

УДК: 528.9

DOI: 10.35595/2414-9179-2025-1-31-395-407

Г. И. Загребин<sup>1</sup>

## ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ МУЛЬТИМАСШТАБНЫХ КАРТ ДЛЯ ГИС И ВЕБ-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрены программные подходы и решения по реализации оптимальных картографических проекций мультимасштабных карт для геоинформационных систем на примере MapInfo Pro и веб-картографирования на примере картографической JavaScript-библиотеки Leaflet. Проанализированы отечественные и зарубежные исследования по преобразованию вида картографической сетки из одной проекции в другую с помощью аффинного преобразования и аналитического трансформирования картографических проекций при мультимасштабном картографировании. В статье даны алгоритмы реализации проекции мультимасштабных карт в геоинформационных системах в виде модулей и панелей инструментов, в веб-картографировании в виде функции на JavaScript. Для веб-картографирования разработан алгоритм, реализующий использование большего количества картографических проекций и позволяющий отобразить плавный переход от одной проекции к другой. Плавность перехода может достигаться как последовательным изменением параметров проекции, так и комбинированием формул двух проекций. На выбор проекций влияет масштабный уровень карты и положение отображаемой территории. Алгоритм разработан для экранов альбомной ориентировки с разрешением FullHD и менее. Для ГИС MapInfo Pro на языке программирования MapBasic разработан интерфейс пользователя и программный код. Разработанные алгоритмы и модули позволят более правильно отображать земную поверхность в интерактивных мультимасштабных картах, что позволит даже неопытным пользователям применять оптимальные картографические проекции в своих проектах. Развитие модулей может состоять как в более широком охвате других геоинформационных систем, так и в уточнении алгоритмов для разных ориентировок экранов и их разрешений. При веб-картографировании дан наиболее полный алгоритм, который можно сузить для решения конкретных задач. Например, при отсутствии необходимости картографировать весь мир можно использовать меньшее количество проекций.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** веб-картография, ГИС, картографическая проекция, мультимасштабная карта

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Гороховский пер., д. 4, Москва, Россия, 105064, e-mail: zagrebin@miigaik.ru

Gleb I. Zagrebin<sup>1</sup>

## SOFTWARE SOLUTIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF OPTIMAL MAP PROJECTIONS OF MULTISCALE MAPS FOR GIS AND WEB MAPPING

### ABSTRACT

Software approaches and solutions for the implementation of optimal map projections of multiscale maps for geographic information systems are considered using the example of MapInfo Pro and web mapping using the example of the Leaflet JavaScript library. The article analyzes domestic and foreign studies on the transformation of the type of cartographic grid from one projection to another using affine transformation and analytical transformation of cartographic projections in multiscale mapping. The article provides algorithms for implementing the projection of multiscale maps in geographic information systems in the form of modules and toolbars, in web mapping in the form of a JavaScript code function. For web mapping, an algorithm has been developed that implements the use of a larger number of map projections and allows you to display a smooth transition from one projection to another. The smoothness of the transition can be achieved either by sequentially changing the projection parameters or by combining the formulas of the two projections. The choice of projections is influenced by the scale level of the map and the position of the displayed area. The algorithm is designed for landscape orientation screens with a resolution of FullHD or less. A user interface and program code have been developed for GIS MapInfo Pro in the MapBasic programming language. The developed algorithms and modules will make it possible to more correctly display the earth's surface in interactive multiscale maps, which will allow even non-experienced users to apply optimal cartographic projections in their projects. The development of modules may consist both in broader coverage of other geographic information systems and in refinement of algorithms for different screen orientations and their resolutions. In web mapping, the most complete algorithm is given, which can be narrowed down to solve specific problems. For example, if you don't need to map the entire world, you can use fewer projections.

**KEYWORDS:** web cartography, GIS, map projection, multiscale map

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в геоинформационных системах и в картографических веб-сервисах применяют ограниченное количество картографических проекций. Это связано с несколькими факторами, например: технические сложности реализации некоторых картографических проекций, отсутствие обратных формул некоторых проекций, сложность учета всех факторов при выборе картографической проекции, непонимание простыми пользователями теории искажений картографических проекций и т. д. В геоинформационных системах используется ограниченное количество картографических проекций, обычно около тридцати, которые не всегда покрывают все потребности картографов. Например, поликоническая проекция ЦНИИГАиК [Бугаевский, 1998] не реализована в геоинформационных системах. Несмотря на ограниченное количество проекций, с их помощью возможно получить большое количество систем координат, меняя параметры проекции в зависимости от требований, предъявляемых к проекции с учетом масштаба и тематики создаваемой карты, размера и положения картографируемой территории. Тем не менее, неподготовленному с картографической точки зрения пользователю сложно ориентироваться во всем многообразии систем координат, и зачастую выбор падает на систему

---

<sup>1</sup> Moscow State University of Geodesy and Cartography, 4, Gorokhovskiy ln., Russia, 105064, Moscow, e-mail: zagrebin@miigaik.ru

координат, используемых по умолчанию в выбранной геоинформационной системе. Это ведет к неправильному отображению как форм картографируемой территории, так и тематических явлений, показываемых на карте. Созданы различные экспертные системы, которые помогают пользователю с выбором оптимальной проекции. Под оптимальной картографической проекцией понимается такая проекция, которая обеспечивает оптимальное выполнение всей совокупности требований к проекциям, а не только минимизацию искажений и наилучшее их распределение. Выбор оптимальной проекции зависит от нескольких факторов, характеризующих объект картографирования, создаваемую карту, способы и условия ее использования и получаемую картографическую проекцию [Бугаевский, 1998]. Оптимальная проекция зависит не только от показываемого явления, но и территории, которая отображается на экране, а т. к. в настоящий момент электронные карты приобрели характер мультимасштабности [Самсонов, 2011], то территория картографирования меняется в зависимости масштаба отображения и координат центральной точки карты. Необходимо динамично менять проекцию окна карты в зависимости от масштаба и отображаемой территории.

В веб-картографии зачастую используется одна система координат на весь масштабный ряд. Это проекция Меркатора, которая не позволяет показать без значительных искажений полярные территории, искажает формы и размеры объектов. Выбор проекции при мультимасштабном веб-картографировании также важен.

В образовательных целях и целях просвещения необходима разработка системы проекций мультимасштабной карты для геоинформационных систем и веб-карт. В статье рассмотрены программные подходы и решения по реализации оптимальных картографических проекций мультимасштабных карт для геоинформационных систем на примере MapInfo Pro и веб-картографирования на примере картографической JavaScript-библиотеки Leaflet.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На сегодняшний день есть все предпосылки реализовать проекции мультимасштабных карт в техническом плане: переход на векторные тайлы, которые возможно быстрее трансформировать, чем растровые; использование WebGL; увеличение вычислительной мощности устройств.

Рассмотрим некоторые подходы при выборе и преобразовании картографических проекций, которые обсуждаются в нескольких работах как отечественных, так и зарубежных авторов [CanTERS, 2002; Jenny et al., 2010]. Рассматривая проекции мультимасштабных карт, можно выделить работы следующих авторов: [Jenny, 2012; Choosing, 2017; Gosling, 2020]. Интересна техническая реализация разработки компании MapBox, состоящая не в аналитическом трансформировании картографических проекций на каждом масштабном уровне, а во внедрении аффинных преобразований, которые можно применить в режиме реального времени на графическом процессоре с применением технологии WebGL. Необходимо перепроецировать координаты только один раз при загрузке карты, а затем корректировать вид карты по мере масштабирования пользователем с помощью аффинных преобразований без каких-либо потерь производительности. Такое преобразование допустимо только на небольшой территории; при отображении всего земного шара необходимо использовать аналитическое трансформирование.

Интересным решением является онлайн-инструмент для выбора картографической проекции Projection Wizard [Šavrič et al., 2016], помогающее картографам выбрать подходящую проекцию для своей карты. В зависимости от размера и степени искажения карты приложение предлагает проекцию, а также ее параметры (например, стандартные параллели и осевой меридиан). Отличительной особенностью инструмента является его реализация

в виде веб-страницы, на которой пользователь указывает картографируемую территорию, а сервис моментально предлагает список подходящих проекций с описанием системы координат для геоинформационных систем в форматах PROJ и WKT.

Проведя анализ отечественных и зарубежных исследований, можно сделать вывод, что основной упор делается на выбор оптимальной картографической проекции карты конкретного масштаба, не рассматриваются вопросы выбора и реализации проекций мультимасштабных карт для геоинформационных систем. Необходимо реализовать работу с картографическими проекциями мультимасштабных карт в ГИС и веб-картографировании.

Рассмотрим программные решения, необходимые для создания модуля выбора и реализации мультимасштабной проекции для геоинформационной системы MapInfo Pro. Необходимо предусмотреть два логических блока. Первый отвечает за состояние инструмента: включает или отключает изменение проекции для выбранного пользователем окна. Такие блоки реализуются в виде пунктов главного меню или переключателей в панели инструментов.

Второй блок всегда запущен в фоне и проверяет состояние переключателя `Multi_map_cheking`. При включенном режиме изменяет систему координат окна карты в реальном времени в зависимости от охвата территории и координат центра окна карты (рис. 1). Так, если охват карты по долготе превышает 25 000 км, то применяется поликоническая проекция, иначе применяется равноугольная азимутальная стереографическая проекция с центральной точкой, совпадающей с центром окна карты. Полученный алгоритм позволяет отобразить любую территорию земного шара на любом масштабе в проекции с оптимальными параметрами. К сожалению, ограниченное число проекций не позволило выбрать оптимальную проекцию для карт всего мира, но имеющаяся поликоническая проекция может быть использована для текущих задач.

Для веб-картографирования разработан алгоритм (рис. 2), реализующий использование большего количества картографических проекций и позволяющий отобразить плавный переход от одной проекции к другой. Плавность перехода может достигаться как последовательным изменением параметров проекции, так и комбинированием формул двух проекций. На выбор проекций влияет масштабный уровень карты и положение отображаемой территории.

Алгоритм разработан для экранов альбомной ориентировки с разрешением FullHD и менее. Для экранов большего разрешения и портретной ориентировки следует пересмотреть значение широты, при которой происходит смена конической проекции на азимутальную. Из-за различий в разрешениях мониторов и количества пикселей на дюйм пользоваться традиционным понятием «масштаб» в мультимасштабном картографировании имеет смысл только при обработке данных и проектировании карты в геоинформационных системах. При веб-картографировании традиционно используют понятие «масштабный уровень», который связан с технологией `TileMapService`, отображающей картографируемую территорию (земную поверхность) в проекции Меркатора без полярных областей. В результате картографируемая территория вписывается в квадрат (тайл) размером сторон 256 пикселей, что соответствует нулевому масштабному уровню. На следующих масштабных уровнях каждый тайл рекурсивно разбивается на четыре тайла и масштаб увеличивается в два раза, а масштабный уровень на единицу.

В настоящее время при веб-картографировании используется не только проекция Меркатора. Понятие масштабных уровней прочно закрепилось и используется во многих веб-сервисах и исследованиях.

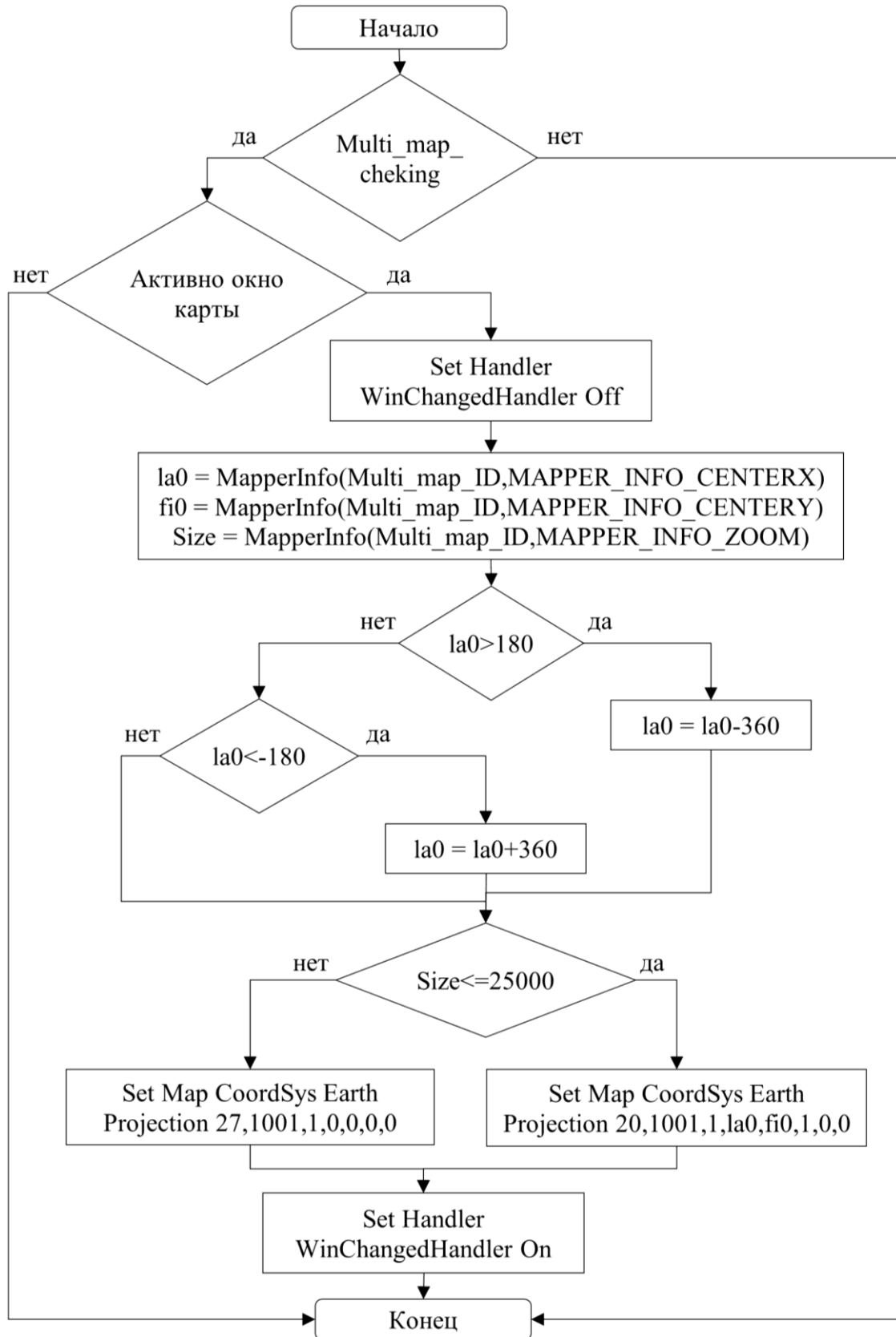


Рис. 1. Алгоритм работы программы мультипроекции в ГИС (на примере MapInfo Pro)  
Fig. 1. Algorithm of the multi-projection program in GIS (for example, MapInfo Pro)

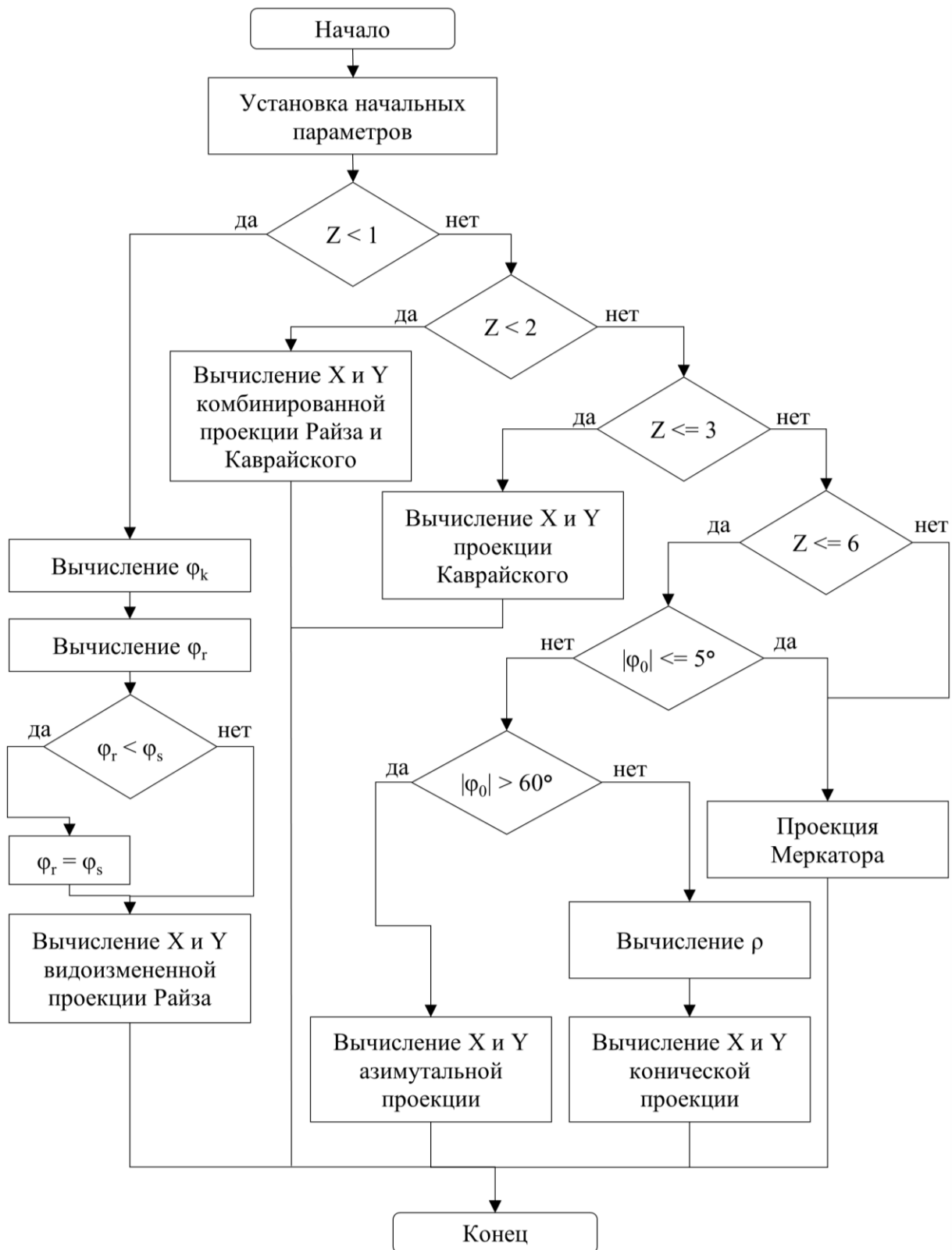


Рис. 2. Алгоритм работы программы мультипроекции в веб-картографировании (на примере LeafletJS, function XY(fi,la))

Fig. 2. Algorithm of the multi-projection program in web mapping (for example, LeafletJS, function XY(fi,la))

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотренные алгоритмы реализованы в виде модуля для геоинформационной системы и веб-карты.

Для ГИС MapInfo Pro на языке программирования MapBasic разработан интерфейс пользователя, который представлен на рис. 3.

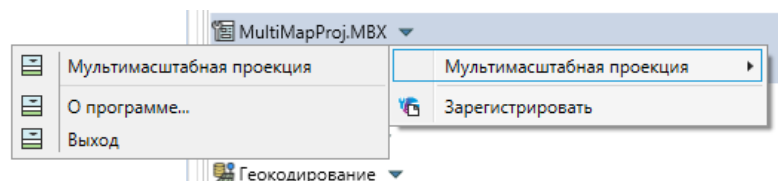


Рис. 3. Интерфейс модуля для ГИС MapInfo Pro  
Fig. 3. Interface of the GIS MapInfo Pro module

Изменение системы координат окна карты происходит каждый раз, когда пользователь двигает карту или масштабирует ее. За отслеживание действий пользователя с картой отвечает обработчик системных событий MapBasic с помощью специальной процедуры WinChangedHandler, которая вызывается, когда пользователь изменяет или листает содержимое окна Карты. Процедура WinChangedHandler должна содержать минимум действий, чтобы не увеличивать время работы приложения. Внутри обработчика событий происходит изменение системы координат окна карты, что приводит к изменению содержимого окна карты, при этом процедура WinChangedHandler рекурсивно запустится еще раз, что приведет к бесконечному циклу запуска процедур. Необходимо в начале рассматриваемой процедуры поместить оператор Set Handler WinChangedHandler Off, чтобы предотвратить рекурсивный вызов обработчика. В конце процедуры необходимо восстановить действие обработчика с помощью оператора Set Handler WinChangedHandler On.

Далее необходимо получить информацию о координатах центральной точки окна карты с помощью операторов MapBasic. Географические координаты долготы  $la_0$  и широты  $fi_0$  возможно получить с помощью оператора MapperInfo и двух аргументов MAPPER\_INFO\_CENTERX и MAPPER\_INFO\_CENTERY:

```
la0 = MapperInfo(Multi_map_ID, MAPPER_INFO_CENTERX)  
fi0 = MapperInfo(Multi_map_ID, MAPPER_INFO_CENTERY)
```

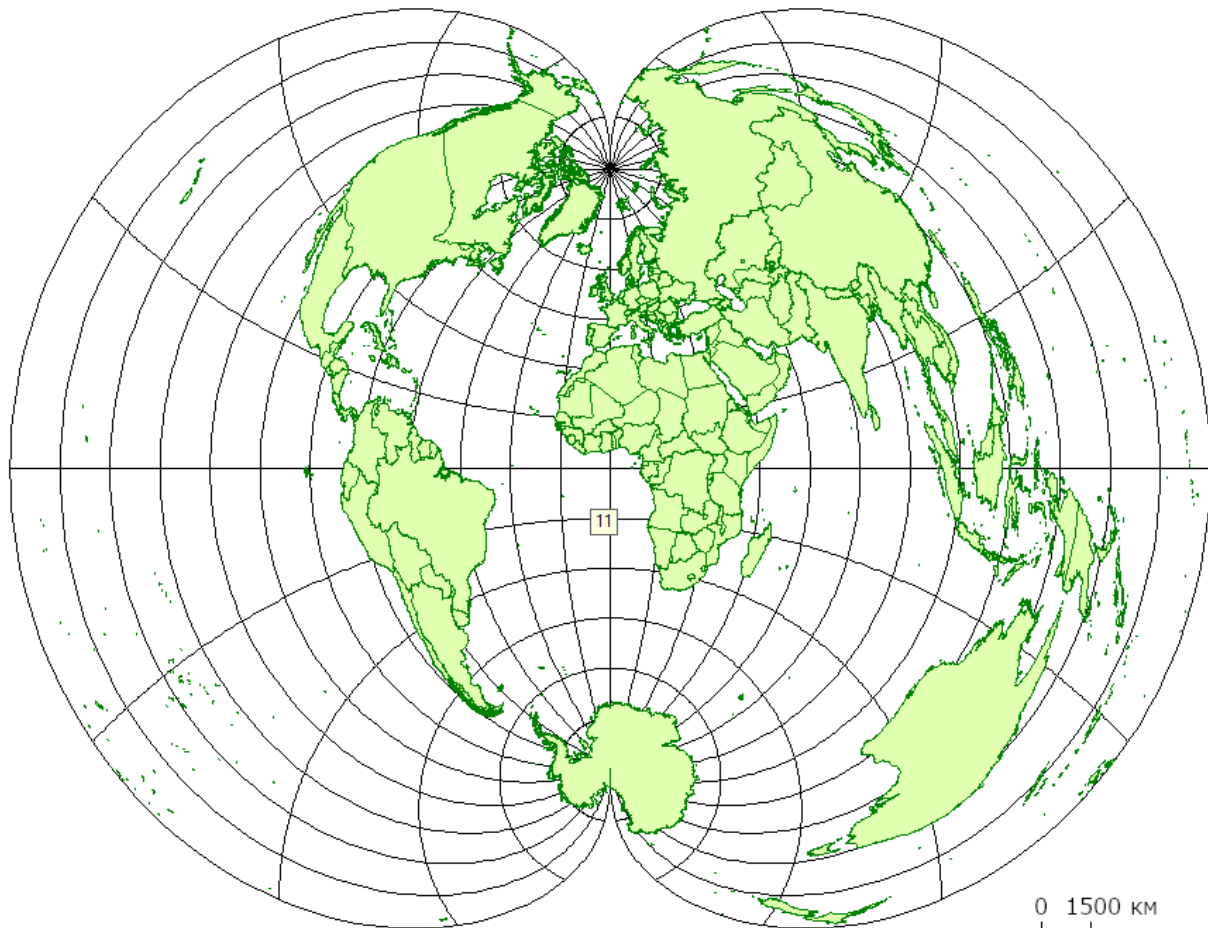
Основным параметром в MapInfo Pro, связанным с размером показываемой территории в окне карты (Size), является размер показанной части карты (расстояние от западного до восточного края) в ед. изм. расстояния, установленных в MapBasic. В нашем случае это километры, а переход от одной проекции к другой осуществляется при  $Size = 25\ 000$  км. Размер Size определяется по формуле:

```
Size = MapperInfo(Multi_map_ID, MAPPER_INFO_ZOOM)
```

Пользователь никак не ограничен при движении по карте как на восток, так и на запад, поэтому может возникнуть ситуация, когда  $la_0$  выйдет за пределы диапазона от  $-180^\circ$  до  $180^\circ$  по долготе. Чтобы этого избежать, необходимо проверить, не выходит ли  $la_0$  за границы установленного диапазона; при необходимости добавляется или убавляется  $360^\circ$ .

В программе применяются две проекции: поликоническая проекция с кодом Map CoordSys Earth Projection 27,1001,1,0,0,0,0 (рис. 4) и азимутальная проекция с кодом Map CoordSys Earth Projection 20,1001,1, $la_0$ , $fi_0$ ,1,0,0 (рис. 5).

Рассмотрим подробнее параметры этих проекций. Код поликонической проекции 27, код 1001 означает применение координат на эллипсоиде Красовского, код 1 указывает на ед. изм. в километрах, далее все параметры имеют нулевое значение, т. к. проекция применяется для карты мира, то нулевые широта и долгота совпадают с точкой пересечения экватора и Гринвичского меридиана, а восточное и северное смещения начала координат не требуются.

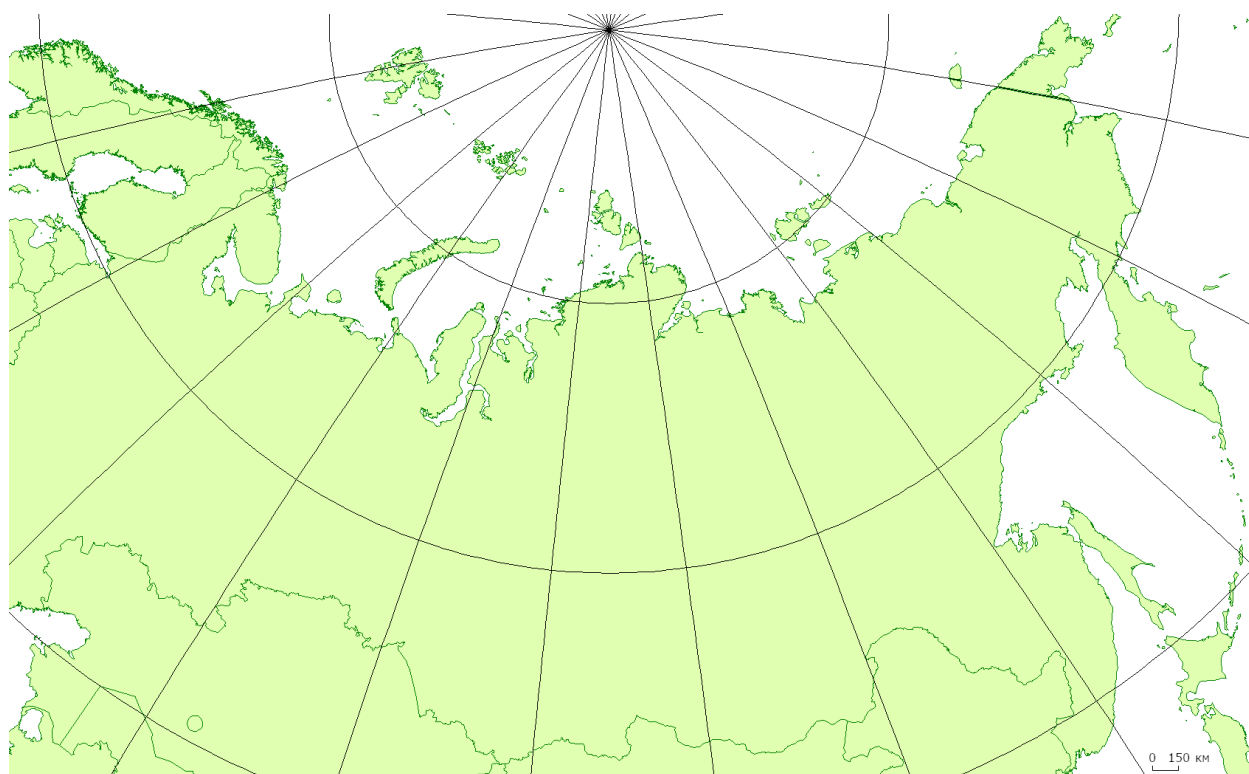


*Рис. 4. Поликоническая проекция с кодом Map CoordSys  
Earth Projection 27,1001,1,0,0,0,0*

*Fig. 4. Polyconic projection with a code Map CoordSys  
Earth Projection 27,1001,1,0,0,0,0*

Вторая проекция для карт более крупного масштаба является стереографической со следующими параметрами: код проекции 27, код эллипсоида 1001, код единиц измерения 1,  $la_0$  и  $fi_0$  географические координаты центра окна карты, коэффициент равен единице, восточное и северное смещения равны нулю.

Для реализации оптимальных картографических проекций мультимасштабных карт при веб-картографировании использовалась картографическая JavaScript-библиотека LeafletJS. Код программы написан на языке программирования JavaScript.



*Рис. 5. Стереографическая проекция с кодом Map CoordSys  
Earth Projection 20,1001,1,la0,fi0,1,0,0*  
*Fig. 5. Stereographic projection with a code Map CoordSys  
Earth Projection 20,1001,1,la0,fi0,1,0,0*

При разработке проекции для масштабных уровней от нулевого до первого применялась идея показа разворачиваемости земного шара на плоскость, что может также применяться в учебных целях. Пользователь карты видит, как раскрывается шар на плоскость, что дает ему зрительное восприятие процессов математической картографии. Для отображения всего земного шара была выбрана видоизмененная проекция Райза, которая отображает весь земной шар в виде круга, но при этом показывает всю поверхность без разрывов. Далее с увеличением масштаба круг «распадается» на поверхность тора, символизируя разворачиваемость земного шара на плоскость. Изменение вида сетки происходит за счет изменения значения коэффициента, линейно зависящего от масштабного уровня и постоянной проекции  $\varphi_k$ , имеющей значение, равное  $20^\circ$  на нулевом масштабном уровне и линейно убывающее до  $0^\circ$  на первом масштабном уровне [Загребин, 2025]. Классическая проекция Райза [Серापинас, 2005; Snyder, Voxland, 1989] существует при следующих параметрах:  $\varphi_k = 20^\circ$ ;  $k = 1$ . Используются не только целые значения масштабных уровней, но и вещественные.

Видоизмененная проекция Райза имеет следующие формулы на языке программирования JavaScript:

```
let fiK = par[0] * Math.PI / 180;
let fiR = fi * Math.PI / 180;
let laR = (la - par[4]) * Math.PI / 180;

if (fiR < -Math.atan2(Math.cos(laR / 2), Math.tan(fiK))) {
fiR = -Math.atan2(Math.cos(laR / 2), Math.tan(fiK));
}
x = R * ((1 + Math.sin(fiK) - Math.cos(fiK)) / 2 + Math.cos(fiK) *
```

```
Math.sin(fiR) - Math.sin(fiK) * ((par[1] + Math.cos(fiR)) * Math.cos(laR / 2));
y = R * ((par[1] + Math.cos(fiR)) * Math.sin(laR / 2));
```

где  $R$  — радиус земного шара в пикселях на нулевом уровне,  
 $x$  и  $y$  — прямоугольные координаты точек на плоскости,  
 $fi$  и  $la$  — широта и долгота соответствующих точек на шаре в градусах,  
 $fiR$  и  $laR$  — широта и долгота соответствующих точек на шаре в радианах,  
 $fiK$  — широта точки наблюдения в радианах,  
 $par[0] = \varphi_k$  — широта точки наблюдения в градусах,  
 $par[1] = k$  — коэффициент, отвечающий за радиус тора,  
 $par[4]$  — долгота осевого меридиана в градусах.

Особое внимание необходимо обратить на функцию `Math.atan2`, которая вычисляет арктангенс с двумя аргументами, что позволяет правильно определить угол вне зависимости от его значения.

Далее следует переход от полученной проекции к произвольной эллиптической псевдоцилиндрической проекции Каврайского. Выбор проекции Каврайского обусловлен требованием показа территории всего земного шара (как суши, так и океанов) с небольшими искажениями площадей и форм, а также наличием строгих формул. С помощью комбинирования формул проекций и изменения параметра  $p = 0$  на первом масштабном уровне до  $p = 1$  на втором масштабном уровне осуществляется плавное преобразование рисунка картографической сетки из проекции Райза в проекцию Каврайского.

```
x = R * Math.sin(fiR) * (par[3] * fiR / Math.sin(fiR) - par[3] + 1);
y = R * Math.sin(laR / 2) * (par[3] * 3 * laR / (2 * Math.PI *
Math.sin(laR / 2)) - par[3] + 1) * Math.sqrt(par[3] * Math.PI *
Math.PI / 3 + (1 + Math.cos(fiR)) * (1 + Math.cos(fiR)) *
(par[3] * (-1) * fiR * fiR / (1 + Math.cos(fiR)) /
(1 + Math.cos(fiR)) - par[3] + 1));
```

где  $par[3]$  — параметр  $p$ .

В диапазоне со 2-го по 3-й масштабный уровень отображается произвольная эллиптическая псевдоцилиндрическая проекция Каврайского без изменений по следующим формулам:

```
x = R * fiR
y = laR * R * 3 / (Math.PI * 2) * Math.sqrt(Math.PI * Math.PI / 3 - fiR * fiR)
```

Начиная с 4-го масштабного уровня происходит смена проекции в зависимости от нахождения центральной точки окна карты в следующих диапазонах широт (для Северного полушария; в Южном полушарии те же значения, но с отрицательным знаком):

- $0^\circ$ – $5^\circ$  — нормальная равноугольная проекция Меркатора с главной параллелью на экваторе;
- $5^\circ$ – $60^\circ$  — нормальная равнопромежуточная коническая проекция с одной главной параллелью, широта которой совпадает с широтой центральной точки окна карты;
- $60^\circ$ – $90^\circ$  — нормальная равнопромежуточная азимутальная проекция (технически проще реализовать в виде нормальной равнопромежуточной конической проекции с широтой главной параллели, равной  $90^\circ$ ).

В перечисленных выше проекциях долгота осевого меридиана соответствует долготы центральной точки окна карты. Формулы нормальной равнопромежуточной конической проекции с одной главной параллелью представлены ниже:

```
let ro = R * (Math.cos(fiR0) / Math.sin(fiR0) + fiR0 - fiR);  
x = R * (Math.cos(fiR0) / Math.sin(fiR0) + fiR0 - 0) -  
ro * Math.cos(Math.sin(fiR0) * laR);  
y = ro * Math.sin(Math.sin(fiR0) * laR);
```

где  $fiR0$  — широта главной параллели в радианах.

Крупнее 6-го масштабного уровня используется проекция Меркатора как основная проекция тайловых карт с хорошо отработанной технологией, применяемой при веб-картографировании. Реализация проекции Меркатора при веб-картографировании описана в статье [Battersby et al., 2014].

Всего используется следующее многообразие проекций:

- 0 уровень — видоизмененная проекция Райза в виде окружности;
- 1 уровень — классическая проекция Райза;
- 1–2 уровни — переход от проекции Райза к проекции Каврайского;
- 2–3 уровни — проекция Каврайского без изменений;
- 3–6 уровни — проекция Меркатора или равнопромежуточная коническая проекция в зависимости от широты центральной точки окна карты;
- 6 уровень и далее — проекция Меркатора.

Изменение параметров проекций с учетом масштабных уровней выглядит следующим образом.

Изменение значения  $\phi_k$  видоизмененной проекции Райза:

```
if (z <= 0) fiK.value = 20;  
if (z > 0) fiK.value = 20 - z * 20;  
if (fiK.value < 0) fiK.value = 0;
```

где  $z$  — масштабный уровень.

Изменение значения коэффициента  $k$  видоизмененной проекции Райза:

```
if (z <= 0) k.value = 0;  
if (z > 0) k.value = z;  
if (k.value > 1) k.value = 1;
```

Изменение значения коэффициента  $p$  при переходе от проекции Райза к проекции Каврайского:

```
if (z < 1) p.value = 0;  
if (z >= 1) p.value = (z - 1);  
if (p.value > 1) p.value = 1;
```

## ВЫВОДЫ

Разработанные алгоритмы и модули позволят более правильно отображать земную поверхность в интерактивных мультимасштабных картах, что позволит даже неопытным пользователям применять оптимальные картографические проекции в своих проектах. Развитие модулей может состоять как в более широком охвате других геоинформационных систем, так и в уточнении алгоритмов для разных ориентировок экранов и их разрешений.

При веб-картографировании дан наиболее полный алгоритм, который можно сузить для решения конкретных задач. Например, при отсутствии необходимости картографировать весь мир, можно использовать меньшее количество проекций.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FSFE-2023-0005 Минобрнауки России.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the state assignment No. FSFE-2023-0005 of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бугаевский Л. М.* Математическая картография. М.: Златоуст, 1998. 400 с.
- Загребин Г. И.* Выбор оптимальных картографических проекций мультимасштабной карты. Геодезия и картография, 2025. Т. 86. № 4. С. 8–18. DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1018-4-8-18.
- Самсонов Т. Е.* Мультимасштабное картографирование — новое направление картографии. Современная географическая картография. М.: Дата+, 2011. С. 21–35.
- Серапинас Б. Б.* Математическая картография. М.: Академия, 2005. 336 с.
- Battersby S. E., Finn M. P., Usery E. L., Yamamoto K. H.* Implications of Web Mercator and its Use in Online Mapping. Cartographica, 2014. V. 49. No. 2. P. 85–101. DOI: 10.3138/cart0.49.2.2313.
- Canters F.* Small-Scale Map Projection Design. London. New York: CRC Press, 2002. 352 p. DOI: 10.4324/9780203472095.
- Choosing a Map Projection. Springer, 2017. 360 p. DOI: 10.1007/978-3-319-51835-0.
- Gosling Paul C.* Automated Map Projection Selection for GIS, Cartography and Geographic Information Science, 2020. DOI: 10.1080/15230406.2020.1717379.
- Jenny B.* Adaptive Composite Map Projections. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2012. V. 18. No. 12. P. 2575–2582. DOI: 10.1109/TVCG.2012.192.
- Jenny B., Patterson T., Hurni L.* Graphical Design of World Map Projections. International Journal of Geographical Information Science, 2010. V. 24. No. 11. P. 1687–1702. DOI: 10.1080/13658811003596101.
- Šavrič B., Jenny B., Jenny H.* Projection Wizard — An Online Map Projection Selection Tool. The Cartographic Journal, 2016. V. 53. Iss. 2. P. 177–185. DOI: 10.1080/00087041.2015.1131938.
- Snyder J. P., Voxland P. M.* An Album of Map Projections. U.S. Geological Survey professional paper 1453. Washington: United States Government Printing Office, 1989. 249 p.

## REFERENCES

- Battersby S. E., Finn M. P., Usery E. L., Yamamoto K. H.* Implications of Web Mercator and its Use in Online Mapping. Cartographica, 2014. V. 49. No. 2. P. 85–101. DOI: 10.3138/cart0.49.2.2313.
- Bugaevsky L. M.* Mathematical Cartography. Moscow: Zlatoust, 1998. 400 p. (in Russian).
- Canters F.* Small-Scale Map Projection Design. London. New York: CRC Press, 2002. 352 p. DOI: 10.4324/9780203472095.
- Choosing a Map Projection. Springer, 2017. 360 p. DOI: 10.1007/978-3-319-51835-0.
- Gosling Paul C.* Automated Map Projection Selection for GIS, Cartography and Geographic Information Science, 2020. DOI: 10.1080/15230406.2020.1717379.

*Jenny B.* Adaptive Composite Map Projections. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2012. V. 18. No. 12. P. 2575–2582. DOI: 10.1109/TVCG.2012.192.

*Jenny B., Patterson T., Hurni L.* Graphical Design of World Map Projections. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010. V. 24. No. 11. P. 1687–1702. DOI: 10.1080/13658811003596101.

*Samsonov T. E.* Multiscale Mapping is a New Direction of Cartography. *Modern Geographical Cartography*. Moscow: Data+, 2011. P. 21–35 (in Russian).

*Šavrič B., Jenny B., Jenny H.* Projection Wizard — An Online Map Projection Selection Tool. *The Cartographic Journal*, 2016. V. 53. Iss. 2. P. 177–185. DOI: 10.1080/00087041.2015.1131938.

*Serapinas B. B.* *Mathematical Cartography*. Moscow: Academia, 2005. 336 p. (in Russian).

*Snyder J. P., Voxland P. M.* *An Album of Map Projections*. U.S. Geological Survey professional paper 1453. Washington: United States Government Printing Office, 1989. 249 p.

*Zagrebin G. I.* Selecting Optimal Projection of a Multiscale Map. *Geodesy and Cartography*, 2025. V. 86. No. 4. P. 8–18 (in Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1018-4-8-18.

---