



Получена: 14.12.2022 г.

Приета: 07.03.2023 г.

## АВТОМАТИЗИРАНО КОДИРАНЕ НА ПРИЛОЖНА СХЕМА НА ГЕОИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА НА ПЪТНОТРАНСПОРТНИТЕ ПРОИЗШЕСТВИЯ ЗА ПРЕМИНАВАНЕ КЪМ НИВО НА ДАННИТЕ ЧРЕЗ СИСТЕМА ЗА КЛАСИФИКАЦИЯ И КОДИРАНЕ

М. Ангелова<sup>1</sup>

*Ключови думи:* концептуално моделиране, международна стандартизация, пространствени данни, систематизация, класификатор

### РЕЗЮМЕ

За коректното функциониране на една съвременна геоинформационна система са необходими фундаменталните елементи концептуализация, стандартизация, систематизация и автоматизация, работещи в унисон. Целта на статията е да демонстрира подход, в който след етапа на концептуално моделиране на Геоинформационна система на пътнотранспортните произшествия, резултатният концептуален модел се използва автоматизирано и еднократно за преминаване към физическа реализация на системата на базата на международната стандартизация. В основата на разработката лежи подходът на *ISO Technical Committee 211 – Geographic information/Geomatics* за концептуално моделиране и обмен на геоинформация, съчетан със система за класификация и кодиране, като използваната класификация е въз основа на нормативната уредба на Р България. Резултатът е осигуряване на структурата на всички елементи и атрибути с типовете им данни, генерирани в концептуалния модел на приложното му ниво, което прави възможно тяхното имплементиране в системата под формата на създаден класификатор и последващо кодиране в независима от системата структура от данни, подходяща за съхранение и обмен. Като извод се дефинира, че автоматизираното и унифицирано транспониране във функционален физически модел за анализ на пътнотранспортни произшествия на основата на международни стандарти за геоинформация е важен етап от цялостната разработка на геоинформационната система, който от своя страна е част от коректното отговаряне на съвременните изисквания за качествени геоданни и услугите с тях.

---

<sup>1</sup> Мария Ангелова, инж., кат. „Геодезия и Геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [mangelova\\_fgs@uacg.bg](mailto:mangelova_fgs@uacg.bg)

## 1. Въведение

Когато става въпрос за работа с ценния ресурс пространствени данни и тяхното оптимално използване чрез внедряването им в геоинформационна система (ГИС), е важно да се следва стандартизиран на високо ниво подход, за да се осигури максимална функционалност – като се започне от общата терминология с цел международно разбиране на геоинформацията, през специфицирането и визуалното моделиране с цел по-добро разбиране на моделите и автоматизирано преминаване към модел, който е специфичен за дадена платформа, до хармонизацията на хетерогенни данни и обмяна на геоинформация и услуги с геоданни за постигане на оперативна съвместимост.

Такъв подход, обхващащ всички етапи на съществуване на ГИС (концептуализация, автоматизирано имплементиране, експлоатация, оптимизация и поддръжка), съвместяващ продуктите, разработени от международните организации по стандартизация – *International Standardization Organization (ISO)* и нейните технически комитети (*TC*), промишления консорциум *Open Geospatial Consortium (OGC)*, международния консорциум *World Wide Web Consortium (W3C)*, европейското стандартизиращо тяло *CEN*, еквивалент на *TC* за *ISO*, международната организация *Object Management Group (OMG)*, които са фундамент на националната инфраструктура за пространствени данни (НИПД), е избран да бъде следван при разработка на ГИС на пътнотранспортните произшествия (ПТП), а именно – *ISO/TC 211 – Geographic information/Geomatics – Model Driven Architecture (MDA)* с разширение към спецификации *XML/GML*, *WFS* и други, разгледан в [1] и приложен в [2].

Съгласно унифицирания подход в основата лежи концептуалният модел, дефиниран като независим от изчисленията модел с четири нива на абстракция (метаметамодел, метамодел, приложно ниво, ниво на данните), определящ концепциите на частта от реалния свят, която ще се моделира, и описващ пълно и еднозначно обектите от даден домейн [3]. Разбира се, за да се достигне етапът на физическо разработване на системата, първоначалните процеси по проектиране са преминали – от метаметамодел към изработване на концептуална и приложна схема чрез *Unified modeling language (UML) Class* и *Use case* диаграми с използване на възможностите на специализиран софтуер *Enterprise Architect 16.0*. Следващият етап представлява преминаването към физическа реализация, част от която е трансформиране на създадената приложна схема в компютърно приложима за нивото на данните и създаване на пътен класификатор за нуждите на ГИС на ПТП.

## 2. Приложна схема на ГИС на ПТП

### 2.1. Подход за създаване на приложна схема

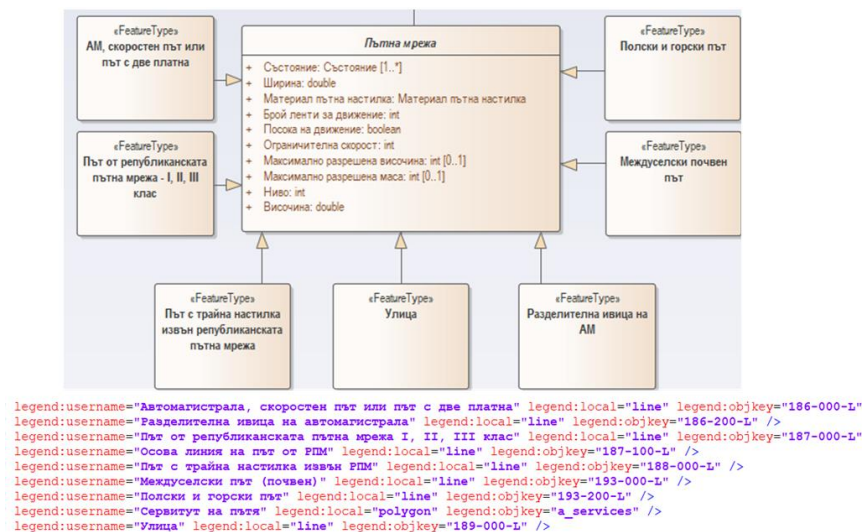
Както е известно, в контекста на пространствената информация, приложната схема осигурява формално описание на логическата структура от данни, съдържанието на набора от данни, както и типовете на пространствените обекти, операциите за манипулиране и обработка, необходими за пълното им описание. Най-общо, приложната схема описва информацията в компютърно четима форма, т.е. поддържа правилното ѝ използване [4]. Съгласно стандартите, които се занимават с нейното създаване (*ISO 19 106 Приложна схема*, *ISO 19 109 Правила за прилагане на приложна схема*, *ISO 19 103 Език за описание на концептуална схема*), формалното ѝ представяне се извършва чрез

моделиращ език, чиято цел е прилагане на пълно и еднозначно дефинирани правила за структурирано описание на една система [5]. Серията стандарти за пространствена информация *ISO TC 211* определя за най-подходящ език за описание на концептуална схема унифицирания език за моделиране *UML*.

Друг компонент на имплементирането на една ГИС по време и след концептуалното ниво е елементът кодиране. Технически спецификации, които се използват за приложни задачи по този въпрос, са създадени и внедрени от *OGC* и *W3C* – *eXtensible Markup Language (XML)* и *Geography Markup Language (GML)*. *XML* е основополагащ маркиращ език, който не е ограничен до определен набор от маркери и поради тази причина е наречен „разширяем“. Той се основава на набор от правила за създаване на стандартни информационни формати и за **споделяне едновременно на формата и данните с дефинираната структура** [6, 7]. Голямо предимство на *XML* и *GML* е, че съдържат механизъм за проверка на целостта на данните и тяхната валидация, което позволява сървъри и потребители да удостоверят, че информацията, която изпращат и получават, отговаря на спецификацията, както и механизми за трансформации на визуализация, координатни трансформации, пространствени заявки и геопространствена генерализация [8].

За създаването на концептуалния модел на ГИС на ПТП е използван водещият световен софтуер за визуално моделиране, който позволява да се приложат актуалните международни стандарти и технически спецификации по предметната и технологичната област – *Enterprise Architect, версия 16.0*. Той е избран поради факта, че притежава инструменти за създаване и администриране на концептуален, логически и физически модел на данни, основан е на обектно-ориентирано програмиране (ООП), което позволява директно моделиране на географски обекти, поддържа генериране на приложни схеми *XSD*, импортиране и експортиране на *XML*-базирани документи и други.

Създадените концептуална и приложна схеми на ГИС на ПТП чрез езика *UML*, са представени чрез клас диаграми, които използват функционалностите на обектно-ориентираното програмиране (ООП) – дефинирани са релации от тип наследяване (една от основните и най-важни характеристики на ООП поради своята функция от намаляване на повторемостта), агрегация и композиция между отделните класове; дефинирани са абстрактни класове, специфика на които е, че не се инстанцират директно – инстанцират се само техните подкласове, които наследяват характеристиките на своите суперкласове; определени са повторемости (т.нар. *multiplicity*) на атрибутните стойности, присвоени към класовете, както и номенклатурни стойности (*enumerations*) и кодови листи (*code lists*) със значения за тези атрибути. С цел описание на последващия етап на развитие на ГИС на ПТП малка част от *UML* клас диаграмата, представяща концептуалния модел, системата на приложното му ниво, е представена на фиг. 1. Пътната мрежа с всички свои характеристики, като състояние, ширина, материал на пътна настилка, брой ленти за движение и други е представена като абстрактен суперклас на всички типове пътища – автомагистрала, път от републиканска пътна мрежа и други, като е избрано всеки различен тип път да е отделен клас, от който да се инстанцират обектите от гледна точка на бъдещата различна визуализация, обвързана с различни условни знаци. Описани са характеристики на дефинираните класове (атрибутните стойности) заедно с номенклатурни листи, като са избрани така, че впоследствие пълно и функционално да се опише пространствен набор от данни, който в [9] се разглежда като индетифицируема колекция от дефинираните вече екземпляри от клас на обект, които имат пространствено изражение и се характеризират със свойства, наричани атрибути (притежаващи име, тип на данните, релация със съответен домейн) и състояние (множество от стойности, деклариран в елементите на класа).



Фиг. 1. Автоматизирано кодиране на приложна схема на ГИС на ПТП – UML Class диаграма и XSD схема

## 2.2. Автоматизирано кодиране на приложна схема в XSD схема

Следвайки основното предимство, че стандартите и спецификациите образуват свързана структура и нещо повече – тяхното комбиниране дава възможност за изграждане на подход за дефиниране на оперативно съвместими геоданни, геоуслуги и процеси, е използвана методологията за **обвързване на моделирането на реалния свят, резултатната концептуална и приложна схема и действителното представяне на геоданните**. В съответствие с подхода на международната организация по стандартизация, *UML* моделът е кодиран в *XML/GML* схема, а следващ етап е данните да се кодират в *XML/GML* формат в съответствие със схемата.

Автоматизираното кодиране на генерираната приложна схема на ГИС на ПТП е извършено чрез възможностите на *Enterprise Architect 16.0* за експортиране на *XML Schema Definition – XSD*. *XSD* е необходима, за да се прочете и използва *XML/GML* – тя е подробно описание на елементите, атрибутите им и типа на данните в документа, т.е. тяхната структура и подредба. Връзката между схемата и документа се задава в заглавния ред на документа – специфицира се схемата, по която следва да се разчете той [6, 7].

По този начин е осигурена структурата на всички елементи и атрибути с техните типове данни, генерирани в концептуалния модел на приложното му ниво, което прави възможно тяхното имплементиране в системата под формата на класификатор и последващо кодиране в независима от системата структура от данни, подходяща за съхранение и пренос (фиг. 1).

## 3. Разработка на пътен класификатор въз основа на система за класификация и кодиране

### 3.1. Пътен класификатор за нуждите на ГИС на ПТП

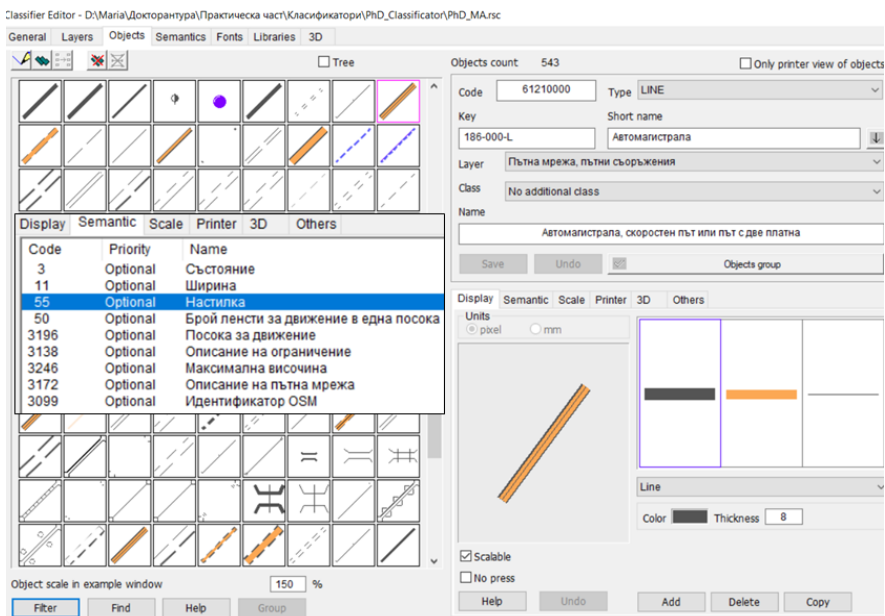
Така генерираната *XSD* схема е импортирана в софтуерната система ГИС Панорама – универсална система, съдържаща функционалности за импортиране на съхранение,

обработка, анализирани и обмен на пространствени данни, инструменти за работа с пространствени бази данни, както и инструменти за разработка на потребителски ГИС приложения чрез кодиране – *GIS ToolKit*, и основаваща се на принципите на системата за класификация и кодиране (СКК).

СКК представлява набор от правила, определящи реда за класификация и кодиране на обекти, атрибути и стойности на атрибути. В нея се дефинират следните понятия [10]:


- класификация на обектите – разделяне на множество от обекти в подмножества в съответствие с географски признаци;
- класификатор – документ, съдържащ систематизиран набор от наименования и кодови значения на обектите и техните атрибути, класифицирани и кодирани в съответствие с приетата СКК;
- кодиране на обектите – присвояване на символни обозначения към обектите, техните атрибути и стойностите на атрибутите в съответствие с определени правила, които обезпечават възможността за извличането им от множество данни.


Най-общо класификаторът представлява набор от стандартни атрибути, които се използват за тематична класификация на обектите. Чрез *XSD* схемата е генериран класификатор, в който компонентите, резултат от концептуалното моделиране, са разделени на тематични слоеве, във всеки слой са групирани отделните обекти с техния тип (точков, линеен, площен), а за всеки обект са присвоени съответните атрибути с техните типове (целочислен, низов, списък от стойности, изображение, линк към обект и други). На всички елементи са присвоени уникални кодове и ключове. Към всеки обект е присвоен и стил на визуализация (векторен знак или потребителско изображение). Част от създадения пътен класификатор е представен на фиг. 2 и фиг. 3.





**Фиг. 2. Пътен класификатор за нуждите на ГИС на ПТП – пример за обект автомагистрала**

A1  Опасен завой надясно

A2  Опасен завой наляво

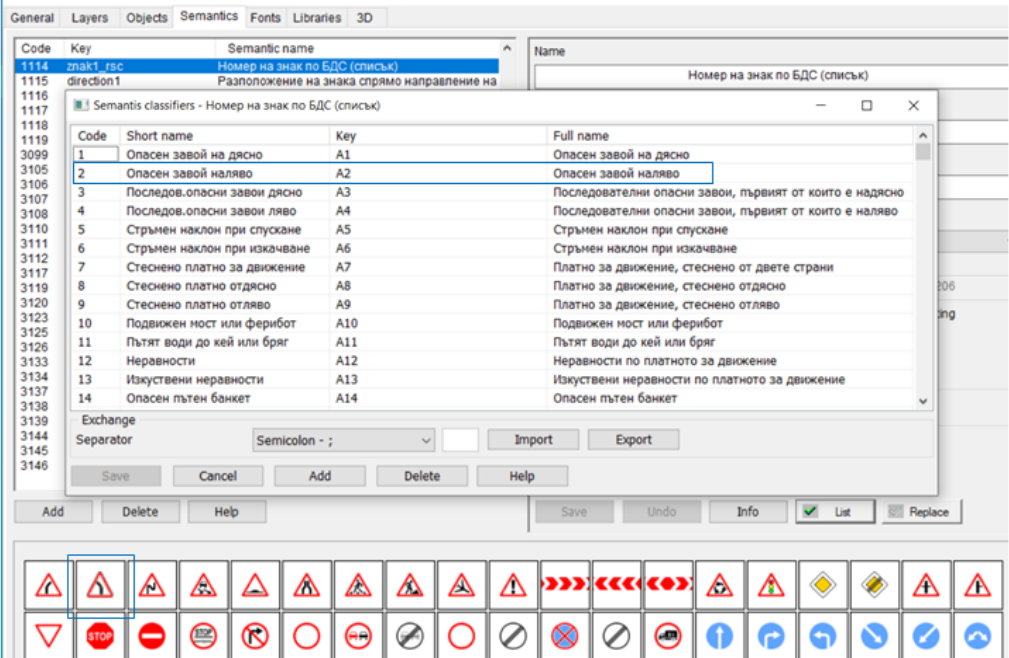
A3  Последователни опасни завои, първият от които е надясно

A4  Последователни опасни завои, първият от които е наляво

A5  Стръмен наклон при спускане

```
<xsd:enumeration value="Опасен завой на дясно" Phd_MA:valuecode="1"/>  
<xsd:enumeration value="Опасен завой наляво" Phd_MA:valuecode="2"/>  
<xsd:enumeration value="Последователни опасни завои, първият от които е надясно" Phd_MA:  
<xsd:enumeration value="Последователни опасни завои, първият от които е наляво" Phd_MA:  
<xsd:enumeration value="Стръмен наклон при спускане" Phd_MA:valuecode="5"/>  
<xsd:enumeration value="Стръмен наклон при изкачване" Phd_MA:valuecode="6"/>  
<xsd:enumeration value="Платно за движение, стеснено от двете страни" Phd_MA:valuecode=  
<xsd:enumeration value="Платно за движение, стеснено отдясно" Phd_MA:valuecode="8"/>  
<xsd:enumeration value="Платно за движение, стеснено отляво" Phd_MA:valuecode="9"/>
```

Classifier Editor - D:\Maria\Докторантура\Практическа част\Класификатори\PhD\_Classicator\PhD\_MA.rsc



The screenshot shows the 'Classifier Editor' software interface. The main window displays a list of semantic classifiers with columns for Code, Key, Short name, and Full name. The A1 classifier is highlighted. Below the list, there are buttons for 'Save', 'Cancel', 'Add', 'Delete', and 'Help'. A separate window titled 'Semantics classifiers - Номер на знак по БДС (списък)' is open, showing a detailed view of the A1 classifier with its key, short name, and full name.

Code	Short name	Key	Full name
1	Опасен завой на дясно	A1	Опасен завой на дясно
2	Опасен завой наляво	A2	Опасен завой наляво
3	Последов.опасни завои дясно	A3	Последователни опасни завои, първият от които е надясно
4	Последов.опасни завои ляво	A4	Последователни опасни завои, първият от които е наляво
5	Стръмен наклон при спускане	A5	Стръмен наклон при спускане
6	Стръмен наклон при изкачване	A6	Стръмен наклон при изкачване
7	Стеснено платно за движение	A7	Платно за движение, стеснено от двете страни
8	Стеснено платно отдясно	A8	Платно за движение, стеснено отдясно
9	Стеснено платно отляво	A9	Платно за движение, стеснено отляво
10	Подвижен мост или ферибот	A10	Подвижен мост или ферибот
11	Пътят води до кей или бряг	A11	Пътят води до кей или бряг
12	Неравности	A12	Неравности по платното за движение
13	Изкуствени неравности	A13	Изкуствени неравности по платното за движение
14	Опасен пътен банкет	A14	Опасен пътен банкет

Фиг. 3. Пътен класификатор за нуждите на ГИС на ПТП – пътни знаци

### 3.2. Избор на система за класификация и кодиране на основа на нормативната уредба на Р България

За класификацията на обектите от пътната инфраструктура е използвана нормативната уредба, важаща за територията на Р България и засягаща „*управлението, стопанисването, изграждането, ремонта, поддържането и финансирането на пътищата, както и управлението на безопасността на пътната инфраструктура в Република България*“ – Закон за пътищата, в сила от 11.08.2020 г., прилежащият правилник за прилагането му и действащата наредба за *Едромащабни топографски знаци в мащаби 1:5 000 и 1:10 000*. От гледна точка на последващото визуализиране на отделните типове обекти и предвид *Инструкцията за изработване на едромащабни топографски карти 1:5 000 и 1:10 000*, разработена от АГКК и в сила от 2014 година, както и класификацията на *Агенция пътна инфраструктура (АПИ)* за републиканската пътна мрежа на Р България, за автомобилната пътна мрежа е избрано отделните класове пътища да са отделни обекти. При класификацията на пътните принадлежности и по-конкретно пътните знаци, е използвана *Наредба № 18 от 23.07.2001 г. за сигнализация на пътищата с пътни знаци*. На фиг. 3 е представена извадка от тази наредба, както и връзката ѝ с пътния класификатор и XSD схема, която може да се импортира във всяка съвременна геоинформационна среда.

## 4. Изводи

В заключение може да се направи извод, свързан с проблематиката за универсално използване на цифровата геоинформация, която обхваща пълното, недвусмислено и хармонизирано нейно разбиране на различни нива, правилното ѝ извличане на базата на унифицирана структура и семантика, единния ѝ обмен без загуба на данни и, разбира се, коректното имплементиране чрез унифицирани услуги за данни. За да се покрият тези аспекти, е необходимо да се спазва стандартизиран подход, който да се прилага от началото на процесите до техния край. Дефинираният в разработката подход се основава на международната стандартизация, като комбинира българското законодателство чрез законите и наредбите в сферата на ПТП и представя как концептуалният модел (завършен до ниво мета-метамодел, метамодел и приложен модел) се използва за автоматизирано преминаване към физическата реализация на геоинформационната система. Тези етапи са важен елемент от прилагането на ГИС като технология в сферата на пътнотранспортната проблематика.

От гледна точка на по-нататъшното развитие върху така дефинираната основа могат да се изградят инструменти за анализ на пътнотранспортни произшествия и да се използват реални пространствени данни, а резултатите да послужат за намаляване на пътнотранспортния травматизъм на национално и регионално ниво.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Govorov, M. Standards, specifications and metadata for Geographic information. Vilnius, 2008.*
2. *Lipiyska, Ya., Angelova, M. Mezhdunarodnata standartizatsiya v GIS – ot abstraktniia model kam prilozhnoto nivo. // Geodeziya, Kartografiya i Zemeustroystvo, 2021 (5 – 6): 18 – 22, ISSN: 0324-1610.*

3. *Kunchev, I.* Standardization in the field of Geodesy and Cartography in Bulgaria – is it worth it? // 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 2021, 2(1): 419-425, ISSN: 1314-2704.

4. *Brodeur, J, Badard, T.* Application Schema. In book: Encyclopedia of GIS, Second Edition. Springer. 2017, p. 70, ISBN 978-3-319-17884-4.

5. *Seild, M., Scholdz, M., Huemer, C., Kappel, G.* UML @ Classroom: An Introduction to Object-Oriented Modeling. Springer, Switzerland, 2015. ISBN: 978-3-319-12741-5.

6. *Ostman, A.* Introduction to XML and UML. EuroSDR, Educational Services. 2014.

7. *Lupp, M.* Extensible Markup Language. In book: Encyclopedia of GIS, Second Edition, Springer, 2017, ISBN 978-3-319-17884-4

8. *Lake, R.* An Introduction to GML. Galdos, 2011.

9. OGC. Interoperability & Open Architectures: An Analysis of Existing Standardisation Processes & Procedures. OGC White Paper, 2006.

10. GOST 6.01.1-87 – Unified system of classification and coding of technical and economic information. Key points. In force from 1988, modified 2021.

## **AUTOMATED ENCODING OF A GEOINFORMATION SYSTEM OF ROAD ACCIDENTS APPLICATION SCHEMA TO DATA LEVEL THROUGH CLASSIFICATION AND ENCODING SYSTEM**

**M. Angelova<sup>1</sup>**

*Keywords:* conceptual modelling, international standardization, spatial data, systematization, classifier

### **ABSTRACT**

For the correct functioning of an up-to-date geographic information system, the fundamental elements conceptualization, standardization, systematization, and automation working in unison are necessary. The purpose of the research paper is to demonstrate an approach in which, after the stage of conceptual modeling of a Geoinformation system of road accidents, the resulting conceptual model is used automatically to move to a physical implementation of the system based on international standardization. The development is based on the approach of ISO Technical Committee 211 – Geographic information/Geomatics for conceptual modeling and exchange of geoinformation, combined with a classification and coding system, and the classification which is used is based on the regulations of the Republic of Bulgaria. The result is provision of the structure of all elements and attributes with their data types generated in the conceptual model at its application level, which makes it possible to implement them in the system in the form of a created classifier and subsequent encoding in a system-independent data structure suitable for storage and exchange. In conclusion, it is defined that the automated and unified transposition into a functional physical model for the analysis of traffic accidents based on international standards for geoinformation is an important stage of the overall development of the geoinformation system, which in turn is part of the correct response to modern requirements for quality geodata and services with them.

---

<sup>1</sup> Maria Angelova, Eng., Dept. “Geodesy and Geoinformatics”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: [mangelova\\_fgs@uacg.bg](mailto:mangelova_fgs@uacg.bg)