punkte in einem Koordinatenraum setzt eine zugrundeliegende Ebene voraus und ist ein euklidischer Abstand. Wenn eine zugrundeliegende Bezugsfläche keine Ebene ist, dann wird der Abstand durch diese Mindestlänge aller Kurven zwischen den beiden Punkten definiert. Diese Flächen sind Hauptbeispiele der nichteuklidischen Geometrie, bei der das Parallelenaxiom in Euklids Elementen nicht gilt. In mathematischem Sinne ist Abstand die „größte untere Schranke“ der Kurvenlänge. Das Wort Minimum wird auch gebraucht, aber es sollte nicht erwartet werden, dass ein tatsächliches Minimum eintritt, sondern nur, dass eine beliebige größere Zahl eine Länge in dieser Menge aufweisen wird, die kleiner ist.

3.28

Bereich

(en: domain)

<Mathematik> wohldefinierter Bereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Bereiche werden zum Definieren des Bereichs und Wertebereichs von Operatoren und Funktionen verwendet. Wenn eine Funktion „f“ Werte aus dem Quellbereich „X“ zu Werten im Zielbereich „Y“ abbildet, dann ist die Notation „f:X→Y“. Das Verhältnis zwischen der Funktion und ihrem Quellbereich wird als „Bereich“ bezeichnet. Das Verhältnis zwischen der Funktion und ihrem Zielbereich wird als „Bereich“, „Bild“ oder alternativ „Codomäne“ bezeichnet. Siehe die Definition von „Funktion“ und „Kartierung“ in [15].

3.29

Kante

(en: edge)

<Topologie> eindimensionales topologisches Primitiv

Anmerkung 1 zum Begriff: Die geometrische Realisierung einer Kante ist eine Kurve. Die Begrenzung einer Kante ist die Menge von einem oder zwei Knoten, die mit der Kante in einem topologischen Komplex assoziiert sind.

3.30

Kante-Knoten-Graph

(en: edge-node graph)

<Topologie> Graph, der in einen topologischen Komplex eingebettet ist, der sich aus allen Kanten und zusammenhängenden Knoten in diesem Komplex zusammensetzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Kante-Knoten-Graph ist ein Teilkomplex des Komplexes, in dem er eingebettet ist.

3.31

Ellipsoid

(en: ellipsoid)

<Geodäsie> geometrische Referenzfläche, die in einen dreidimensionalen Euklidischen Raum eingebettet ist, der durch ein Rotationsellipsoid repräsentiert wird, wobei die Rotation um die Polachse erfolgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Fall der Erde erfolgt die Rotation um die Polachse. Das führt zu einem abgeplatteten Ellipsoid dessen Brennpunkt im nominellen Erdmittelpunkt liegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die beiden gängigen Algorithmen zur Berechnung der geographischen Breite auf einem Ellipsoid und auf einer Kugel (wie bei Kugelkoordinaten verwendet) sind nur dann äquivalent, wenn das Ellipsoid eine Kugel ist, deren Radien in alle Richtungen gleich lang sind. Das Problem ist, dass eine vom Mittelpunkt eines allgemeinen Ellipsoids ausgehende Radiallinie die Oberfläche des Ellipsoids nicht immer orthogonal schneidet. Im Allgemeinen schneiden Schnittebenen durch den Mittelpunkt die Oberfläche nicht orthogonal und deshalb sind die Kurven, die den Großkreisen einer Kugel entsprechen, keine Geodäten auf dem Ellipsoid.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Topologie eines Ellipsoids ist vom $\mathbb{E}^3$ -Raum übernommen, in dem es eingebettet ist. Der Unterschied besteht darin, dass Metriken, wie Abstand und Richtung auf dem Ellipsoid, auf Kurven beschränkt sind, die vollständig auf der Oberfläche verlaufen und auf Vektoren, die tangential zur Oberfläche sind.

3.32**leere Menge** $\emptyset$

(en: empty set)

<Mathematik> Menge, die keine Elemente enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Mengen sind gleich, wenn sie exakt dieselben Elemente enthalten. Da zwei beliebige leere Mengen exakt dieselben Elemente enthalten würden (nach Definition keine), sind sie, nach Definition, gleich. Die leere Menge ($\emptyset$) kann als eine geometrische Entität angesehen werden, weil sämtliche in ihr enthaltenen Elemente Punkte sind. Das ist eine gegenstandslose Aussage, weil die Menge $\emptyset$ keine Elemente enthält und daher die Aussage „Für alle...“ nicht prüfbar und demzufolge für jeden ihrer nicht existierenden Fälle wahr ist. Es gibt viele wahre, aber gegenstandslose Aussagen in Nachweisen von $\emptyset$. Das kann für manche Programmierer verwirrend sein, weil viele Systeme typischere Mengen verwenden, in denen die Klasse der Entitäten eine Klasse für die Container-Menge bestimmt. In der Mathematik wird „Klasse“ nicht berücksichtigt und es werden ausschließlich Mengen betrachtet, sodass eine leere Menge von Erdferkeln und eine leere Menge von Zebras in der Mathematik dieselbe Menge sind (ist?). Eine weitere Verwechslungsmöglichkeit besteht darin, dass $\emptyset$ nicht die Datenbank-Null ist, die von Codd eingeführt wurde und die in relationalen und anderen Abfragesprachen in 3-wertiger Logik verwendet wird. „Null“ bedeutet „unbekannt“ und viele Aussagen, die Null enthalten, sind unentscheidbar (weder nachweisbar wahr noch nachweisbar falsch). Die leere Menge ist kein „Mangel an Wissen“, sondern die Gewissheit der Nichtexistenz der Elemente in der Menge. Die meisten Aussagen, die mit „für alle Elemente in $\emptyset$ “ beginnen, sind wahr, aber gegenstandslos. Die meisten Aussagen, die mit „es existiert ein Element in $\emptyset$ “ beginnen, sind stets kategorisch falsch. Es ist beinahe unmöglich, eine unentscheidbare Aussage über $\emptyset$ zu konstruieren. Null und $\emptyset$ stehen nicht in Zusammenhang. „Leer“ kann „ungültig“ oder „vollständig leer“ bedeuten.

3.33**Endknoten**

(en: end node)

<Topologie> Knoten in der Begrenzung einer Kante, die dem Endpunkt dieser Kante entspricht

3.34**Endpunkt**

(en: end point)

<Geometrie, Topologie> letzter Punkt einer Kurve

3.35**Fehlerbudget**

(en: error budget)

<Metrik> Aussage oder Verfahren zum Beschreiben von Art und Ausmaß der Fehler, die die Berechnungsergebnisse beeinträchtigen

Anmerkung 1 zum Begriff: In den üblichsten Fällen beschreiben in diesem Dokument Fehlerbudgets metrische Berechnungen unter Verwendung darstellender Geometrieobjekte, um Echtwelt-Metriken zu schätzen, wie Abstand und Fläche.

3.36**Exponentialabbildung**

(en: exponential map)

Funktion, die Tangentialvektoren in einem Punkt zum Endpunkt einer Geodäte abbildet, beginnend an diesem Punkt mit einer Richtungswinkel gleich der des Vektors und einer Länge gleich der des Vektors

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe erstes geodätisches Problem für eine Erklärung des Prozesses zur Berechnung dieser Abbildung.

3.37

Äußeres

(en: exterior)

<Geometrie, Topologie> Unterschied zwischen der Grundmenge und der abgeschlossenen Hülle

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff des Äußeren ist sowohl auf das Topologieobjekt als auch auf das Geometrieobjekt anwendbar.

3.38

Masche

(en: face)

<Topologie> zweidimensionales topologisches Primitiv

Anmerkung 1 zum Begriff: Die geometrische Realisierung einer Masche ist eine Fläche. Die Begrenzung einer Masche besteht aus einer Menge gerichteter Kanten innerhalb desselben topologischen Komplexes, die über die Grenzverhältnisse mit der Masche assoziiert sind. Diese können in Form von Ringen organisiert sein.

3.39

erstes geodätisches Problem

direktes geodätisches Problem

(en: first geodetic problem, direct geodetic problem)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> wenn ein bestimmter Punkt in einer Fläche, einer Richtung und der Abstand von diesem Punkt zu einem zweiten Punkt entlang einer Geodäte gegeben sind, besteht das Problem, diesen zweiten Punkt zu bestimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses „Problem“ definiert eine Abbildung aus dem Vektorraum an einem Punkt (jeder durch eine Richtung und eine Länge vorgegebene Vektor) zu Punkten der Erdfigur, die das Problem für diese Richtung und diesen Abstand erfüllt. Wenn z. B. der Abstand „r“ festgelegt wird und alle Richtungen genommen werden, ist die sich daraus ergebende Geometrie der Kreis, dessen Mittelpunkt im Ursprung des Radius „r“ liegt. Dieses Dokument wird massiven Gebrauch von dieser Abbildung machen, siehe Exponentialabbildung und das zweite geodätische Problem.

3.40

Grundfläche

(en: footprint)

zweidimensionale Ausdehnung oder Projektion eines 3-D-Objekts auf einer horizontalen Oberfläche

3.41

Funktion

(en: function)

<Mathematik, Programmierung> Regel, die jedes Element eines Bereichs („Quellbereich“ oder „Bereich“ der Funktion) mit einem einzelnen Element in einem anderen Bereich („Zielbereich“, „Wertebereich“ oder „Wertemenge“ der Funktion) verbindet

3.42

freie Funktion

(en: free function)

<Mathematik, Programmierung> Funktion in einer objektorientierten Programmiersprache, die keiner Objektklasse zugeordnet ist

3.43**Geodäte****geodätische Linie**

(en: geodesic, geodesic line)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> Linie auf einer Fläche mit einem tangentialen Krümmungsvektor mit Nulllänge

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Krümmungsvektor einer Geodäte ist senkrecht; die Oberfläche hat daher die minimale Krümmung jeder auf diese Oberfläche eingeschränkten Kurve. Das wird häufig als die kürzeste Abstandskurve zwischen zwei Punkten bezeichnet, dies ist jedoch nicht immer ausreichend, da einige Punkte (insbesondere auf Ellipsoiden und Kugeln) häufig durch mehr als eine Geodäte verbunden sind. Beispielsweise werden auf einem Ellipsoid die Punkte mit $(\varphi, \lambda) = (0, 0)$ und $(0, 180)$ durch vier gesonderte Geodäten (zwei polare (die kürzeren) und zwei äquatoriale) verbunden. Die Exponentialabbildung ist nur für einen kleinen Bereich sicher eineindeutig (abhängig von der Lage des Mittelpunkts und der Kurvenform der Oberfläche).

3.44**geodätischer Kreis**

(en: geodesic circle)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> Menge von Punkten in gleichem Abstand von einem gegebenen Punkt (auf dem Datum)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die geodätischen Kreise, deren Mittelpunkt auf einem (beliebigen) Pol liegt, sind die Linien stetiger geographischer Breite. Kreise in einem Tangentialraum, deren Mittelpunkt im Ursprung (entsprechend des Tangentialpunkts) liegt, werden als geodätische Kreise abgebildet, durch die Exponentialabbildung auf der geometrischen Bezugsfläche, deren Mittelpunkt der Tangentialpunkt ist.

3.45**geometrische Gesamtheit**

(en: geometric aggregate)

Sammlung von Geometrieobjekten ohne innere Struktur

Anmerkung 1 zum Begriff: Es können keine Annahmen über die räumlichen Zusammenhänge zwischen den Elementen getroffen werden.

3.46**geometrische Begrenzung**

(en: geometric boundary)

Begrenzung, die durch eine Menge von geometrischen Primitiven repräsentiert wird, die das Ausmaß eines Geometrieobjekts begrenzen

3.47**geometrischer Komplex**

(en: geometric complex)

Menge disjunkter geometrischer Primitive, bei denen die jeweilige Begrenzung durch eine Vereinigung von anderen geometrischen Primitiven kleinerer Dimension innerhalb derselben Menge dargestellt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die geometrischen Primitive in der Menge sind in dem Sinne disjunkt, dass kein Punkt im Inneren mehr als eines geometrischen Primitivs liegt. Die Menge ist unter Begrenzungsoperationen abgeschlossen, das heißt, es gibt für jedes Element im geometrischen Komplex eine Sammlung (also einen geometrischen Komplex) von geometrischen Primitiven, die die Begrenzung dieses Elements repräsentiert. Es wird daran erinnert, dass die Begrenzung eines Punkts (der einzigen nulldimensionalen Objektart in der Geometrie) leer ist. Wenn die höchste Dimension eines geometrischen Primitivs ein Körper (3D) ist, bricht daher der Begrenzungsoperator in dieser Definition nach höchstens drei Schritten ab. Das gilt auch, wenn die Begrenzung eines beliebigen Objekts ein Zyklus ist.

3.48

geometrische Dimension

(en: geometric dimension)

<Geometrie, Topologie> größte Zahl n , sodass jeder Punkt in einer Menge von Punkten mit einer Teilmenge assoziiert werden kann, die den Punkt in ihrem Inneren enthält und die topologisch isomorph zu $\mathbb{E}^n$, euklidischer n -Raum, ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Kurven besitzen die geometrische Dimension 1, weil sie stetige Abbildungen eines Abschnitts einer realen Linie sind. Flächen können nicht immer in ihrer Gänze als $\mathbb{R}^2$ abgebildet werden, aber um jede Punktposition kann eine kleine Umgebung gefunden werden, die (bei stetigen Funktionen) dem Inneren des Einheitskreises in $\mathbb{R}^2$ gleicht und sie sind daher zweidimensional. In diesem Dokument werden die meisten Flächen (Instanzen von Fläche) durch ihre definierenden Interpolationsmechanismen als Abschnitte von $\mathbb{R}^2$, abgebildet.

3.49

Geometrieobjekt

(en: geometric object)

<Geometrie> räumliches Objekt, das eine geometrische Menge repräsentiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Geometrieobjekt besteht aus einem geometrischen Primitiv, einer Sammlung geometrischer Primitive oder einem geometrischen Komplex, der als Einzelobjekt behandelt wird. Ein Geometrieobjekt kann die räumliche Repräsentation eines Feature-Objekts sein.

3.50

geometrisches Primitiv

(en: geometric primitive)

<Geometrie> Geometrieobjekt, das ein einzelnes, zusammenhängendes, homogenes (isotropes) Element des Raums darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Geometrische Primitive sind zusammenhängende Objekte, die Informationen zur geometrischen Konfiguration liefern. Sie umfassen Punkte, Kurven, Oberflächen und Körper. Viele Geometrieobjekte verhalten sich wie Primitive (dieselben Schnittmengen unterstützend, wie für geometrische Primitive definiert); sie setzen sich aber tatsächlich aus einer Anzahl anderer Primitive zusammen. Allgemeine Sammlungen können Gruppen sein und sie können sich möglicherweise nicht wie ein Primitiv verhalten (wie die Linien eines komplexen Netzes, das nicht zusammenhängend ist und sich daher nicht auf eine einzelne Linie zurückführen lässt). Nach dieser Definition ist ein geometrisches Primitiv topologisch offen, weil die Begrenzungspunkte nicht isotrop zu den innenliegenden Punkten sind. Es wird vorausgesetzt, dass die Geometrie abgeschlossen ist. Bei Punkten ist die Begrenzung leer.

3.51

geometrische Realisierung

(en: geometric realization)

<Geometrie, Topologie> geometrischer Komplex, bei dem die geometrischen Primitive zu den topologischen Primitiven eines topologischen Komplexes in eindeutiger Entsprechung stehen, sodass die Relationen der Begrenzung in beiden Komplexen übereinstimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: In einer derartigen Realisierung wird davon ausgegangen, dass die topologischen Primitive das Innere der entsprechenden geometrischen Primitive repräsentieren, obwohl die Primitive als solche abgeschlossen sind.

3.52

geometrische Bezugsfläche

(en: geometric reference surface)

<Geometrie> Fläche in einem euklidischen Raum, üblicherweise $\mathbb{E}^3$, die eine Näherung zu der Fläche der Erde darstellt, möglicherweise beschränkt auf einen kleinen Bereich, aber häufig den gesamten Globus umfasst

3.53**geometrische Menge**

(en: geometric set)

<Geometrie> Menge von Punkten

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Menge ist in den meisten Fällen unendlich, ausgenommen, wenn die Menge aus einer Liste von Punktorten besteht. Stetige Kurven, Flächen und Volumen sind unendliche Mengen von Punkten. Einige Systeme definieren „ausgeartete“ Kurven, die tatsächlich Punkte sind.

3.54**Skalarprodukt**

(en: inner product)

<Vektorgeometrie> bilineare, symmetrische Funktion von Vektorenpaaren $\langle \vec{v}_1, \vec{v}_2 \rangle \rightarrow \mathbb{R}$ zu einer realen Zahl, wie $\langle \vec{v}, \vec{v} \rangle = \|\vec{v}\|^2$ und $\langle \vec{v}_1, \vec{v}_2 \rangle = \|\vec{v}_1\| \|\vec{v}_2\| \cos(\theta)$, dabei ist „ θ “ der Winkel zwischen $\vec{v}_1$ und $\vec{v}_2$

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Differentialgeometrie werden Skalarprodukte auf die Differentiale angewendet, die die lokalen Tangentialräume bilden. In diesem Dokument werden es üblicherweise Vektoren sein, die tangential zu einer Datumsfläche sind, eingebettet in einem $\mathbb{E}^3$ euklidischen/kartesischen Raum.

3.55**isolierter Knoten**

(en: isolated node)

<Topologie> Knoten, der mit keiner Kante in Relation steht

Anmerkung 1 zum Begriff: Isolierte Knoten sind üblicherweise kein Gegenstand der meisten algebraischen oder kombinatorischen Topologien. In einem Netzwerk sind sie nicht von Interesse, da sie kein Bestandteil eines Weges sein können. Algebraische Topologie verwendet stets topologische Systeme, da die Begrenzung jedes Objekts der Dimension „ n “ immer eine Vereinigung einer Menge von Objekten der Dimension „ $n-1$ “ ist. Darum ist die Dimension der leeren Menge „ -1 “.

3.56**isomorph**

(en: isomorphic)

<Mathematik> Isomorphismus aufweisend

3.57**Isometrie**

(en: isometry)

<Mathematik> Abbildung zwischen metrischen Räumen, die die Metrik wahrt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die formale Definition lautet: $f: X \rightarrow Y \ni \forall x, y \in X. distance(x, y) = distance(f(x), f(y))$.

3.58**Isomorphismus**

(en: isomorphism)

<Mathematik> Beziehung zwischen zwei Bereichen (z.B. zwei Komplexen), sodass es eindeutige strukturtreue Funktionen von jedem Bereich zum anderen gibt und die Zusammensetzung der beiden Funktionen, in beliebiger Reihenfolge der Identitätsfunktion entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein geometrischer Komplex ist isomorph zu einem topologischen Komplex, wenn ihre Elemente in einer eindeutigen dimensions- und begrenzungsstreuenden Korrespondenz zu einander stehen.

$$[A, B \text{ isomorph}] \Leftrightarrow [\exists f: A \rightarrow B, g: B \rightarrow A \ni f \circ g = Id_A, g \circ f = Id_B] \quad (3)$$

3.59

Homomorphismus

(en: homomorphism)

<Mathematik> Beziehung zwischen zwei Bereichen, sodass es eine strukturtreue Funktion von einem Bereich zum anderen gibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Homomorphismus unterscheidet sich von einem Isomorphismus dadurch, dass keine inverse Funktion erforderlich ist. In einem Isomorphismus gibt es zwei Homomorphismen, die funktionale Inversen voneinander sind. Stetige Funktionen sind topologische Homomorphismen, weil sie „topologische Eigenschaften“ bewahren. Die Abbildung von topologischen Komplexen zu ihren geometrischen Realisierungen bewahrt das Konzept der Begrenzung und ist daher ein Homomorphismus.

3.60

Maximum

max

kleinste obere Schranke

lub

(en: maximum, least upper bound)

<Mathematik> kleinstes Element, das größer gleich allen Elementen einer Menge ist, die in einem geordneten Bereich enthalten ist ($\leq$)

Anmerkung 1 zum Begriff: $[\forall a \in A \Rightarrow \max(A) \geq a] \wedge [\forall b \ni [(b \ni [\forall a \in A \Rightarrow b \geq a] \Rightarrow [\max(A) \leq b]]]$

Jede Zahl ist eine obere Grenze von $\emptyset$ (leere Menge) als eine Menge von Zahlen, weil jede gegebene Zahl größer als jede Zahl in $\emptyset$ ist (eine zugelassene gegenstandslose, aber dennoch wahre Aussage, weil es keine Zahl in $\emptyset$ gibt). Das bedeutet, dass das max ($\emptyset$) kleiner sein muss, als jede Zahl; daher „ $-\infty$ “.

3.61

metrische Operation

Messung

(en: metric operation, measure)

Operationen im Zusammenhang mit Messungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen ist eine Metrik ein Maßstandard jeglicher Art. Das griechische Wort „metron“, mit dem Wortstamm „metr“, bedeutet „messen“. Das Wort „metrisch“ („in Bezug auf das Messen“) stammt aus dem lateinischen „metricus“ und dem griechischen „metrikós“. Siehe metrische Einheit (3.62).

3.62

metrische Einheit

(en: metric unit)

Maßeinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe metrische Operation (3.61).

3.63

Minimum

min

größte untere Schranke

glb

(en: minimum, greatest lower bound)

<Mathematik> größtes Element, das kleiner gleich allen Elementen einer Menge ist, die in einem geordneten Bereich enthalten ist ($\leq$)

Anmerkung 1 zum Begriff: $[\forall a \in A \Rightarrow \min(A) \leq a] \Rightarrow [\forall b \ni [(b \ni [\forall a \in A \Rightarrow b \leq a] \Rightarrow [\min(A) \geq b]]]$ Jede Zahl ist eine untere Schranke von $\emptyset$, betrachtet als eine Menge von Zahlen, weil jede gegebene Zahl geringer ist als jede Zahl in $\emptyset$ (eine zugelassene gegenstandslose, aber dennoch wahre Aussage, weil es keine Zahl in $\emptyset$ gibt). Das bedeutet, dass das min($\emptyset$) größer sein muss, als jede Zahl; daher „ $+\infty$ “.

3.64**monoton**

(en: monotonic)

<Mathematik> weder steigend noch fallend

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine steigende Folge nimmt nicht ab. Eine streng steigende Folge nimmt immer zu. Eine fallende Folge nimmt nicht zu. Eine streng fallende Folge nimmt immer ab.

$$\begin{aligned}
 [x(i) \text{ ist steigend}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) \leq x(j)] \\
 [x(i) \text{ ist streng steigend}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) < x(j)] \\
 [x(i) \text{ ist fallend}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) \geq x(j)] \\
 [x(i) \text{ ist streng fallend}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) > x(j)] \\
 [x(i) \text{ ist fallend}] \vee [x(i) \text{ ist steigend}] &\Leftrightarrow [x(i) \text{ ist monoton}]
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

3.65**n-Zelle**

(en: n-disc)

<Topologie, Geometrie> Geometrie, die isomorph ist zur Menge der Punkte X in $\mathbb{E}^n$, sodass $\|X\| \leq 1$; Menge aller Punkte in $\mathbb{E}^n$ kleiner gleich einer Einheit des Abstands vom Ursprung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die 0-Zelle ist ein Punkt. Die 1-Zelle ist eine Linie. Die 2-Zelle ist ein Kreis und sein Inneres. Die 3-Zelle ist eine Kugel und ihr Inneres.

3.66**n-Simplex**

(en: n-simplex)

<Geometrie, Topologie> konvexe Hülle von $n+1$ Punkten an allgemeiner Position in einem mindestens n -dimensionalen Raum oder eine topologisch isomorphe Abbildung einer derartigen Geometrie

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein n -Simplex ist n -dimensional und topologisch isomorph zu einer n -Zelle. Ein 0-Simplex ist ein Punkt. Ein 1-Simplex ist eine Kurve (üblicherweise eine Linie) mit zwei 0-Simplexen (Punkten) auf ihrer Begrenzung; ein 2-Simplex ist eine Dreiecksfläche mit drei 1-Simplexen auf seiner Begrenzung. Im Allgemeinen weist die Begrenzung eines n -Simplex n $(n-1)$ -Simplexe auf. Ein n -Simplex und eine n -Zelle sind topologisch isomorph. Die Begrenzung eines n -Simplex ist isomorph zu einer $(n-1)$ -Sphäre. In allen Fällen repräsentiert die vorangestellte Zahl die topologische Dimension des Objekts.

3.67**n-Sphäre**

(en: n-sphere)

<Geometrie, Topologie> Geometrie, die isomorph zur Menge der Punkte X in $\mathbb{E}^{n+1}$ ist, sodass $\|X\| = 1$ gilt; Menge aller Punkte in $\mathbb{E}^{n+1}$, in einer Einheit Abstand vom Ursprung

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine n -Sphäre ist isomorph zur Begrenzung einer $n+1$ -Zelle.

3.68**Umgebung**

(en: neighborhood)

<Topologie, metrische Räume> offene Menge von Punkten, die einen spezifischen Punkt in ihrem Inneren enthält

3.69

Knoten

(en: node)

<Topologie> nulldimensionales topologisches Primitiv

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Begrenzung eines Knotens ist die leere Menge.

3.70

Normalkrümmungsvektor

(en: normal curvature vector)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> Projektion des Krümmungsvektors der Kurve lotrecht zur Tangentialebene zu der Fläche an dem Punkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Normalkrümmungsvektor einer Kurve ist ausschließlich abhängig von der Kurve und der Fläche (die eine Nebenbedingung der Kurve ist). Der Normalkrümmungsvektor einer auf eine Fläche beschränkten Kurve ist parallel zum Normalenvektor der Fläche. Falls der Normalkrümmungsvektor überall gleich dem Krümmungsvektor der Kurve ist, dann ist die Kurve eine Geodäte.

3.71

Normalenvektor

(en: normal)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> lotrechter Vektor (orthogonal) zum Geometrieobjekt (Kurve oder Fläche) in dem Punkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Normalenvektor ist parallel zu dem „aufsteigenden“ Normal bei Flächen in $\mathbb{E}^3$, definiert in der Flächen-Schnittmenge nach 6.4.17.2.

3.72

normale Schnittkurve

(en: normal section curve)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> ebenes Kurvensegment, das das Normal in einem ihrer Endpunkte enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Die übliche Konstruktion beginnt, indem einer der Endpunkte, das Normal zur Fläche an diesem Endpunkt und die Position des anderen Endpunkts gewählt werden und eine Ebene in $\mathbb{E}^3$ erstellt wird, die dann vom Datum geschnitten wird. Diese Kurve ist eine Normalschnittkurve dieser beiden Punkte, die das Normal zur Fläche am ersten Punkt enthält. Auf der Kugel ist das die Geodäte und die beiden Normalschnittkurven sind gleich. Auf einem ellipsoiden Datum ist dasselbe für zwei Punkte auf dem Äquator oder für zwei Punkte auf derselben Meridianebene wahr, aber im Allgemeinen ist dies falsch. Der Grund dafür ist, dass in diesen Fällen die Ebene durch die beiden Punkte und den Mittelpunkt des Ellipsoids Symmetrieebenen für das Ellipsoid sind, die das Ellipsoid in symmetrische „spiegelbildliche“ Hälften teilen. Im Allgemeinen liegt die Geodäte zwischen den beiden Punkten zwischen den beiden Normalschnittkurven.

3.73

offene Menge

(en: open set)

<Metrik, Topologie, Geometrie> eine Metrik enthaltend oder topologisch offene Umgebung von jedem ihrer Punkte

Anmerkung 1 zum Begriff: In einem metrischen Raum ist eine Menge X offen, wenn jeder Punkt „ x “ in der Menge in einer kleinen Kugel enthalten ist, die eine Teilmenge ist von X :

$[X \text{ ist offen}] \Leftrightarrow [x \in X] \Rightarrow [\exists \varepsilon > 0 \ni \text{Abstand}(x, y) < \varepsilon] \Rightarrow [y \in X]$. Eine Topologie ist eine Menge aus Teilmengen eines Raums, die als offen angesehen werden.

3.74**Zerlegung der Eins**

(en: partition of unity)

<Mathematik> Menge von realwertigen Funktionen über den gesamten Bereich, deren arithmetische Summe bei jedem Bereichswert 1 beträgt

3.75**wegweise zusammenhängend**

(en: path connected)

Eigenschaft eines Geometrieobjekts, die besagt, dass beliebige zwei Punkte auf dem Objekt auf einer Kurve liegen können, die vollständig innerhalb des Objektes verläuft

Anmerkung 1 zum Begriff: Es gibt allgemeinere Geometrien, die zusammenhängend, aber nicht wegweise zusammenhängend sind, diese sind jedoch nicht als Sammlungen von „digitalen“ Geometrien, wie nach diesem Dokument festgelegt, darstellbar. Keines der Geometrieobjekte, die mit den Verfahren nach diesem Dokument auf einem standardmäßigen Digitalrechner konstruiert werden können, kann zusammenhängend, jedoch nicht wegweise zusammenhängend sein. Siehe die Anmerkungen zum Begriff „zusammenhängend“.

3.76**ebenes Kurvensegment****ebene Kurve**

(en: plane curve segment, plane curve)

<Geometrie> Kurve in $\mathbb{E}^3$, die in einer Ebene enthalten ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In einem zweidimensionalen Koordinatensystem wird die Prüfung der Gültigkeit einer ebenen Kurve im dreidimensionalen Raum der geometrische Bezugsfläche oder des Datums des Koordinatenreferenzsystems durchgeführt.

3.77**planarer topologischer Komplex**

(en: planar topological complex)

<Topologie> topologischer Komplex, der eine geometrische Realisierung aufweist, die in einem euklidischen 2-Raum ($\mathbb{E}^2$) eingebettet sein kann

3.78**pythagoräische Metrik**

(en: pythagorean metric)

<euklidische Geometrie> Abstandsmaß in einem $\mathbb{E}^n$ -Koordinatenraum, unter Verwendung eines quadratischen Mittelwerts (en: root-mean sum) der Differenzen zwischen den einzelnen Koordinatenversätzen

Anmerkung 1 zum Begriff: $P = (p_i), Q = (q_i), distance(P, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$. Die Nachweise der pythagoräischen Metriken sind sämtlich von der lokalen „Ebenheit“ des Raums abhängig. Kartesische Koordinatenräume, die pythagoräische Metriken aufweisen, werden euklidische Räume genannt ($\mathbb{E}^n$). Im Bereich der Koordinatenreferenzsysteme sind ausschließlich „ingenieurtechnische Koordinatensysteme“ euklidisch. Jedes CRS, das ein gekrümmtes Datum verwendet, ist nach Definition nichteuklidisch und kann nicht „wahrheitsgetreu“ pythagoräische Metriken verwenden, ausgenommen zu Zwecken der Näherung. Diese Näherungen gelten für topologische Aussagen, aber nicht für tatsächliche Messwerte ohne Anpassungen.

3.79**Loxodrome**

(en: rhumb line, loxodrome)

<Geometrie, Navigation> Kurve, die Meridiane der geographischen Länge bei einem konstanten Richtungswinkel schneidet

3.80**Wertebereich****Wertemenge**

(en: range, co-domain)

<Mathematik> akzeptable Zielwerte einer Funktion

3.81**zeilenweise Form**

(en: row-major form)

<Mathematik, Informatik> Speichermechanismus für mehrdimensionale Matrix-Gruppierungen in linearem Speicher, der diese so organisiert, dass jede Zeile an aufeinanderfolgenden Stellen gespeichert wird, sowie dass die vollständigen Zeilen hintereinander gespeichert werden und fortlaufend in ähnlicher Weise für jeden zusätzlichen Index

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Indizes (i, j) mit der Anzahl der Zeilen „r“ und der Spalten „c“ sind, dann wird die Abbildung von den mehrdimensionalen Orten zu den linearen Speicherorten angegeben durch:

$$\begin{aligned} [i, j \in \mathbb{Z} \ni 1 \leq i \leq r; 1 \leq j \leq c] &\Rightarrow [(i, j) \rightarrow (i - 1)c + j] \\ [i, j, k \in \mathbb{Z} \ni 1 \leq i \leq r; 1 \leq j \leq c; 1 \leq k \leq f] &\Rightarrow [(i, j, k) \rightarrow ((i - 1)c + j - 1)f + k] \end{aligned} \quad (5)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Matrix $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$ wird in zeilenweiser Form als [1 2 3 4 5 6 7 8 9] gespeichert.

Für höhere Dimensionen wird dasselbe Muster rekursiv angewendet.

3.82**zweites geodätisches Problem****inverses geodätisches Problem**

(en: second geodetic problem, inverse geodetic problem)

<Differentialgeometrie> Problem, bei dem zwei gegebene Punkte die Anfangsrichtung und Länge einer sie verbindenden Geodäte bestimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe erstes geodätisches Problem, das diese Operation umkehrt.

3.83**Abschnitt, Segment**

(en: segment)

<Topologie, Geometrie> kleinster Teil einer Geometrie, üblicherweise als Teil einer Komposition

3.84**einfach**

(en: simple)

<Topologie, Geometrie> homogen (alle Punkte haben isomorphe Umgebungen) und mit einer einfachen Begrenzung

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Innere ist überall lokal isomorph zu einer offenen Zelle in einem euklidischen Koordinatenraum mit der entsprechenden Dimension $D^n = \{P \mid \|P\| < 1.0\}$. Die Begrenzung ist um eine Dimension kleiner. Das meint im Wesentlichen, dass das Objekt sich selbst weder schneidet noch berührt. Wird im Allgemeinen für eine Kurve verwendet, die, mit der möglichen Ausnahme von Begrenzungspunkten, sich selbst weder schneidet noch berührt. Einfache abgeschlossene Kurven sind isomorph zu einem Kreis.

3.85**räumlich dimensioniert**, Adj.

(en: spatial dimension)

<Topologie, Geometrie> Anzahl der unabhängigen Entscheidungen in einem Koordinatensystem, die erforderlich ist, um eine Position zu verorten

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition ist logisch äquivalent zur topologischen Dimension der räumlichen Projektion des CRS. Sie beschreibt den Raum als ein Ziel der Geometrie. Grammatikalisch kann der Begriff ein Nomen sein, aber zur Beschreibung von Raum verwendet werden, wie: „die räumliche Dimension von CRS84 ist 2“.

3.86**räumliche Dimension**, Nomen

(en: spatial dimension)

<Topologie, Geometrie> jede in einem Koordinatensystem getroffene unabhängige Entscheidung, um eine Position zu verorten

Anmerkung 1 zum Begriff: „Ein euklidischer Raum mit einer räumlichen Dimension von 3, $\mathbb{E}^3$, verwendet üblicherweise mit „x“, „y“ und „z“ bezeichnete Achsen. Ihre erste räumliche Dimension ist „x“, die zweite ist „y“ und die dritte ist „z“.“ Im raumbezogenen Kontext beschreibt die adjektivische Verwendung den Raum, aber das Singular-Nomen kann eine Achse gesondert bezeichnen.

3.87**Objekt mit Raumbezug**

(en: spatial object)

<Topologie, Geometrie> Objekt zur Darstellung einer räumlichen Eigenschaft eines Features

3.88**Operator mit Raumbezug**

(en: spatial operator)

<Topologie, Geometrie> Funktion oder Verfahren, die/das mindestens einen Parameter mit Raumbezug in ihrem/seinem Bereich oder Wertebereich aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Jede UML-Operation an einem Objekt mit Raumbezug würde als ein Operator mit Raumbezug eingestuft werden, wie die Abfrageoperatoren nach diesem Dokument, Abschnitt 8.

3.89**Startknoten**

(en: start node)

<Topologie, Graphentheorie> Knoten in der Begrenzung einer Kante, die dem Anfangspunkt dieser Kante als Kurve entspricht

3.90**Anfangspunkt**

(en: start point)

<Geometrie> erster Punkt einer Kurve

3.91**Teilkomplex**

(en: subcomplex)

<Topologie, Geometrie> Komplex, dessen sämtliche Elemente auch in einem größeren Komplex enthalten sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Da die Definitionen von geometrischem Komplex und topologischem Komplex ausschließlich erfordern, dass diese unter Begrenzungsoperationen abgeschlossen sind, ist die Menge aller Primitive einer bestimmten Dimension und darunter immer ein Teilkomplex des ursprünglichen, größeren Komplexes. Folglich enthält jeder vollständig planare topologische Komplex einen Kante-Knoten-Graph als einen Teilkomplex.

3.92

Tangente

(en: tangent)

<Differentialgeometrie, Infinitesimalrechnung> Richtung, die die instantane Richtung einer Kurve in einem Punkt angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Tangente wird üblicherweise durch Ableitung einer funktionalen Darstellung einer Kurve berechnet, aber sie kann mit einer Sekante (zwei Schnittpunkte), die von dem Punkt einen anderen nahegelegenen Punkt auf der Kurve durchläuft, genähert werden. Je näher der zweite Punkt dem ersten liegt, desto besser ist die Annäherung an die Richtung der Tangente.

3.93

tangentialer Krümmungsvektor

geodätischer Krümmungsvektor

(en: tangential curvature vector, geodesic curvature vector)

<Differentialgeometrie, Geodäsie> Projektion des Krümmungsvektors einer Kurve auf der Tangentialebene zur Fläche in dem Punkt

3.94

Tangentialraum

Tangentialebene

(en: tangent space, tangent plane)

Sammlung von Tangentialvektoren bei Kurven, die durch den Punkt verlaufen

3.95

Tangentialvektor

(en: tangent vector)

erste Ableitung einer durch die Bogenlänge parametrisierten Kurve

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn $c(s) = (x(s), y(s), z(s))$ eine Kurve in einem dreidimensionalen kartesischen Raum ($\mathbb{E}^3$) ist und s die Bogenlänge entlang c ist, dann ist die Tangente $\vec{t}(s) = \dot{c}(s) = (\dot{x}(s), \dot{y}(s), \dot{z}(s))$, d. h. die Ableitung der Koordinatenwerte von c in Bezug auf c . Der Krümmungsvektor beträgt $\kappa(s) = \ddot{c}(s) = (\ddot{x}(s), \ddot{y}(s), \ddot{z}(s))$.

3.96

topologische Begrenzung

(en: topological boundary)

<Geometrie, Topologie> Begrenzung, repräsentiert durch eine Menge von orientierten topologischen Primitiven von kleinerer topologischer Dimension, die die Ausdehnung eines Topologieobjekts begrenzt, oder durch geometrische Realisierung einer solchen Menge

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Begrenzung eines topologischen Komplexes ist die Begrenzung der geometrischen Realisierung des topologischen Komplexes.

3.97

topologischer Komplex

(en: topological complex)

<Geometrie, Topologie> Sammlung topologischer Primitive, die unter den Begrenzungsoperationen abgeschlossen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: „unter Begrenzungsoperationen abgeschlossen“ bedeutet, dass die Begrenzungsobjekte eines topologischen Primitivs ebenfalls im topologischen Komplex liegen, wenn ein solches Primitiv im topologischen Komplex liegt.

3.98**topologischer Ausdruck**

(en: topological expression)

<Geometrie, Topologie> Sammlung orientierter topologischer Primitive, die wie ein multivariates Polynom behandelt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Topologische Ausdrücke werden für viele Berechnungen in der rechentechnischen Topologie angewendet.

3.99**Topologieobjekt**

(en: topological object)

<Geometrie, Topologie> räumliches Objekt, das räumliche Eigenschaften darstellt, die unter stetiger Transformation invariant sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Topologieobjekt ist ein topologisches Primitiv oder ein topologischer Komplex.

3.100**topologisches Primitiv**

(en: topological primitive)

<Geometrie, Topologie> Topologieobjekt, das ein einzelnes, homogenes, unzerlegbares Element darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein topologisches Primitiv entspricht dem Inneren eines geometrischen Primitivs derselben Dimension in einer geometrischen Realisierung.

3.101**topologischer Körper**

(en: topological solid)

<Geometrie, Topologie> dreidimensionales topologisches Primitiv

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Begrenzung eines topologischen Körpers besteht aus einer Menge von gerichteten Maschen.

3.102**erzwungene Typumwandlung**

(en: type coercion)

<Programmierung> Umwandlung einer Art von Wert in einen andersartigen Wert mit ähnlichem Inhalt

Anmerkung 1 zum Begriff: Punkt und direkte Position sind in diesem Kontext informationstechnisch identisch (in eindeutiger Relation zueinander). Bei einer gegebenen direkten Position kann ein Punkt konstruiert werden. Bei einem gegebenen Punkt kann aus seinen Koordinaten eine direkte Position abgeleitet werden. Wird die erzwungene Typumwandlung unterstützt, kann ein Punkt dort verwendet werden, wo eine direkte Position abgefragt wurde und umgekehrt. Die meisten Programmiersprachen verwenden eine erzwungene Typumwandlung, andere verwenden jedoch „Cast“-Operatoren (eine Art von Konstruktor), die erfordern, dass der Programmierer die erzwungene Typumwandlung startet. „Stark substanziell“ bezieht sich darauf, dass eine Subtyp-Instanz immer in einen ihrer Supertypen umgewandelt werden kann.

— Leerseite —

English Version

Geographic information - Spatial schema (ISO 19107:2019)

Information géographique - Schéma spatial (ISO 19107:2019)

Geoinformation - Raumbezugsschema (ISO 19107:2019)

This European Standard was approved by CEN on 11 May 2019.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

European foreword

This document (EN ISO 19107:2019) has been prepared by Technical Committee ISO/TC 211 "Geographic information/Geomatics" in collaboration with Technical Committee CEN/TC 287 "Geographic Information" the secretariat of which is held by BSI.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by June 2020, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by June 2020.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CEN shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This document supersedes EN ISO 19107:2005.

According to the CEN-CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and the United Kingdom.

Endorsement notice

The text of ISO 19107:2019 has been approved by CEN as EN ISO 19107:2019 without any modification.

Contents

Page

Foreword	viii
Introduction	ix
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	1
4 Symbols, notation and abbreviated terms	17
4.1 Presentation and notation	17
4.1.1 Unified Modeling Language (UML)	17
4.1.2 Naming conventions	17
4.2 Organization	18
4.3 Abbreviated terms and symbols	18
5 Conformance	19
5.1 Requirements class conformance targets	19
5.1.1 Conformance targets	19
5.1.2 Geometry metrics (geodesy)	22
5.1.3 Topological dimensionality	22
5.1.4 Interpolation schemes	22
5.1.5 Structural complexity	23
5.1.6 Functional complexity	24
5.2 Conformance classes	24
5.3 Requirements classes	25
6 Coordinates and core geometry	26
6.1 Semantics	26
6.2 Requirements Class Coordinate	27
6.2.1 Codelists to specify capabilities	27
6.2.2 Coordinate systems for Geometry — Semantics	27
6.2.3 GeometricReferenceSurface	31
6.2.4 Interface ReferenceSystem	35
6.2.5 Codelist ReferenceSystemTypes	36
6.2.6 Interface CompoundReferenceSystem	36
6.2.7 Interface HomogeneousCoordinateSystem	37
6.2.8 Interface GeometricCoordinateSystem	37
6.2.9 Datatype DirectPosition	42
6.2.10 Union Datatype RSID	44
6.2.11 Codelist Axis	45
6.2.12 Role metadata: AxisDescription	45
6.2.13 Datatype Axis Description	45
6.2.14 Codelist SpatialAxis	45
6.2.15 Codelist SphericalAxis	45
6.2.16 Codelist TemporalAxis	45
6.2.17 Codelist ParametricAxis	46
6.2.18 Codelist Datum	46
6.2.19 Datatype Parameter	47
6.2.20 Datatype Permutation, Projection	47
6.2.21 Interface ReferenceDirection	48
6.2.22 Datatype Bearing	48
6.2.23 Codelist Rotation	50
6.2.24 Codelist RelativeDirection	50
6.2.25 Codelist FixedDirection	50
6.2.26 Codelist CurveRelativeDirection	50
6.2.27 Datatype Vector	51
6.2.28 Interface Envelope	52

6.2.29	Engineering coordinate systems, Tangent spaces and local interpolations	53
6.3	Requirements Class Coordinate Data	53
6.4	Requirements Class Geometry	54
6.4.1	Semantics	54
6.4.2	Interface TransfiniteSetOfDirectPositions	55
6.4.3	CodeList: BoundaryType	55
6.4.4	Interface Geometry	56
6.4.5	Datatype GeometryData	70
6.4.6	CodeList: GeometryType	70
6.4.7	Interface Encoding	70
6.4.8	Interface Query2D	71
6.4.9	Interface Query3D	74
6.4.10	Interface Empty	75
6.4.11	Interface Primitive	76
6.4.12	Datatype PrimitiveData	77
6.4.13	Interface Point	78
6.4.14	Datatype PointData	80
6.4.15	Interface Orientable	80
6.4.16	Datatype OrientableData	81
6.4.17	Datatype Knot	82
6.4.18	Interface Curve	83
6.4.19	Datatype CurveData	93
6.4.20	Interface OffsetCurve	93
6.4.21	Datatype OffsetCurveData	94
6.4.22	Interface ProductCurve	94
6.4.23	ProductCurveData	96
6.4.24	CodeList: CurveInterpolation	96
6.4.25	Interface Surface	97
6.4.26	Datatype SurfaceData	101
6.4.27	CodeList: SurfaceInterpolation	101
6.4.28	Interface Solid	101
6.4.29	Datatype SolidData	104
6.4.30	CodeList: SolidInterpolation	104
6.4.31	Interface Collection	105
6.4.32	Role element: Geometry	106
6.4.33	Datatype CollectionData	107
6.4.34	Interface Complex	107
6.4.35	Role Complex: generator: Primitive	110
6.4.36	Role Complex: superComplex and subComplex	110
6.5	Requirements Class Geometry Data	111
7	Interpolations for Curves	111
7.1	Requirements Class Line Curve	111
7.1.1	Semantics	111
7.1.2	Interface Line	111
7.1.3	Datatype LineData	113
7.2	Requirements Class Line Data	114
7.3	Requirements Class Geodesic Curve	114
7.3.1	Semantics	114
7.3.2	Interface Geodesic	115
7.3.3	Datatype GeodesicData	115
7.4	Requirements Class Geodesic Curve Data	115
7.5	Requirements Class Rhumb	116
7.5.1	Interface Rhumb	116
7.5.2	Datatype RhumbData	116
7.6	Requirements Class Rhumb Curve Data	117
7.7	Requirements Class Polynomial Curves	117
7.7.1	Semantics	117
7.7.2	Interface RealFunction	117

7.7.3	Interface FunctionArc.....	118
7.7.4	Association Role function.....	118
7.7.5	Interface FunctionCurve.....	119
7.7.6	Interface RealPolynomial.....	119
7.7.7	Interface PolynomialArc.....	120
7.7.8	Datatype PolynomialArcData.....	121
7.7.9	Interface PolynomialCurve.....	121
7.7.10	Datatype PolynomialCurveData.....	121
7.8	Requirements Class Polynomial Curve Data.....	121
7.9	Requirements Class Conic Curves.....	122
7.9.1	Semantics.....	122
7.9.2	Interface Arc.....	123
7.9.3	Datatype ArcData.....	124
7.9.4	Interface Circle.....	125
7.9.5	Interface Conic.....	125
7.9.6	Interface EllipticArc, Datatype EllipticArcData.....	128
7.10	Requirements Class Conic Curve Data.....	128
7.11	Requirements Class Spiral Curve.....	128
7.11.1	Semantics, Mathematical background: curves and curvature.....	128
7.11.2	Interface Spiral Curves.....	134
7.11.3	Interface Clothoid Curve.....	136
7.11.4	Datatype SpiralData.....	136
7.12	Requirements Class Spiral Curve Data.....	136
7.13	Requirements Class Spline Curve.....	136
7.13.1	Semantics.....	136
7.13.2	CodeList: KnotType.....	137
7.13.3	CodeList: SplineCurveForm.....	138
7.13.4	Interface SplineCurve.....	138
7.13.5	Interface PolynomialSpline.....	141
7.13.6	Interface CubicSpline.....	142
7.13.7	Interface Bezier.....	143
7.13.8	Interface BSplineCurve (and NURBS).....	144
7.13.9	Datatype BsplineData.....	145
7.14	Requirements Class Spline Curve Data.....	145
8	Interpolations for Surfaces.....	145
8.1	Requirements Class Polygon Surface.....	145
8.1.1	Semantics.....	145
8.1.2	Interface Polygon.....	145
8.1.3	Datatype PolygonData.....	147
8.1.4	Interface PolyhedralSurface.....	147
8.1.5	Datatype PolyhedralSurfaceData.....	147
8.1.6	Interface Triangle.....	147
8.1.7	Datatype TriangleData.....	148
8.1.8	Interface TriangulatedSurface.....	148
8.1.9	Datatype TriangulatedSurfaceData.....	148
8.2	Requirements Class Polygon Surface Data.....	148
8.3	Requirements Class Parametric Curve Surface.....	148
8.3.1	Semantics.....	148
8.3.2	Interface ParametricCurveSurface.....	149
8.3.3	Datatype ParametricCurveSurfaceData.....	152
8.3.4	Interface BilinearGrid.....	152
8.3.5	Extensions of ParametricCurveSurface.....	153
8.4	Requirements Class Parametric Curve Surface Data.....	153
8.5	Requirements Class Conic Surface.....	154
8.5.1	Semantics.....	154
8.5.2	Interface Sphere.....	154
8.5.3	Interface Cone.....	155
8.5.4	Interface Cylinder.....	155

8.6	Requirements Class Conic Surface Data.....	155
8.7	Requirements Class Spline Surface.....	156
8.7.1	Semantics.....	156
8.7.2	Interface BSplineSurface (and NURBS).....	156
8.7.3	Codelist BSplineSurfaceForm.....	158
8.8	Requirements Class Spline Surface Data.....	158
9	Interpolations for Solids.....	158
9.1	Requirements Class Boundary Representation Solid.....	158
9.2	Requirements Class Boundary Representation Solid Data.....	159
9.3	Requirements Class Parametric Curve Solid.....	159
9.3.1	Interface ParametricCurveSolid.....	159
9.3.2	Interface BSolidSpline.....	160
9.3.3	Other interpolations.....	161
9.4	Requirements Class Parametric Curve Solid Data.....	161
10	Topology.....	161
10.1	Requirements Class Topology root.....	161
10.1.1	Semantics.....	161
10.1.2	Interface Topology.....	162
10.1.3	Interface Primitive.....	166
10.1.4	Interface DirectedTopo.....	168
10.1.5	Datatype TopologyData.....	170
10.1.6	Datatype PrimitiveData.....	171
10.1.7	Datatype ComplexData.....	171
10.1.8	Datatype Expression.....	171
10.1.9	Datatype ExpressionTerm.....	174
10.2	Requirements Class Topology Root Data.....	174
10.3	Requirements Class Node.....	174
10.3.1	Semantics.....	174
10.3.2	Interface Node.....	174
10.3.3	Interface DirectedNode.....	175
10.4	Requirements Class Edge.....	175
10.4.1	Interface Edge.....	175
10.4.2	Interface DirectedEdge.....	176
10.5	Requirements Class Face.....	177
10.5.1	Semantics.....	177
10.5.2	Interface Face.....	177
10.5.3	Interface DirectedFace.....	178
10.6	Requirements Class Topology Solid.....	178
10.6.1	Interface Solid.....	178
10.6.2	Interface DirectedSolid.....	179
10.7	Requirements Class Topological Complex.....	179
10.7.1	Semantics.....	179
10.7.2	Interface Complex.....	179
10.8	Requirements Class Derived Topological Relations.....	182
10.8.1	Introduction.....	182
10.8.2	Canonical form for Geometry.....	183
10.8.3	Boundary operators for aggregate objects.....	183
10.8.4	Boolean or set operators.....	185
10.8.5	Egenhofer operators.....	186
10.8.6	Full topological operators.....	187
10.8.7	Combinations.....	190
11	Special Requirements Classes.....	190
11.1	Requirements Class Simplicial geometry.....	190
11.1.1	Semantics.....	190
11.1.2	Datatype Simplex.....	191
11.1.3	Datatype SimplicialTerm.....	193
11.1.4	Datatype::SimplicialPolynomial.....	193

11.1.5	DataType::SimplicialComplex.....	193
11.2	Requirements Class Point Clouds	193
11.2.1	Semantics	193
11.2.2	Interface PointCloud.....	194
Annex A	(normative) Abstract test suite	196
Annex B	(informative) Examples for application schemas.....	211
Annex C	(informative) MiniTopo	215
Annex D	(informative) Crosswalk 19107:2003 to current version.....	220
Bibliography		223

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing documents is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular, the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation of the voluntary nature of standards, the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see www.iso.org/iso/foreword.html.

This document was prepared by Technical Committee ISO/TC 211, *Geographic information/Geomatics*.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 19107:2003), which has been technically revised. The main changes compared to the previous edition are as follows:

- It now forms a logical subset of this second edition. In other words, this document is 100 % backwardly compatible with its previous version, ISO 19107:2003, except in a few areas (in NURBS) where the previous version contained technical errors that are corrected in this revision.

Any feedback or questions on this document should be directed to the user's national standards body. A complete listing of these bodies can be found at www.iso.org/members.html.

Introduction

This document provides conceptual schemas for describing, representing and manipulating the spatial characteristics of geographic entities. Standardization in this area is the cornerstone for other geographic information design, specification and standardization.

"Vector" data consists of geometric primitives used to construct expressions of the spatial characteristics of geographic features. "Raster" data is based on the division of the extent covered into small units according to a tessellation of the space. This document deals only with vector data.

There is a hierarchy of complexity in the "geometry" of the underlying object used in various coordinate systems. These may use reference planes (map geometry – Euclidean), reference spheres (spherical geometry — using spherical trigonometry), reference ellipsoids (ellipsoidal geometry using Gaussian or Riemannian metrics) or more complex surfaces (usually using numeric approximations for calculation). The coordinates of a point locate it on, or in relation to, the reference geometry. With the exception of "map geometry," the usual Euclidean formulae for distance and area do not apply directly in the coordinate system.

Topology expressions provide qualitative descriptions of the spatial relations between geometry objects. Topology deals with the characteristics of geometric figures that remain invariant if the space is deformed elastically. Topological properties do not change when information is transformed from one coordinate system to another, usually including the coordinate function that map from R^2 or R^3 to the reference geometry. Topological properties in the domain of the coordinate system will be identical to those on the geographic surface; but the metric properties may change significantly (e.g. distance, area, direction).

Spatial operators are functions and procedures that use, query, create, modify or delete spatial objects. This document defines the taxonomy of some of the more important operators, their definitions and implementations. The goals are to:

- Define spatial operators unambiguously, so that different implementations will yield comparable results within the limitations of accuracy and resolution.
- Use these definitions to define a set of standard operations that will form the basis of compliant systems and thus act as a test-bed for implementers and a benchmark set for validation of compliance.
- Define an operator algebra that will allow combinations of the base operators to be used predictably in the query and manipulation of geographic feature data.

Standardized conceptual schemas for spatial characteristics will increase the ability to share geographic information between applications. These schemas will be used by geographic information system and software developers and users of geographic information to provide consistently understandable spatial data structures and functions.

This document is technical because geometry is a technical topic. Euclid was speaking of a simpler form of geometry to the most powerful man in his world when he said:

There is no royal road to geometry (μή εἶναι βασιλικήν ἀτραπόν ἐπί γεωμετρίας).

Euclid to Ptolemy I Soter (General with Alexander the Great, Pharaoh of Egypt) —

Attributed by Proclus (412–485 AD) in Commentary on the First Book of Euclid's Elements

Geographic information — Spatial schema

1 Scope

This document specifies conceptual schemas for describing the spatial characteristics of geographic entities, and a set of spatial operations consistent with these schemas. It treats "vector" geometry and topology. It defines standard spatial operations for use in access, query, management, processing and data exchange of geographic information for spatial (geometric and topological) objects. Because of the nature of geographic information, these geometric coordinate spaces will normally have up to three spatial dimensions, one temporal dimension and any number of other spatially dependent parameters as needed by the applications. In general, the topological dimension of the spatial projections of the geometric objects will be at most three.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 19103, *Geographic information — Conceptual schema language*

ISO 19108, *Geographic information — Temporal schema*

ISO 19109, *Geographic information — Rules for application schema*

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

ISO/IEC 11404:2007, *Information technology — General-Purpose Datatypes (GPD)*

ISO/IEC 19505-2:2012, *Information technology — Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) — Part 2: Superstructure*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO/IEC 11404, ISO 19103, ISO/IEC 19505-2 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

NOTE Common words from geometry, such as point, curve, line, surface solid, etc., take the common meanings unless they are used as classifier names (usually interfaces), in which case they are a digital representation of the geometric concept. Common mathematical terms that are not defined here take on their common meanings in mathematics (see [15], [10], ISO/IEC 11404 or a standard text on the topic, such as the "N. Bourbaki"¹⁾ series currently published by Springer Verlag, in French, English and German). Care should be taken since mathematical terms can be context sensitive, and can easily be confused with common words. For example, "open" set, "closed" curve, "closed" set, "rational" function, "boundary," "interior," "closure," "exterior," "function" and others from common language but have very specific meanings in mathematics and in this document. Where necessary to prevent confusion, existing definitions have been elaborated to make their intent in this document explicit. Mathematical terms include common vocabulary from geometry, topology, calculus, geodesy and differential geometry. Many of these terms can be sufficiently common that inclusion is not necessary. They are included here to prevent confusion especially for terms like the ones listed above that have another meaning in another context.

3.1 abstract root

<programming> common root classifier of a category which is a superclass of any other classifier in the category

Note 1 to entry: The class Any in some programming languages is the abstract root of all classes. Thus, it is the *de facto* union of all classes. In this document, Geometry is the (named and explicit) abstract root for all geometry objects. In the package Geometry and any of its subpackages (including those in its Requirements Classes), any interface will be a subtype of Geometry either directly or transitively.

3.2 arc

<geometry> *segment* (3.83) of a curve

3.3 barycentric coordinates

<coordinate geometry> point in a **n-dimension** coordinate system using $n+1$ numbers, $[u_0, u_1, u_2, u_3, \dots, u_n] \ni [0 \leq u_i \leq 1] \wedge \sum u_i = 1, 0$, in which the location of a point of an **n-simplex** (of any dimension) is specified by a weighted centre of mass of equal masses placed at its vertices using vector algebra of the $\mathbb{R}^n$ used in the **coordinate reference system**

Note 1 to entry: Even though there are $n+1$ coordinates in a barycentric coordinate system, the topological dimension is n , since the restriction (sums to 1,0) loses 1 degree of freedom (once you have n ordinates, the

remaining one is determined such as $u_n = 1, 0 - \sum_{i=0}^{n-1} u_i$. The coordinates for the simplex are all non-negative, but

the system can be extended outside of the simplices by using negative numbers. If the ordinates are all positive, then the point is inside (interior to) the **n-simplex**. If one of them is 1,0 and the other 0, this is a corner of the simplex. If one of them is zero and the others still each greater than or equal to zero, the point is on the $n-1$ -simplex opposite the vertex zeroed out. If any are negative, the point is outside of the simplex. The coordinates are dependent on the underlying coordinate reference system of the source data.

1) N. Bourbaki is the pen-name for the "Association des collaborateurs de Nicolas Bourbaki" (Association of Collaborators of Nicolas Bourbaki) of mathematicians first published in 1935 and dedicated to "formalizing" mathematics. The group has an office at the "École Normale Supérieure" in Paris. See https://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas_Bourbaki. Their books are held in high regard by the mathematical community.

3.4

bearing

horizontal angle, tangent or direction at a point

Note 1 to entry: This definition (as opposed to the one in ISO 19162:2015) is required for this document because the concept is used in other definitions, such as first geodetic problem and second geodetic problem. The two definitions are nearly equivalent because the tangent of a curve on a surface is a tangent to the surface and does specify a direction. Usual 2D measure of bearing can be an angle equivalently measured from North clockwise, or a unit tangent vector. If the coordinate system is spatially 3D, the horizontal bearing angle may also need to a vertical altitude angle to be complete. If a reference curve (as used in ISO 19162) is parameterized by arc length, then the "derivative" is a unit vector. If another parameterization " t " is used, then the derivative should be normalized ($\vec{\tau} / \|\vec{\tau}\|; \dot{c}(t) = \vec{\tau}$). This is useful, since parameterization by arc length can be computationally difficult. The numeric representation of a vector depends on the coordinate system. The bearing is not dependent on a coordinate system, but it can be represented in any reasonable system. The bearing is not dependent on its various representations.

3.5

bicontinuous

<mathematics> invertible, continuous and with a continuous inverse

3.6

boundary

set that represents the limit of an entity

Note 1 to entry: Boundary is most commonly used in the context of geometry, where the set is a collection of points or a collection of objects that represent those points. In other arenas, the term is used metaphorically to describe the transition between an entity and the rest of its domain of discourse.

3.7

buffer

geometric object containing all points and only those points whose distance from a specified geometric object is less than or equal to a given distance use in its construction

3.8

closure

union of the interior and boundary of a topological object or geometric object

3.9

coboundary

set of topological primitives of higher topological dimension associated with a particular topological object, such that this topological object is in each of their boundaries

Note 1 to entry: If a node is on the boundary of an edge, that edge is on the coboundary of that node. Any orientation parameter associated with one of these relations would also be associated with the other. The coboundary of a node can be called a "node star".

3.10

conformal, adj.

angle-preserving

Note 1 to entry: Some projections are conformal. For example, a Mercator preserves the angle between curves, so that if two curves in a Mercator projected plane cross at a 90°, then the preimage curves on the ellipsoid also cross at 90°, such as lines of constant latitude and lines of constant longitude.

3.11

connected

property of a topological space implying that only the entire space or the empty set are the only subsets which are both open and closed

Note 1 to entry: The formal definition of connected is that any pair of locally open sets whose union is the entire space must have a non-empty intersection.

a topological space T is connected if and only if

$$[\forall X, Y \subset T \ni X \cup Y = T] \Rightarrow [X \cap Y \neq \emptyset] \quad (1)$$

This formal definition is difficult to use. The term *path connected* (3.75), defined below is equivalent for the purposed of this document. The use of "finite precision" coordinates makes sets which are connected but not path connected impossible to represent. In all cases "connected" is used, but "path connected" is easier to test and to visualize.

3.12

connected node

<topology> node that starts or ends one or more edges

3.13

control point

<coordinate geometry> point used in the construction of a geometry that partially controls its shape but does not necessarily lie on the geometry

Note 1 to entry: A centre of an arc is a control point; poles in b-spline curves are control points.

3.14

convex

<geometry> containing all points on a "line" joining two interior points

Note 1 to entry: The definition of convex requires a definition of line. For coordinate systems, this is the usual linear interpolated arc, but in context, the "line" on a geometric reference surface will be a "geodesic arc". The default in this document is the linear interpolate.

3.15

convex hull

<geometry> smallest convex set containing a given geometric object

Note 1 to entry: "Smallest" is the set theoretic smallest, not an indication of a measurement. The definition can be rewritten as "the intersection of all convex sets that contain the geometric object". Another definition in a Euclidean space $\mathbb{E}^n$ is the union of all lines with both end points in the given geometric object.

$$C = A.\text{convexHull} \Leftrightarrow$$

$$[C.\text{convex} = \text{TRUE}] \wedge [A \subset C] \wedge [[B.\text{convex} = \text{true}, A \subset B] \Rightarrow [A \subseteq C \subseteq B]] \quad (2)$$

3.16

coordinate

one of a sequence of numbers designating the position of a point

Note 1 to entry: In a coordinate reference system, the numbers are qualified by units. The number of offsets (generally called "ordinates") in a coordinate is not the dimension. If there is a constraint, the dimension can be smaller. See *coordinate dimension* (3.17).

3.17

coordinate dimension

<coordinate geometry> number of separate decisions needed to describe a position in a coordinate system

Note 1 to entry: The coordinate dimension represents the number of choices made, and constraints can restrict choices. A barycentric coordinate which has (n+1)-offsets, but the underlying space is dimension n. Homogeneous coordinates (wx, wy, wz, w) are actually 3 dimensional because the choice of "w" does not affect the position, i.e. (wx, wy, wz, w) = (x y, z, 1) → (x, y, z) which is not affected by w. The dimension will be at most the count of the numbers in the coordinate, but it can be less if the coordinates are constrained in some manner.

3.18

coordinate reference system

<differential geometry, geodesy> coordinate system that is related to an object by a datum

[SOURCE: ISO 19111:2007, 4.8, modified — Notes 1 and 2 to entry have been added]

Note 1 to entry: The original definition of coordinate reference system (CRS) uses a geometric object (a geodetic datum) which is referenced to the real world by a Datum. ISO 19111 can extend this to any "parameter" which essentially can be represented as the graph of the parameter relation. This graph is in the cross product of the Datum, the domain space of the parameter function, and the parameter space (which in turn may be multi dimensional). Thus, every coordinate system used in this document is logically a CRS. Since this was not the original intent of ISO 19111, this document will use CRS for coordinate systems associated to a geodetic datum, and use the more general term "coordinate system" for anything else that is either more or less. Here, CRS means spatial coordinates. In every case where the underlying datum (surface) is not flat, the coordinate system is not Euclidean, and the metric is not Pythagorean.

Note 2 to entry: In the event that later versions of ISO 19111 change the definition as copied above, this document should not be affected. In the case that dynamic datums are used, the measurements made by the geometry operations of the objects in this document would only be valid at the time used for the datum and the associated coordinates. If the datum varies, the measure may also vary, but the definitions of the measures remains the same, but the actual values may be a function of time.

3.19

curvature vector

<differential geometry> second derivative of a curve parameterized by arc length, at a point

Note 1 to entry: If $c(s) = (x(s), y(s), z(s))$ is a curve in 3D Cartesian space ($\mathbb{E}^3$), and s is the arc length along $c(s)$, then the unit tangent vector is $\dot{c}(s) = (\dot{x}(s), \dot{y}(s), \dot{z}(s))$, i.e. the derivative of the coordinate values of "c" with respect to "s". The curvature vector is $\ddot{c}(s) = (\ddot{x}(s), \ddot{y}(s), \ddot{z}(s))$. The curvature vector can be approximated by the inverse of the radius of a circle through any 3 nearby points on the curve (pointed from the curve to towards the centre of the circle)

3.20

cycle

<geometry, topology> bounded spatial object with an empty boundary

Note 1 to entry: Cycles are used to describe boundary components. A cycle usually has no boundary because it closes on itself, but it is bounded (i.e., it does not have infinite extent). A circle or a sphere, for example, has no boundary (i.e., its boundary is empty), but is bounded.

3.21

data point

<coordinate geometry> point that lies on the geometry

Note 1 to entry: The vertices in a line string are data points, the points used to construct a polynomial spline are data points. Data points can be used as control points, but are often derived after the geometry is constructed.

3.22

diameter

<metric> maximum distance between two points in the set of points

3.23

directed edge

<topology> directed topological object that represents an association between an edge and one of its orientations

Note 1 to entry: A directed edge that is in agreement with the orientation of the edge has a + orientation, otherwise, it has the opposite (−) orientation. Directed edge is used in topology to distinguish the right side (−) from the left side (+) of the same edge and the start node (−) and end node (+) of the same edge and in computational topology to represent these concepts.

3.24

directed face

<topology> directed topological object that represents an association between a face and one of its orientations

Note 1 to entry: The orientation of the directed edges that compose the exterior boundary of a directed face will appear positive from the direction of this vector; the orientation of a directed face that bounds a topological solid will point away from the topological solid. Adjacent solids would use different orientations for their shared boundary, consistent with the same sort of association between adjacent faces and their shared edges. directed faces are used in the coboundary relation to maintain the spatial association between face and edge.

3.25

directed node

<topology> directed topological object that represents an association between a node and one of its orientations

Note 1 to entry: Directed nodes are used in the coboundary relation to maintain the spatial association between edge and node. The orientation of a node is with respect to an edge, "+" for end node, "-" for start node. This is consistent with the vector notion of "result = end – start".

3.26

directed solid

<topology> directed topological object that represents an association between a topological solid and one of its orientations

Note 1 to entry: Directed solids are used in the coboundary relation to maintain the spatial association between face and topological solid. The orientation of a solid is with respect to a face, "+" if the upNormal is outward, "-" if inward. This is consistent with the concept of "up = outward" for a surface bounding a solid.

3.27

distance

<geometry, metric spaces> minimal length of a curve that joins the two points or geometries

Note 1 to entry: The usual distance function for two points in a coordinate space assumes an underlying plane and is a Euclidean distance. If the underlying Reference Surface is not a plane, then distance is defined by this minimum length of all curves between the two points. These surfaces are prime examples of non-Euclidean geometry, where the parallel postulate in Euclid's Elements does not hold. In mathematical terms, distance is the "greatest lower bound" of the length of the curves. The word minimum is sometimes used, but there should be no expectation that an instance of that minimum actually occurs, only that any larger number will have a length in the set that is smaller.

3.28

domain

<mathematics> well-defined set

Note 1 to entry: Domains are used to define the "domain and range" of operators and functions. If a function "f" maps values from the source domain "X" to values in the target domain "Y," then the notation is "f:X→Y." The relationship between the function and its source domain is referred to as its "domain." The relationship between the function and its target domain is referred to as its "range", "image" or alternatively "codomain". See the definition of "function" and "mapping" in [15].

3.29

edge

<topology> 1-dimensional topological primitive

Note 1 to entry: The geometric realization of an edge is a curve. The boundary of an edge is the set of one or two nodes associated with the edge within a topological complex.

3.30

edge-node graph

<topology> graph embedded within a topological complex composed of all of the edges and connected nodes within that complex

Note 1 to entry: The edge-node graph is a subcomplex of the complex within which it is embedded.

3.31

ellipsoid

<geodesy> geometric reference surface embedded in 3D Euclidean space represented by an ellipsoid of revolution where the rotation is about the polar axis

Note 1 to entry: For the Earth the rotation is about the polar axis. This results in an oblate ellipsoid with midpoint of the foci located at the nominal centre of the Earth.

Note 2 to entry: The two usual algorithms for latitude on an ellipsoid and on a sphere (such as used in spherical coordinates) are only equivalent if the ellipsoid is a sphere, having all radii equal in all directions. The problem is that a radial line from the centre of a general ellipsoid does not always cross the surface of the ellipsoid orthogonally. In general, planar slices through the centre do not intersect the surface orthogonally, and therefore the curves that correspond to the great circles of a sphere are not geodesics on the ellipsoid.

Note 3 to entry: The topology of the ellipsoid is inherited from the $\mathbb{E}^3$ space in which it is embedded. The difference is that metrics such as distance and direction on the ellipsoid are restricted to curves wholly on the surface and vectors tangent to the surface.

3.32

empty set

$\emptyset$

<mathematics> set without any elements

Note 1 to entry: Sets are equal if they contain exactly the same elements. Since any two empty sets would share exactly the same contained elements (by definition none), they are, by definition, equal. The empty set ($\emptyset$) can be considered a geometric entity, because all the elements it contains are points. This is a vacuous statement since the set $\emptyset$ contains no elements, and therefore the "for all" statement has nothing to test and is thus true in each of its non-existent cases. There are a lot of true but vacuous statements in proofs about $\emptyset$. This confuses some programmers since many systems use type safe sets, in which the class of the entities determines a class for the container set. The math does not care about "class" and only sees sets; so that an empty set of aardvarks and an empty set of zebras in mathematics are (is?) the same set. The other confusion is that $\emptyset$ is not the database Null introduced by Codd and used in relational and other query languages in 3 valued logic. Null means unknown and many statements involving Null are undecidable (neither provably true nor provably false). The empty set is not "lack of knowledge" but certainty in the nonexistence of elements in the set. Most statements beginning "for all elements in $\emptyset$ " are true, but vacuous. Most statements beginning "there exist an element in $\emptyset$ " are always categorically false. It is almost impossible to construct an undecidable statement about $\emptyset$. Null and $\emptyset$ are not related. "Void" can mean "invalid" or "completely empty."

3.33

end node

<topology> node in the boundary of an edge that corresponds to the end point of that edge

3.34

end point

<geometry, topology> last point of a curve

3.35

error budget

<metric> statement of or methodology for describing the nature and magnitude of the errors which affect the results of a calculation

Note 1 to entry: In the most usual case, error budgets in this document describe metric calculations using representational geometry objects to estimate real-world metrics, such as distance and area.

3.36

exponential map

<differential geometry> function that maps tangent vectors at a point to end point of geodesic beginning at that point with an exit bearing equal to that of the vector and a length equal to that of the vector

Note 1 to entry: See first geodetic problem for an explanation of the process of calculating this mapping.

3.37

exterior

<geometry, topology> difference between the universe and the closure

Note 1 to entry: The concept of exterior is applicable to both topological object and geometric object.

3.38

face

<topology> 2-dimensional topological primitive

Note 1 to entry: The geometric realization of a face is a surface. The boundary of a face is the set of directed edges within the same topological complex that are associated with the face via the boundary relations. These can be organized as rings.

3.39

first geodetic problem

direct geodetic problem

<differential geometry, geodesy> problem that given a point on a surface and the direction and distance from that point to a second point along a geodesic, determines that second point

Note 1 to entry: This "problem" defines a mapping from the vector space at a point (each vector given by a direction and a length) to points of the Figure of Earth that satisfy the problem for that direction and distance. For example, if we fix the distance "r" and take all directions, the resultant geometry is the circle centred at the original point of radius "r". This document will make heavy use of this mapping; see exponential map and the second geodetic problem.

3.40

footprint

2D extent or projection of a 3D object on a horizontal surface

3.41

function

<mathematics, programming> rule that associates each element from a domain ("source domain," or "domain" of the function) to a unique element in another domain ("target domain," "co-domain," or "range" of the function)

3.42

free function

<mathematics, programming> function in an object-oriented programming language not associated to any object class

3.43

geodesic

geodesic line

<differential geometry, geodesy> curve on a surface with a zero-length tangential curvature vector

Note 1 to entry: A geodesic's curvature vector is perpendicular the surface thus has the minimum curvature of any curve restricted to the surface. This is often defined as a minimal distance curve between two points, but this does not always suffice, since some points (especially on ellipsoids and spheres) are often joined by more than one geodesic. For example, on an ellipsoid the points with $(\varphi, \lambda) = (0, 0)$ and $(0, 180)$ are joined by four separate geodesic [2 polar (the shorter) and 2 equatorial]. The exponential map is only guaranteed to be one-to-one for a small area (depending on where the centre is and how the surface is curved).

3.44

geodesic circle

<differential geometry, geodesy> set of points an equal distance from a given point (on the datum)

Note 1 to entry: The geodesic circles centred on a pole (either one) are the lines of constant latitude. Circles in a tangent space centred on the origin (corresponding to the point of tangency) map to geodesic circles by the exponential map on the geometric reference surface centred on the point of tangency.

3.45

geometric aggregate

collection of geometric objects that has no internal structure

Note 1 to entry: No assumptions about the spatial relationships between the elements can be made.

3.46

geometric boundary

boundary represented by a set of geometric primitives that limits the extent of a geometric object

3.47

geometric complex

set of disjoint geometric primitives where the boundary of each geometric primitive can be represented as the union of other geometric primitives of smaller dimension within the same set

Note 1 to entry: The geometric primitives in the set are disjoint in the sense that no point is interior to more than one geometric primitive. The set is closed under boundary operations, meaning that for each element in the geometric complex, there is a collection (also a geometric complex) of geometric primitives that represents the boundary of that element. Recall that the boundary of a point (the only 0D primitive object type in geometry) is empty. Thus, if the largest dimension geometric primitive is a solid (3D), the composition of the boundary operator in this definition terminates after at most three steps. It is also the case that the boundary of any object is a cycle.

3.48

geometric dimension

<geometry, topology> largest number n such that each point in a set of points can be associated with a subset that has that point in its interior and is topologically isomorphic to $\mathbb{E}^n$, Euclidean n -space

Note 1 to entry: Curves, because they are continuous images of a portion of the real line, have geometric dimension 1. Surfaces cannot always be mapped to $\mathbb{R}^2$ in their entirety, but around each point position, a small neighborhood can be found that resembles (under continuous functions) the interior of the unit circle in $\mathbb{R}^2$, and are therefore 2-dimensional. In this document, most surfaces (instances of Surface) are mapped to portions of $\mathbb{R}^2$ by their defining interpolation mechanisms.

3.49

geometric object

<geometry> spatial object representing a geometric set

Note 1 to entry: A geometric object consists of a geometric primitive, a collection of geometric primitive, or a geometric complex treated as a single entity. A geometric object may be the spatial representation of a feature object.

3.50

geometric primitive

<geometry> geometric object representing a single, connected, homogeneous (isotropic) element of space

Note 1 to entry: Geometric primitives are non-decomposed objects that present information about geometric configuration. They include points, curves, surfaces, and solids. Many geometric objects behave like primitives (supporting the same interfaces defined for geometric primitives) but are actually composites composed of some number of other primitives. General collections may be aggregates and incapable of acting like a primitive (such as the lines of a complex network, which is not connected and thus incapable of being traceable as a single line). By this definition, a geometric primitive is topological open, since the boundary points are not isotropic to the interior points. Geometry is assumed to be closed. For points, the boundary is empty.

3.51

geometric realization

<geometry, topology> geometric complex where the geometric primitives are in a 1-to-1 correspondence to the topological primitives of a topological complex, such that the boundary relations in the two complexes agree

Note 1 to entry: In such a realization, the topological primitives are considered to represent the interiors of the corresponding geometric primitives even though the primitives themselves are closed.

3.52

geometric reference surface

<geometry> surface in some Euclidean space, usually $\mathbb{E}^3$, that represents an approximation to the surface of the Earth possibly restricted to a small area but often covering the entire globe

3.53

geometric set

<geometry> set of points

Note 1 to entry: This set in most cases is infinite, except where the set consists of a list of point locations. Curves, surfaces and volumes being continuous are infinite sets of points. Some systems will define 'degenerate' curves, which are actually points.

3.54

inner product

<vector geometry> bilinear, symmetric function from pairs of vectors $\langle \vec{v}_1, \vec{v}_2 \rangle \rightarrow \mathbb{R}$ to a real number such that $\langle \vec{v}, \vec{v} \rangle = \|\vec{v}\|^2$ and $\langle \vec{v}_1, \vec{v}_2 \rangle = \|\vec{v}_1\| \|\vec{v}_2\| \cos(\theta)$ where " θ " is the angle between $\vec{v}_1$ and $\vec{v}_2$.

Note 1 to entry: Inner products in differential geometry are used on the differentials that make up the local tangent spaces. In this document, this will usually be vectors tangent to a datum surface embedded a geocentric $\mathbb{E}^3$ Euclidean/Cartesian space.

3.55

isolated node

<topology> node not related to any edge

Note 1 to entry: Isolated nodes are usually not discussed in most algebraic or combinatorial topology. In a network, they are not interesting because they cannot be a part of any path. Algebraic topology always uses topological systems where the boundary of any object of dimension "n" is always a union of a set of objects of dimension "n-1". Which is why the dimension of the empty set is "-1".

3.56

isomorphic

<mathematics> having an isomorphism

3.57

isometry

<mathematics> mapping between metric spaces that preserves the metric

Note 1 to entry: The formal definition is $f : X \rightarrow Y \ni \forall x, y \in X. distance(x, y) = distance(f(x), f(y))$.

3.58

isomorphism

<mathematics> relationship between two domains (such as two complexes) such that there are 1-to-1, structure-preserving functions from each domain onto the other, and the composition of the two functions, in either order, is the corresponding identity function

Note 1 to entry: A geometric complex is isomorphic to a topological complex if their elements are in a 1-to-1, dimension- and boundary-preserving correspondence to one another.

$$[A, B \text{ isomorphic}] \Leftrightarrow (\exists f: A \rightarrow B, g: B \rightarrow A \ni f \circ g = Id_A, g \circ f = Id_B) \quad (3)$$

3.59

homomorphism

<mathematics> relationship between two domains such that there is a structure-preserving function from one to the other

Note 1 to entry: A homomorphism is distinct from an isomorphism in that no inverse function is required. In an isomorphism, there are two homomorphisms that are functional inverses of one another. Continuous functions are topological homomorphisms because they preserve "topological characteristics". The mapping of topological complexes to their geometric realizations preserves the concept of boundary and is therefore a homomorphism.

3.60

maximum

max

least upper bound

lub

<mathematics> smallest element larger than or equal to all elements of a set contained in an ordered domain ($\leq$)

Note 1 to entry: $[\forall a \in A \Rightarrow \max(A) \geq a] \Rightarrow [\forall b \ni (b \ni [\forall a \in A \Rightarrow b \geq a] \Rightarrow [\max(A) \leq b])]$. Any number is an upper bound of $\emptyset$ (empty set) as a set of numbers, because any given number is greater than any number in $\emptyset$ (an admitted vacuous statement since there is no number in $\emptyset$, but true nonetheless). This means that the $\max(\emptyset)$ must be smaller than any number; thus $-\infty$.

3.61

metric operation

measure

operations associated to measurements

Note 1 to entry: Generically, a metric is a standard of measure of any kind. The Greek word metron, meaning "measure," giving us "metr". Latin metricus and Greek metrikós "of, relating to measuring". See *metric unit* (3.62).

3.62

metric unit

unit of measure

Note 1 to entry: See *metric operation* (3.61).

3.63

minimum

min

greatest lower bound

glb

<mathematics> largest element smaller than or equal to all elements of a set contained in an ordered domain ($\leq$)

Note 1 to entry: $[\forall a \in A \Rightarrow \min(A) \leq a] \Rightarrow [\forall b \ni (b \ni [\forall a \in A \Rightarrow b \leq a] \Rightarrow [\min(A) \geq b])]$ Any number is a lower bound of $\emptyset$ considered as a set of numbers, because any given number is less than any number in $\emptyset$ (an admitted vacuous statement since there is no number in $\emptyset$, but true nonetheless). This means that the $\min(\emptyset)$ must be greater than any number; thus $+\infty$.

3.64

monotonic

<mathematics> never increasing or never decreasing

Note 1 to entry: An increasing sequence never gets smaller. A strictly increasing sequence always gets larger. A decreasing sequence never gets larger. A strictly decreasing sequence always gets smaller.

$$\begin{aligned}[x(i) \text{ is increasing}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) \leq x(j)] \\ [x(i) \text{ is strickly increasing}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) < x(j)] \\ [x(i) \text{ is decreasing}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) \geq x(j)] \\ [x(i) \text{ is strickly decreasing}] &\Leftrightarrow [i < j \Rightarrow x(i) > x(j)] \\ [x(i) \text{ is decreasing}] \vee [x(i) \text{ is increasing}] &\Leftrightarrow [x(i) \text{ is monotonic}]\end{aligned}\tag{4}$$

3.65 n-disc

<topology, geometry> geometry isomorphic to the set of points X in $\mathbb{E}^n$ such that $\|X\| \leq 1$; set of all points in $\mathbb{E}^n$ less than or equal to one-unit distance from the origin

Note 1 to entry: The 0-disc is a point. The 1-disc is a line. The 2-disc is a circle and its interior. The 3-disc is a sphere and its interior (a ball).

3.66 n-simplex

<geometry, topology> convex hull of $n+1$ points in general position in a space of dimension at least n , or a topologically isomorphic image of such a geometry

Note 1 to entry: An n -simplex is n -dimensional, and is topological isomorphic to an n -disc. A 0-simplex is a point. A 1-simplex is a curve (usually a line) with two 0-simplexes (points) on its boundary; a 2-simplex is a triangular surface with three 1-simplices on its boundary. In general, an n -simplex boundary will have n $(n-1)$ -simplexes. An n -simplex and an n -disc are topologically isomorphic. The boundary of an n -simplex is isomorphic to an $(n-1)$ -sphere. In all cases, the number prefix represents the topological dimension of the object.

3.67 n-sphere

<geometry, topology> geometry isomorphic to the set of points X in $\mathbb{E}^{n+1}$ such that $\|X\| = 1$; set of all points in $\mathbb{E}^{n+1}$ one-unit distance from the origin

Note 1 to entry: An n -sphere is isomorphic to the boundary of an $n+1$ disc.

3.68 neighborhood

<topology, metric spaces> open set of points containing a specified point in its interior

3.69 node

<topology> 0-dimensional topological primitive

Note 1 to entry: The boundary of a node is the empty set.

3.70 normal curvature vector

<differential geometry, geodesy> projection of the curvature vector of the curve perpendicular to the tangent plane to the surface at the point

Note 1 to entry: The normal curvature vector of a curve is dependent only on the curve and the surface (which is a constraint on the curve). The normal curvature vector of a curve restricted to a surface is parallel to the normal vector of the surface. If the normal curvature vector is equal to the curvature vector of the curve everywhere, then the curve is a geodesic.

3.71 normal

<differential geometry, geodesy> vector perpendicular (orthogonal) to the geometric object (curve or surface) at the point

Note 1 to entry: The normal will be parallel to the "upward" normal for surfaces in $\mathbb{E}^3$ defined in the surface interface in 6.4.17.2.

3.72

normal section curve

<differential geometry, geodesy> plane curve segment containing the normal at one of its terminal points

Note 1 to entry: The usual construction begins by choosing one of the end points, the normal to the surface at that end point, and the location of the other end point and creating a plane in $\mathbb{E}^3$, which is then intersected with the datum. This curve is a normal section curve between these two points, containing the normal to the surface at the first point. On the sphere, this is the geodesic, and the two normal section curves are equal. On an ellipsoidal datum, the same is true for two points on the equator, or two points on the same meridian plane, but false in general. The reason is that in these cases the plane through the two points and the centre of the ellipsoid are planes of symmetry for the ellipsoid dividing the ellipsoid into symmetric "mirror" image halves. In general, the geodesic between the two points lies between the two normal section curves.

3.73

open set

<metric, topology, geometry> containing a metric or topologically open neighborhood of each of its points

Note 1 to entry: In a metric space, a set X is open if each point " x " in the set is contained in some small ball which is a subset of X : $[X \text{ is open}] \Leftrightarrow [x \in X] \Rightarrow [\exists \varepsilon > 0 \exists \text{distance}(x, y) < \varepsilon] \Rightarrow [y \in X]$. A topology is a set of subsets of a space which are considered open.

3.74

partition of unity

<mathematics> set of real-valued functions all over the same domain whose arithmetic sum at every domain value is 1

3.75

path connected

property of a geometric object implying that any two points on the object can be placed on a curve that remains totally within the object

Note 1 to entry: There are more general geometries that are connected but not path connected, but they are not representable as collections of "digital" geometries defined in this document. No geometric objects constructible by the methods in this document on a standard digital computer can be connected but not path connected. See the notes at the term "connected".

3.76

plane curve segment

plane curve

<geometry> curve in $\mathbb{E}^3$ that is contained in a plane

Note 1 to entry: In a 2-dimensional coordinate system, the test for plane curve to be valid is done in the 3-dimensional space of the geometric reference surface or coordinate reference system datum.

3.77

planar topological complex

<topology> topological complex that has a geometric realization that can be embedded in Euclidean 2 space ($\mathbb{E}^2$)

3.78 Pythagorean metric

<Euclidean geometry> distance measure on a $\mathbb{E}^n$ coordinate space using a root-mean sum of the differences between the individual coordinate offsets

Note 1 to entry: $P=(p_i), Q=(q_i), distance(P,Q)=\sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$. The proofs of the Pythagorean metrics all

depend on the local "flatness" of the space. Cartesian coordinate space which have Pythagorean metrics are called Euclidean spaces ($\mathbb{E}^n$). In the realm of coordinate reference systems, only "Engineering Coordinate Systems" are Euclidean. Any CRS using a curved Datum are by definition non-Euclidean, and cannot "truthfully" use Pythagorean metrics except for approximation. These approximations are valid for topological statements, but not for real world measures without adjustments.

3.79 rhumb line loxodrome

<geometry, navigation> curve which crosses meridians of longitude at a constant bearing

3.80 range co-domain

<mathematics> acceptable target values of a function

3.81 row-major form

<mathematics, computer science> storage mechanism for multidimensional array in linear memory, organized such that each row is stored in consecutive locations and such that the complete rows are the stored one after the other and continuing on in a similar fashion of each additional index

Note 1 to entry: If the indexes are (i, j) with the number of rows "r" and columns "c", then the mapping between the multidimensional locations to the linear storage locations is given by:

$$[i, j \in \mathbb{Z} \ni 1 \leq i \leq r; 1 \leq j \leq c] \Rightarrow [(i, j) \rightarrow (i-1)c + j] \quad (5)$$

$$[i, j, k \in \mathbb{Z} \ni 1 \leq i \leq r; 1 \leq j \leq c; 1 \leq k \leq f] \Rightarrow [(i, j, k) \rightarrow ((i-1)c + j - 1)f + k]$$

Note 2 to entry: The matrix $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$ in row major form is stored as [1 2 3 4 5 6 7 8 9]. For higher dimensions,

the same pattern is applied recursively.

3.82 second geodetic problem inverse geodetic problem

<differential geometry> problem that given two points, determines the initial direction and length of a geodesic that connects them

Note 1 to entry: See the first geodetic problem, which reverses this operation.

3.83 segment

<topology, geometry> minimal subpart of a geometry, usually as part of a composite

3.84

simple

<topology, geometry> homogeneous (all points have isomorphic neighborhoods) and with a simple boundary

Note 1 to entry: The interior is everywhere locally isomorphic to an open disc in a Euclidean coordinate space of the appropriate dimension $D^n = \{P \mid \|P\| < 1, 0\}$. The boundary is a dimension one smaller. This essentially means that the object does not intersect nor touch itself. Generally used for a curve that does not cross not touch itself with the possible exception of boundary points. Simple closed curves are isomorphic to a circle.

3.85

spatial dimension, adj

<topology, geometry> number of independent decisions in a coordinate system required to locate a position

Note 1 to entry: This definition is logically equivalent to the topological dimension of spatial projection of the CRS. It describes the space as a target for geometry. Grammatically, the term can be a noun but used to describe space, as "the spatial dimension of CRS84 is 2".

3.86

spatial dimension, noun

<topology, geometry> any of the independent decisions made in a coordinate system to locate a position

Note 1 to entry: "A Euclidean space with a spatial dimension of 3, $\mathbb{E}^3$, usually uses axis names 'x', 'y', and 'z'. Its first spatial dimension is 'x', its second is 'y' and its third is 'z'." In the context of the space, the adjective use describes the space but the singular noun can use a name for an axis separately.

3.87

spatial object

<topology, geometry> object used for representing a spatial characteristic of a feature

3.88

spatial operator

<topology, geometry> function or procedure that has at least one spatial parameter in its domain or range

Note 1 to entry: Any UML operation on a spatial object would be classified as a spatial operator as are the query operators in Clause 8 of this document.

3.89

start node

<topology, graph theory> node in the boundary of an edge that corresponds to the start point of that edge as a curve

3.90

start point

<geometry> first point of a curve

3.91

subcomplex

<topology, geometry> complex all of whose elements are also in a larger complex

Note 1 to entry: Since the definitions of geometric complex and topological complex require only that they be closed under boundary operations, the set of any primitives of a particular dimension and below is always a subcomplex of the original, larger complex. Thus, any full planar topological complex contains an edge-node graph as a subcomplex.

3.92

tangent

<differential geometry, calculus> direction indicating the instantaneous direction of a curve at a point

Note 1 to entry: The tangent is usually calculated by differentiation of a functional representation of a curve but it may be approximated by a secant (double intersection) line from the point passing through another nearby point on the curve. The closer the second point is to the first, the better the approximation of the tangent's direction.

3.93

tangential curvature vector

geodesic curvature vector

<differential geometry, geodesy> projection of the curvature vector of a curve onto the tangent plane to the surface at the point

3.94

tangent space

tangent plane

collection of tangent vectors for curves passing through the point

3.95

tangent vector

first derivative of a curve parameterized by arc length

Note 1 to entry: If $c(s) = [x(s), y(s), z(s)]$ is a curve in a 3D Cartesian space ($\mathbb{E}^3$), and s is arc length along c , then the tangent is $\vec{t}(s) = \dot{c}(s) = (\dot{x}(s), \dot{y}(s), \dot{z}(s))$, i.e. the derivative of the coordinate values of c with respect to s . The curvature vector is $\kappa(s) = \ddot{c}(s) = (\ddot{x}(s), \ddot{y}(s), \ddot{z}(s))$.

3.96

topological boundary

<geometry, topology> boundary represented by a set of oriented topological primitives of smaller topological dimension that limits the extent of a topological object, or by the geometric realization of such a set

Note 1 to entry: The boundary of a topological complex is the boundary of the geometric realization of the topological complex.

3.97

topological complex

<geometry, topology> collection of topological primitives that is closed under the boundary operations

Note 1 to entry: Closed under the boundary operations means that if a topological primitive is in the topological complex, then its boundary objects are also in the topological complex.

3.98

topological expression

<geometry, topology> collection of oriented topological primitives which is operated upon like a multivariate polynomial

Note 1 to entry: Topological expressions are used for many calculations in computational topology.

3.99

topological object

<geometry, topology> spatial object representing spatial characteristics that are invariant under continuous transformations

Note 1 to entry: A topological object is a topological primitive, or a topological complex.