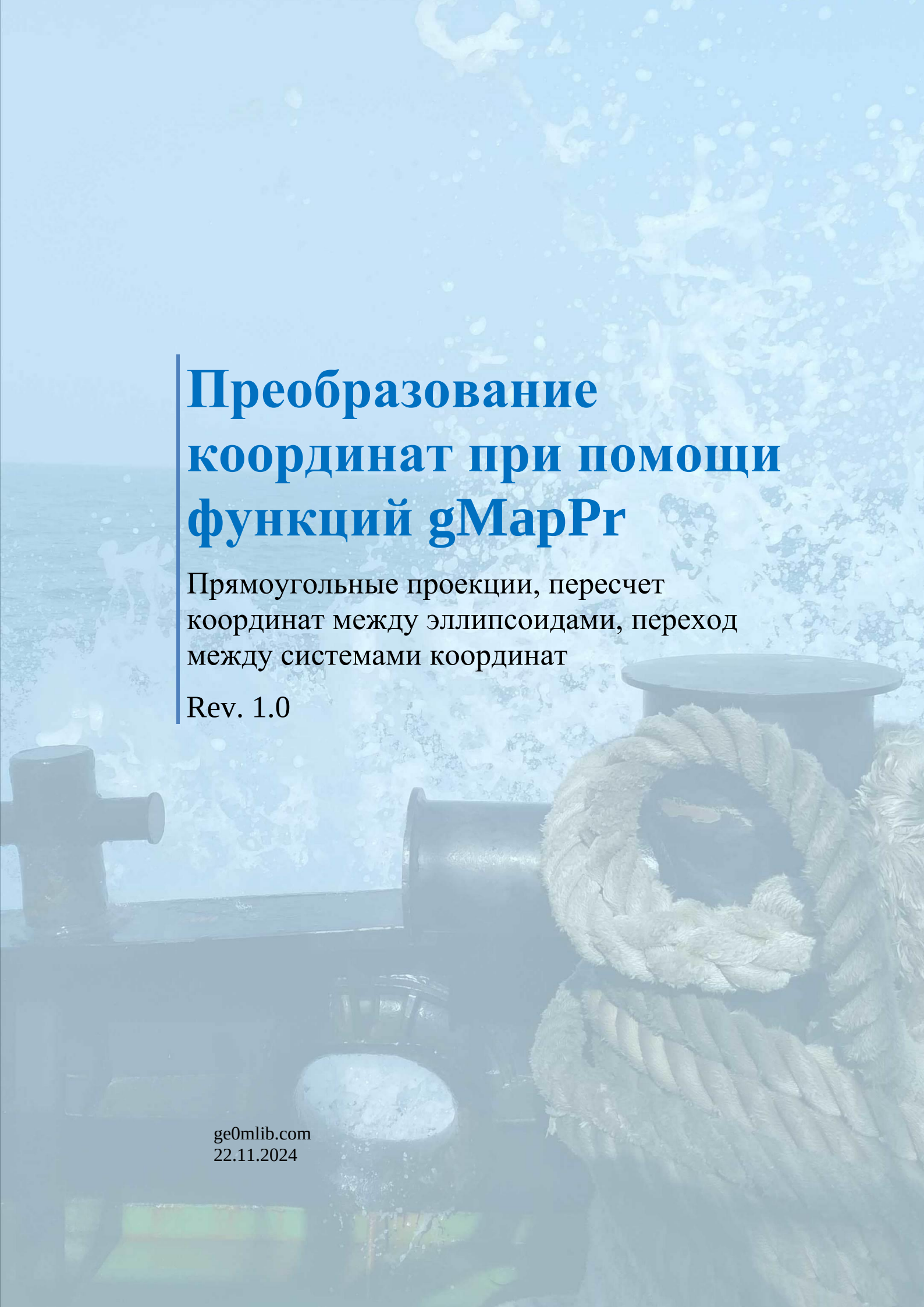




Преобразование координат при помощи функций gMapPr

Прямоугольные проекции, пересчет
координат между эллипсоидами, переход
между системами координат

Rev. 1.0

Содержание

Введение	3
1. Общее описание функций gMapPr.....	3
2. Описание функций группы “Main”	6
2.1 Функция gMapPrCoord2Coord.....	6
2.2 gMapPrEllipName2EllipParam.....	7
2.3 gMapPrVal2MSD.....	7
2.4 gMapPrMeridian2Greenwich.....	7
2.5 gMapPrDistort.....	8
3. Список функций для преобразования координат	8
4. Точность преобразования координат.....	11
Список литературы	13

История изменений

Версия	Дата	Описание изменений
1.0	2024-11-22	Документ создан // Иван Д.

Список рисунков

Figure 1.1 Типы данных и параметров, используемых в gMapPr.....	3
Figure 1.2 Функции библиотеки для преобразования координат и типы данных	4
Figure 1.3 Функции библиотеки gMapPr (для блоков подписан номер главы “IOGP Report 373-07-02, EPSG Guidance Note number 7, part 2, July 2024”).....	5

Список таблиц

Table 3.1 Прямоугольные проекции	8
Table 3.2 Преобразование между системами координат	9
Table 3.3 Преобразование координат между эллипсоидами.....	10
Table 4.1 Значения разности между координатами, вычисленными при помощи «прямого и обратного» преобразования и исходными координатами.....	11

Введение

Библиотека gMapPr предназначена для преобразования координат, включая:

- пересчет между различными системами координат (географическая, прямоугольная, топоцентрическая, геоцентрическая);
- вычисления для 24х прямоугольных проекций (Азимутальная, Меркатора и др.), каждая из которых может включать несколько разных типов входных параметров;
- переход между эллипсоидами (7-параметрическое преобразование Гельмерта, полиномиальные преобразования и др.).

Цель создания библиотеки – выполнение преобразования координат при работе с файлами seg-y, jsf, xtf и др., непосредственно в Matlab, без использования внешних геоинформационных систем или геодезических калькуляторов. Функции написаны на основе Guidance Note 7-2 of International Association of Oil & Gas Producers: “IOGP Report 373-07-02, EPSG Guidance Note number 7, part 2, July 2024”. Работа функций проверена в MatLab 2018a и GNU Octave 9.2; функции являются частью библиотеки ge0mLib.

Функции проверены на тестовых примерах, приведенных в “IOGP Report 373-07-02, EPSG Guidance Note number 7, part 2, July 2024”; расширенного тестирования функций не выполнялось. Для получения поддержки и отправки отчетов об ошибках используйте адрес mail@ge0mLib.com, в теме письма укажите gMapPr.

1. Общее описание функций gMapPr

При работе с библиотекой используются следующие типы данных и параметров (*Figure 1.1*):

- **«Горизонтальные» координаты X,Y**. В зависимости от текущей системы координат могут быть представлены широтой-долготой, прямоугольными координатами (E,N), топоцентрическими или геоцентрическими (X,Y) координатами;
- **«Вертикальная» координата**. В зависимости от текущей системы координат может быть представлена эллипсоидальной высотой (h), геоцентрической «высотой» (Z) или топоцентрической высотой (W);
- Дата, время, расстояние (на эллипсоиде или плоскости). В текущей версии библиотеки эти типы данных не используются;
- **Параметры эллипсоида** (переменная EllipParam). Во всех функциях задаются в виде длины большой полуоси и эксцентриситета;

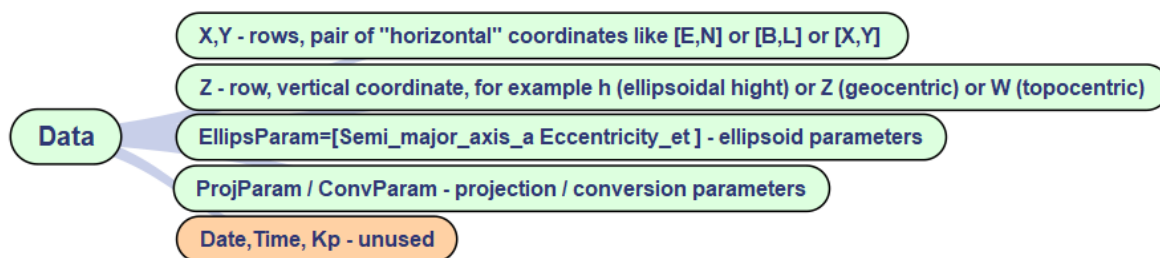


Figure 1.1 Типы данных и параметров, используемых в gMapPr

- **Параметры проекции** (переменная ProjParam). Используются при переходе между различными типами систем координат (географическая, прямоугольная, топоцентрическая); в частности – для преобразования между географическими и прямоугольными координатами;
- **Параметры преобразования/конвертирования координат** (переменная ConvParam). Используется для перехода между эллипсоидами и различными типами систем координат.

При работе с библиотекой используются следующие размерности данных:

- **метры** для координат (E,N), (X,Y) и расстояния;
- **градусы** для Широты-Долготы и направления;
- **секунды** для времени (в текущей версии библиотеки значение времени не используется).

Функции, выполняющие преобразования координат, и соответствующие им наборы данных (координат) показаны на [Figure 1.2](#): два столбца соответствуют двум эллипсоидам; блоки темно-зеленого цвета описывают наборы данных; блоки светло-зеленого цвета содержат названия функций.

В пределах одного эллипсоида можно выполнять пересчеты между следующими типами систем координат: **инженерная прямоугольная** (оси повернуты и сдвинуты относительно осей E,N), **прямоугольная** (E,N), **географическая** (B,L), **геоцентрическая** (X,Y,Z), **топоцентрическая** (U,V,W). Для перехода между прямоугольной и географической системами (блок EN&BL на [Figure 1.2](#)) библиотека содержит 47 функций, описывающих различные типы прямоугольных проекций ([Figure 1.3](#), [Table 3.1](#)).

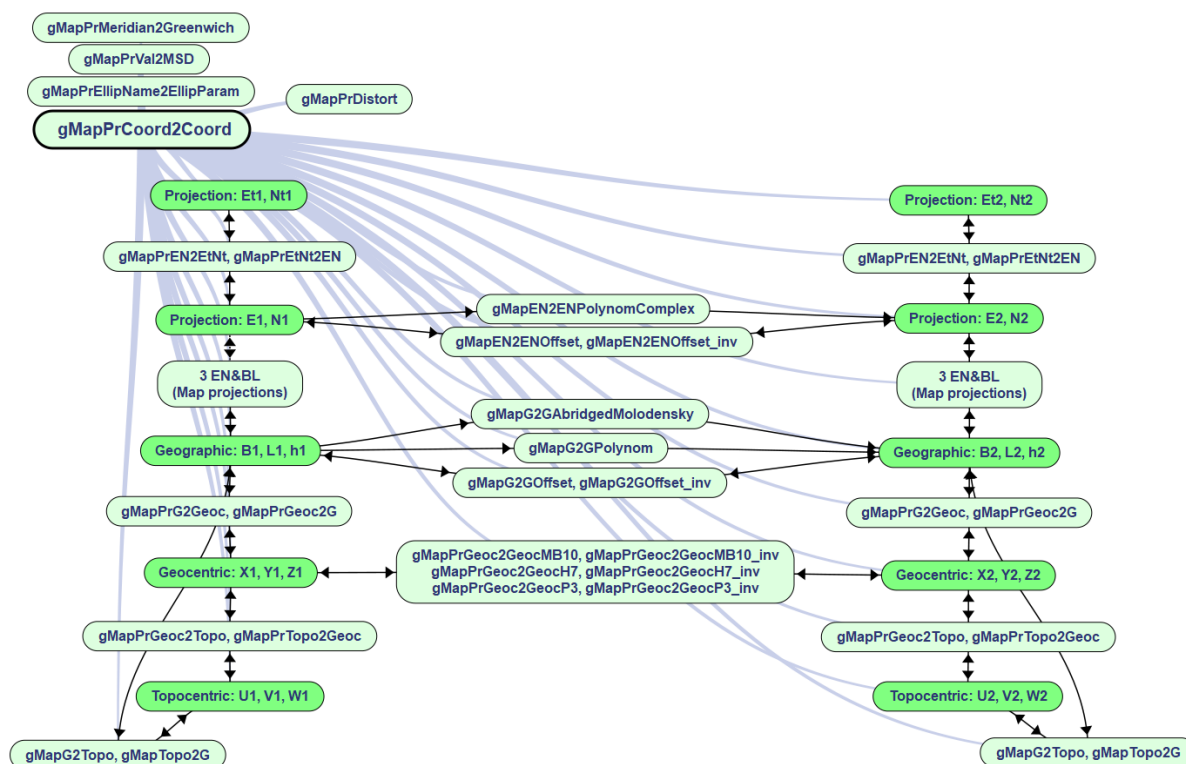


Figure 1.2 Функции библиотеки для преобразования координат и типы данных

Переход между двумя эллипсоидами можно осуществить через преобразование между геоцентрическими системами координат (7-параметрическое Гельмерта, 3-параметрическое или 10-параметрическое Молоденского-Бадекаса). Также библиотека содержит функции для перехода между географическими координатами двух эллипсоидов и для перехода между прямоугольными координатами двух эллипсоидов (блоки в центральной части [Figure 1.2](#), [Table 3.2](#)).

Отдельная группа функций показана в верхней левой части [Figure 1.2](#) и как группа “Main” на [Figure 1.3](#). Среди них **основной функцией для работы с координатами является gMapPrCoord2Coord**; остальные функции являются «вспомогательными» и напрямую не связанными с преобразованием координат.

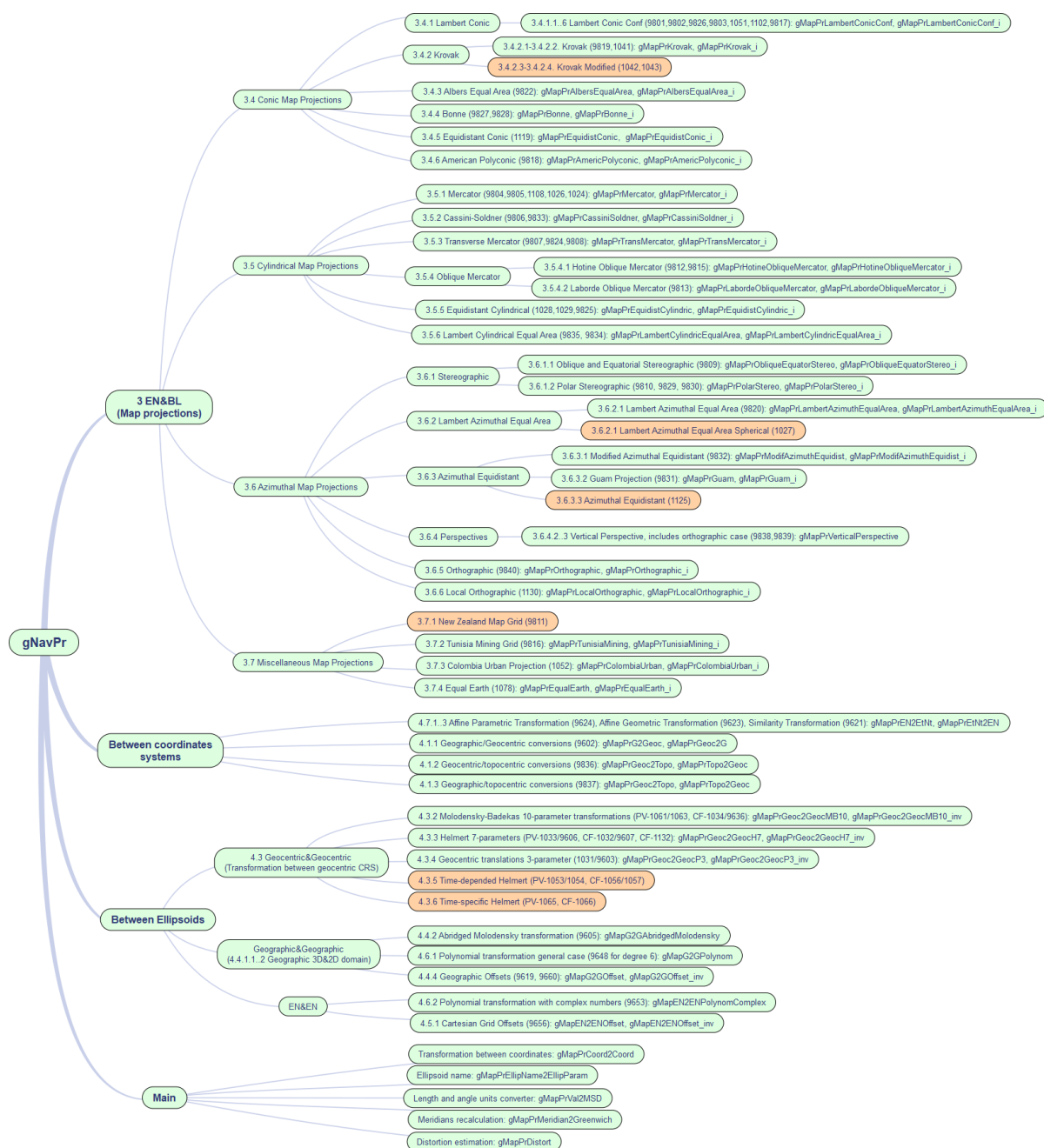


Figure 1.3 Функции библиотеки gMapPr (для блоков подписан номер главы “IOGP Report 373-07-02, EPSG Guidance Note number 7, part 2, July 2024”)

2. Описание функций группы “Main”

2.1 Функция gMapPrCoord2Coord

Каждая функция gMapPr выполняет одно преобразование координат. Например, если необходимо преобразовать географические широту и долготу в прямоугольные координаты проекции UTM, то необходимо выполнить в MatLab следующие команды:

```
>> EllipParam=[6378137 0.081819190842];ProjParam=[0 142 0.9996 500000 0 1];  
>> [GpsE,GpsN]=gMapPrTransMercator(51:.1:52,142:.1:143,GpsEllipParam,GpsProjParam);
```

Здесь:

EllipParam – большая полуось и эксцентриситет эллипсоида;

ProjParam – параметры проекции UTM;

gMapPrTransMercator – функция пересчета широты и долготы (51:.1:52,142:.1:143) в прямоугольные координаты проекции UTM.

Пусть необходимо выполнить более сложное преобразование – пересчитать географические координаты на первом эллипсоиде в инженерные прямоугольные на втором эллипсоиде. Пусть для этого, в соответствии с имеющимся геодезическим датумом необходимо выполнить следующую последовательность преобразований:

- 1) преобразовать географические координаты в геоцентрические на эллипсоиде 1;
- 2) перейти с эллипсоида 1 на эллипсоид 2, используя 7-параметрическое преобразование Гельмерта;
- 3) перейти от геоцентрических координат на эллипсоиде 2 к географическим координатам;
- 4) перейти от географических координат к прямоугольным координатам проекции UTM;
- 5) перейти к инженерным прямоугольным координатам (сдвиг и поворот прямоугольных координат).

Приведенная последовательность потребует написания отдельного скрипта или функции MatLab, содержащей пять преобразований. Чтобы избежать создания отдельных функций для каждого «составного» преобразования, была подготовлена функция gMapPrCoord2Coord, в которой последовательность преобразований задается в виде массива ячеек, содержащего названия «функций для пересчета координат» и «параметры пересчета». Описанная выше последовательность преобразований реализуется при помощи следующего кода:

```
%cell{1}: geographic >> geocentric_1  
>>NavD{1}={'gMapPrG2Geoc',[6378245.0 0.08181333]};  
% cell{2}: geocentric_1 >> geocentric_2  
>> NavD{2}={'gMapPrGeoc2GeocH7_inv',[23.57 -140.95 -79.8 0.000 -0.35 -0.79 -0.22e-6 1]};  
% cell{3}: geocentric_2 >> geographic  
>> NavD{3}={'gMapPrGeoc2G',[6378137 0.081819190842]};  
% cell{4}: geographic >> E,N (UTM)  
>> NavD{4}={'gMapPrTransMercator',[6378137 0.081819190842],[0 142 0.9996 500000 0 1]};  
% cell{5}: E,N >> Et,Nt
```

```
>> NavD{5}={'gMapPrEN2EtNt',[1.00000155 0.833333333333333 -129.549 -208.185 3]};
%Calculations
>> [X,Y,Z]=gMapPrCoord2Coord(51:.1:52,142:.1:143,0,NavD);
```

Шаги преобразования выполняются в соответствии с переходами между соседними блоками на *Figure 1.2*. По сути, *Figure 1.2* является блок-схемой, которая позволяет построить последовательность команд для перехода из любой системы координат на первом эллипсоиде в любую систему координат на втором эллипсоиде и обратно. Список функций для перехода из прямоугольной системы в географическую и обратно на *Figure 1.2* не показан; эти функции приведены на *Figure 1.3* и в *Table 3.1*.

2.2 gMapPrEllipName2EllipParam

Вспомогательная функция, которая позволяет использовать имя эллипсоида или код EPSG вместо значений большой полуоси и эксцентриситета. Например:

```
>> ProjParam=[0 142 0.9996 500000 0 1];
>> [GpsE,GpsN]=gMapPrTransMercator(51:.1:52,142:.1:143,'WGS 84',GpsProjParam);
>> [GpsE,GpsN]=gMapPrTransMercator(51:.1:52,142:.1:143,'7030',GpsProjParam);
```

2.3 gMapPrVal2MSD

Вспомогательная функция, которая позволяет переводить величины различной размерности в метры-градусы-секунды, используя соответствующий код EPSG. Например:

```
>> a=gMapPrVal2MSD([1260 852],'1025');
>> b=gMapPrVal2MSD([1.260 0.852],'1025i');
>> a=gMapPrVal2MSD([126 85],'Clarke"s chain');
>> b=gMapPrVal2MSD([2534.69405952 1709.9126592],'9038i');
```

Для «обратного перевода», из градусов-метров-секунд, к коду EPSG добавляется литера “i”.

2.4 gMapPrMeridian2Greenwich

Вспомогательная функция, которая приводит значения долготы к меридиану Гринвича (от других нулевых меридианов). Значение текущего меридиана передается в функцию при помощи EPSG кода или названия меридиана. Например:

```
>> a=gMapPrMeridian2Greenwich(12.6,'Bern');
>> a=gMapPrMeridian2Greenwich(20.039583333333333,'8907i');
```

Для «обратного перевода» к коду EPSG добавляется литера “i”.

2.5 gMapPrDistort

Вспомогательная функция, которая позволяет рассчитать изменение масштаба и поворот координатных осей для систем координат, а также изменение высоты для координат, заданных на входе и на выходе функции gMapPrCoord2Coord.

Вычисления выполняются за счет задания приращений [dx,dy] к координатам [X,Y], с последующими вычислениями для четырех точек при помощи функции gMapPrCoord2Coord. По результатам вычислений выполняется оценка шкалы и азимута для отрезков X+dx и Y+dy, полученных в новой системе координат, после преобразований.

Описание функции gMapPrDistort:

`function [mx,my,angx,angy,dh]=gMapPrDistort(X,Y,Z,NavD,dd,key),where`

`X,Y` - rows, a pair of the horizontal coordinates, for example [E,N] or [B,L] or [X,Y];

`Z` - row, the vertical coordinate, for example h (ellipsoidal height) or Z (geocentric) or W (topocentric);

`NavD` - cell array with the function names and conversion parameters as for the function call;

`dd=[dd1 dd2]` - steps along X and Y axes;

`mx,my` - scale; multiple coefficients for X and Y axes after transformation;

`angx,angy` - rotation angles for X and Y axes after transformation;

`dh` - Z-value changes after transformation (calculated for central point);

`key` - target axis "swap" against the source one: 0 - not inverted BL>>BL or EN>>EN; 1 - inverted BL>>EN or EN>>BL.

Ключ `key` введен, поскольку для прямоугольной системы осей [X,Y] соответствует [E(*горизонтальная* ось),N(*вертикальная* ось)], а для географической системы оси «поменяны местами» – [X,Y] соответствует [B(*вертикальная* ось),L(*горизонтальная* ось)]. Соответственно, без использования ключа `key=1`, к углу поворота осей при переходе из географической системы в прямоугольную (и назад) будет «добавляться» ± 90 градусов.

3. Список функций для преобразования координат

Список функций, с EPSG-кодами, для преобразования географических координат в прямоугольную проекцию и обратно приведен в [Table 3.1](#). Список функций для преобразования между различными системами координат приведен в [Table 3.2](#). Список функций для перехода между координатами на разных эллипсоидах приведен в [Table 3.3](#).

Table 3.1 Прямоугольные проекции

Название функции	Комментарии
gMapPrAlbersEqualArea gMapPrAlbersEqualArea_i	Равновеликая проекция Альберса (Albers Equal Area projection). Код EPSG 9822.
gMapPrAmericPolyconic gMapPrAmericPolyconic_i	Американская поликоническая проекция (American Polyconic projection). Код EPSG 9818.
gMapPrBonne gMapPrBonne_i	Проекция Бонне (Bonne projection). Коды EPSG 9827, 9828.

Название функции	Комментарии
gMapPrCassiniSoldner gMapPrCassiniSoldner_i	Проекция Кассини-Зольднера (Cassini-Soldner projection). Коды EPSG 9806, 9833.
gMapPrColombiaUrban gMapPrColombiaUrban_i	«Городская проекция Колумбии» (Colombia Urban projection). Код EPSG 1052.
gMapPrEqualEarth gMapPrEqualEarth_i	Равновеликая проекция Земли (Equal Earth projection). Код EPSG 1078.
gMapPrEquidistConic gMapPrEquidistConic_i	Равнопромежуточная коническая проекция (Equidistant Conic projection). Код EPSG 1119.
gMapPrEquidistCylindric gMapPrEquidistCylindric_i	Равнопромежуточная цилиндрическая проекция (Equidistant Cylindrical projection). Коды EPSG 1028, 1029, 9825.
gMapPrGuam gMapPrGuam_i	Проекция Гуам (Guam projection). Код EPSG 9831.
gMapPrHotineObliqueMercator gMapPrHotineObliqueMercator_i	Косая проекция Меркатора в версии Хотина (Hotine Oblique Mercator projection). Коды EPSG 9812, 9815.
gMapPrKrovak gMapPrKrovak_i	Проекция Кривака (Krovak projection). Коды EPSG 1041, 9819.
gMapPrLabordeObliqueMercator gMapPrLabordeObliqueMercator_i	Косая проекция Меркатора в версии Лаборде (Laborde Oblique Mercator projection). Код EPSG 9813.
gMapPrLambertAzimuthEqualArea gMapPrLambertAzimuthEqualArea_i	Азимутальная равновеликая проекция Ламберта (Lambert Azimuthal Equal Area projection). Код EPSG 9820.
gMapPrLambertConicConf gMapPrLambertConicConf_i	Равноугольная коническая проекция Ламберта (Lambert Conic Conformal projection). Коды EPSG 9801, 9802, 9826, 9803, 1051, 1102, 9817.
gMapPrLambertCylindricEqualArea gMapPrLambertCylindricEqualArea_i	Равновеликая цилиндрическая проекция Ламберта (Lambert Cylindrical Equal Area projection). Коды EPSG 9835, 9834.
gMapPrLocalOrthograph gMapPrLocalOrthograph_i	Локальная ортографическая проекция (Local Orthographic projection). Код EPSG 1130.
gMapPrMercator gMapPrMercator_i	Проекция Меркатора (Mercator projection). Коды EPSG 9804, 9805, 1044, 1026, 1024.
gMapPrModifAzimuthEquidist gMapPrModifAzimuthEquidist_i	Модифицированная азимутальная равнопромежуточная проекция (Modified Azimuthal Equidistant projection). Код EPSG 9832.
gMapPrObliqueEquatorStereo gMapPrObliqueEquatorStereo_i	Косая экваториальная стереографическая проекция (Oblique Equatorial Stereographic projection). Код EPSG 9809.
gMapPrOrthograph gMapPrOrthograph_i	Ортографическая проекция (Orthographic projection). Код EPSG 9840.
gMapPrPolarStereo gMapPrPolarStereo_i	Полярная стереографическая проекция (Polar Stereographic projection). Коды EPSG 9810, 9829, 9830.
gMapPrTransMercator gMapPrTransMercator_i	Поперечная проекция Меркатора (Transverse Mercator projection). Коды EPSG 9807, 9824, 9808.
gMapPrTunisiaMining gMapPrTunisiaMining_i	«Проекция горнодобывающей отрасли Туниса» (Tunisia Mining Grid projection). Код EPSG 9816.
gMapPrVerticalPerspective	Проекция вертикальной перспективы (Vertical Perspective projection). Коды EPSG 9838, 9839.

Table 3.2 Преобразование между системами координат

Название функции	Комментарии
gMapPrEN2EtNt gMapPrEtNt2EN	Преобразование между исходными координатами [E,N] и целевыми координатами [Et,Nt]. Коды EPSG 9624, 9623, 9621.
gMapPrG2Geoc gMapPrGeoc2G	Преобразование между географическими и геоцентрическими координатами. Код EPSG 9602.
gMapPrGeoc2Topo gMapPrTopo2Geoc	Преобразование между геоцентрическими и топоцентрическими координатами. Код EPSG 9836.

Название функции	Комментарии
gMapPrG2Topo gMapPrTopo2G	Преобразование между географическими и топоцентрическими координатами. Код EPSG 9837.

Table 3.3 Преобразование координат между эллипсоидами

Название функции	Комментарии
gMapPrEN2ENPolynomComplex	Преобразование координат [E1,N1] исходной системы координат в координаты [E2,N2] целевой системы координат с помощью полиномиального преобразования с комплексными числами (Polynomial transformation with complex numbers). Код EPSG 9653.
gMapPrEN2ENOffset gMapPrEN2ENOffset_inv	Преобразование между координатами [E1,N1] исходной системы координат и [E2,N2] целевой системы координат с помощью смещений декартовой сетки (Cartesian Grid Offsets). Код EPSG 9656.
gMapPrG2GAbridgedMolodensky	Преобразование исходных географических координат [B1,L1,h1] в целевые географические координаты [B2,L2,h2] с помощью сокращенного преобразования Молоденского (Abridged Molodensky transformation). Код EPSG 9605.
gMapPrG2GPolynom	Преобразование исходных географических координат [B1,L1] в целевые географические координаты [B2,L2] с помощью обобщенного полиномиального преобразования (General polynomial transformation). Для обобщенного полинома 6 порядка, код EPSG 9648.
gMapPrG2GOffset gMapPrG2GOffset_inv	Преобразование координат между исходной системой координат [B1,L1,h1] и целевой системой координат [B2,L2,h2] с помощью географических смещений (Geographic Offsets). Коды EPSG 9660, (9619).
gMapPrGeoc2GeocP3 gMapPrGeoc2GeocP3_inv	3-параметрическое преобразование (3-parametric transformation). Преобразование координат между исходной геоцентрической системой координат [X1,Y1,Z1] и целевой геоцентрической системой координат [X2,Y2,Z2]. Коды EPSG 1031, 9603.
gMapPrGeoc2GeocH7 gMapPrGeoc2GeocH7_inv	7-параметрическое преобразование Гельмерта (Helmert 7-parameter transformation). Преобразование координат между исходной геоцентрической системой координат [X1,Y1,Z1] и целевой геоцентрической системой координат [X2,Y2,Z2]. Используется вращение системы координат в геоцентрической области (Coordinate Frame Rotation – geocentric domain). Коды EPSG 1032, (1033), 1132.
gMapPrGeoc2GeocMB10 gMapPrGeoc2GeocMB10_inv	10-параметрическое преобразование Молоденского-Бадекаса (Molodensky-Badekas 10-parameter transformation). Преобразование координат между исходной геоцентрической системой координат [X1,Y1,Z1] и целевой геоцентрической системой координат [X2,Y2,Z2]. Используется вращение системы координат в геоцентрической области (Coordinate Frame Rotation – geocentric domain). Коды EPSG 1034, (1061), 9636, (1063).

4. Точность преобразования координат

Для оценки погрешности преобразования координат и тестирования работы функций было выполнено последовательное «прямое» и «обратное» преобразование координат, после чего вычислена разность между полученными значениями и исходными координатами. Вычисления выполнялись на основе тестовых примеров, приведенных в [1].

Для проекций географических координат и иных преобразований «градусы-метры» была выполнена последовательность вычислений вида:

$$[E,N] \gg [B,L] \gg [Es,Ns]; dE=Es-E, dN=Ns-N$$

или

$$[X,Y,Z] \gg [B,L,h] \gg [Xs,Ys,Zs]; dX=Xs-X, dY=Ys-Y, dZ=Zs-Z.$$

Для преобразований «метры-метры» была выполнена последовательность вычислений вида:

$$[E,N] \gg [Et,Nt] \gg [Es,Ns]; dE=Es-E, dN=Ns-N$$

или

$$[X1,Y1,Z1] \gg [X2,Y2,Z2] \gg [X1s,Y1s,Z1s]; dX=X1s-X1, dY=Y1s-Y1, dZ=Z1s-Z1.$$

или

$$[X,Y,Z] \gg [U,V,W] \gg [Xs,Ys,Zs]; dX=Xs-X, dY=Ys-Y, dZ=Zs-Z.$$

Для описанных преобразований исходные и «вычисленные» координаты должны совпадать (значение разности должно быть равно нулю). Расхождение между координатами дает представление о погрешности формул «преобразования координат». Конечно, погрешность будет зависеть также от входных данных и параметров преобразования; следовательно, полученные результаты не являются полными, а лишь дают представление о погрешности формул для «частного случая». Результаты вычислений приведены в **Table 4.1**; case обозначает номер комбинации входных параметров для m-файла (см. текст комментариев в начале каждого m-файла).

Table 4.1 Значения разности между координатами, вычисленными при помощи «прямого и обратного» преобразования и исходными координатами

No	Function	Case	dE or dX (m)	dN or dY (m)	dZ (m)
1	gMapPrAlbersEqualArea	1	4.4 e-05	-6.2 e-04	
		2	1.5 e-04	1.6 e-03	
2	gMapPrAmericPolyconic		9.3 e-09	4.2 e-03	
3	gMapPrBonne	1	0	0	
		2	0	0	
4	gMapPrCassiniSoldner	1	4.8 e-08	6.4 e-06	
		2	-1.8 e-09	-2.9 e-07	
5	gMapPrColombiaUrban		1.0 e-04	-3.6 e-04	
6	gMapPrEN2ENOffset		0	0	
7	gMapPrEN2ENPolynomComplex		+	+	
8	gMapPrEN2EtNt	1	2.9 e-11	0	
		2	-5.8 e-11	-1.9 e-09	
		3	0	0	
9	gMapPrEqualEarth	1	-1.2 e-04	-1.1 e-03	
		2	0	0	
10	gMapPrEquidistConic		-4.7 e-10	1.9 e-09	
11	gMapPrEquidistCylindric	1	0	-9.3 e-10	
		2.1	0	0	
		2.2	0	0	

No	Function	Case	dE or dX (m)	dN or dY (m)	dZ (m)
		3	0	0	
12	gMapPrG2GAbridgedMolodensky	1	+	+	
	(approximate reverse)	2	+	+	
13	gMapPrG2Geoc		0	2.9 e-11	0
14	gMapPrG2GOffset		0	0	0
15	gMapPrG2GPolynom		+	+	
16	gMapPrG2Topo		0	0	0
17	gMapPrGeoc2GeocH7	1	0	2.9 e-11	0
		2	0	0	0
18	gMapPrGeoc2GeocMB10	1/1	0	0	0
		2/1	4.4 e-06	1.6 e-05	-1.7 e-06
		3/1	4.4 e-06	1.6 e-05	-1.7 e-06
	(approximate reverse)	1/2	5.6 e-04	1.2 e-0.2	6.4 e-03
	(approximate reverse)	2/2	5.6 e-04	1.2 e-0.2	6.4 e-03
	(approximate reverse)	3/2	5.6 e-04	1.2 e-0.2	6.4 e-03
19	gMapPrGeoc2GeocP3		0	0	0
20	gMapPrGeoc2Topo		2.9 e-11	0	0
21	gMapPrGuam		2.2 e-11	6.0 e-08	
22	gMapPrHotineObliqueMercator	1	3.0 e-08	-7.1 e-06	
		2.1	3.0 e-08	-7.1 e-06	
		2.2	3.8 e-06	-5.0 e-06	
23	gMapPrKrovak	1	-4.7 e-10	2.3 e-10	
		2	4.7 e-10	-2.3e-10	
24	gMapPrLabordeObliqueMercator		0	0	
25	gMapPrLambertAzimuthEqualArea	1	-2.3 e-05	-3.4 e-04	
		2	-2.8 e-05	-3.2 e-04	
		3	1.0 e-05	-1.2 e-04	
26	gMapPrLambertConicConf	1	0	3.7 e-09	
		2	-1.2 e-09	0	
		3	0	3.7 e-09	
		4	0	0	
		5	0	0	
		6	0	0	
		7	0	0	
27	gMapPrLambertCylindricEqualArea	1	0	0	
		2	0	0	
	(warning)	3	0	0	
		4	0	0	
		5	0	0	
		6	-7.5 e-09	1.8 e-09	
		7	0	0	
28	gMapPrLocalOrthograph		1.7 e-10	-3.3 e-10	
29	gMapPrMercator	1	0	4.3 e-06	
		2	0	-2.5 e-07	
		3	0	-2.5 e-07	
		4	0	0	
		5	0	0	
30	gMapPrModifAzimuthEquidist		4.8 e-07	3.7 e-09	
31	gMapPrObliqueEquatorStereo		5.8 e-11	0	
32	gMapPrOrthograph		-1.6 e-06	7.1 e-08	
33	gMapPrPolarStereo	10	2.4 e-02	2.4 e-02	
		11	-5.3 e-04	5.5 e-04	
		20	-5.4 e-04	-4.5 e-04	
		21	8.7 e-04	-7.3 e-04	
		30	-1.0 e-06	-8.3 e-04	
		31	9.9 e-07	-8.0 e-04	
34	gMapPrTransMercator	1	2.0 e-08	-1.7 e-07	
		2	2.7 e-08	-1.7 e-07	

No	Function	Case	dE or dX (m)	dN or dY (m)	dZ (m)
		3	-6.7 e-09	-2.3 e-07	
35	gMapPrTunisiaMining		0	0	
36	gMapPrVerticalPerspective	1	+	+	
		2	+	+	

Ячейки с погрешностью более 1 мм, а также ячейки, соответствующие «приближенным вычислениям», маркированы красным цветом.

Для функций не имеющих «обратных преобразований» (gMapPrEN2ENPolynomComplex, gMapPrG2GAbridgedMolodensky, gMapPrG2GPolynom, gMapPrVerticalPerspective) описанные выше вычисления не выполнялись. В случае совпадения результата вычислений с тестовым примером в [1] (с точностью до ошибки округления), результат маркировался знаком «+».

Список литературы

- 1) IOGP Report 373-07-02, EPSG Guidance Note number 7, part 2, July 2024.
- 2) Snyder, John Parr. Map projections – a working manual. U.S. Geological Survey professional paper; 1395.