

Die Modellierung des Bauwesens für den Datenaustausch

Prof. Dr.-Ing. Alexander Pavlov,
Staatliche Bauuniversität Moskau

Bei der Gestaltung eines komplexen Informationssystems muß die Kohärenz der eingesetzten Software gesichert sein. Die Teile der eingesetzten Software sollen daher verträglich sein: Dies bezeichnet man als Interoperability der Software. Als Grundlage der Interoperability dient eine theoretische Beschreibung des Bauwesens.

Es gibt viele Arten der Modellierung. Für die Bildung des Datenmodells hat die «Entity-Relationship» Methode von P.Chen breite Anwendung gefunden. Für die Darstellung des Wissens ist es zweckmäßig, das Frame-Modell von M. Minsky und seine Varianten zu benutzen.

Die CALS-Technologien bieten die Möglichkeit zur ausführlichen Beschreibung des Bauwesens. Das STEP-Protokoll ist für den Modelldatenaustausch am mächtigsten. Auf seiner Grundlage wurden die Industry Foundation Classes (IFC), die einige Aspekte des Bauwesens spiegeln, entwickelt.

In den IFC wird der Versuch gemacht, Klassen für alle Hauptobjekte des Bauwesens zu entwickeln. Deshalb ist die Menge der Klassen sehr groß und schwerfällig. Bisher wurden ca. 500 Klassen entwickelt, aber damit wurde nur ein kleiner Teil des Bauwesens erfasst.

Im internationalen Zentrum für Bauinformatik hat der Autor die Besonderheiten des Bauwesens formuliert und gefolgert, dass es genügt, in den Klassen topologische, geometrische und graphische Aspekte der Bauobjekte, sowie einige Hilfsbegriffe zu beschreiben.

Die Bauobjekte können auch als Systeme beschrieben werden. Zu einem späteren Zeitpunkt werden die Eigenschaften und die Beziehungen ergänzt. Mit diesen Ergänzungen können die Klassen als vollwertiges Modell des Anwendungsgebietes betrachtet werden.

Zur Beschreibung des Anwendungsgebietes sind folgende Aufgaben zu lösen:

- Die Bildung eines allgemeinen Schemas des Bauwesens unter Berücksichtigung der Erfahrung aus vorangehender Forschung;
- Die Spezifikation der Mindestmenge der Klassenvielfalt;
- Die dynamische Anlegung der neuen Begriffe bei der Objekterkennung;
- Die Entwicklung der hierarchischen Struktur der Klassen (Vermeidung der rekursiven Definition von Elementen);
- Die Kurzbeschreibung der wiederholten Objekte ;
- Die Prüfung der Abbildung der Struktur mit Hilfe von verschiedenen Programmiersprachen und der Sprache XML;
- Die Nutzung der Beziehungen zwischen verschiedenen Schemata, um den Umfang der Beschreibungen in einer Datei zu verringern und die Änderungsverfahren zu vereinfachen.

Ein Hauptziel bei der Entwicklung einer Sprache ist die Einfachheit des Schemas. Der Versuch, alle vorhandenen Arten von Bauobjekten in einem Schema zu beschreiben, wird zu einem übermäßig großen Schema führen. Es wird notwendig sein, das Schema fortlaufend zu ändern und zu ergänzen. Dies führt zu fortlaufenden Veränderungen der „early-binding“-Software. Falls die Datenmenge in Teilmengen zerlegt und im globalen Netz verteilt wird, wird die Flexibilität und die Beweglichkeit der Dokumente zunehmen. Deshalb ist vorgesehen, alle speziellen Begriffe aus dem Schema in getrennte Datenbanken, die in den Knoten des globalen Netzes angeordnet sind, zu übertragen. Beispielsweise sollen Datenbanken für die Maßeinheiten, die Hauptbegriffe des Anwendungsgebietes, die Eigenschaften der Baukonstruktionen etc. geschaffen werden.

Insgesamt werden etwa nur 50 Klassen für CAD-Systeme vorgeschlagen. Die allgemeine Struktur des Schemas ist in Abb. 1 dargestellt.

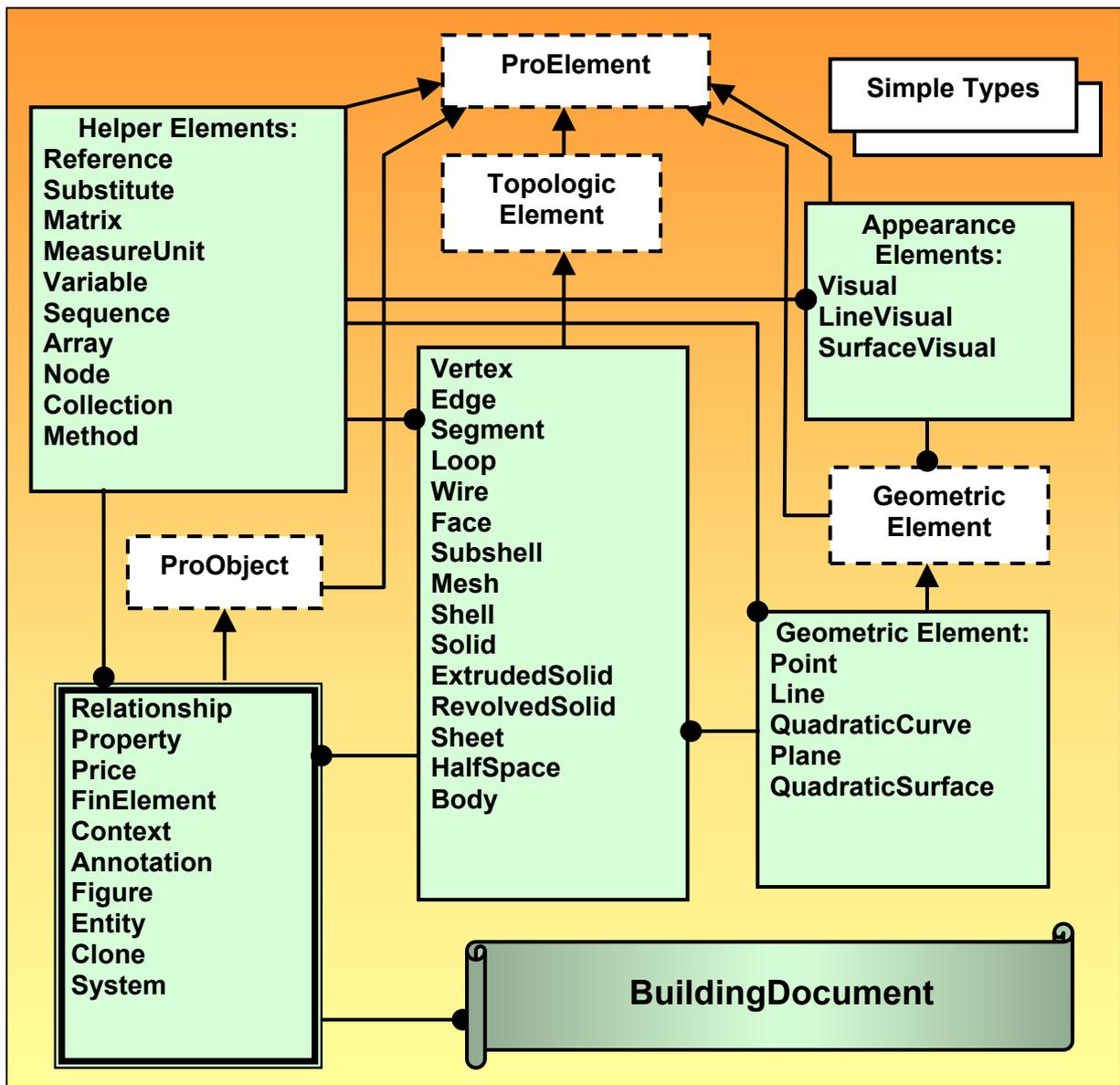


Abb.1. Die allgemeine Struktur des Schemas

Das Schema ist in die Beschreibungen der einzelnen Elemente, die verschiedene Datenarten des Dokumentes vorstellen, gegliedert. Im Schema werden beschrieben:

- die niedrigen Elemente (Variable, Verweisungen, Felder usw.);
- die spezialisierten Elemente (geometrisch, topologisch etc.);
- die hohen Elemente (die Objekte und ihre Gesamtheiten, die Systeme).

Die niedrigen Elemente des Schema sind "Variable", "Reference" und "Substitute". Das Element "Variable" kann eine beliebige zulässige Bedeutung (die Zeile, die ganze Zahl, die reelle Zahl, das Datum, die Zeit, sowie die Verweisung) haben. Dieses Element kann (im Unterschied zu "Value") die Maßeinheit oder die Verweisung auf die Maßeinheit enthalten. Die Differenz zwischen "Reference" und "Substitute" besteht darin, dass die Nennung der "Reference" nicht unbedingt zur Bildung des neuen Elementes führt, während "Substitute" ein neues Element des gleichen Datentyps darstellt.

Das Element "Substitute" wurde eingeführt, um die rekursive Definition von Klassen und Strukturen auszuschließen, die in den Objekt-orientierten Programmiersprachen

untersagt sind, aber nicht in XML. Es kann auch als die Verweisung auf das Block im CAD-Zeichnung benutzt werden.

Das Element „sequence“ dient für die Abbildung der arithmetischen, geometrischen oder harmonischen (sinusförmigen) Folgen verschiedener Variablen. Für Variable des Typs "Datum", "Zeit" oder "Zeile" und die Enumerationsvariablen sind nur arithmetische Folgen zulässig.

Für die höheren Datentypen sind die Elemente "node" und "collection" definiert. Die Kollektion besteht aus den Knoten; die Beziehungen zwischen den Knoten hängen von dem Typ der Kollektion ab: das Feld, die Menge, die Tabelle, der Baum, der Graph, die Kettenliste usw. Der Knoten schließt das Feld "variable" (oder "substitute"), das Feld "key" und den Satz der Verweisungen auf andere Knoten ein. Zum Beispiel werden für die Kettenliste zwei Verweisungen auf die benachbarten Knoten gefordert; für das Feld und die Menge sind keine Verweisungen erforderlich; für den Baum und die Spalte wird es eine variable Anzahl der Verweisungen gefordert.

Für die Programmierung von Methoden im XML Format ist das Element "method" reserviert, das im Textformat die Quellcodes der Prozeduren, der Funktionen, der Gleichungen, der Formeln usw. enthalten könnte. Die Darstellung der Methoden ist nicht von den verwendeten Programmiersprachen abhängig. Die Methode enthält die Kollektionen der Eingangs- und Ausgabeparameter, der lokalen und globalen Variable, der Ressourcen, der Mitteilungen und der Anweisungen.

In Modellen von Bauobjekten, die von CAD-Systemen erzeugt werden, betrifft der größte Anteil der Daten die geometrische Form der Elemente und ihre Raumlage. Das Modellschema enthält Elemente für topologische, geometrische und graphische Eigenschaften, sowie die Raumlage der Objekte. Dabei wurden die Ergebnisse der IAI und der Softwarefirmen (Spatial Corp., Autodesk etc.) berücksichtigt.

Die topologischen Elemente bestimmen die Topologie des Körpers des Objektes. Die Körper werden in folgende Haupttypen unterteilt:

- Die dreidimensionalen Körper (die tragenden und umschließenden Konstruktionen);
- Die Flächen (die Dachdeckung, die Sichtsschichten usw.);
- Die lineare Körper (die Rohrleitungen, die leistenförmige Elemente etc.);
- Der Halbraum (der Grund, die Gründung);
- Die Punktobjekte (die Elemente der Einrichtung und der Konstruktionen ohne Beschreibung der Form).

Alle topologischen Elemente werden vom abstrakten Element "TopologicElement" abgeleitet. Für die aufeinanderfolgend eingeschlossenen Elemente (die Segmente in der Kontur und usw.) kann es Verweisungen auf die vorhergehenden und nachfolgenden Elemente der Folge geben. Außerdem kann auf das Koordinatensystem (User Coordinate System - UCS), das vom Benutzer bestimmt ist, verwiesen werden.

Die Hauptelemente des Modells für die Abbildung der Form und der Lage der Objekte werden in der folgenden Tabelle im Vergleich mit den Begriffen der IFC-Klassen, den Elementen des Formates SAT und der VRML-Sprache verglichen. Die Benennungen der IFC-Klassen und ihr Inhalt stimmen meistens mit den Begriffen des STEP-Protokolles überein. Das Präfix "ifc" wurde für die Abkürzung entfernt.

Tabelle 1

Die topologischen Elemente des Modells

Element	IFC-Klasse	SAT-Klasse	VRML-Knoten (X3D)
Vertex	Vertex, VertexPoint	vertex, tvertex	PointSet
Edge	Edge, EdgeCurve	edge, tedge	
Segment	OrientedEdge, CompositeCurveSegment	coedge, tcoedge	NurbsCurve2D
Loop	Loop, PolyLoop, FaceBound, FaceOuterBound	loop	IndexedLineSet, Contour2D
Wire	Path	wire	IndexedLineSet
Face	Face, FaceSurface, BoundedSurface, CurveBoundedPlane, RectangularTrimmedSurface	face, cface	
SubShell	ConnectedFaceSet, FaceBasedSurfaceModel	subshell	IndexedFaceSet
Shell	ClosedShell, ShellBasedSurfaceModel	shell	IndexedFaceSet, Box
Mesh	OpenShell	meshsurf	ElevationGrid
Solid	FacetedBrep, BoundingBox	lump	Shape
ExtrudedSolid	SurfaceOfLinearExtrusion, ExtrudedAreaSolid, SectionedSpine		Extrusion
RevolvedSolid	SurfaceOfRevolution, RevolvedAreaSolid		
Sheet		sheet	
HalfSpace	HalfSpaceSolid, BoxedHalfSpace, PolygonalBoundedHalfSpace		
Body	FacetedBrepWithVoids, CsgSolid, BooleanResult, BooleanClippingResult	body	

Zur Beschreibung der Bauobjekte werden nur 7 Hauptklassen verwendet: Entity, System, Clone, Context, Annotation, Figure und Process.

Die Klasse "Entity" stellt das individuelle Objekt dar. Seine Attribute können verschiedene Hilfselemente (Collection, Variable u.a.) sein. Zu der Klasse gehören auch die topologische und geometrische Darstellung des Objektes, sowie die Daten für seine Visualisierung.

Die Klasse "System" stellt praktisch die möglichen Bausysteme dar, vom Einzelteil der Konstruktion bis zu einem großen territorialen Komplex. Es wurde auch ein spezieller Mechanismus zur rekursiven Verschachtelung von Untersystemen entwickelt.

Von besonderer Bedeutung ist die Klasse "Clone". Sie erlaubt in kompakter Form die Beschreibung einer Menge ähnlicher Objekte, die sich in wenigen Parametern (zum Beispiel, der Lage im Raum) unterscheiden. Das erste Objekt der Menge wird als Instanz der Klasse "Entity" oder auch "System" dargestellt. Zur Beschreibung der variablen Parameter wird eine Folge oder Kollektion von Werten verwendet.

Die Klassen "Annotation" und "Figure" dienen nur zur Abbildung auf dem Papier. Die Klasse "Context" dient für die bessere Erkennung der Objekte.

Das vorgestellte Konzept führt zu einer starken Verringerung der Dateigröße und erleichtert das Erkennen der Objekte bei der Übergabe der Daten.

Die Strukturdiagramme der Klassen wurden mit Hilfe der UML-Sprache erzeugt. Die Klassen sind auch im XML-Format beschreiben und können auf Homepage „<http://www.mtu-net.ru/pavlov/bodXML>“ gelesen werden.

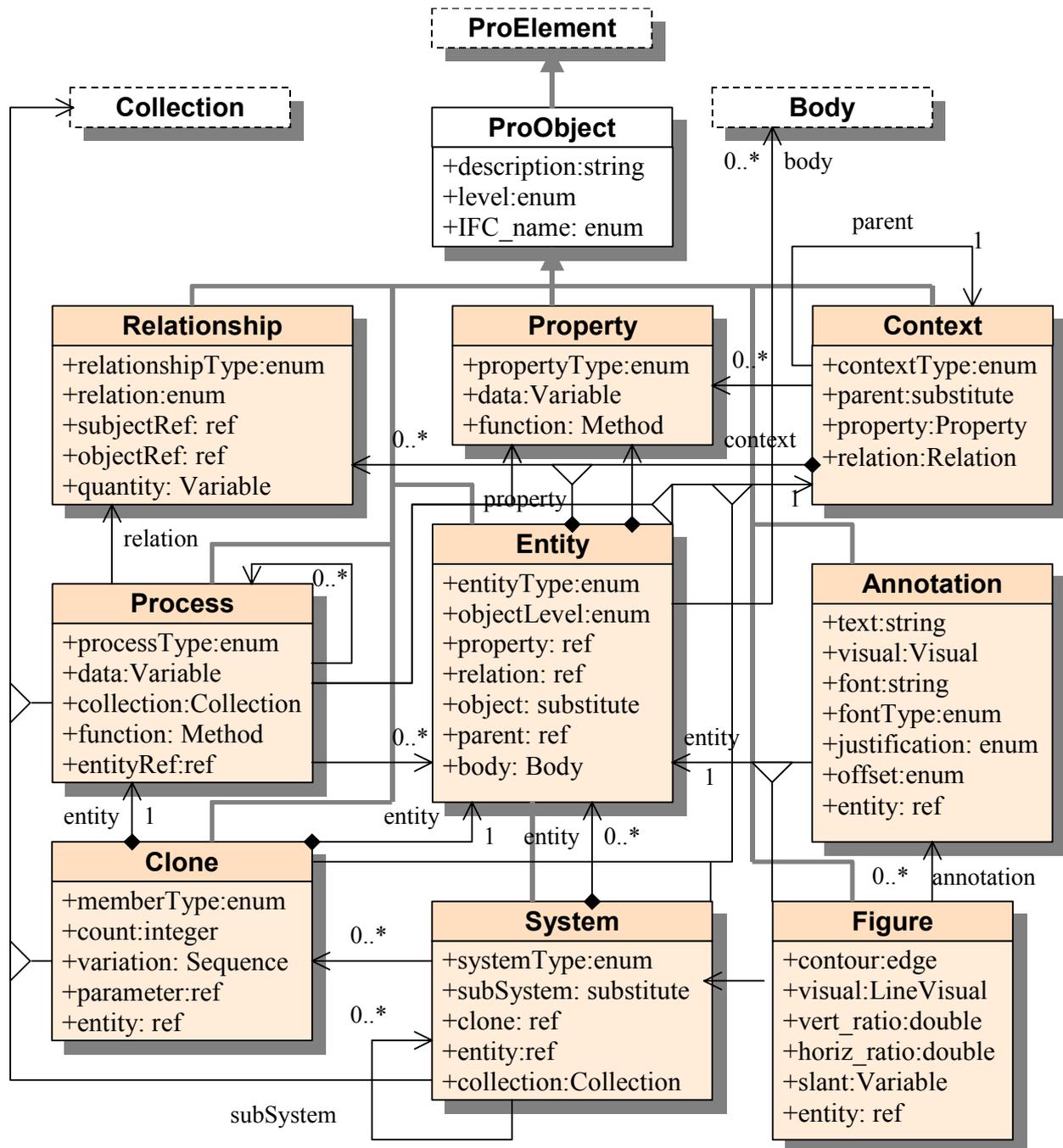


Abb. 2. Das Strukturdiagramm der höheren Klassen

Zur Prüfung der Anwendbarkeit des Schemas wurden Beispiele der Beschreibung verschiedener Bauobjekte entwickelt. Diese Beispiele sind auf o.g. Homepage angegeben. Die Stahlbetonplatte wurde als ein "System" aufgefasst. Das System beinhaltet die Verweisung auf den lokalen Kontext, das Objekt "Platte", die Systemgruppe "Bewehrung" und die Beziehung "Contact" zwischen ihnen. Die Beziehung weist darauf hin, dass ein Objekt das andere umschließt. Der lokale Kontext besitzt zwei Eigenschaften; eine (die Belastung) bezieht sich auf die äußeren Einwirkungen, die andere (Ortbeton) auf den Herstellungsprozess der Platte.

Die Beschreibung des Objektes "Platte" besteht aus der geometrischen Form, die durch die Extrusionsmethode aus dem horizontalen Rechteck gebildet ist, und dem Hinweis auf

das Material (Beton). Für die Möglichkeit der Abbildung am Bildschirm sind die graphische Eigenschaften der Oberfläche (die Texturen des "Beton", das Muster des "Zement", die Farbe "grau"), und zur Abbildung auf dem Papier - die visualen Eigenschaften der Segmente (die durchgezogene Linie mit der Dicke 0,7 mm) angegeben.

Das Teilsystem "Bewehrung" besteht aus einer Systemgruppe, die eine ebene Bewehrungsmatte darstellt. Diese besitzt zwei Klone, die durch die Lage der Bewehrung und ihre Flechtung spezifiziert sind. Infolge der "Klonierung" der Stäben ist es ausreichend, in jeder Position die Form eines Bewehrungsstabes zu beschreiben, ihre Menge anzugeben und die Folge der Lagekoordinaten zu spezifizieren. Der Umfang der XML-Datei mit der Beschreibung der Platte ist ungefähr 22 Kilobyte. Ohne Anwendung des Elementes "clone" wäre das XML-Dokument ungefähr 5 Mal größer.

Als zweites Beispiel wurde ein Wärmekraftwerk mit 3 Turbinen betrachtet. Weil die Menge der Elemente in einem solchen Objekt sehr groß ist und die vollständige Beschreibung einen Umfang von mehreren Megabyte besitzt, wurden nur die höheren Elemente der Hierarchie im Beispiel beschreiben. Zur Beschreibung wurden die Systeme ("System") und Klone ("Clone") verwendet.

Das Wärmekraftwerk wird in die wesentlichen baulichen und energietechnischen Teilsysteme gegliedert: die Hauptgebäude, die Brennstoffanlage, die Wasseranlage, der elektrische Bereich, die Ascheentfernung, die Wassersorgung, die behelfsmäßigen Objekte etc. Jedes solche Teilsystem besteht aus Gebäuden.

Das komplizierteste System stellt der Hauptgebäude des Wärmekraftwerkes dar. Es besteht aus großen Räumen (Turbinehalle, Kesselabteilung, etc.), die durch das Tragwerk getrennt sind. Deshalb wird die Beschreibung des Hauptgebäudes parallel in zwei Zweige geteilt: die Räume und die Bauteile. Die energietechnische Einrichtungen sind in die Beschreibung der Räume integriert.