

ИССЛЕДОВАНИЕ МАСШТАБА В ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ НАИБОЛЕЕ КРУПНЫХ ЛИВИЙСКИХ ГОРОДОВ

Акреш М.С.

(Полоцкий государственный университет)

Представлены результаты исследований изменений масштаба в проекции Гаусса и Ламберта в двух системах - частной и общей - для территорий трёх городов Ливии: Триполи, Бен-Гази и Сабха, расположенных в различных местах страны. Приведено сравнение расстояний в частной системе координат с расстоянием, которое получено из решения обратной геодезической задачи на эллипсоиде. Методом решения задачи вычисления прямоугольных координат в обеих проекциях является метод, основанный на гармоническом уравнении для зоны шириной до 16 градусов и широтой средней точки проекции $26^{\circ}30'0.0000''$. В некоторых случаях в проекции Ламберта меньше искажение масштаба относительно проекции Гаусса.

Введение. Ливийское государство имеет большую территорию - около 1 900 000.00 км² и почти все города находятся на севере.

Триполи является самым крупным городом в Ливии, находится на северо-западе страны и имеет топографические карты в различных масштабах, крупном и мелком (1:10000 -1:100000).

Бен-Гази является вторым городом по величине и находится на северо-востоке, имеет топографические карты, как и в Триполи.

Сабха - это самый крупный город в ливийской Сахаре, находится в сердце Ливии, тоже имеет топографические карты.

В этой статье исследуются геодезические проекции Гаусса и Ламберта с гармоническим уравнением для трёх городов в частной системе координат с целью исследовать, как меняется масштаб по отношению к оптимальному масштабу, принятому для территории страны.

Анализ масштаба в общих системах координат проекции Гаусса и Ламберта

Изменение масштаба в проекции зависит от удаления от осевого меридиана и средней параллели; эти проекции имеют одинаковый центральный меридиан $17^{\circ}00'0.0000''$, а также широту стандартной параллели $26^{\circ}30'0.0000''$. Здесь приводим результаты исследований, как изменяется масштаб на территории Ливии через один градус в оба направления по сравнению с опти-

мальными масштабами в центральной точке проекций. Оптимальный масштаб в проекции Гаусса принят равным 0.996111651 а в проекции Ламберта 0.996872407. В таблице 1 показаны значения масштаба в точках с соответствующими географическими координатами. Изменение масштаба проекции Ламберта и Гаусса иллюстрирует рисунок 1.

Таблица

Широта	Долгота								
	1	2	3	4	5	6	7	8 ¹	
26.5	Г	0.9962338	0.9966004	0.9972119	0.9980688	0.9991721	1.0005226	1.0021219	1.00397^
	Л	0.99683779							
27.7	Г	0.9962317	0.9965918	0.9971924	0.9980341	0.9991173	1.0004439	1.0020140	1.00383rt
	Л	0.996989							
28.5	Г	0.9962294	0.9965829	0.9971724	0.9979985	0.9990618	1.0003633	1.0019043	1.0036%
	Л	0.9974458							
29.5	Г	0.9962272	0.9965738	0.9971519	0.9979620	0.9990047	1.0002809	1.0017918	1.00353S
	Л	0.9982108							
30.5	Г	0.9962248	0.9965546	0.9971311	0.9979248	0.9989464	1.0001968	1.0016769	1.00338>
	Л	0.9992885							
31.5	Г	0.9962272	0.9965738	0.9971519	0.9979620	0.9990047	1.0002809	1.0017918	1.003538
	Л	1.0006834							
33	Г	0.9962189	0.9965406	0.9970771	0.9978283	0.9987961	0.9999798	1.0013806	1.002999
	Л	1.0033825							

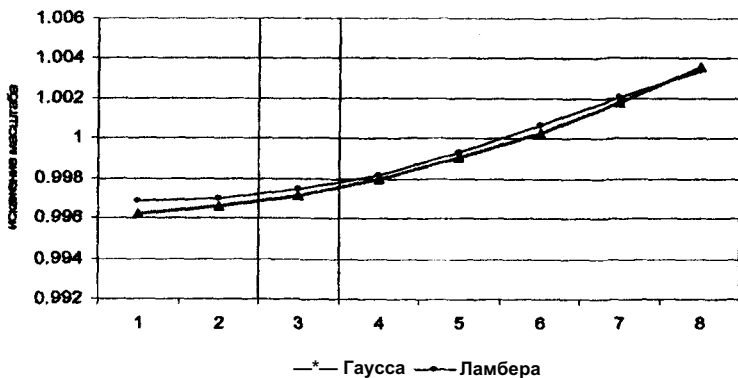


Рис. 1. Изменение масштаба в проекции Ламберта и Гаусса

Из графика видно, что изменение масштаба в проекции Ламберта меньше, чем в проекции Гаусса, что существенно упрощает процесс учета линейных искажений проекций.

Связь частных систем координат с государственной системой координат, принятой в Ливии, и проекцией Ламберта

В Ливии в качестве государственной принята система координат на основе проекции Гаусса.

Как показывают наши исследования, в качестве общегосударственной для Ливии больший интерес представляет система координат на основе проекции Ламберта. В общегосударственных проекциях Гаусса и Ламберта примем такие характеристики: главная широта $B_0 = 26^{\circ}30'0.0000''$ и центральный меридиан имеет долготу $L_0 = 17^{\circ}00'0.0000''$. Метод вычислений будем вести на основе гармонического уравнения с десятью членами разложения, полученного нами. При этом принят оптимальный масштаб для обеих проекций, все эти характеристики являются общими для ливийской государственной системы координат.

Частная система координат в городах путем предвычисления оптимального частного масштаба, который зависит от географического положения городов на территории Ливии, приводит к пренебрегаемо малым искажениям, следовательно, такую систему координат целесообразно использовать. Частная система координат связана с изменениями масштабов, при этом легко преобразуется при необходимости в общую государственную систему через коэффициент масштаба по формулам [1]:

$$dX = \frac{\lambda}{m_0} dx; \quad dY = \frac{\lambda}{m_0} dy; \quad (1)$$

$$X = X_0 + dX; \quad Y = Y_0 + dY.$$

Город Триполи

Триполи является столицей Ливии. Характеристика частной системы координат в Триполи имеет главную широту и долготу $B_0 = 33^{\circ}00'0.0000''$, $L_0 = 4^{\circ}00'0.0000''$ соответственно, с оптимальным масштабом (Гаусса 0.998279648 и Ламберта 0.9934880107). Исследование ведем в четырех точках, расположенных по различным местам городов (табл. 2).

Таблица 2

Пункты	φ	λ
A	32°49'45.5300"	12°58'43.9000"
B	32°52'34.2000"	13°1'15.0300"
C	32°40'08.5600"	13°08'37.7500"
D	32°52'31.7200"	13°24'26.4800"

Далее, чтобы знать, какая частная система координат используется Триполи, необходимо определить изменение масштаба в обеих проекциях и сравнить расстояния в этих системах с расстояниями, полученными я решения обратной геодезической задачи. Результаты показаны в таблице: и проиллюстрированы рисунком 2.

Таблиц

Система координат в проекции Гаусса						
	x	y	Искажение масштаба в частном	Искажение масштаба в общем	Расстояние от системы	Расстоянии от геоадащ
A	610809,0151	283520,5270	1,00000184	0,99710079	SA-C 23556,766	SAC 23556,76ц
B	624438,9796	289779,6361	1,00004610	0,99714493		
C	624001,2788	3078031,1004	1,00017905	0,99727700		
D	636143,4351	299102,0506	1,00011384	0,99721247		
Система координат в проекции Ламберта						
A	704359,7330	376329,8924	0,99966754	1,00307299	SA-c 23556,763	SAC 4 23556,7674
B	708956,4821	356654,7267	0,99976080	1,00316656		
C	686128,7258	361429,9567	0,99935402	1,00275839		
D	708287,1067	336095,9098	0,99975942	1,00316518		

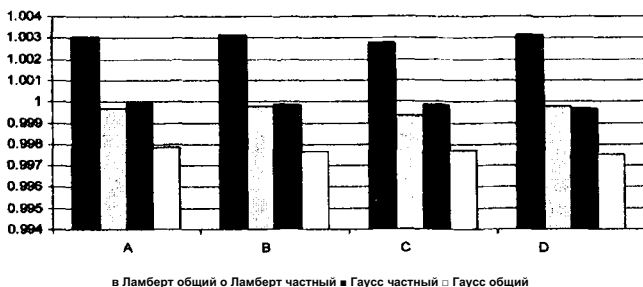


Рис. 2. Сравнительные изменения масштаба в городе Триполи

Из графика видно, что изменение масштаба в проекции Гаусса меньше, чем в проекции Ламберта в обеих системах, частной и общей.

Геодезические задачи подтверждают, что проекция Гаусса лучше.

Город Бен-Гази

Характеристика частной системы координат в Бен-Гази имеет главную широту и долготу $B'_0 = 32^{\circ}00'0.0000''$, $dL_0 = 3^{\circ}00'0.0000''$, с оптимальным масштабом (Гаусса 0.999900982 и Ламберта 0.99687241); изучение будет вестись в четырех точках, расположенных в различных местах (табл. 4).

Таблица 4

Пункты	Φ	λ
A	31°58'49.9300"	20°00'07.6200"
B	32°06'06.5200"	20°04'20.7000"
C	32°05'35.1200"	20°15'47.2100"
D	32°12'17.5200"	20°10'29.2400"

Для Бен-Гази результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5

Система координат в проекции Гаусса						
	x	y	Искажение масштаба в частном	Искажение масштаба в общем	Расстояние от системы	Расстояние от геозадачи
A	610809.0151	283520.5270	1.00000184	0.99710079	SA-D 29740.800	SA-D 29740.802
B	624438.9796	289779.6361	1.00004610	0.99714493		
C	624001.2788	307803.1004	1.00017905	0.99727700		
D	636143.4351	299102.0506	1.00011384	0.99721247		
Система координат в проекции Ламберта						
A	608884.4127	283704.7801	0.99995247	1.00150289	SA-D 29740.802	SA-D 29740.802
B	622486.5864	290025.2299	1.00016204	1.00171279		
C	621963.6120	308047.1889	1.00014681	1.00169754		
D	634149.0289	299404.2784	1.00034389	1.00189493		

Из графика, представленного на рисунке 3, видно, что изменение масштаба в проекции Ламберта меньше, чем проекции Гаусса в общей системе, а в частной системе координат - одинаковые.

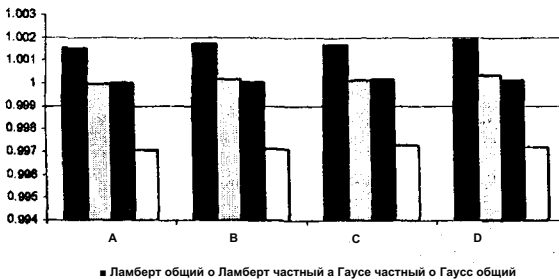


Рис. 3. Сравнительные изменения масштаба в городе Бен-Гази

Геодезические задачи подтверждают, что для города Бен-Гази проекции Гаусса и Ламберта в частной системе дают точный результат.

Город Сабха

Характеристика частной системы координат в Сабхе имеет главную широту и долготу $B'o = 27^{\circ}00'0.0000''$, $dL'o=3^{\circ}30'0.0000''$, с оптимальным масштабом (Гаусса 0.99851299 и Ламберта 0.99996993). Исследование ведем в четырех точках, расположенных по различным местам (табл. 6).

Таблица 6

Пункты	Φ	λ
A	26°49'42.0000"	14°16'17.0000"
B	27°02'00.0000"	14°26'00.0000"
C	27°14'12.1500"	14°38'51.5600"
D	27°22'30.5300"	14°56'30.9200"

Как и в Триполи, то же будет и здесь. Результаты проведенного исследования представлены в таблице 7 и на рисунке 4.

Таблица 7

Система координат в проекции Гаусса						
	x	y	Искажение масштаба властном	Искажение масштаба в общем	Расстояние от системы	Расстояние от геозадачи 1
A	39238,0180	270900,3680	0,99942004	0,99701652	30972,570	30972,576
B	61596,9623	254354,9072	0,99931258	0,99690932		
C	83695,3138	232686,5435	0,99918210	0,99851299		
D	98505,5946	203318,1458	0,99902384	0,99662127		
Система координат в проекции Ламберта						
A	39260,2292	271218,4636	0,99998627	0,99688870	30972,576	30972,576
B	61638,6577	254669,7228	1,00001309	0,99691543		
C	83763,7707	232993,9155	1,00005233	0,99695456		
D	98602,7314	203602,1280	1,00008627	0,99698838		

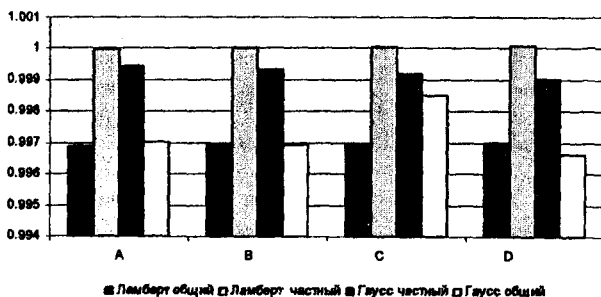


Рис. 4. Сравнительные изменения масштаба в городе Сабхе

Из графика видно, что частная система координат в проекции Ламберта дает самое наименьше изменение масштаба и масштаб изменяется медленно в обеих системах.

Заключение. Результаты проведенного исследования показали, как изменяется масштаб в общей системе и частной в трёх городах и как это влияет на искажения расстояний путем их сравнения с результатами, которые получены из решения обратной геодезической задачи на поверхности эллипсоида (с геодезическим расстоянием). На основании выполненного анализа можно сделать следующие выводы:

- частная система координат дает существенно меньшее изменение масштаба, значит, меньшие линейные искажения в обеих проекциях;
- преобразования между частными системами и общегосударственными системами координат ведутся строгими математическими методами по простым формулам;
- оптимальный масштаб дает меньшее искажение масштаба на удалении в $0,75^\circ$ от центра зоны в обеих проекциях, а в проекции Гаусса зависит от широты;
- частная система координат на основе проекции Гаусса для Триполи дает меньшее изменение масштаба;
- частная система координат на основе проекции Ламберта дает меньшее изменение масштаба в городах Бен-Гази и Сабхе;
- для формирования частных систем координат на территории Ливии целесообразно использовать как проекцию Гаусса, так и проекцию Ламберта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подшивалов, В.П. Теоретические основы формирования координатной основы для геоинформационных систем / В.П. Подшивалов. - Новополюцк: НГУ, 1998.
2. Морозов, В.П. Курс сфероидической геодезии / В.П. Морозов. - М.: Недра, 1979.
3. Издание Ливийской геодезической службы. - 2006.
4. Акреш, М.С. Сравнительный анализ геодезических проекций / М.С. Акреш. - Триполи, 1999.
5. Бугаевский, Л.М. Математическая картография / Л.М. Бугаевский. - М.: Златоуст, 1998.