

## Новые методы и подходы в геоинформационном моделировании и анализе данных

### New methods and approaches in geoinformation modeling and data analysis

УДК: 528.92

DOI: 10.35595/2414-9179-2024-1-30-270-279

Л. А. Обухов<sup>1</sup>, Е. А. Паниди<sup>2</sup>, Д. П. Бляхарский<sup>3</sup>

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ АНИМАЦИЙ

#### АННОТАЦИЯ

Моделирование и отображение динамики объектов и явлений в географическом пространстве является одной из задач в картографии. В настоящее время, благодаря активной цифровизации общества и научно-техническому прогрессу, появилось множество различных средств, технологий и возможностей для создания картографических произведений, отображающих динамику процессов, происходящих на картографируемой территории. На основе подобных технологий выделяется одно из сравнительно новых направлений картографии — мультимедиа картография и, в частности, анимационная картография, рассматривающая общие характеристики, понятия, принципы, технологические схемы создания, оформления и отображения анимированных карт. В настоящий момент большинство картографических произведений с анимацией требует использования разнообразного специализированного программного обеспечения (ПО): географических информационных систем (ГИС), векторных и растровых редакторов, ПО для монтажа видеозаписей и других. Актуальным является исследование функциональных возможностей популярных настольных ГИС-приложений на предмет внедрения полного цикла создания анимированного картографического произведения, без параллельного и последующего применения дополнительного ПО. В рамках исследования был решен ряд задач, включая выполнение обобщения теоретико-методологических основ и выявление основных типов картографических анимаций, выполнение анализа существующих методов создания картографических анимаций объектов, выполнение анализа функциональных возможностей настольного ГИС-приложения QGIS, обеспечивающих создание картографических анимаций объектов. В результате исследования разработаны методы и реализующие их алгоритмы для создания картографических анимаций объектов в среде QGIS, подготовлены описания разработанных алгоритмов на языке UML, а также проанализировано и определено место разработанных методов в системе знаний картографии и геоинформатики.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** картография, мультимедиа, динамические карты, географические информационные системы (ГИС), геоинформационное картографирование

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, 10 линия ВО, д. 33, Санкт-Петербург, Россия, 199178, *e-mail*: [st068972@student.spbu.ru](mailto:st068972@student.spbu.ru)

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, 10 линия ВО, д. 33, Санкт-Петербург, Россия, 199178, *e-mail*: [panidi@ya.ru](mailto:panidi@ya.ru), [e.panidi@spbu.ru](mailto:e.panidi@spbu.ru)

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, 10 линия ВО, д. 33, Санкт-Петербург, Россия, 199178, *e-mail*: [d.blyakharskiy@spbu.ru](mailto:d.blyakharskiy@spbu.ru)

## IMPROVING THE METHODS OF CREATING CARTOGRAPHIC ANIMATIONS

### ABSTRACT

Modeling and presentation of objects' and phenomena dynamics in geographic space is one of the tasks in cartography. Currently, due to the active society digitalization and scientific and technological progress, many different tools, technologies and opportunities have appeared that can be used for creating maps that would reflect dynamics of processes occurred in the mapped territory. Multimedia cartography and, in particular, animation cartography is relatively new direction in cartography developed based on such new technologies. The animation cartography considers general characteristics, concepts, principles, technological schemes for creating, designing and presenting animated maps. Currently, most of the animated maps require using a variety of specialized software, like geographic information systems (GIS), vector and raster graphic editors, video effects editing software, etc. Consequently, it is important to study functionality of the popular desktop GIS applications in view of the implementation of a full cycle of animated maps preparation, without parallel or subsequent use of any additional software. Within the framework of our study, we have solved a number of tasks, including generalizing the theoretical and methodological foundations and identifying the main types of cartographic animations; analyzing existing methods for cartographic animating of objects; analyzing the functionality of the QGIS application ensuring creation of cartographic animations of objects. As a result of the study, methods and their algorithm implementations have been developed to create cartographic animations of objects in the QGIS environment; descriptions of the developed algorithms in UML (Unified Modeling Language) have been prepared; and the role of the developed methods in the knowledge system of cartography and geoinformatics has been analyzed and determined.

**KEYWORDS:** cartography, multimedia, dynamic maps, geographic information systems (GIS), GIS-based mapping

### ВВЕДЕНИЕ

Моделирование и отображение динамики объектов и явлений в географическом пространстве является одной из задач в картографии. В настоящее время, благодаря активной цифровизации общества и научно-техническому прогрессу, появилось множество различных средств, технологий и возможностей для создания картографических произведений, отображающих динамику процессов, происходящих на картографируемой территории. На основе подобных технологий выделяется одно из сравнительно новых направлений картографии — мультимедиа картография [Cartwright et al., 2007], и как ее раздел — анимационная картография [Лисицкий и др., 2014а], рассматривающая общие характеристики, понятия, принципы, технологические схемы создания, оформления и отображения анимированных карт.

---

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 33, 10th line VO, St. Petersburg, 199178, Russia, *e-mail*: [st068972@student.spbu.ru](mailto:st068972@student.spbu.ru)

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 33, 10th line VO, St. Petersburg, 199178, Russia, *e-mail*: [panidi@ya.ru](mailto:panidi@ya.ru), [e.panidi@spbu.ru](mailto:e.panidi@spbu.ru)

<sup>3</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 33, 10th line VO, St. Petersburg, 199178, Russia, *e-mail*: [d.blyakharskiy@spbu.ru](mailto:d.blyakharskiy@spbu.ru)

К настоящему времени сформированы базовые представления о теоретической и методологической составляющих анимационной картографии, а также общие схемы составления анимированных карт, однако непроработанность технологической составляющей данного направления, ввиду обилия современных средств, которые могут быть использованы при составлении анимированных картографических произведений, делают направление актуальным для исследования, с целью рассмотрения и совершенствования различных методов создания анимаций.

В настоящий момент большинство картографических произведений с анимацией требует использования разнообразного специализированного программного обеспечения (ПО): географических информационных систем (ГИС), векторных и растровых редакторов, ПО для монтажа видеоэффектов и других. Актуальным является исследование функциональных возможностей популярных настольных ГИС-приложений на предмет внедрения полного цикла создания анимированного картографического произведения, без параллельного и последующего применения дополнительного ПО.

Настоящее исследование посвящено обобщению и дополнению теоретико-методологических основ анимационной картографии, а также анализу существующих методов создания картографических анимаций объектов. В рамках исследования выполнен анализ функциональных возможностей настольной ГИС QGIS, которые могут быть использованы для создания картографических анимаций объектов. В составе результатов исследования предложен ряд методов и реализующие их алгоритмы для создания картографических анимаций объектов с использованием QGIS, которые частично освещены в настоящей статье.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В рамках анализа существующих методов и классификаций картографических анимаций объектов были выделены конкретные виды анимаций с разделением их на основе анализа функциональных возможностей QGIS. Определено, для каких видов анимаций пользователю достаточно имеющихся основных функций ГИС, а для каких необходимо создавать дополнительные пользовательские функции.

К первой группе анимаций, которые возможно создать, используя базовые возможности QGIS, относятся:

1. Масштабирование объекта.
2. Изменение положения объекта на основе базы данных состояний пространственных объектов.
3. Отображение динамических подписей.
4. Изменение цвета и прозрачности объектов.

Ко второй группе анимаций, для создания которых необходимо создавать дополнительные пользовательские алгоритмы на языке программирования Python, относятся:

5. Изменение положения объекта на основе данных о траектории его движения.
6. Изменение положения объекта на основе моделирующей функции, используемой для описания траектории движения.
7. Изменение геометрии объекта на основе базы данных состояний пространственных объектов.
8. Изменение геометрии объекта на основе данных, генерируемых с использованием моделирующей функции.

В рамках настоящего исследования разработаны примеры алгоритмов для создания данных видов анимаций в ГИС. Для каждого были созданы описания на языке UML (Unified Modeling Language — унифицированный язык моделирования) в виде диаграмм классов (рис. 1).

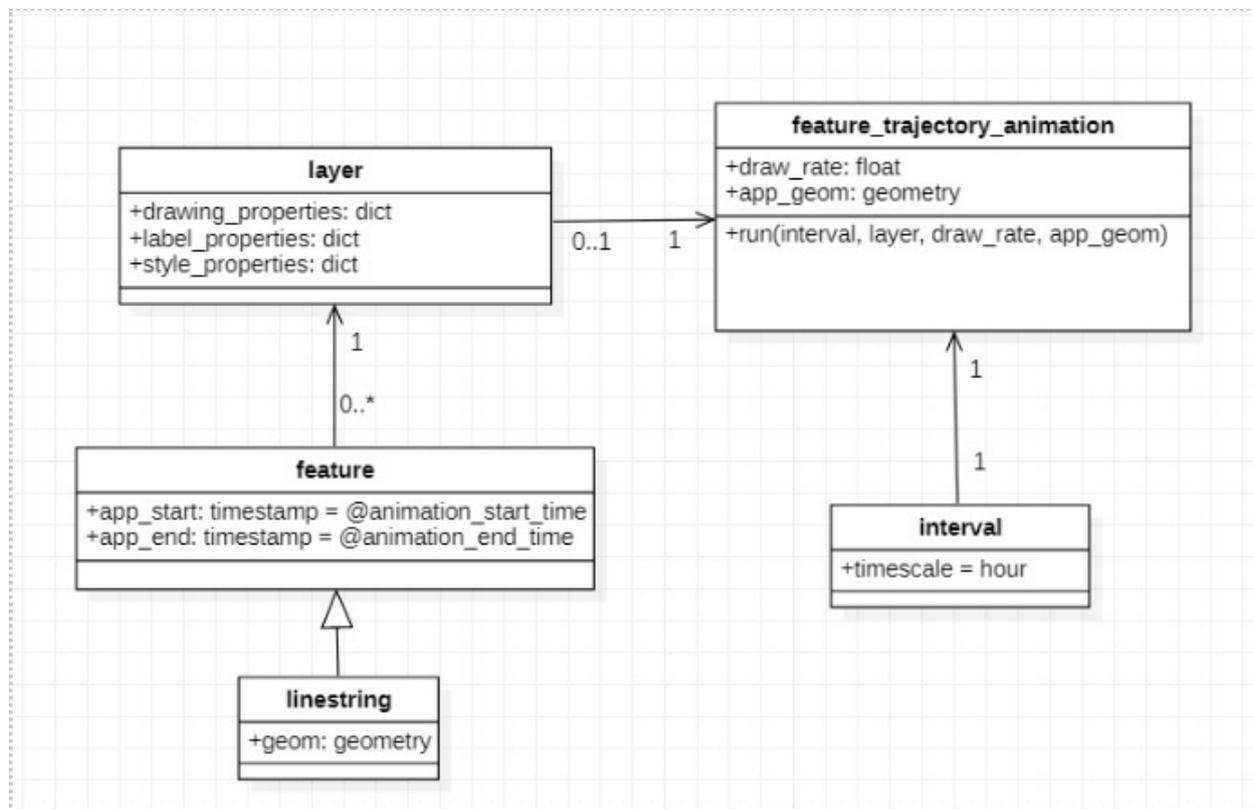


Рис. 1. Диаграмма классов для алгоритма создания анимации движения по траектории  
Fig. 1. Class diagram for the algorithm of the along-trajectory motion animation

Диаграмма классов UML представляет собой набор, собственно, классов, которые отображаются в виде ячеек диаграммы. Класс может содержать набор атрибутов определенного типа, набор методов класса, требующих необходимое количество параметров для выполнения. Между классами могут существовать связи различных типов. Связь, аналогичная связи в реляционной алгебре, типов «один к одному» и «многие к одному» («один ко многим»). В UML также могут быть описаны расширенные типы данных связей, например, «либо ничего, либо один к одному» (0..1 – 1) и другие, например связь-наследование, определяющая использование «дочерними» классами атрибутов и методов «родительского» класса. Для каждого из алгоритмов была составлена блок-диаграмма последовательности; пример такой диаграммы представлен на рис. 2.

Блок-диаграмма представляет собой последовательный набор блоков различного типа в заданной последовательности, определяемой стрелками. В данной диаграмме (рис. 2), а также диаграммах для остальных алгоритмов представлены следующие типы блоков: ограничители (определяют начало и конец алгоритма (обозначен номером 1 на рисунке)), блок ввода данных в алгоритм (обозначен номером 2 на рисунке), блок процесса (обозначен номером 3 на рисунке) и блок условия (обозначен номером 4 на рисунке).

На рис. 1 представлен пример UML-диаграммы классов для алгоритма создания анимации движения по предопределенной траектории. Данный алгоритм может быть

использован, например, для создания анимации пролета беспилотного воздушного судна (БВС) после выполнения полета (кадр из анимации пролета БВС представлен на рис. 3), как одно из приложений для отчетных материалов к выполненным аэрофотосъемочным работам, т. к. большинство БВС после выполнения полета формируют пространственный файл в векторном формате с его истинной траекторией движения, а разработанный алгоритм позволяет установить временное разрешение анимации с привязкой к реальному времени полета.

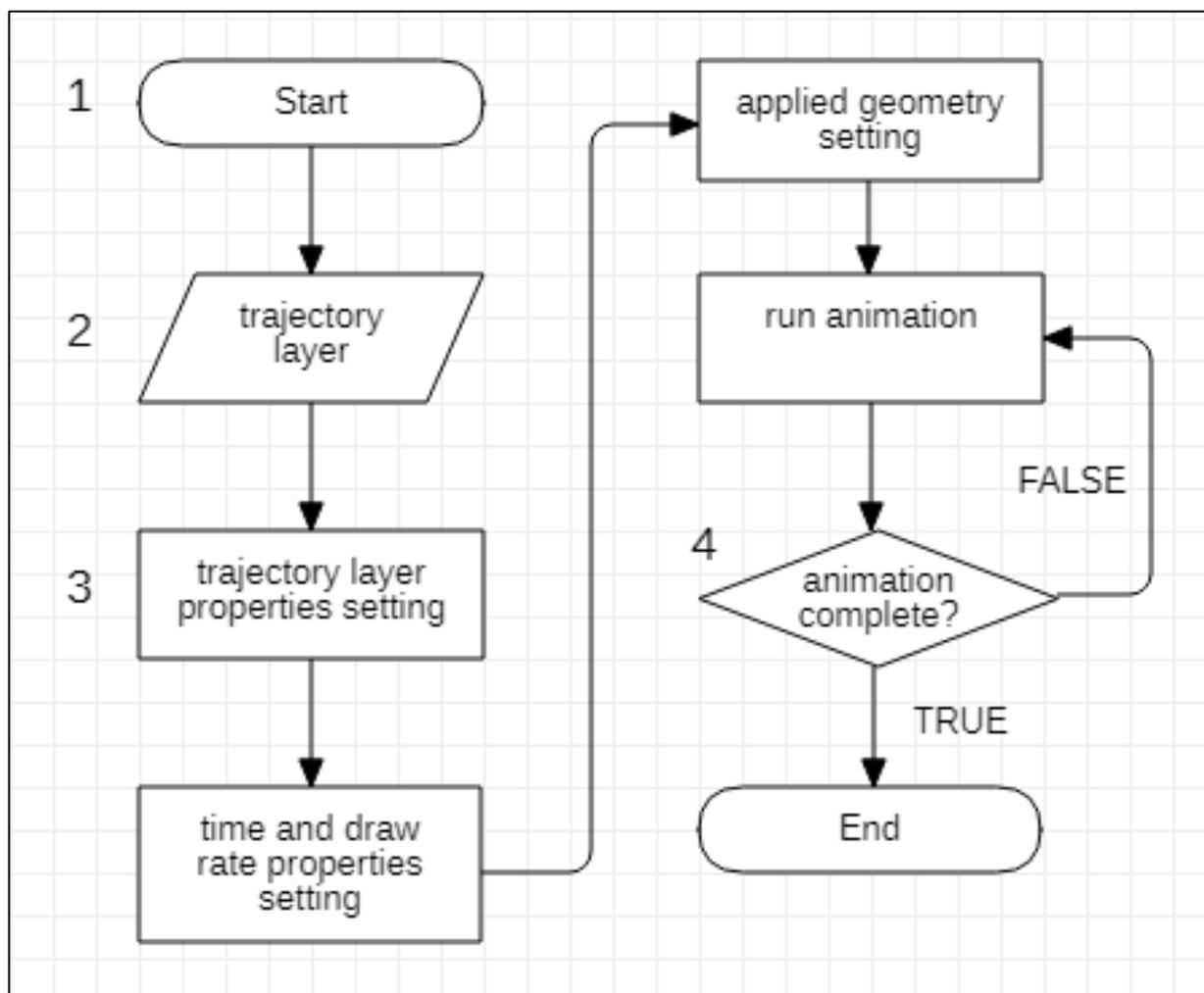


Рис. 2. Блок-диаграмма алгоритма создания анимации движения по траектории  
Fig. 2. Block diagram for the algorithm of the along-trajectory motion animation

Для каждого из алгоритмов для создания вышеперечисленных видов анимаций была составлена UML-диаграмма классов, а также дополнительно сформирован класс *feature*, определяющий объект, к которому будет применена анимация. Данный класс используется для обобщения всех типов геометрических примитивов (точка, линия, полигон), т. к. большинство видов анимации не зависят от конкретного типа геометрии. Данный класс дополнительно включает в себя атрибуты начала анимации для конкретного объекта и ее окончания, по умолчанию принимаемых за начало и конец всей анимации карты, соответственно. UML-диаграмма класса *feature* представлена на рис. 4.

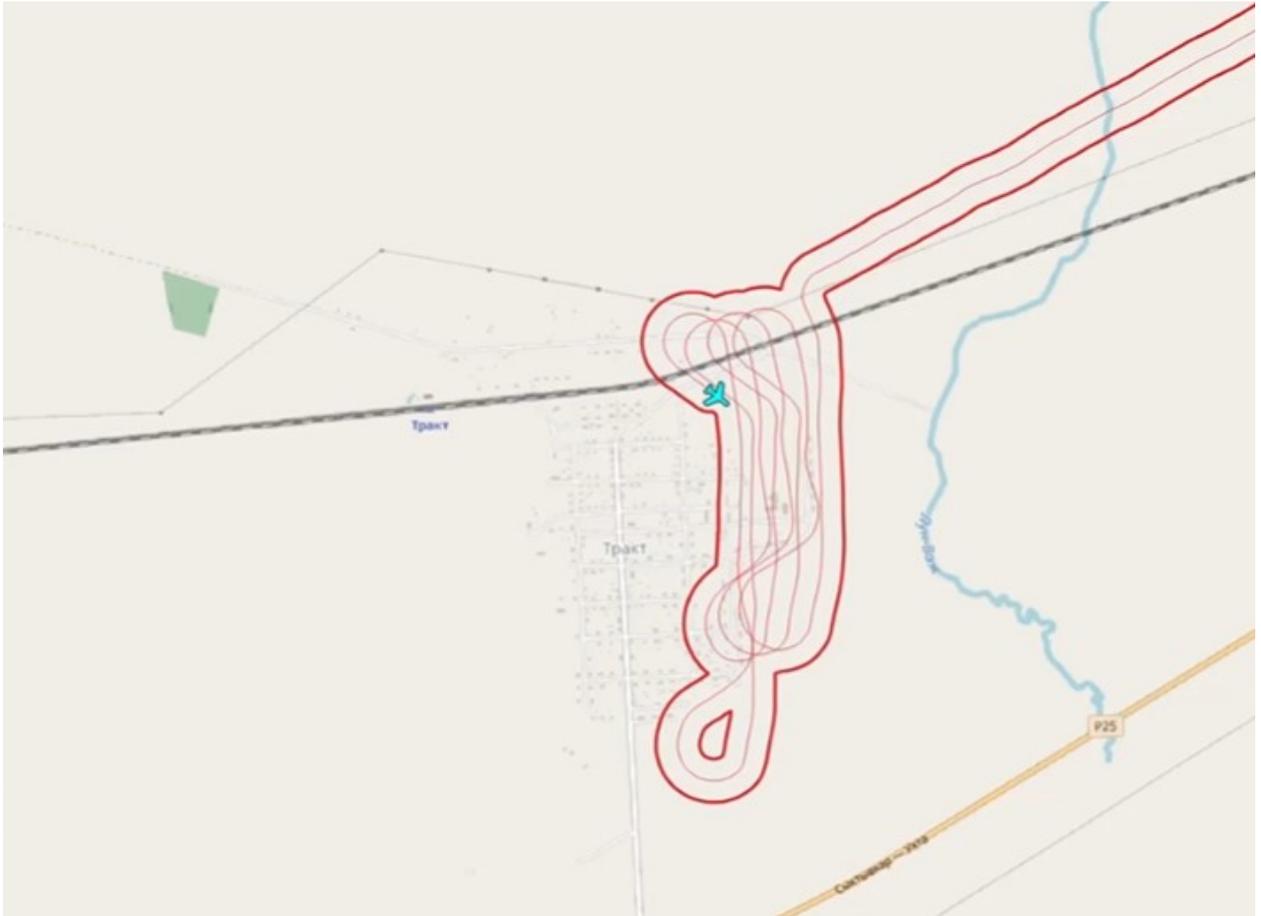


Рис. 3. Кадр анимации пролета БВС над населенным пунктом  
Fig. 3. An animation frame of a UAV flight over a human settlement

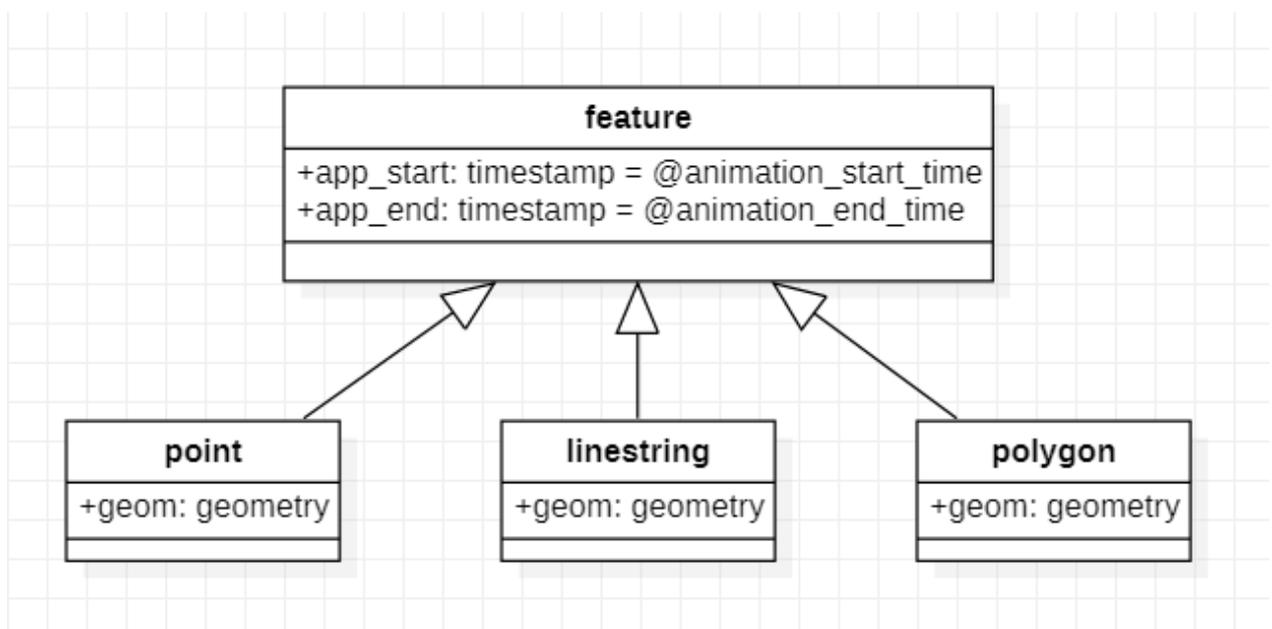


Рис. 4. Класс UML feature  
Fig. 4. Feature UML-class

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанные алгоритмы реализуют следующие методы (при этом все используют параметры управления временем в ГИС):

1. Создание анимации на основе исключительно параметров времени — реализуется алгоритмом для создания анимации простого изменения положения на основе базы данных состояний пространственных объектов (см. выше п. 2 перечня видов анимаций).
2. Создание анимации на основе аффинных преобразований — реализуется алгоритмом для создания анимации масштабирования объекта (см. выше п. 1 перечня видов анимаций).
3. Создание анимации на основе изменения параметров простого стиля объектов — реализуется алгоритмами создания анимаций подписей, цвета и прозрачности (см. выше пп. 3–4 перечня видов анимаций).
4. Создание анимации с использованием генератора геометрии сложного стиля объектов — реализуется алгоритмами создания анимаций пп. 5–8 (см. выше перечень видов анимаций).

В рамках исследования проанализирован вопрос о месте разработанных методов и алгоритмов для создания картографических анимаций в ГИС в системе знаний картографии и геоинформатики. Данный вопрос является дискуссионным ввиду комплексности понятийного аппарата, а также относительной новизны обсуждаемого направления и недостаточной проработанности его сущности и терминологии.

Анимационная картография (Animated Cartography) или анимационное картографирование (Animated Mapping) определяется в отечественных и зарубежных трудах [Берлянт, 1997; Лисицкий и др., 2014а; Берлянт, Ушакова, 2000; Moelling, 1980; Campbell, Egbert, 1990; DiBiase et al., 1992; Harrower, 2004; Harrower, Fabricant, 2008] как картографирование динамики и процессов, происходящих на какой-либо территории. Анимационная картография и картографические анимации, с другой стороны — часть геоинформационного картографирования, сущность которого определяется как автоматизированное создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний [Берлянт, 1997]. Анимации и способы их создания неотделимы от динамического геоинформационного картографирования.

В свою очередь, мультимедийная картография [Лисицкий и др., 2014а; Лисицкий и др., 2017; Hunter, 1977; Peterson, 1995; Cartwright et al., 2007] определяется как сочетание разнообразных методов, приемов картографии и мультимедиа, программных и технических средств, позволяющих осуществлять интеграцию картографического изображения и другой информации в форме текста, звукового сопровождения, графиков, фотографий, видеосюжетов, рисунков, анимации, двух- и трехмерных моделей [Лисицкий и др., 2014b]. В мультимедийной картографии анимации являются средством, определяющим восприятие картографического изображения, а создание анимаций направлено на создание мультимедийных эффектов (перетекание, мерцание, возникновение, иные) при помощи специализированных технических средств и программного обеспечения.

Вопрос определения места разработанных в ходе исследования методов не является однозначным, так как:

1. Данные методы используют возможности ГИС.
2. Данные методы используют таблицы атрибутов пространственных объектов.
3. Метод создания анимации с использованием генератора геометрии позволяет дополнительно перейти от создания анимации к ее использованию, для проведения

анализа динамики моделируемых процессов, т. к. он позволяет в любой желаемый момент выполнять пространственные манипуляции и вычисления с моделируемым объектом.

Указанные свойства позволяют отнести разработанные методы к области геоинформационного картографирования. С другой стороны, учитывая, что данные методы позволяют создавать мультимедийные эффекты непосредственно в настольном приложении ГИС, которое можно классифицировать как специализированное ПО для создания данных эффектов, их возможно отнести и к методам мультимедийной картографии.

Таким образом, сущность выполненной разработки может быть определена как развитие методов динамического геоинформационного картографирования, учитывая, что выполнялась разработка методов создания анимаций объектов в ГИС в целом. Хотя достигаемая данными методами «мультимедийность изображения» скорее определяет разработку как комплексную, на стыке геоинформационного картографирования и мультимедийной картографии.

## **ВЫВОДЫ**

В результате выполненных исследования и разработки был разработан ряд методов и реализующих их алгоритмов, обеспечивающих выполнение полного цикла анимационного картографирования динамики пространственных объектов в среде универсальных настольных ГИС. Разработанные алгоритмы были документированы путем создания UML-диаграмм классов и блок-диаграмм, что позволяет облегчить их портирование в другие настольные ГИС. Кроме того, созданные диаграммы могут быть охарактеризованы как методические средства, которые могут стать основой для дальнейшего развития методов анимации объектов в ГИС.

В процессе исследования, кроме того, на основе анализа существующих методов создания картографических анимаций объектов и функциональных возможностей QGIS для создания картографических анимаций объектов, были выделены основные группы картографических анимаций.

В результате анализа, обобщения и определения разработанных методов создания анимаций в ГИС определено место разработанных методов в системе знаний картографии и геоинформатики. Рассмотрена комплексность и неоднозначность отнесения методов автоматизации анимаций в ГИС к различным разделам геоинформатики и картографии, различия в схожих понятиях, возможные разночтения. В результате анализа место разработки в системе знаний определено на стыке геоинформационного картографирования (автоматизированной картографии) и мультимедийной картографии.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

*Берлянт А. М.* Геоинформационное картографирование. М.: Моск. гос. ун-т имени М. В. Ломоносова, Рос. акад. естеств. наук, 1997. 64 с.

*Берлянт А. М., Ушакова Л. А.* Картографические анимации. М.: Научный мир, 2000. 99 с.

*Лисицкий Д. В., Хорошилов В. С., Колесников А. А.* Анимационная картография — сущность, характеристики и перспективы. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2014а. № S4. С. 91–97.

*Лисицкий Д. В., Колесников А. А., Комиссарова Е. В., Бугаков П. Ю., Писарев В. С.* Мультимедийное направление в картографии. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2014б. № 3. С. 41–46.

*Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В., Колесников А. А.* Теоретические основы и особенности мультимедийной картографии. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий), 2017. Т. 22. № 3. С. 72–87.

*Campbell C. S., Egbert S. L.* Animated cartography: thirty years of scratching the surface. *Cartographica*, 1990. V. 27. Iss. 2. P. 24–46. DOI: 10.3138/V321-5367-W742-1587.

*Cartwright W. E., Peterson M. P., Gartner G.* Multimedia cartography. Edition 2. Heidelberg: Springer, 2007. 546 p. DOI: 10.1007/978-3-540-36651-5.

*DiBiase D., MacEachren A. M., Krygier J. B., Reeves C.* Animation and the role of map design in scientific visualization. *Cartography and geographic information science*, 1992. V. 19. Iss. 4. P. 201–214. DOI: 10.1559/152304092783721295.

*Harrower M.* A look at the history and future of animated maps. *Cartographica: the international journal for geographic information and geovisualization*, 2004. V. 39. Iss. 3. P. 33–42. DOI: 10.3138/7MN7-5132-1MW6-4V62.

*Harrower M., Fabricant S.* The role of map animation for geographic visualization. *Geographic visualization: concepts, tools and applications*. New Jersey: Willey, 2008. P. 49–65. DOI: 10.1002/9780470987643.ch4.

*Hunter G.* Computer animation survey. *Computers & Graphics*, 1977. V. 2. Iss. 4. P. 225–229. DOI: 10.1016/0097-8493(77)90019-X.

*Moellring H.* Strategies of real-time cartography. *Cartographic journal*, 1980. V. 17. Iss. 1. P. 12–15. DOI: 10.1179/caj.1980.17.1.12.

*Peterson M. P.* *Interactive and Animated Cartography*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995. 257 p.

## REFERENCES

*Berlyant A. M.* Geoinformational mapping. Moscow: M. V. Lomonosov Moscow State University, Russian Academy of Natural Sciences, 1997. 64 p. (in Russian).

*Berlyant A. M., Ushakova L. A.* Cartographic animations. Moscow: Scientific World, 2000. 99 p. (in Russian).

*Campbell C. S., Egbert S. L.* Animated cartography: thirty years of scratching the surface. *Cartographica*, 1990. V. 27. Iss. 2. P. 24–46. DOI: 10.3138/V321-5367-W742-1587.

*Cartwright W. E., Peterson M. P., Gartner G.* Multimedia cartography. Edition 2. Heidelberg: Springer, 2007. 546 p. DOI: 10.1007/978-3-540-36651-5.

*DiBiase D., MacEachren A. M., Krygier J. B., Reeves C.* Animation and the role of map design in scientific visualization. *Cartography and geographic information science*, 1992. V. 19. Iss. 4. P. 201–214. DOI: 10.1559/152304092783721295.

*Harrower M.* A look at the history and future of animated maps. *Cartographica: the international journal for geographic information and geovisualization*, 2004. V. 39. Iss. 3. P. 33–42. DOI: 10.3138/7MN7-5132-1MW6-4V62.

*Harrower M., Fabricant S.* The role of map animation for geographic visualization. *Geographic visualization: concepts, tools and applications*. New Jersey: Willey, 2008. P. 49–65. DOI: 10.1002/9780470987643.ch4.

*Hunter G.* Computer animation survey. *Computers & graphics*, 1977. V. 2. Iss. 4. P. 225–229. DOI: 10.1016/0097-8493(77)90019-X.

*Lisitsky D. V., Horoshilov V. S., Kolesnikov A. A.* Animated cartography — the nature, characteristics and perspectives of Cartography. *Izvestia vuzov “Geodesy and aerophotosurveying”*, 2014a. No. S4. P. 91–97 (in Russian).

*Lisitsky D. V., Kolesnikov A. A., Komissarova E. V., Bugakov P. Yu., Pisarev V. S.* Multimedia trend in cartography. *Izvestiya vuzov. Izvestia vuzov “Geodesy and aerophotosurveying”*, 2014b. No. 3. P. 41–46 (in Russian).

*Lisitsky D. V., Komissarova E. V., Kolesnikov A. A.* Theoretical basis and features of multimedia cartography. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*, 2017. V. 22. No. 3. P. 72–87 (in Russian).

*Moellring H.* Strategies of real-time cartography. *Cartographic journal*, 1980. V. 17. Iss. 1. P. 12–15. DOI: 10.1179/caj.1980.17.1.12.

*Peterson M. P.* *Interactive and Animated Cartography*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995. 257 p.

---