

УДК 528.9

К ВОПРОСУ О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ГИС И НЕКОТОРЫХ ИХ ПРИМЕНЕНИЯХ

К.В. Хурцилава, Б.А. Белецкий, В.П. Беспалов

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: 1524nsurena_580@rambler.ru

В последнее время, происходит активное развитие пространственно-временных геоинформационных систем (spatio-temporal GIS). По определению в ([1], с. 29) пространственно-временные ГИС, это такие ГИС, которые оперируют пространственно-временными данными.

Развитие моделей пространственно-временных данных. Модель пространственно-временных данных является основой пространственно-временной ГИС. Исследования в этом направлении насчитывают всего два десятилетия.

Намного раньше появилась картографическая анимация (картографические фильмы) ([2], с. 313). История возникновения и развития картографической анимации кратко описана в ([2], с. 313-314).

Первые картографические динамические фильмы были созданы без использования вычислительной техники ещё в конце 50-х годов XX века. Тогда, в 1959, американский учёный Н. Троуэр исследовал возможность применения мультипликационных принципов в картографии. Однако реализовать его методы удалось лишь спустя двадцать лет. Первый картографический фильм, на основании которого строились теоретические предположения Н. Троуэра, состоял всего из двух карт. В дальнейшем им был создан фильм, состоящий уже из 50 карт, показывающий динамику изменения количества населения некоторых штатов в США в 1936 - 1957. Фильм длился около 20 мин. Другие картографические фильмы того времени длились не более 2-3 мин. Развитие вычислительных технологий в последующие годы позволило перейти в создании картографических фильмов от аналоговых технологий к цифровым. В 1966 Корнвелл и Робинсон предложили использовать ЭВМ-фильмы в картографии. Все же, до начала 90-х годов XX в. картографическая анимация оставалась доступной лишь узкому кругу профессионалов и экспертов. Однако, удешевление компьютеров до уровня, когда они действительно стали персональными, и улучшение качества бытовых мониторов привели к резкому увеличению анимационных материалов в сфере картографии. В ([2], с. 314) утверждается, что бурный прогресс компьютерной техники, начавшийся около 1993г., способствовал появлению самых разнообразных типов картографической анимации, таких как, анимированные двумерные карты динамики, анимированные двумерные карты движения, анимированные динамические трехмерные изображения и прочие.

В картографической анимации было введено такое понятие как временной масштаб ([2], с. 318) означающее соответствие 1 секунды (иногда 1 кадра) анимационного изображения некоторому временному интервалу. Это понятие ассоциативно похоже на временной интервал в модели пространственно-временных данных "временные слои (слои зависящие от времени)" (Time Slices) [3]. К задачам картографической анимации относится, например, отслеживание перемещения точечных объектов во времени, отслеживание изменения полигональных объектов во времени, и другое. Из трех основных функций пространственно-временной ГИС, унифицированного хранения пространственно-временных данных, анализа и визуализации картографическая анимация (картографические фильмы) отчасти выполняет функцию визуализации и несколько облегчает анализ. В некотором смысле картографическая анимация – это предшественник пространственно-временных геоинформационных систем.

В 1992 году появилась работа Гейла Лангрена (Gail Langran) "Время в географических информационных системах" ("Time in Geography Information System") формально обозначившая появление моделей пространственно-временных данных. До настоящего времени, предложено несколько моделей пространственно-временных данных. Но среди них нет наилучшей. Поначалу исследователи пытались прямо расширять существующие пространственные модели данных и предложили несколько видов пространственно-временных моделей, таких как последовательные состояния (sequent snapshots), базовое состояние с изменениями (base state with amendments), пространственно-временная композиция, пространственно-временной куб и так далее. Как утверждается в [4], эти модели изначально сомнительны, потому, что обрабатывают время как атрибут. Позже были выдвинуты событийно-ориентированная модель пространственно-временных данных, тури модель данных, модель данных без первой нормальной формы (non-first-normal form data model), объектно-ориентированная пространственно-временная модель данных и другие. Хотя эти модели лучше ранних моделей. Но всё же и эти модели не универсальны.

Краткое изложение развития пространственно-временной модели данных можно найти в [4].

Некоторые толкования термина "пространственно-временная модель данных". Заметим, что под пространственно-временной моделью данных разные авторы понимают разные вещи. Например, в [5] под этим понимается набор планов и карт одного и того же города за разные годы. Большая часть планов и карт приведена к единой системе координат. Это позволило внедрить сервис просмотра одного и того же фрагмента территории города на цифровой карте, на космическом снимке, на исторической карте, на карте проекта генерального плана развития города. Эти карты и планы также имеют тематическую нагрузку. Часть из них снабжена средствами поиска домов по известному адресу. По-видимому, данная модель - это один из промежуточных этапов между картографической анимацией и моделью временных слоев.

В [9] под пространственно-временным анализом понимается совместное использование реляционной базы данных с историческими данными и пространственными данными ГИС.

Описание некоторых моделей пространственно - временных данных с примерами их использования. Опишем некоторые существующие модели пространственно-временных данных и назовем известные нам их реализации.

Модель временных слоев (Time Slices) - одна из первых пространственно-временных моделей данных. Её основные особенности (см. [3]):

1. Хранение данных с регулярным интервалом времени.
2. Отдельные наборы данных для каждого определенного интервала времени.
3. Независящая от времени (cross time) классификация объектов хранения данных.

По-видимому, подобная модель удобна на этапе перехода от пространственной к пространственно-временной модели, поскольку мало отличается от чисто пространственной модели.

К примеру, в базе геоданных ГИС "Леспроект" ([6]), данные хранятся с интервалом в год, отдельно для каждого лесничества. Легко видеть, что переход к модели временных слоев, в случае необходимости, может быть выполнен без особых затруднений.

Модель временных серий (Time Series) (см. [7]). Это модель с базовым состоянием и последующими изменениями. В отличие от модели временных слоев, хранится только базовое состояние объектов и их изменения, через нерегулярные, в общем случае, промежутки времени. Таким образом модель временных серий содержит гораздо меньше избыточных данных чем модель временных слоев.

Судя по приведенным в [8] сведениям для муниципальных кадастровых карт была создана ГИС с использованием модели пространственных регистров, сходной с моделью временных серий. Вышеупомянутая ГИС позволяет выполнять пространственно - временные запросы об изменениях за избранный период времени и получать состояние карты в требуемый момент времени.

Приведем ещё один пример использования модели временных серий. В [7] описана пространственно временная ГИС исторического назначения, посвященная административному делению Китая, с использованием модели временных серий. Система позволяет выполнять сортировку пространственных данных по годам, выполнять временные запросы и получать различные тематические карты, интересующие пользователя. Обращается внимание на некоторые наиболее характерные проблемы, возникающие при пространственно-временном анализе и их возможные решения.

В модели *временного куба* для отображения времени используется Z – координата. Такую модель часто используют для отслеживания перемещения точечных объектов во времени. Например, в пространственно-временных ГИС исторического назначения (например [7]), таким образом, отображаются перемещения некоторого исторического лица

Преимущества и недостатки наиболее распространенных пространственно-временных моделей данных. Каждая существующая пространственно – временная модель данных имеет как свои преимущества, так и недостатки. Например, предположим мы применили временные слои для географических данных с различными интервалами времени. Тогда изменения могут быть определены как сравнение двух соседних по времени «временных» слоев. Однако такая модель содержит множество избыточных данных, так как хранит не только изменившиеся данные но и не изменявшиеся. С увеличением количества слоев производительность системы резко падает.

Хотя, модель временных серий восполняет недостатки модели временных слоев и легко может быть реализована в современных ГИС, она затрудняет временной анализ и требует существенного времени для извлечения истории данных. Пространственно-временная композиция хорошо приспособлена для представления топологии но, её трудно реализовать в существующих ГИС.

Топологическая информация очень важна для пространственных сущностей в ГИС. Когда мы начинаем учитывать время, топологические связи между пространственными сущностями становятся очень сложными. Необходима пространственно – временная модель способная учитывать изменяющуюся во времени топологию. Ни одна из существующих моделей данных не может быть тут применена непосредственно, как пишут авторы [4]. Они предлагают модель, основанную на соединении объектно-ориентированной пространственно-временной модели и пространственно-временной композиции.

Текущие и возможные области применения пространственно-временных ГИС. Пространственно-временные ГИС применяются в самых разных областях:

В исторических исследованиях ([3],[9],[7]).

В кадастровых системах [8] и других.

Укажем также на возможные применения пространственно-временных ГИС в лесном хозяйстве.

В ([10], с. 334) указывается, что «именно в познании происхождения почвенного и растительного покрова исследуемой территории заключаются основные трудности лесоводственной оценки почвенного покрова, а не в выборе системы критериев или методике математической обработки результатов, как иногда трактуется при реализации проектов лесоразведения». В этом случае, в частности, возможно применение пространственно-временной ГИС для анализа изменения во времени типов почв и лесов

территорий. Иерархическая структура лесничества (кварталы, выделы и т. д.) схожа с иерархической структурой административно-территориального деления государств, изучаемой в некоторых пространственно-временных ГИС исторического назначения (например [7]). Опыт полученный в ходе создания подобных систем может быть использован при разработке пространственно-временных ГИС для лесного хозяйства.

В ([11], с. 205) и ([11], с. 374) говорится о важности сведений о состоянии лесов для учета антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, а также для анализа полученных данных. При решении этой задачи могла бы существенно помочь пространственно-временная ГИС лесохозяйственного назначения.

Выводы и перспективы. Пространственно-временные модели данных появились относительно недавно и представляют собой широкое поле для исследований. До настоящего времени предложено множество пространственно-временных моделей. Но ни одна из них не является применимой при всех условиях. Пространственно-временные ГИС уже нашли и могут найти себе применение в самых разных областях научных исследований и хозяйственной деятельности.

Список литературы

1. Берлянт А.М. и др. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. - М.:ГИС-Ассоциация, 1999. - 204 с.
2. Тикунов В.С. Основы геоинформатики: В 2-х кн. Кн. 1: Учеб. пособие для студ. вузов. - М.: Издательский центр "Академия", 2004. - 352 с. с ил.
3. Merrick Lex Berman +gis +time +web
http://www.fas.harvard.edu/%7Echgis/work/docs/papers/HVD_GOV1003_20130304.pdf
4. ZHANG Ruiju An object-oriented spatio-temporal data model
http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/2-W25/source/AN_OBJECT-ORIENTED_SPATIO-TEMPORAL_DATA_MODEL.pdf
5. Стадников В.В. Построение пространственно-временной геоинформационной модели данных для геопортала города Одесса //Ученые записки Таврического государственного национального университета имени В. И. Вернадского Серия "География".Том 23(62). 2010 г. № 2. с. 260 – 270.
6. Білецький Б.О., Загреба Т.О. Концептуальна будова серверної геобаз даних лісовпорядкування // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія та практика (СППР – 2012). - С. 148 – 152.
7. Merrick Lex Berman CHGIS Version 2.0 - Time Series
http://www.fas.harvard.edu/%7Echgis/work/docs/papers/lex_abcd_03.zip
8. Еремеев С.В. Пространственно - временной анализ муниципальных карт // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. № 4 (22). - С. 52-57.
9. Мэрилин Ливингстоун, Кен Бартли Исторические проблемы, ГИС решения? Изучая пространственно-временные связи средневековых данных.
10. Березин Л.В. Лесное почвоведение: учеб. пособие. - Омск:Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. - 360 с.
11. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 - 2009 гг. В 2-х ч. Ч. 1: М.: 2011 www.climatechange.ru/files/NIR_RUS-2011_vol1_0.pdf