

[7]; забезпеченню інформаційної, комунікаційної і функціональної сумісності та взаємодії автоматизованих систем ведення галузевих кадастрів, інформаційних систем і реєстрів об'єктів на території міста; унеможливить дублювання робіт та формування й підтримці міських інформаційних ресурсів, дасть змогу заощаджити кошти міського бюджету.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бойко В.В.* Проектирование баз данных информационных систем / В.В. Бойко, В.М. Савинков – М.: Финансы и статистика, 1989. – 351 с.
2. *Боровий В.О.* Автоматизовані розробки і програмне забезпечення геоінформаційних технологій і кадастрів / В.О. Боровий // Інженерна геодезія. – 1998. – Вип. 39. – С. 17-21.
3. *ДБН А.2.3. – 1 – 99.* Територіальна діяльність. Основні положення /Держбуд України. – Чинний від 01.01.2000. – К.: Укрархбудінформ, 1999. – 47 с.
4. *Лященко А.А.* Структура і принципи функціонування каталогу та бази метаданих геоінформаційних ресурсів / А.А. Лященко, А.Г. Черін // Інженерна геодезія.-2010. – Вип. 55. – С. 118-127.
5. *Карпінський Ю.О.* Сучасна інфраструктура просторових даних для геоінформаційного забезпечення містобудування/ Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко // Інженерна геодезія. – 2000.– Вип. 44. – С. 126-132.
6. *Суховірський Б.І.* Використання ГІС-технологій в вирішенні завдань територіального управління / Б.І. Суховірський, С.В. Криженко. – Вип. 40. – К., 1999. – С. 164-169.
7. Публикация сайта: [http:// www.albea.rb.ru](http://www.albea.rb.ru).

Надійшла до редакції

14.01.2013

УДК 528

Л. Папшене

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБНОВЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ МЕЛКОГО МАСШТАБА

Освещены основные аспекты и этапы проектирования автоматизированной генерализации в процессе обновления пространственных данных мелкого масштаба, основанные на результатах исследований автоматизированного обновления государственных базовых пространственных данных Литвы в масштабе 1:50000.

Ключевые слова: *пространственные данные, ГИС, генерализация.*

Постановка проблемы. Базовые пространственные данные – это абстрактное изображение стабильных природных и антропогенных объектов поверхности Земли.

Они, как правило, сохраняются в различных масштабах. Например, государственные базы пространственных данных Литвы зашифрованы в трех основных масштабах: 1:10000, 1:50000 и 1:250000. Географические информационные системы (ГИС) позволяют использовать эти пространственные данные в различных целях. Они используются не только для подготовки традиционных бумажных, цифровых карт или интерактивных интернеткарт, но и для создания других баз пространственных данных в процессе принятия различных решений в задачах пространственного анализа и т.д. В связи с этим становится чрезвычайно важно всегда использовать новейшие данные, потому что в противном случае принятое решение может быть неправильным и дать плохой результат. Как правило, пространственные данные в крупном масштабе могут быть обновлены после геодезических измерений или во время дешифрирования аэроснимков или космических снимков, а мелкого масштаба – с помощью данных крупного масштаба. Но все же обновление пространственных данных различных масштабов часто делается вручную, поэтому этот процесс требует значительного времени. Например, полное обновление базы пространственных данных масштаба 1:10 000 Литвы по аэрофотоснимкам занимает два года, а потом еще 2-3 года требуется на обновление вручную пространственных данных масштаба 1:50 000. Это означает, что после процесса обновления информация может быть уже устаревшей на 4-5 лет. Таким образом, очень важно найти способы ускорения этого процесса.

Постоянное усовершенствование ГИС и информационных технологий открыло новые возможности развития процесса обновления пространственных данных с помощью технологий, позволяющих использование автоматизированных процедур, в том числе и генерализации. Таким образом, регулярно вручную обновляя пространственные данные лишь в одном, наилучшем масштабе, базы пространственных данных меньшего масштаба можно было бы получить, используя автоматизированную генерализацию.

Анализ исследований и публикаций. Генерализация – это процесс отбора объектов и упрощения их деталей в соответствии с масштабом и целью карты [2]. Цифровая картография выделяет три вида генерализации, переходя от реальной ситуации местности до картографической продукции [1; 7].

– Объектная генерализация используется для создания начального абстрактного образа объектов реального мира (например, векторизированные объекты с аэроснимков и космических снимков, также GPS-измерения).

– Процесс модельной генерализации осуществляет контролируемое уменьшение пространственных данных. Этот процесс используется для создания и обновления базы данных в мелком масштабе с использованием данных в крупном масштабе.

– Картографическая генерализация используется для генерализации пространственных данных, чтобы получить картографическую продукцию.

Преимущество методов генерализации пространственных данных было признано уже в XX веке, и в течении нескольких десятилетий были разработаны различные алгоритмы для процесса генерализации. Однако отдельные алгоритмы не разрешали последовательного обновления всей базы данных, которая включает в себя множество объектов, изменение одного или нескольких из них может повлиять на конфигурации других объектов. Таким образом, были проведены несколько соответствующих проектов и исследований для решения этой задачи. Французский национальный

институт географии (*Institut Géographique National*) немало лет посвятил исследованию генерализации. Главной целью проекта *Carto2001* была исследовать обновленные базы данных, используя картографическую генерализацию [10]. Позже результаты автоматизированной генерализации были использованы для создания карты Топо100 в масштабе 1:100000 с помощью набора базовых пространственных данных *BDCarto* в масштабе 1:50000 [3]. Каталонский институт картографии (*Institut Cartogràfic de Catalunya*) разработал процесс для автоматизированной генерализации пространственных данных в масштабе 1:5000 для производства карт в масштабе 1:10 000 и базы пространственных данных в масштабе 1:25 000 [9]. В Дании пространственные данные государственной топографической базовой карты *Top10DK* автоматизировано генерализируют для карты в масштабе 1:50 000 [8]. Турецкий проект *KARTOGEN* был посвящён созданию модели для автоматической подготовки карт в масштабах 1:50 000 и 1:100 000 на основе пространственных данных масштаба 1:25 000 [11]. В проекте *CARGEN* (Италия) разработана модель для автоматизированной картографической генерализации *GeoDBR* (1:5 000) при создании *DB25* (1:25 000) и *DB50* (1:5 0000) [6].

Анализ результатов вышеупомянутых проектов и исследований свидетельствуют о том, что нет единой модели, предназначенной для удовлетворения всех потребностей. Процессы обновления одновременно всей базы пространственных данных были разработаны только для конкретных случаев, потому что такие базы различных стран всё-таки довольно индивидуальны и имеют свои специфические свойства в репрезентации объектов.

Постановка задачи. Последние десятилетия исследований генерализации и упомянутые проекты в других странах по автоматизированной генерализации базовых пространственных данных с целью обновления баз данных и карт мелкого масштаба, дали довольно хорошие результаты. Поэтому главными задачами исследований являлись:

– изучение возможностей в процессе обновления государственной базы пространственных данных Литвы в масштабе 1:50000 (*GDR50LT*), использование автоматизированной генерализации аналогических пространственных данных в масштабе 1:10000 (*GDR10LT*);

– создание прототипной модели для обновления *GDR50LT*.

Исследования были проведены на государственном предприятии Литвы „ГИС-Центр“ по заказу Национальной земельной службы при Министерстве сельского хозяйства Литвы в процессе подготовки диссертационной работы на кафедре Геодезии и кадастра Вильнюсского технического университета имени Гедиминаса.

Изложение основного материала. Процесс разработки прототипной, или реальной, модели, для обновления пространственных данных, с использованием автоматизированной генерализации должен включить по крайней мере следующие этапы: анализ баз пространственных данных, подготовка концепции генерализации и разработку модели для генерализации пространственных данных.

Как в Литве, так и в других странах базовые пространственные данные, которые должны быть обновлены или используются для обновления, могут иногда отличаться. Например, упомянутые литовские пространственные данные в трёх масштабах, изображают практически те же самые объекты реального мира. Тем не менее основная цель баз немного отличается *GDR10LT*, как правило, используется в качестве базовой

карты или для формирования других наборов базовых или тематических пространственных данных, а *GDR50LT*, в частности, для удовлетворения картографических потребностей (рис. 1).



Рис. 1. Примеры карт, подготовленных с использованием *GDR10LT* и *GDR50LT*

Однако, государственная база пространственных данных в масштабе 1:250 000 (*GDR250LT*) развивается в соответствии с требованиями европейского проекта *EuroRegionalMap*, который такие объекты, как, например, автомобильные и железные дороги, железнодорожные станции, аэропорты и порты, вынужденно соединяет в единую транспортную сеть. От репрезентации объектов в более мелком масштабе зависит отбор операций, а далее – алгоритмов генерализации. Поэтому, важно было проанализировать семантические связи между идентичными объектами в разных масштабах и топологические связи между объектами в том же масштабе [5] (рис. 2).

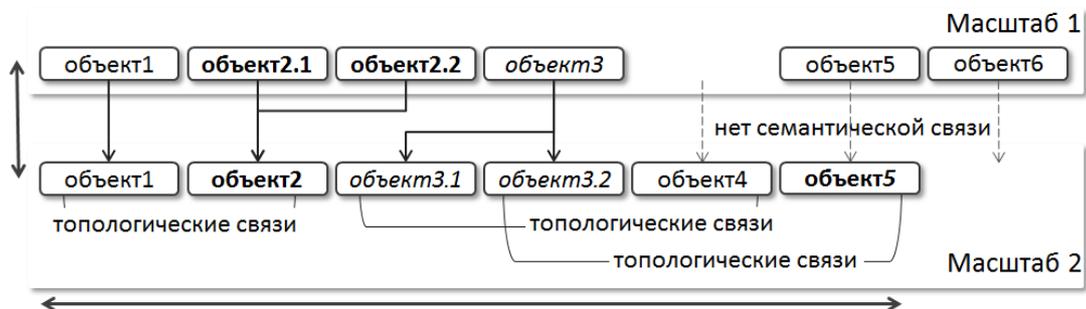


Рис. 2. Типы связи между объектами [6]

Определенные семантические связи показывают, какие объекты крупного масштаба будут использованы для обновления объектов мелкого масштаба. А топологические связи фактически показывают, как объекты должны храниться в отношении друг друга после генерализации. Также очень важно знать геометрический

тип, который используется для изображения объекта в различных масштабах, так как это непосредственно влияет на подбор алгоритмов генерализации. Анализ баз пространственных данных позволяет подготовить концепцию (или концептуальную модель) генерализации и подобрать соответствующие алгоритмы во время проектирования и разработки прототипной модели или реальной модели автоматизированного обновления.

В табл.1 приведены некоторые результаты анализа *GDR10LT* и *GDR50LT* с подбором операций генерализации соответствующей классификации, представленной в литературе [4].

Таблица 1

Некоторые результаты анализа *GDR10LT* и *GDR50LT*

<i>GDR10LT</i>	<i>GDR50LT</i>	Основные правила операций	
		топологии	генерализации
Центральные линии дорог/улиц (линия)	Центральные линии дорог/улиц (линия)	Не может пересекаться друг с другом или пересекать сам себя	<i>Simplification, Collapse, Merging, Classification</i>
Центральные линии автомобильной полосы (линия)			
Центральные линии железнодорожных путей (линия)			
Центральные линии рек, каналов (линия)	Центральные линии рек, каналов (линия)		<i>Simplification, Smooth, Merging, Classification</i>
Леса (полигон)	Территории, заросшие деревьями и кустарниками (полигон)	Не может перекрыть друг друга или перекрыть сам себя	<i>Aggregation, Simplification, (Smooth), Classification</i>
Территории, заросшие деревьями и кустарниками (полигон)			
Сады (полигон)			
Урбанизированные территории (полигон)	Урбанизированные территории (полигон)		
Здание (полигон)	Усадьбы (точка)	Не может перекрыть друг друга	<i>Aggregate, Simplification, Classification</i>
Авиационные препятствия (точка)	Башни (точка)	Не может перекрыть друг друга	<i>Classification</i>
Геодезические пункты (точка)	Геодезические пункты (точка)		
Географические название (точка)	Географические название (точка)		

Результаты анализа пространственных данных *GDR10LT* и *GDR50LT* свидетельствуют о том, что в некоторых случаях в процессе обновления могут быть использованы обновленные объекты *GDR50LT*. Например, такие генерализованные объекты, как центральные линии дорог, железных дорог и рек могут быть использованы для создания точек, представляющих места мостов, на пересечениях упомянутых объектов. Генерализованные объекты могут дополнительно быть использованы в качестве вспомогательных объектов во время обновления других.

Например, важно использовать те же самые ранее упомянутые генерализированные центральные линии для привязки границ территорий лесов, урбанизированных и других территорий. То есть граница территории должна совпадать с центральной линией, если она находится ближе, чем минимально допустимое расстояние между объектами. Значит, центральные линии должны быть генерализованы раньше территорий. С другой стороны, если есть установленная максимальная концентрация генерализированных объектов в различных территориях, это тоже влияет на процесс генерализации. Например, концентрация дорог на урбанизированной территории должна быть больше, чем на других территориях. Поэтому после генерализации дорог, а позже и урбанизированных территорий, дополнительно необходимо вернуться к объектам дорог с целью исключения избыточных объектов вне урбанизированной территории. Таким образом, очень важно определить правильный порядок процессов генерализации различных объектов, чтобы получить результаты, соответствующие ожидаемым. В табл. 2 отражен порядок обновления главных объектов *GDR50LT*.

Таблица 2

Порядок обновления главных объектов *GDR50LT*

№ процесса	<i>GDR50LT</i>	Замечание
1	Башни	Процессы могут проходить параллельно друг другу
2	Геодезические пункты	
3	Центральные линии магистральных электрических сетей	
4	Центральные линии магистральных газопроводов	
5	Центральные линии магистральных нефтепроводов	
6	Центральные линии автомобильных дорог	
7	Центральные линии железных дорог	
8	Центральные линии рек, каналов	
9	Мосты и тоннели	
10	Озера, территории, заросшие деревьями и кустарниками, сады, урбанизированные и другие территории	
11	Центральные линии автомобильных дорог	Дополнительная генерализация с целью исключения избыточных объектов. В процессе обязательно надо использовать результат 10-го процесса
12	Усадьбы	В процессе обязательно надо использовать результат 10 процесса

Проектирование и разработка моделей генерализации пространственных данных зависит от выбранного программного обеспечения (пакета). В исследованиях возможностей генерализации пространственных данных во время обновления *GDR50LT* был использован *ArcGIS*, который имеет удобную аппликацию для разработки моделей. Подобрана версия 10.2, имеющая больший диапазон алгоритмов генерализации, чем предыдущие версии *ArcGIS*.

Количество используемых *ArcGIS*-алгоритмов и операций зависит от сложности пространственных данных. Чаще всего генерализация точечных объектов (таких как геодезические пункты или башни) включает только отбор (*Select*) для элиминирования ненужных объектов. В то же время генерализация элементарных линейных объектов (например, центральной линии магистрального нефтепровода) дополнительно должна включать упрощение (*Simplification*) конфигурации. Но генерализация таких объектов, как центральные линии автомобильных или железных дорог, гидрографии, почвенно-растительного покрова, очень сложная задача. В этих случаях, автоматизированный процесс генерализации должен включать в определенной строгой последовательности множество различных стандартных алгоритмов генерализации, дополнительные операции и специально разработанные процессы (табл.3).

Таблица 3

Главные рекомендации для процесса генерализации некоторых объектов

<i>GDR50LT</i>	Рекомендуемые шаги	Функции <i>ArcGIS</i>
Центральные линии дорог/улиц	1. Удаление коротких линейных объектов, начальные или конечные узлы которых не соединены с начальным или конечным узлом другого линейного объекта 2. Назначение иерархии каждому линейному объекту 3. Удаление избыточных линейных объектов на урбанизированных территориях, с использованием значения иерархии 4. Разделение линейных объектов, используя вершины линий и объединения параллельных линейных объектов в центральные линии. 5. Удаление избыточных линейных объектов на неурбанизированных территориях, с использованием значения иерархии 6. Упрощение элементов/деталей линейных объектов 7. Агрегация линейных объектов, имеющих те же самые атрибуты 8. Упрощение линейных объектов 9. Создание геометрической сети	(1) Используется специальный алгоритм, разработанный во время исследований, (2) <i>Select by Attribute</i> , <i>Select by Location</i> , <i>Calculate Field</i> , (3) <i>Thin road network</i> , (4) <i>Split lines at Vertices</i> , <i>Merge divided roads</i> , (5) <i>Thin road network</i> , (6) <i>Collapse Road Detail</i> , (7) <i>Dissolve</i> , (8) <i>Simplify Line</i> , (9) <i>Create Geometric Network</i>

<p>Центральные линии железных дорог</p>	<p>1. Назначение иерархии каждому линейному объекту 2. Разделение линейных объектов, с использованием вершин линий и объединенных параллельных линейных объектов в центральные линии 3. Удаление коротких линейных объектов, начальные или конечные узлы которых не соединены с начальным или конечным узлом другого линейного объекта 4. Удаление линейных объектов с меньшими значениями иерархии, которые попадают на территории между линейными объектами с более высоким значением иерархии и имеют общие начальные или конечные узлы с ними 5. Агрегация линейных объектов, имеющих те же самые атрибуты 8. Упрощение линейных объектов 9. Создание геометрической сети</p>	<p>(1) <i>Select by Attribute, Select by Location, Calculate Field,</i> (2) <i>Split lines at Vertices, Merge Divided Roads,</i> (3,4) используется специальный алгоритм, разработанный во время исследований, (5) <i>Dissolve,</i> (6) <i>Simplify Line,</i> (7) <i>Create Geometric Network</i></p>
<p>Центральные линии рек, каналов</p>	<p>1. Назначение иерархии каждому линейному объекту 2. Удаление коротких линейных объектов, начальные или конечные узлы которых не соединены с начальным или конечным узлом другого линейного объекта 3. Удаление линейных объектов, изображающих староречье 4. Упрощение и закругление линейных объектов</p>	<p>(1) <i>Select by Attribute, Select by Location, Calculate Field,</i> (2,3) используется специальный алгоритм, разработанный во время исследований, (4) <i>Simplify Line, Smooth Line</i></p>
<p>Озёра, территории почвенно-растительного покрова, урбанизированные территории и др.</p>	<p>1. Полигоны, имеющие важные атрибуты, которые не должны быть потеряны во время генерализации (например, название объекта), упрощаются до точечных объектов 2. Экспорт объектов в различные слои согласно тому, какие объекты реального мира они изображают (объекты гидрографии, урбанизированной территории, территории почвенно-растительного покрова) 3. Агрегирование соседних объектов (полигонов) в каждом слое, полученным во время шага 2 4. Упрощение конфигурации полигонов 5. Присвоение важных атрибутов объектам (полигонам), используя атрибуты точечных объектов, полученных во время шага 1 6. Агрегация полигонов, имеющих те же самые атрибуты. 7. Вынужденное добавление дополнительных вершин полигонам и их привязка (кроме гидрографических объектов) к генерализированным линейным объектам, изображающим автомобильные и железные дороги, гидрографию (реки) 8. Слияние маленьких полигонов с соседними полигонами</p>	<p>(1) <i>Feature to Point,</i> (2) <i>Feature Class to Feature Class,</i> (3) <i>Aggregate Polygons,</i> (4) <i>Simplify Polygons/ Simplify Buildings,</i> (5) <i>Spatial Join,</i> (6) <i>Dissolve,</i> (7) <i>Densify, Snap,</i> (8) <i>Eliminate</i></p>

Каждая база пространственных данных состоит из различных слоев (класс объектов). Поэтому для оптимизации процесса генерализации всего набора базовых пространственных данных рекомендуется создать отдельные модели для каждого слоя или даже типа объектов (например, отдельная генерализация застроенных территорий) или отдельного процесса (например, генерализация железнодорожных путей на территории железнодорожной станции). Таким образом, их легче модифицировать, изменять параметры, использовать циклические обработки или интегрировать их в другие модели.

Результаты, полученные во время тестирования алгоритмов генерализации и подготовленных прототипных моделей для обновления слоёв *GDR50LT*, свидетельствуют, что результат автоматизированной генерализации также может зависеть от:

- качество генерализируемых данных, то есть исходные данные должны быть топологически корректны (например, не должны пересекать или перекрывать других объектов или самих себя), немногочисленные, без элементов „arc“, „curve“, а также должна быть введена вся необходимая атрибутивная информация;
- специфика пространственных данных на различных территориях.

Выводы. Как показали результаты проведенных исследований, автоматизированная генерализация может успешно применяться в процессе обновления *GDR50LT* и ей подобных баз пространственных данных.

В базах пространственных данных, которые используются для генерализации, и в обновляемых базах, должны храниться фактически те же самые объекты.

Результат, полученный с применением автоматизированной генерализации, может не совсем соответствовать ожиданиям традиционной картографической генерализации. Это случается потому, что процесс автоматизированной генерализации используют алгоритмы, строго подобранные правила, и параметры соответствующие требованиям для пространственных данных, так как ручная генерализация основана на личном опыте картографа, когда визуально оценивается приемлемость и эстетика результата, "нарушая" требования для данных и приводная субъективность в результат.

Реализация генерализации может быть довольно успешна, с использованием функциональности *ArcGIS 10.2* программного пакета. Но в целях достижения корректных результатов генерализации, подготовленные прототипные модели должны быть протестированы с использованием пространственных данных всей территории или хотя бы различных областей (например, холмистые, равнинные, заселенные и другие территории).

Представленные принципы автоматизированного обновления пространственных данных охватывают генерализацию всей базы данных.

Генерализация баз пространственных данных является очень сложным и комплексным процессом, который требует технологического обеспечения с очень высокими параметрами быстродействия.

Полученные результаты исследований будут использованы в дальнейшей разработке реальной модели автоматизированного обновления *GDR50LT*, а основные аспекты, представленные в статье, могут быть использованы в разработке аналогичных процессов обновления других пространственных данных.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. *Grünreich D.* 1985. Computer-Assisted Generalisation, in Papers CERCO Cartography Course / D. Grünreich. Institut für Angewandte Geodäsie., – Frankfurt: a. M., 1985.
2. *ICA – International Cartographic Association: Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography.* Wiesbaden, F. Steiner, 1973. – 573 p.
3. *Jahard Y.* The implementation of new technology to automate map generalisation and incremental updating processes / Y.Jahard, C.Lemarié, F.Lecordix // Proc. of the 21st International Cartographic Conference, Durbanm South Africa, 2003. – P.1449-1489.
4. *MacMaster R. B.* Generalization in Digital Cartography / R. B.MacMaster, K. S. Shea. – American Association of Geographers, 1992.
5. *Papsiene L.* Challenges of automated processes of updates of reference spatial data at a scale of 1:50,000 in Lithuania/ L.Papsiene // Proc. of 13th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics And Remote Sensing, Albena, Bulgaria, 2013. – Vol. 1. – P. 661-668.
6. *Savino S. A.* solution to the problem of the generalization of the Italian geographical databases from large to medium scale: approach definition, process design and operators implementation. PhD Thesis / S. A. Savino. – Universita’ Di Padova, 2011. – P. 139.
7. *Weibel R.* Generalising Spatial Data and Dealing with Multiple Representations, in P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. W. Rhind (editors) / R. Weibel; G.Dutton. Geographic Information Systems: Principles and Technical Issues, volume 1, – p.125-155. Wiley, New York, 2nd edition.
8. *West-Nielsen P.; Meyer M.* Automated generalisation in a map production environment – the KMS experience, in Mackaness W. A., Anne Ruas A., Sarjakoski L. T. (Editors), Generalisation of geographic information: Cartographic modelling and applications. Elsevier Science, 2007. – P. 301-314.
9. *Baella B.; Pla M.* 2005. Reorganizing the Topographic Databases of the Institut Cartogràfic de Catalunya applying generalization, in 8th ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, A Coruña, Spain, 2005. [Електрний режим доступу]: http://www.icc.es/index.php/cat/content/download/3582/11634/file/reorganizing_topographic_databases_icc.pdf. – Названня с екрана.
10. *Lecordix F.; Jahard Y.; Lemarié C.; Hauboin,E.* 2005. The end of Carto2001 Project TOP100 based on BD Carto® database, in 8th ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, A Coruña, Spain, 2005. [Електрний режим доступу]: http://generalisation.icaci.org/images/files/workshop/workshop2005/Lecordix_Jahard_et_al_.pdf. – Названня с екрана.
11. *Simav O.; Aslan S.; Cetinkaya B.; Cobankaya O. N.* 2010. Implementation of Comprehensive Modeling Techniques on KARTOGEN Generalization Software, in 13th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Zurich, Switzerland, 2010. [Електрний режим доступу]: http://www.icc.es/index.php/cat/content/download/3582/11634/file/reorganizing_topographic_databases_icc.pdf-
http://www.hgk.msb.gov.tr/haritalar_projeler/bildiriler/kartografya/makale%28pdf%29/karto_tek_bil9.pdf. – Названня с екрана.