

# Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΥΠΟΥ XML ΣΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Μαρία Σπανάκη,\* Λύσανδρος Τσούλος\*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το περιβάλλον του Διαδικτύου παρέχει ιδιαίτερα ελκυστικές δυνατότητες στους ασχολούμενους με την επιστήμη της γεωγραφικής πληροφορίας και την ψηφιακή χαρτογραφία. Η αξιοποίηση συγκεκριμένου εμπορικού, και ως εκ τούτου «κλειστού», περιβάλλοντος για την πρόσβαση, επεξεργασία, ανάλυση και απόδοση της γεωγραφικής πληροφορίας δεν αποτελεί πλέον προϋπόθεση. Η υλοποίηση όμως ενός «ανοικτού» περιβάλλοντος παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα, τόσο τεχνικού όσο και οργανωτικού χαρακτήρα. Τα τεχνικά προβλήματα σχετίζονται (εκτός των άλλων) με την κωδικοποίηση, μορφοποίηση και απόδοση της γεωγραφικής πληροφορίας με βάση «ανοικτά» πρότυπα. Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η λειτουργική αξιοποίηση των προτύπων αυτών και η διατύπωση συγκεκριμένης μεθοδολογίας για τη σύνθεση και απόδοση χαρτών στο Διαδίκτυο. Στο πλαίσιο αυτό, αναλύεται η διαδικασία κωδικοποίησης της γεωγραφικής πληροφορίας με βάση την Geography Markup Language (GML) και η μορφοποίηση των αρχείων που προκύπτουν σε αρχεία γραφικών (SVG), με αξιοποίηση της Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT). Παράλληλα, αξιολογούνται τόσο τα εγγενή χαρακτηριστικά των παραγομένων αρχείων γραφικών όσο και οι εναλλακτικοί τρόποι δημιουργίας τους. Τέλος, σχολιάζεται η δυνατότητα εφαρμογής των τεχνολογιών τύπου XML σε κινητές συσκευές, στο ευρύτερο πλαίσιο των συστημάτων υπηρεσιών θέσης.

## *The Contribution of XML Technologies to the Composition of Maps on the Web*

Maria Spanaki, Lysandros Tsoulos

## ABSTRACT

The World Wide Web presents many and new exciting prospects for Geographic Information Systems and Digital Cartography, but also numerous technical, practical and organisational challenges. Users no longer require specialized and expensive hardware, software and data, and they can access a GIS readily from almost anywhere, using off-the-shelf browser software. The objective of this paper is to describe the way spatial data is stored in an object-oriented environment and subsequently translated in Geography Markup Language (GML) format, with the use of Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT), in order to be used for the composition of maps/charts on the Web. The display of the GML data is accomplished through the Scalable Vector Graphics (SVG) graphic format. The GML constitutes a new, powerful means of encoding, transporting, storing and processing spatial data that is compliant with the XML codification and the OGC specification for this data type. Finally, the existence of possible alternative solutions concerning the drawing of the generated SVG images is elaborated. The concept of linking the XSL stylesheet of Cascading Style Sheet (CSS) files externally has been adopted as the optimal solution, on the grounds of ensuring the independence of the data transformation procedure from the drawing process.

\* Εργαστήριο Χαρτογραφίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, e-mail: spanaki@mail.ntua.gr, lysandro@central.ntua.gr.

## Εισαγωγή

**Η** περίοδος που διανύουμε χαρακτηρίζεται από σημαντικές μεταβολές στη λειτουργικότητα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και αυτών της ψηφιακής χαρτογραφίας. Το «παραδοσιακό» περιβάλλον λειτουργίας το μεμονωμένου συστήματος αντικαθίσταται από το δικτυακό μοντέλο, στο οποίο τόσο η χωρική πληροφορία όσο και η πρόσβαση σε αυτήν υλοποιούνται σε περιβάλλον κατανεμημένων συστημάτων. Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από προφανή για τον μέσο χρήστη πλεονεκτήματα, η υλοποίησή του όμως προϋποθέτει τη δημιουργία υποδομών οι οποίες συνδυάζουν ετερογενείς πηγές πληροφοριών και συστημάτων με μεθόδους πρακτικά αδύνατες στο παρελθόν. Η υλοποίηση των υποδομών αυτών έχει σχέση με την ανάπτυξη μηχανισμών οργάνωσης, πρόσβασης, αναζήτησης, ενημέρωσης και επεξεργασίας της χωρικής πληροφορίας στο Διαδίκτυο και φυσικά περιλαμβάνει την τυποποίηση των μηχανισμών αυτών μέσω της λογικής των ανοικτών συστημάτων και των τεχνολογιών λογισμικού που τα υποστηρίζουν. Προς τούτο συνηγορεί η ραγδαία εξάπλωση του Διαδικτύου και ο ρυθμός αύξησης των εξειδικευμένων χρηστών και εφαρμογών που έχουν σχέση με τα χωρικά δεδομένα. Ειδικότερα, η ζήτηση χαρτογραφικών προϊόντων μέσω Διαδικτύου υπερβαίνει τα δύο εκατομμύρια ημερησίως. Βασικά αίτια της κάλυψης των χαρτογραφικών αναγκών με τον τρόπο αυτόν είναι η μείωση κόστους-χρόνου και η δυνατότητα δυναμικής αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο του χάρτη.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η περιγραφή χωρικών-χαρτογραφικών δεδομένων με βάση το πρότυπο Geography Markup Language (GML) με στόχο τη σύνθεση και απόδοση χαρτών σε περιβάλλον Διαδικτύου. Η GML αποτελεί έναν νέο ισχυρό τρόπο κωδικοποίησης και επεξεργασίας χωρικών πληροφοριών που χρησιμοποιούν την κωδικοποίηση XML. Βασική παραδοχή στο πλαίσιο της εργασίας αποτελεί το γεγονός ότι τόσο η γεωμετρία όσο και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των δεδομένων βρίσκονται αρχικά αποθηκευμένα σε ενιαίο περιβάλλον συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων, από το οποίο εξάγονται δεδομένα μορφοποίησης XML για κάθε γεωμετρικό αρχέτυπο (σημεία, γραμμές, πολύγωνα). Τα δεδομένα μορφοποίησης XML μετασχηματίζονται σε μορφή GML με βάση τρία σχήματα XML τα οποία έχουν αναπτυχθεί ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες υλοποίησης της εφαρμογής. Για το μετασχηματισμό των αρχείων XML στην αντίστοιχη μορφή GML, κωδικοποιήθηκε ένα κατάλληλο αρχείο περιγραφής δομής (stylesheet) για κάθε είδος γεωμετρικού αρχέτυπου, το οποίο αποτελεί ένα αρχείο τύπου XSLT. Όπως αναλυτικά περιγράφεται στη συνέχεια, η Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT) αποτελεί ένα πρότυπο XML για το μετασχηματισμό αρχείων κωδικοποίησης XML από μια μορφή σε μια άλλη.

Για τη γραφική απόδοση της πληροφορίας που εμπεριέχουν τα δεδομένα μορφοποίησης GML αξιοποιείται η μορφοποίηση Scalable Vector Graphics (SVG). Πρόκειται για ένα διανυσματικό δισδιάστατο πρότυπο XML το οποίο εξασφαλίζει την οπτικοποίηση δεδομένων μορφής XML σε περιβάλλον διαδικτύου. Η XSLT χρησιμοποιείται και πάλι για το μετασχηματισμό των δεδομένων μορφοποίησης GML σε SVG. Επειδή ο μετασχηματισμός αυτός μπορεί να υλοποιηθεί με διαφορετικές προσεγγίσεις, εξετάζονται και αξιολογούνται οι πιθανές εναλλακτικές λύσεις για τον τρόπο δημιουργίας των παραγόμενων εικόνων μορφοποίησης SVG. Στο πλαίσιο αυτό, επιλέχθηκε ως βέλτιστη λύση η εξω-

τερική σύνδεση αρχείων περιγραφής δομής τύπου Cascading Style Sheets (CSS), ώστε να ανεξαρτητοποιείται η διαδικασία του μετασχηματισμού των δεδομένων από τη διαδικασία του τρόπου σχεδίασής τους. Τέλος, διερευνώνται οι γενικότερες επιπτώσεις της αξιοποίησης της XML σε εφαρμογές που υποστηρίζονται από τις τεχνολογίες των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και των συστημάτων προσδιορισμού θέσης.

## 1. XML και GML

Η XML αποτελεί ένα υποσύνολο της Standard Generalized Markup Language, ενός προτύπου που δημιουργήθηκε από το World Wide Web Consortium (W3C) με σκοπό την περιγραφή της δομής αλλά και του περιεχομένου διαφόρων τύπων δομημένων αρχείων μέσω της χρήσης ετικετών (markup tags). Η XML επιτρέπει τη δημιουργία ετικετών που μεταφέρουν σημασιολογική πληροφορία η οποία αποτελεί αντικείμενο επεξεργασίας από τις εφαρμογές αλλά είναι και άμεσα κατανοητή από τους χρήστες. Κύριο χαρακτηριστικό της XML είναι ότι διαχωρίζει τη δομή και το περιεχόμενο του αρχείου από τον τρόπο παρουσίασής του. Οι ετικέτες (tags) που περιβάλλουν ένα τμήμα κειμένου δεν καθορίζουν πώς αυτό απεικονίζεται σε οποιοδήποτε μέσο, αλλά απλώς περιγράφουν τι είναι το κείμενο αυτό. Αυτή είναι και η βασική διαφορά της XML από την HTML.

Η δομή των αρχείων μορφοποίησης XML ορίζεται σε ένα Σχήμα XML, το οποίο καθορίζει όχι μόνο τα τμήματα τα οποία συνθέτουν έναν τύπο αρχείου, αλλά και τους κανόνες που διέπουν τις συσχετίσεις μεταξύ των τμημάτων αυτών. Ένα αρχείο τύπου XML είναι ορθά διαμορφωμένο (well-formed), αν ικανοποιούνται τα εξής κριτήρια (World Wide Web Consortium 2000):

- α) Όλες οι ετικέτες αρχής και τέλους να είναι σωστά εμφωλευμένες, π.χ.  
`<city>Heraklio</city>`.
- β) Όλες οι κενές ετικέτες να χρησιμοποιούν τη σωστή σύνταξη, π.χ.  
`<empty/>`.
- γ) Όλες οι τιμές των ιδιοτήτων να περιέχονται σε διπλά εισαγωγικά, π.χ.  
`<city zip="71307">`.

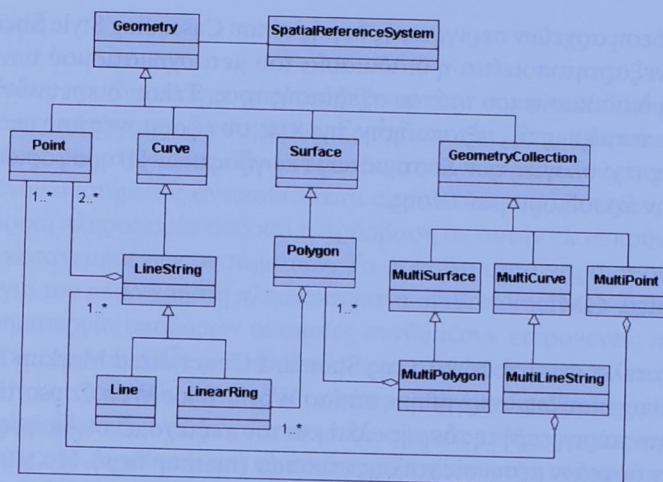
δ) Όλα τα elements που χρησιμοποιούνται να είναι σωστά δηλωμένα.

Ένα ορθά διαμορφωμένο αρχείο XML είναι και έγκυρο αν ακολουθεί και συμμορφώνεται απολύτως με τους κανόνες ενός Σχήματος XML.

Η εφαρμογή της XML στους τομείς των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και της ψηφιακής χαρτογραφίας είναι η Geography Markup Language. Η GML αναπτύχθηκε από το OpenGIS Consortium (OGC) με σκοπό την αποθήκευση αλλά και την ανταλλαγή γεωγραφικής πληροφορίας μέσω της XML. Η πληροφορία που ανταλλάσσεται μέσω της GML αφορά τόσο τη γεωμετρία όσο και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των γεωγραφικών αντικειμένων. Θα πρέπει να τονιστεί ότι έως τώρα η GML καλύπτει την κωδικοποίηση των λεγόμενων απλών αντικειμένων, τα οποία ορίζονται από το OGC ως δισδιάστατα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου και έχουν τόσο χωρικές όσο και μη χωρικές ιδιότητες. Το γεωμετρικό μοντέλο που χρησιμοποιείται από την GML απεικονίζεται στο Σχ. 1.

Στο αντικειμενοστρεφές αυτό μοντέλο, η βασική κλάση είναι αυτή της Γεωμετρίας (Geometry), η οποία έχει ως υποκλάσεις αυτές των γεωμετρικών αρχετύπων (Point, Curve, Surface και Geometry Collection). Επίσης, κάθε γεωμετρί-

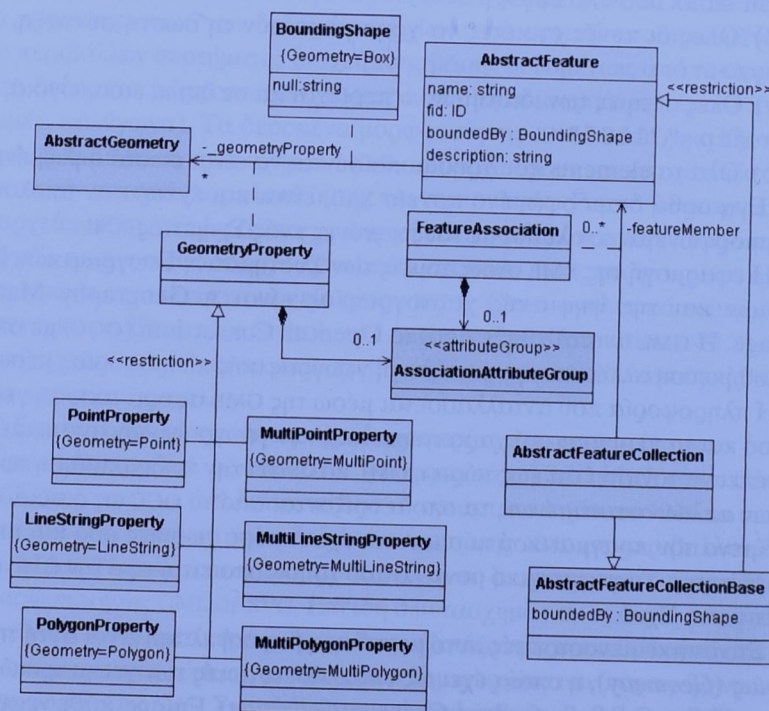
**Σχήμα 1.**  
Το γεωμετρικό μοντέλο της GML  
(OGC, GML ver. 2.1.2, 2002)

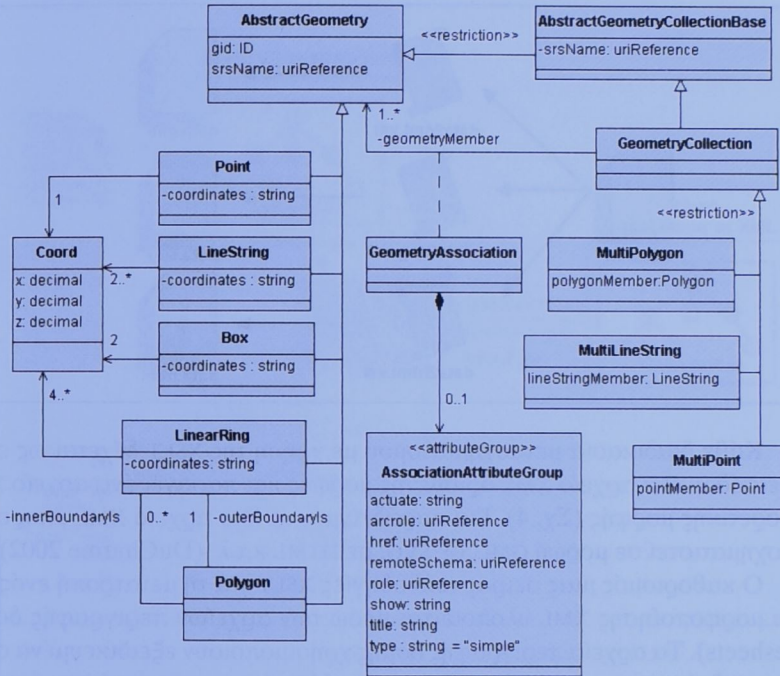


κό αντικείμενο συνδέεται με το σύστημα αναφοράς στο οποίο αναφέρεται. Όλες οι επιμέρους κλάσεις της Γεωμετρίας αναπαριστούν αντικείμενα μηδενικής, μίας ή δύο διαστάσεων, τα οποία σχετίζονται με συγκεκριμένη θέση στο δισδιάστατο χώρο.

Για την κωδικοποίηση των χωρικών οντοτήτων η GML ορίζει τρία διαφορετικά «Σχήματα» XML. Το Σχήμα των γεωγραφικών οντοτήτων (feature.xsd), μέσω του οποίου αναπαρίστανται αντικείμενα, συλλογές αντικειμένων αλλά και περιγραφικά χαρακτηριστικά αντικειμένων (Σχ. 2), το Σχήμα γεωμετρίας (geometry.xsd), το οποίο χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση της γεωμετρίας των αντικειμένων αυτών (Σχ. 3), και το Σχήμα XLink (xlinks.xsd), το οποίο

**Σχήμα 2.**  
Αναπαράσταση του Σχήματος  
γεωμετρίας (geometry.xsd),  
(OGC, GML ver.2.1.2, 2002)





Σχήμα 3.

Αναπαράσταση του Σχήματος των γεωγραφικών οντοτήτων (feature.xsd), (OGC/GML ver.2.1.2, 2002)

παρέχει τις ιδιότητες που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη δυνατοτήτων σύνδεσης (linking). Τα βασικά Σχήματα GML παρέχουν ένα αποτελεσματικό μετα-σχήμα, ή, διαφορετικά, ένα θεμελιώδες σύνολο κλάσεων βάσει του οποίου μπορεί να κατασκευαστεί οποιοδήποτε Σχήμα εφαρμογής (application schema). Η ανάπτυξη κάθε Σχήματος εφαρμογής εμπεριέχει τον ορισμό νέων ειδών τα οποία είτε έχουν οριστεί ήδη στο πλαίσιο των Σχημάτων GML, είτε έχουν προέλθει από την επέκταση ήδη ορισμένων ειδών μέσα από τα Σχήματα αυτά (OpenGIS Consortium 2001).

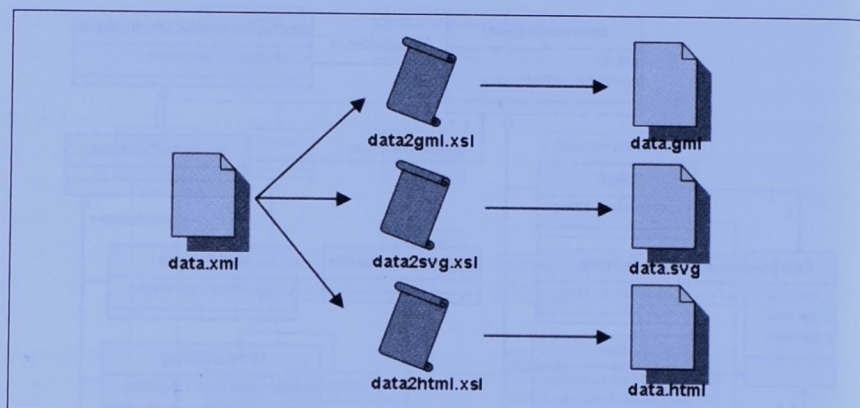
## 2. Μετασχηματισμός δεδομένων GML

Για να αποδοθούν τα δεδομένα κωδικοποίησης GML σε μορφή χάρτη πρέπει να μορφοποιηθούν κατάλληλα.

Για την υλοποίηση μετασχηματισμών μεταξύ διαφορετικών μορφών αρχείων τύπου XML χρησιμοποιείται η eXtensible Stylesheet Language Transformation (XSLT). Η XSLT θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια γλώσσα προγραμματισμού εφαρμογών για την επεξεργασία δεδομένων μορφοποίησης XML. Ως γλώσσα προγραμματισμού παρέχει υποστήριξη σε (World Wide Web Consortium, 1999):

- υποσύνολο ειδών δεδομένων (boolean, number, string, node-set, external objects)·
- σύνολο λειτουργιών <xsl:template>, <xsl:apply-templates>, <xsl:sort>, <xsl:output>·
- αλγοριθμικό έλεγχο της ροής του xsl κώδικα <xsl:if>, <xsl:for-each>, <xsl:choose>.

**Σχήμα 4.**  
Δυνατότητες μορφοποίησης αρχείου  
μέσω της XSLT

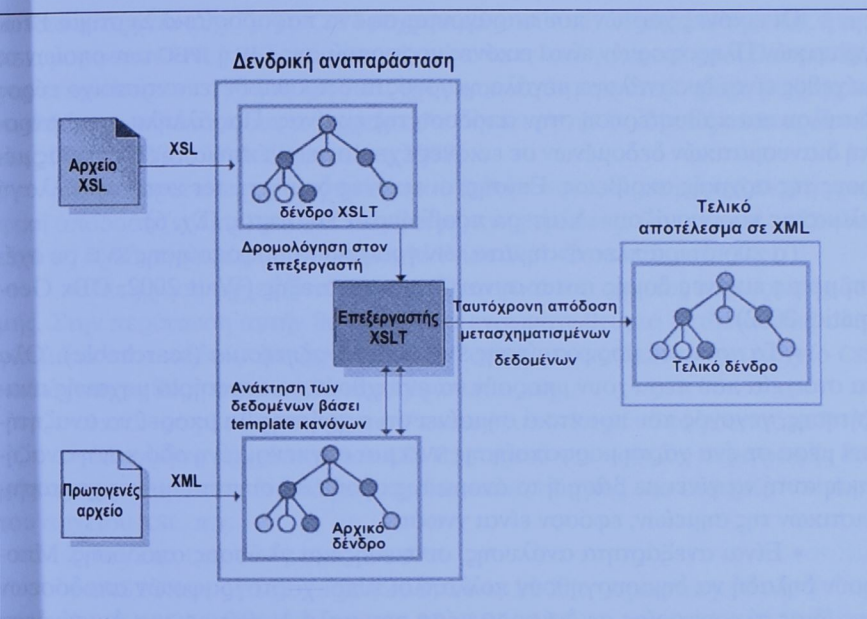


Κάθε διαδικασία μετασχηματισμού με χρήση της XSLT δέχεται ως στο χείο εισόδου ένα αρχείο XML ορισμένης μορφής και παράγει ένα αρχείο XML διαφορετικής μορφής (Σχ. 4). Για παράδειγμα, το ίδιο αρχείο XML μπορεί να μετασχηματιστεί σε μορφή GML, σε SVG, σε HTML κ.τ.λ. (DuCharme 2002).

Ο καθορισμός μιας σειράς από οδηγίες XSLT για τη μετατροπή ενός αρχείου μορφοποίησης XML υλοποιείται μέσω των αρχείων περιγραφής δομής (stylesheets). Τα αρχεία περιγραφής δομής χρησιμοποιούν εξειδικευμένα στοιχεία και ιδιότητες για να περιγράψουν τις αλλαγές που απαιτούνται ώστε να προκύψει το τελικό αρχείο και περιέχουν μια συλλογή από πρότυπους (template) κανόνες. Κάθε κανόνας παρέχει ένα υπόδειγμα (pattern), το οποίο προορίζει τους κόμβους της αρχικής δενδρικής αναπαράστασης στους οποίους εφαρμόζεται το υπόδειγμα, και ένα πρότυπο, το οποίο προστίθεται στο τελικό δένδρο όταν ο επεξεργαστής XSLT εφαρμόσει τον κανόνα στον αντίστοιχο κόμβο (DuCharme 2002).

Η XSLT συνδέεται στενά και με ένα άλλο πρότυπο της τεχνολογίας XML τη γλώσσα XPath. Συγκεκριμένα, η XPath χρησιμοποιείται σε κάθε αρχείο περιγραφής δομής για τον καθορισμό των αντικειμένων του μετασχηματισμού, ενώ η XSLT παρέχει το απαραίτητο λεξιλόγιο για την περιγραφή των κανόνων που διέπουν το μετασχηματισμό (Fuller & Mansfield 2002). Η XPath χρησιμοποιεί τη δενδρική αναπαράσταση των αρχείων XML, η οποία είναι γνωστή ως Document Object Model (DOM), για την αναζήτηση των στοιχείων που πρόκειται να μετασχηματιστούν. Η λειτουργία της μοιάζει με αυτήν της SQL. Όπως ακριβώς η SQL αξιοποιείται για τη διαχείριση και την εξαγωγή δεδομένων από βάσεις δεδομένων, έτσι και η XPath είναι σημαντική επειδή προσδίδει ευελιξία στον εντοπισμό πληροφοριών που πρόκειται να μετασχηματιστούν (World Wide Web Consortium 1998).

Οι μετασχηματισμοί XSL πραγματοποιούνται με τη βοήθεια επεξεργαστών XSLT. Οι επεξεργαστές του τύπου αυτού τίθενται σε λειτουργία από περιβάλλοντα εντολών ή καλούνται μέσω άλλου προγράμματος. Η διαδικασία του μετασχηματισμού των αρχείων XML είναι η ακόλουθη: κατά το πρώτο στάδιο, το οποίο υλοποιείται από έναν *συντακτικό αναλυτή* (XML Parser), παράγεται η δενδρική αναπαράσταση σε αντικείμενα τόσο του αρχείου XML όσο και του αντίστοιχου XSLT. Στη συνέχεια ο επεξεργαστής εφαρμόζει τις οδηγίες του δένδρου XSLT στο αρχικό αρχείο XML δημιουργώντας ένα νέο δένδρο (Σχ. 5). Στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται η μετατροπή του δένδρου που προέκυψε από το μετασχηματισμό στο αντίστοιχο αρχείο XML (Microsoft Corporation 2000).

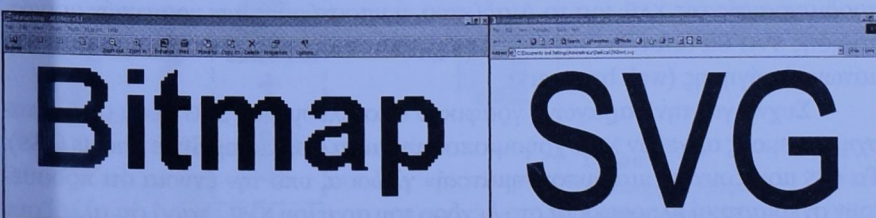


Σχήμα 5.  
Λειτουργία του επεξεργαστή XSLT

### 3. Γραφική απόδοση μέσω SVG

Η απόδοση χωρικών δεδομένων μορφοποίησης XML σε μορφή χάρτη υλοποιείται μέσω της μορφοποίησης Scalable Vector Graphics (SVG). Η SVG είναι μια διαδοστική διανυσματική μορφοποίηση γραφικών που βασίζεται στην XML (World Wide Web Consortium 2002). Οι παράγοντες που συντέλεσαν στην ανάπτυξη του προτύπου SVG ήταν κυρίως δύο: α) η ανάγκη για γραφική απόδοση των πληροφοριών τύπου XML σε μια αντίστοιχη μορφοποίηση, και β) οι αναγνωρισμένες αδυναμίες των παραδοσιακών γραφικών κανονικοποιημένης (raster) δομής (bitmaps) (Watt 2002).

Πιο συγκεκριμένα, ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες των εικόνων στο Διαδίκτυο είναι η αδυναμία εμφάνισης του συνόλου των χρωμάτων. Λόγω αυτού του περιορισμού έχει επικρατήσει η χρησιμοποίηση μόνο 216 χρωμάτων ή, όπως συνήθως αναφέρεται, των χρωμάτων της web-safe παλέτας. Σε αντίθεση με τις εικόνες raster, τα γραφικά μορφοποίησης SVG μπορούν να χρησιμοποιήσουν 16,7 εκατομμύρια χρώματα. Η δυνατότητά τους να χρησιμοποιούν αυτό το μεγάλο εύρος χρωμάτων έγκειται στο γεγονός ότι ο κώδικας SVG φτάνει στο περιβάλλον πλοήγησης (browser) του χρήστη σε μορφή κειμένου και στη συνέχεια αναλαμβάνει το υποσύστημα απόδοσης (SVG viewer) να τον αποκωδικοποιήσει και να τον αποδώσει (Καραγιώργου 2002).



Σχήμα 6.  
Σύγκριση ποιότητας εικόνων bitmap και SVG κατά τη μεγέθυνση

Οι εικόνες χαρτών που παράγονται σε ένα παραδοσιακό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι εικόνες μορφοποίησης GIF ή JPEG των οποίων το μέγεθος είναι δυσανάλογα μεγάλο, γεγονός που προϋποθέτει αντίστοιχο εύρος διαύλου και καθυστέρηση στην απόδοση της εικόνας. Παράλληλα, η μετατροπή διανυσματικών δεδομένων σε εικόνες έχει το μειονέκτημα της απώλειας μέρους της αρχικής ακρίβειας. Επίσης, οι εικόνες δομής raster κατά την αλλαγή κλίμακας παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα ποιότητας (Σχ. 6).

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των γραφικών μορφοποίησης SVG σε σχέση με τις εικόνες δομής raster συνοψίζονται στα εξής (Watt 2002, DBx Geomatics 2002):

- Τα γραφικά μορφοποίησης SVG είναι αναζητήσιμα (searchable). Όλα τα στοιχεία που περιέχουν μπορούν να ενταχθούν σε ευρετήριο μηχανής αναζήτησης, γεγονός που πρακτικά σημαίνει ότι ο χρήστης θα μπορεί να αναζητήσει μέσα σε ένα χάρτη μορφοποίησης SVG μια συγκεκριμένη οδό και η αναζήτηση αυτή να γίνει με βάση ή το όνομα της οδού είτε συντεταγμένες χαρακτηριστικών της σημείων, εφόσον είναι γνωστά.
- Είναι ανεξάρτητα ανάλυσης, συσκευής και γλώσσας απόδοσης. Μπορούν δηλαδή να δημιουργηθούν πολλαπλοί τύποι χαρτογραφικών αποδόσεων της ίδιας πληροφορίας σε διάφορα μέσα που απλά διαθέτουν μια διασύνδεση (interface) τύπου XML και να αποδοθούν σε διαφορετικές γλώσσες.
- Είναι σαφώς μικρότερα σε μέγεθος από τις αντίστοιχες raster εικόνες και συνεπώς μεταφέρονται ταχύτερα, αποτελώντας ιδανική λύση για συσκευές με περιορισμένο εύρος διαύλου και μνήμη, όπως είναι οι κινητές συσκευές.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλα προγράμματα γραφικών ως components λογισμικού και στο πλαίσιο δυναμικών αποδόσεων σε περιβάλλον πολυμέσων.
- Η βελτίωση-διόρθωση μιας εικόνας δομής raster προϋποθέτει τη χρήση του περιβάλλοντος γραφικών στο πλαίσιο του οποίου δημιουργήθηκε, σε αντίθεση με την εικόνα SVG, της οποίας η διόρθωση γίνεται απευθείας στον κώδικα που τη δημιουργεί.
- Η δενδρική αναπαράσταση (DOM) μιας εικόνας SVG είναι διαθέσιμη και ως εκ τούτου είναι πρακτικά δυνατή η προσθήκη δυναμικής συμπεριφοράς στα στοιχεία της με χρήση Javascripts.
- Δίδεται η δυνατότητα μεγέθυνσης και σμίκρυνσης της εικόνας χωρίς απώλειες στην ποιότητά της. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτείται επιπλέον χρόνος αναμονής μέχρι ο εξυπηρετητής (server) να «φορτώσει» μια νέα εικόνα.
- Η προδιαγραφή της SVG είναι συμβατή με υπάρχουσες τεχνολογίες όπως είναι η HTML και η XHTML.

Το μοναδικό ίσως μειονέκτημα των γραφικών μορφοποίησης SVG είναι ότι απαιτούν την εγκατάσταση ενός υποσυστήματος απόδοσης (viewer) για να μπορούν να αποδοθούν σε περιβάλλον Διαδικτύου. Τέτοια υποσυστήματα διατίθενται ήδη (Adobe Systems 2002), αναμένεται δε ότι, με την υλοποίηση της προδιαγραφής της XML για το Διαδίκτυο, η υποστήριξη των γραφικών μορφοποίησης SVG θα αποτελεί ενσωματωμένη δυνατότητα του συνόλου των συστημάτων πλοήγησης (web browsers).

Συχνά για την παραγωγή γραφικού αποτελέσματος SVG μέσα από μετασχηματισμούς αρχείων XML χρησιμοποιούνται τα Cascading Style Sheets (CSS). Τα CSS μοιάζουν με μια «υπομνηματική» γλώσσα, υπό την έννοια ότι προσθέτουν σχεδιαστική πληροφορία στο δένδρο του αρχείου XML, παρά ότι αλλάζουν

το ίδιο το αρχείο (Σχ. 7). Τα CSS δεν χρησιμοποιούν το συντακτικό της XML ή της XSL, μορφοποιώντας με διαφορετικό τρόπο το τελικό γραφικό αποτέλεσμα. Είναι ευκολότερα στη χρήση τους και χρησιμοποιούν μικρότερο χώρο μνήμης, επειδή δεν αναδιατάσσουν το αρχείο ούτε δημιουργούν δενδρικές αναπαραστάσεις (World Wide Web Consortium 1998).

Στην περίπτωση μετασχηματισμού δεδομένων XML σε μορφή SVG η γραφική απόδοση (styling) μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους, όπως αυτοί ορίζονται από τις προδιαγραφές της SVG (World Wide Web Consortium 1999):

- Με χρήση αρχείων τύπου CSS εξωτερικά του αρχείου περιγραφής δομής. Στην περίπτωση αυτήν θα πρέπει να ενσωματωθεί μια διαδικαστική οδηγία μέσα στον κώδικα του αρχείου XSL η οποία να υποδεικνύει το αρχείο CSS καθώς και τη θέση στην οποία αυτό βρίσκεται, π.χ.

```
<?xml-stylesheet type="text/css" href="region.css" ?>
```

- Με χρήση αρχείων τύπου CSS εσωτερικά του αρχείου περιγραφής δομής, ενσωματώνοντας δηλαδή τις σχεδιαστικές οδηγίες στο στοιχείο `<style>` του αρχείου XSL, π.χ.

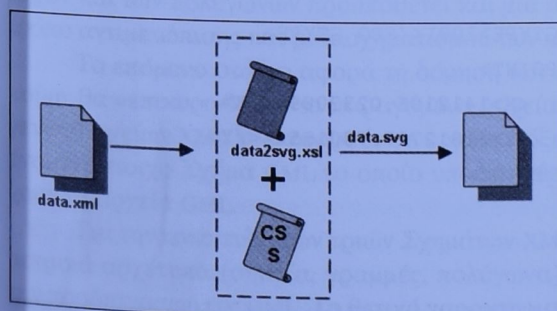
```
<style type="text/css">
#LASITHI{ fill:rgb(203,194,153); opacity:0.2 }
#IRAKLEIO{ fill:rgb(137,205,190); opacity:0.5 }
</style>
```

- Τέλος, μέσα από τον ίδιο τον κώδικα XSL και για κάθε στοιχείο (element) ξεχωριστά, π.χ.

```
<circle style="fill:red; stroke:black;
stroke-width:100" r="2500" cx="{ $circle_X}"
cy="{ $circle_Y}"/>
```

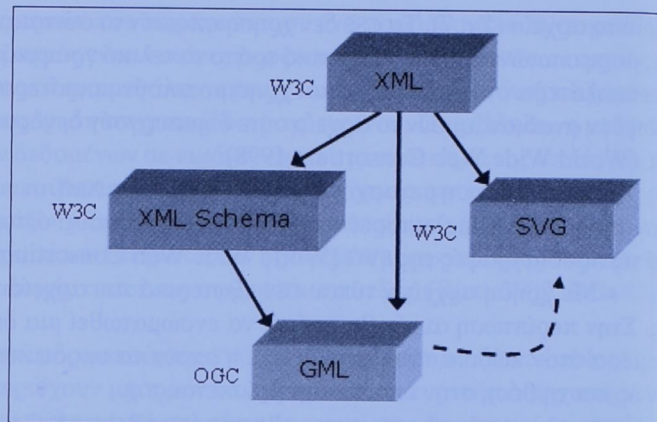
#### 4. Υλοποίηση εφαρμογής

Σκοπός της εφαρμογής είναι η σύνθεση και η απόδοση χαρτών σε περιβάλλον Διαδικτύου με χρήση τεχνολογιών της οικογένειας XML. Το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι η Oracle Spatial 9i. Τα δεδομένα της βάσης αφορούν την Ευρώπη και αποτελούν το υπόβαθρο σύνθεσης θεματικών χαρτών. Για την υλοποίηση της εφαρμογής, η οποία καλύπτει γεωγραφικά τη Ν. Κρήτη, επιλέχθηκε ενδεικτικά ένα χαρακτηριστικό επίπεδο πληροφορίας από κάθε ομάδα γεωγραφικών αντικειμένων. Σε επίπεδο πολυγώνων επιλέχθηκαν τα όρια των νομών, σε επίπεδο γραμμών το οδικό και θαλάσσιο δίκτυο και σε επίπεδο σημείων οι κυριότερες πόλεις.



Σχήμα 7.  
Δημιουργία γραφικών  
μορφοποίησης SVG

**Σχήμα 8.**  
Εναλλακτικοί  
τρόποι  
δημιουργίας  
αρχείων SVG από  
δεδομένα XML



Όπως αναλύεται στη συνέχεια, τα χωρικά δεδομένα εξάγονται σε μορφή XML. Για την απόδοση του αποτελέσματος σε εικόνα μορφοποίησης SVG υπάρχουν δύο επιλογές (Σχ. 8): α) ο απευθείας μετασχηματισμός των αρχείων XML σε SVG, και β) ο μετασχηματισμός τους κατ' αρχάς σε δεδομένα GML με βάση ένα Σχήμα XML, και στη συνέχεια η μετατροπή τους σε μορφή SVG. Η πρώτη προσέγγιση υλοποιήθηκε για να καταστεί δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων που δίνει με τα αντίστοιχα της δεύτερης (Σπανάκη 2002). Το Σχ. 9 απεικονίζει το σύνολο των φάσεων μέσα από τις οποίες υλοποιείται η διαδικασία της χαρτοσύνθεσης, όπως και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση κάθε φάσης.

Για την εξαγωγή κάθε επιπέδου πληροφορίας εκτελέστηκαν χωρικές ερωτήσεις στο περιβάλλον της Oracle 9i. Η πληροφορία που περιέχεται στα αρχεία XML σημειακών οντοτήτων, όπως αυτά «εξάγονται» από τη βάση δεδομένων, αφορά το μοναδικό OBJECTID κάθε σημείου, το όνομά του (εν προκειμένω το όνομα της πόλης) και τη γεωμετρία του εκφρασμένη σε συντεταγμένες y [SDO\_POINT element] (Plewe 2002), όπως φαίνεται στον Πίν. 1.

**Πίνακας 1.**

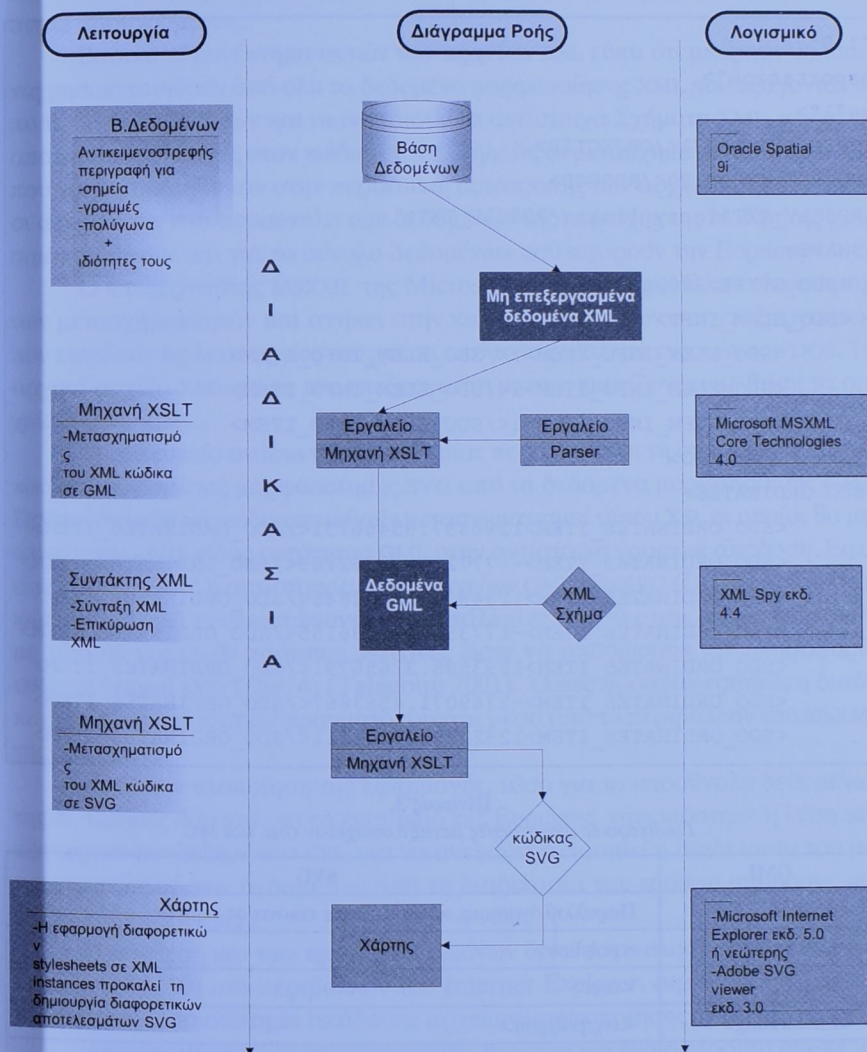
Μορφή αρχείου XML για σημειακές οντότητες όπως εξάγεται από την Oracle Spatial

```

<?xml version="1.0"?>
<layer id="cities">
  <ROW num="1">
    <OBJECTID>5095</OBJECTID>
    <STSNM>RETHIMNON</STSNM>
    <SHAPE>
      <SDO_GTYPE>2001</SDO_GTYPE>
      <SDO_POINT>
        <X>1412195.02330894</X>
        <Y>-1812727.78015544</Y>
      </SDO_POINT>
    </SHAPE>
  </ROW>
  .

```

## Διαγραμματική Ροή Σύνθεσης Χάρτη μέσω GML



**Σχήμα 9.**

Οι φάσεις υλοποίησης της διαδικασίας χαρτοσύνθεσης και τα αντίστοιχα εργαλεία

Αντίθετα, η γεωμετρική πληροφορία των αρχείων XML τα οποία αφορούν σε τόξα ή σε πολύγωνα περιγράφεται μέσω του στοιχείου SDO\_ORDINATES σε μορφή SDO\_ORDINATES\_ITEM εναλλάξ για κάθε x και y (Πίν. 2). Το γεγονός ότι διαφέρει ο τρόπος αποθήκευσης της γεωμετρίας των σημείων από αυτής των τόξων και των πολυγώνων προϋποθέτει και μια διαφορετική προσέγγιση στον τρόπο αντιμετώπισης και μετασχηματισμού των αρχείων αυτών.

Το επόμενο στάδιο αφορά τη δόμηση των Σχημάτων XML έναντι των οποίων θα «επικυρωθούν» τα παραγόμενα αρχεία GML. Για κάθε είδος πρωτογενών αρχείων XML που αφορούν σε σημεία, τόξα και πολύγωνα αναπτύχθηκε ένα αντίστοιχο Σχήμα GML το οποίο υποδεικνύει τη μορφή που πρέπει να έχουν τα αρχεία GML.

Για την ανάπτυξη των τριών Σχημάτων XML χρησιμοποιήθηκαν τα γεωμετρικά αρχέτυπα (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) όπως αυτά παρέχονται από την προδιαγραφή της GML. Το θετικό χαρακτηριστικό της προδιαγραφής αυτής

**Πίνακας 2.**

Μορφή αρχείου XML για γραμμικές οντότητες όπως εξάγεται από την Oracle Spatial

```
<?xml version="1.0"?>
<layer id="transportation">
  <ROW num="1">
    <OBJECTID>16821</OBJECTID>
    <RDSGCD>YY000120</RDSGCD>
    <RDSGLV_TXT>ferry links</RDSGLV_TXT>
    <SHAPE>
      <SDO_GTYPE>2002</SDO_GTYPE>
      <SDO_ELEM_INFO>
        <SDO_ELEM_INFO_ITEM>1</SDO_ELEM_INFO_ITEM>
        <SDO_ELEM_INFO_ITEM>2</SDO_ELEM_INFO_ITEM>
        <SDO_ELEM_INFO_ITEM>1</SDO_ELEM_INFO_ITEM>
      </SDO_ELEM_INFO>
      <SDO_ORDINATES>
        <SDO_ORDINATES_ITEM>1295897.95466731</SDO_ORDINATES_ITEM>
        <SDO_ORDINATES_ITEM>-1777209.05262709</SDO_ORDINATES_ITEM>
        <SDO_ORDINATES_ITEM>1294996.26554845</SDO_ORDINATES_ITEM>
        <SDO_ORDINATES_ITEM>-1773543.59396155</SDO_ORDINATES_ITEM>
        <SDO_ORDINATES_ITEM>1293588.32656791</SDO_ORDINATES_ITEM>
        <SDO_ORDINATES_ITEM>-1769071.4563867</SDO_ORDINATES_ITEM>
        <SDO_ORDINATES_ITEM>1292228.49223011</SDO_ORDINATES_ITEM>
      </SDO_ORDINATES>
    </SHAPE>
  </ROW>
</layer>
```

**Πίνακας 3.**

Γεωμετρικές αντιστοιχίες μεταξύ στοιχείων GML και SVG

| GML               | SVG                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|
| <point>           | Παραλληλόγραμμο, κύκλος, raster εικόνα σε σημείο               |
| <LineString>      | <polyline>                                                     |
| <Box>             | <rect>                                                         |
| <LinearRing>      | <svg:polygon>                                                  |
| <Polygon>         | <polygon>                                                      |
| <MultiPoint>      | Παραλληλόγραμμο, κύκλος, raster εικόνα σε σημείο               |
| <MultiLineString> | Μια ομάδα από <svg:polyline> στοιχεία μέσα σε ένα <g> στοιχείο |
| <MultiPolygon>    | Μια ομάδα από <svg:polyline> στοιχεία μέσα σε ένα <g> στοιχείο |

είναι ότι δεν απαιτεί την κατασκευή νέων ειδών για την περιγραφή της γεωμετρίας των οντοτήτων, αλλά με μεθόδους όπως η <include> και <import> εισάγονται τα γεωμετρικά αρχέτυπα της GML σε οποιοδήποτε σχήμα όπως απαιτείται από τις ανάγκες της εφαρμογής.

Για το μετασχηματισμό των πρωτογενών αρχείων XML σε αρχεία GML χρησιμοποιήθηκαν η XSLT και η XPath. Η δημιουργία αρχείων XSL αποτελεί αναμφισβήτητο το πιο κρίσιμο αλλά και δύσκολο τμήμα της διαδικασίας. Η λογική που ακολουθείται είναι καθαρά «προγραμματιστική», ώστε τα αποτελέσματα του μετασχηματισμού να πληρούν τις απαιτήσεις όχι μόνο της εφαρμογής αλλά και των προδιαγραφών της μορφοποίησης GML του τελικού αποτελέσματος.

τως. Για τη μετατροπή κάθε αρχείου XML δημιουργήθηκε αντίστοιχος κώδικας XSL που τα μετατρέπει σε αρχεία GML με βάση το Σχήμα XML, όπως αυτό ορίστηκε προηγουμένως.

Βασικό πλεονέκτημα αυτών των αρχείων XSL είναι ότι μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν από όλα τα δεδομένα μορφοποίησης XML που εξάγονται από τη βάση δεδομένων και ικανοποιούν τα αντίστοιχα Σχήματα XML, χωρίς να απαιτούνται αλλαγές στον κώδικά τους. Δηλαδή οι μετασχηματισμοί τύπου XSL που χρησιμοποιήθηκαν στην περίπτωση μετατροπής των αρχείων XML οι οποίοι αφορούσαν στο υποσύνολο των δεδομένων της περιοχής της Ν. Κρήτης χρησιμοποιήθηκαν και για το σύνολο δεδομένων που αφορούν την Ευρώπη.

Ο επεξεργαστής MSXML της Microsoft είναι το περιβάλλον υλοποίησης των μετασχηματισμών και ανήκει στην κατηγορία εκείνων των επεξεργαστών που εκτελούν τις λειτουργίες τους μέσα από το περιβάλλον εντολών του DOS. Τα αρχικά αρχεία XML μέσω του επεξεργαστή μετασχηματίζονται με βάση τα αρχεία XSL σε GML.

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας περιλαμβάνει τη δημιουργία γραφικού αποτελέσματος μορφοποίησης SVG από τα δεδομένα μορφοποίησης GML. Πρέπει δηλαδή να κωδικοποιηθούν μετασχηματισμοί τύπου XSL οι οποίοι θα μετατρέπουν κάθε είδος οντότητας GML στην αντίστοιχη γραφική απόδοση. Εφόσον είναι γνωστή η αντιστοιχία των στοιχείων GML και SVG (Πίν. 3), μέσα στον κώδικα της XSL ενσωματώνονται οι κατάλληλες οδηγίες και διαμορφώνονται με τέτοιον τρόπο οι πρότυποι κανόνες ώστε να αποδώσουν την πληροφορία GML σε μορφή SVG (Πίν. 4) (Taladoire 2001). Όπως προαναφέρθηκε, η διαδικασία μετασχηματισμού πραγματοποιείται μέσα από το περιβάλλον του MSXML της Microsoft.

Κατά την υλοποίηση της εφαρμογής, τόσο για το υποσύνολο δεδομένων της Ν. Κρήτης όσο και για το ευρύτερο της Ευρώπης, εφαρμόστηκε η λύση των εξωτερικά συνδεδεμένων CSS, για να ανεξαρτητοποιηθεί η διαδικασία του μετασχηματισμού των δεδομένων από τη διαδικασία του τρόπου απόδοσης και συμβολισμού (styling).

Η σύνθεση και των τριών SVG εικόνων δίνει το ακόλουθο γραφικό αποτέλεσμα (Σχ. 10) στο περιβάλλον του Internet Explorer, αφού προηγουμένως εγκατασταθεί το σύστημα απόδοσης αρχείων μορφοποίησης SVG της Adobe.

Από την υλοποίηση της εφαρμογής προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα τα οποία αφορούν τη μορφοποίηση SVG.

- Το μέγεθος των εικόνων SVG που δημιουργούνται από τη μετατροπή των XML σε SVG είναι ακριβώς το ίδιο με το μέγεθος των αρχείων SVG που δημιουργούνται από την μετατροπή των XML σε GML και μετέπειτα σε SVG.
- Υπάρχει το ενδεχόμενο τα αρχεία SVG που προέρχονται από απευθείας μετασχηματισμό των XML σε SVG να μην είναι έγκυρα, ενώ, αντίθετα, αυτά που έχουν προέλθει από δεδομένα GML είναι πάντα έγκυρα, και τούτο διότι τα δεδομένα GML υπακούουν στους κανόνες των Σχημάτων XML όπως αυτά έχουν οριστεί στην εφαρμογή. Για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η μετατροπή των αρχείων XML σε GML, και όχι η απευθείας μετατροπή τους σε SVG.
- Τα stylesheets που αρχικά δημιουργήθηκαν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν με μικρές αλλαγές για την παραγωγή διαφορετικών χαρτών από τα ίδια αρχικά δεδομένα.
- Τα μεγέθη των εικόνων SVG είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα των αρχικών δεδομένων.

Πίνακας 4.

Stylesheet για μετασχηματισμό γραμμικών GML δεδομένων σε SVG

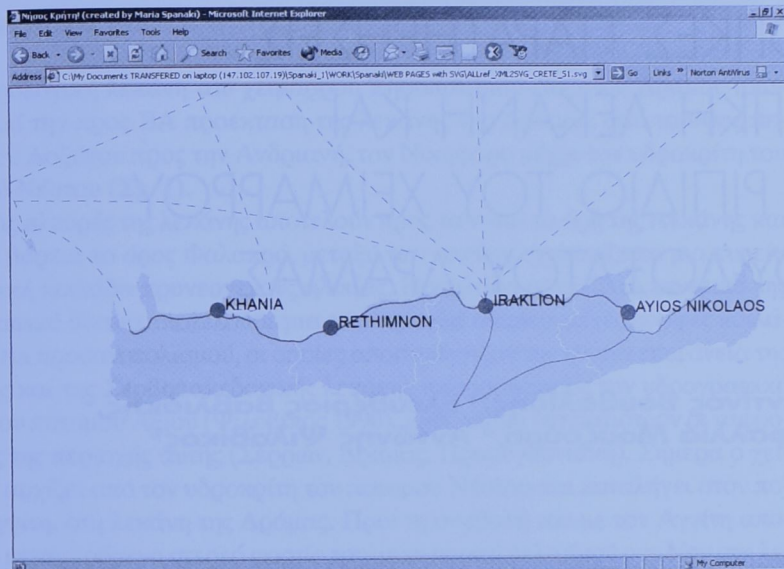
```

<!-- Transforms GML data (linestrings) to SVG polylines -->
<xsl:stylesheet version="1.0"
xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">
<xsl:output method="xml" media-type="image/svg+xml" indent="yes" doctype-
public="-//W3C//DTD SVG 1.0//EN" doctype-
system="http://www.w3.org/TR/2001/REC-SVG-20010904/DTD/svg10.dtd"/>
<xsl:template match="/">
<svg width="100%" height="100%" viewBox="1290000 1750000 300000 120000">
<title> Κρήτη (svg εικόνα) </title>
<g transform="scale(1,-1)">
<xsl:attribute name="class">arcs</xsl:attribute>
<xsl:attribute name="id">routes</xsl:attribute>
<xsl:for-each select="MapAtlas/MapLineStrings">
<polyline>
<xsl:attribute name="class">
<xsl:value-of select="@RDSGLV_TXT"/>
</xsl:attribute>
<xsl:attribute name="Code">
<xsl:value-of select="@OBJECTID"/>
</xsl:attribute>
<xsl:attribute name="RDSGCD">
<xsl:value-of select="@RDSGCD"/>
</xsl:attribute>
<xsl:variable name="npoints"
select="LineStringsGeometry/gml:coordinates"/>
<xsl:attribute name="points"><xsl:value-of
select="LineStringsGeometry/gml:coordinates"/>
</xsl:attribute>
</polyline>
</xsl:for-each>
</g>
</svg>
</xsl:template>
</xsl:stylesheet>

```

## 5. Σύνοψη

Το Διαδίκτυο εξελίσσεται ταχύτατα σε μια τυποποιημένη πλατφόρμα εφαρμογής των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Υφίσταται ήδη ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών λόγω και της διαθεσιμότητας χωρικών δεδομένων σε περιβάλλον διαδικτύου. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η προσέγγιση αυτή είναι χαρακτηριστικά των απαιτήσεων του σύγχρονου χρήστη (πρόσβαση από οποιαδήποτε γεωγραφική θέση σε ενημερωμένες πηγές πληροφοριών, τυποποιημένη μορφή διεπιφάνειας, οπτικοποίηση). Προϋπόθεση υλοποίησης των εφαρμογών αυτών είναι η ύπαρξη προτύπων δομής, μορφοποίησης και μεταφοράς των χωρικών δεδομένων τα οποία μπορούν να στηριχθούν σε τεχνολογίες τύπου XML, και ειδικότερα στη μορφοποίηση GML.



Σχήμα 10.

Γραφική απόδοση δεδομένων μορφοποίησης GML μέσω της SVG

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adobe Systems (2001), *Adobe(r) SVG Viewer for Windows. Release Notes. Version 3.0.*
- DBx Geomatics (2002), «SVG Map Maker for MapInfo Professional Software Documentation», Scalable Vector Graphics (SVG) Publish Vector Maps on the Web.
- DuCharme, B. (2002), *XSLT Quickly*, Manning Editions.
- Fuller, W. D., Mansfield, A. P. (2002), *Graphical Stylesheets Using XSLT to Generate SVG.*
- Καραγιώργου, Α. (2002), *Το χρώμα στους ψηφιακούς άτλαντες*, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Γεωπληροφορική».
- Microsoft Corporation (2000), *Microsoft XML Parser User's Manual*, Microsoft XML Core Services (MSXML) 4.0.
- OpenGIS Consortium (2002), *Geography Markup Language (GML) 2.1.2*, OpenGIS® Implementation Specification.
- Plewe, B. (2002), *A Simple Web Mapping Solution for Complex Spatial Databases*, svg Open/Carto.Net Developer's Conference.
- Σπανάκη, Μ. (2002), *Η συμβολή των τεχνολογιών τύπου XML στη σύνθεση και απόδοση χαρτών*, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Γεωπληροφορική».
- Taladoire, G. (2001), *Geospatial Data Integration and Visualisation Using Open Standard.*
- Watt, A. (2002), *Designing SVG Web Graphics*, New Riders Publishing.
- World Wide Web Consortium (1998), *Cascading Style Sheets Level 2 CSS2 Specification.*
- World Wide Web Consortium (1998), *Document Object Model (DOM) Level 1.*
- World Wide Web Consortium (1999), *Associating Style Sheets with XML Documents. Version 1.0.*
- World Wide Web Consortium (1999), *XSL Transformations (XSLT), Version 1.0.*
- World Wide Web Consortium (2000), *Extensible Markup Language (XML) 1.0*, Second Edition.
- World Wide Web Consortium (2002), *Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification.*

Η GML είναι ένα πρότυπο μορφοποίησης της ψηφιακής καταγραφής γεωγραφικών οντοτήτων το οποίο μπορεί να κωδικοποιήσει τα περισσότερα είδη γεωγραφικών πληροφοριών. Με τη μορφή αυτή, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως γενικό πρότυπο ανταλλαγής χωρικών δεδομένων. Είναι αντικειμενοστρεφής, με την έννοια ότι μπορεί να περιγράψει μοντέλα αντικειμένων του πραγματικού κόσμου με έναν ιδιαίτερα κατανοητό τρόπο. Το γεγονός αυτό καθιστά τα αρχεία GML εύκολα αναγνώσιμα από ανθρώπους και συστήματα, με παράλληλη μείωση του χρόνου που απαιτείται για σχεδιασμό και υλοποίηση εφαρμογών. Η GML μπορεί εύκολα να μετασχηματιστεί χρησιμοποιώντας την XSLT ή σχεδόν οποιαδήποτε άλλη γλώσσα προγραμματισμού.

Το σύνολο του λογισμικού τεχνολογίας XML για την υποστήριξη των φάσεων σύνθεσης και απόδοσης ενός χάρτη διατίθεται ελεύθερα (open for source SW), χωρίς τη χρήση κάποιου εξειδικευμένου εμπορικού πακέτου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα υποστήριξης της χαρτογραφικής απόδοσης αποτελεί η SVG, της οποίας τα χαρακτηριστικά την καθιστούν σαφώς ανώτερη οποιασδήποτε άλλης προσέγγισης.

Η δυνατότητα της SVG να συνεργάζεται με άλλες τεχνολογίες θέτει τις βάσεις για την εφαρμογή της σε σταθερές και φορητές συσκευές. Τα είδη των συσκευών στα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μορφοποίηση SVG είναι οι προσωπικοί υπολογιστές, οι υπολογιστές μεγέθους παλάμης (PDAs) και τα κινητά και σταθερά τηλέφωνα που διαθέτουν ενσωματωμένες οθόνες γραφικών. Οι συσκευές αυτές αποτελούν λειτουργικά μέρη ενός ευρύτερου συστήματος που αποκαλείται σύστημα υπηρεσιών θέσης. Η σύγκλιση/σύνθεση πολλαπλών τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, του Διαδικτύου, των ασύρματων επικοινωνιών, των τεχνολογιών προσδιορισμού θέσης και των φορητών συσκευών, δίνει ώθηση σε νέους (ιδιαίτερα αποτελεσματικούς και φιλικούς) τρόπους αξιοποίησης και χαρτογραφικής απόδοσης της χωρικής πληροφορίας.