

УДК 528.9 + 910.27

**СИСТЕМЫ ЛИСТОВ
ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ МЕЖЕВЫМ КАРТАМ
XIX ВЕКА ВОСЬМИ ГУБЕРНИЙ СЪЕМКИ А.И. МЕНДЕ ***

М.В. Шалаева¹, В.Г. Щекотилев², С.Н. Щекотилова³

¹ ОАО «Волжский пекарь», г. Тверь

² ООО «Верто», г. Тверь

³ Военная академии воздушно-космической обороны
имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, г. Тверь

Решена оптимизационная задача оценки параметров систем листов для 8-ми архивных крупномасштабных карт губерний середины XIX в. съемки А.И. Менде. Исходными данными являлись координаты углов тестовых листов для всех восьми карт по результатам регистрации в ГИС, а также пиксельные координаты для точек двух сопредельных карт. 48 параметров оптимизационной задачи рассчитаны решением системы линейных уравнений, полученной из условия равенства нулю частных производных функционала. Для рассчитанных сеток 8 губерний по доступным данным произведена обработка 6 из 8 карт губерний (Тверской, Ярославской, Владимирской, Нижегородской, Симбирской, Рязанской). Сформированные информационные ресурсы включены в состав автоматизированной интернет-коллекции.

Ключевые слова: архивная карта, интернет-ресурс, ГИС, съемка А.И. Менде, топографическая межевая карта, электронная карта.

Развитие технологий ГИС создало среду формирования комплексов растровых электронных карт (РЭК) на большие территории, в том числе по объединениям картографических произведений. Основными объектами при этом являются топографические карты, космические снимки и векторные карты. В настоящее время в отдельный блок выделяются исследования по формированию тайловых структур для архивных картографических произведений [15]. Особое место среди архивных карт занимают группы многолистных крупномасштабных карт, которые издавались на сопредельные территории. Так, в России в XIX в. в период становления крупномасштабного картографирования, в частности, были изданы [10]:

- одно- и двухверстные топографические межевые карты 8 губерний съемки А.И. Менде;

- одно-, двух- и трехверстные военные топографические карты.

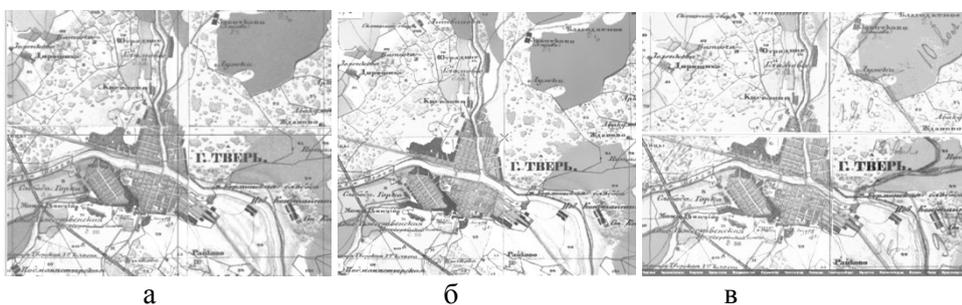
В настоящее время известно уже несколько сформированных тайловых комплексов по топографическим межевым картам губерний

центральной России съемки А.И. Менде: «Это Место» [11], «Москва и Подмосковье на старых картах» [12], «Обработка и представление архивных карт» [13; 16].

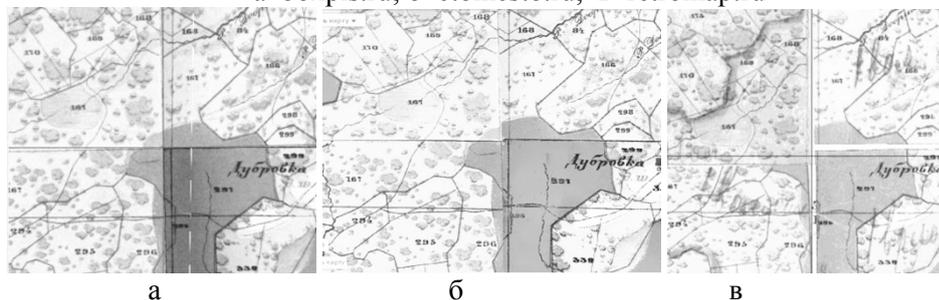
На рис. 1, 2 представлены примеры РЭК для различных сайтов в области стыка четырех листов.

В табл. 1 представлены координаты (L-долгота, В-широта, система координат WGS 84) примеров различных углов листов для карты Тверской губернии, которые были сняты на трех сайтах.

При формировании растровых электронных карт (РЭК) обычно используются в различных комбинациях следующие подходы: последовательная регистрация в ГИС листов многолистной карты; выделение картографической части листа (исключение зарамочного оформления); формирование сетки координат углов листов карты; трансформирование листов карты для стыковки сопредельных участков.



Р и с . 1 . РЭК различных сайтов окрестности Твери:
а–boxpis.ru; б–etomesto.ru; в–retromap.ru



Р и с . 2 . РЭК различных сайтов, юго-западнее г. Ржева:
а–boxpis.ru; б–etomesto.ru; в–retromap.ru

Таблица 1

Координаты соединений листов РЭК различных [сайтов](#)

№ п/п	Ресурс	Тверь	Весьегонск	Слаутина	Ржев, ю.-з.	Латыкино	Липячи
Долгота, L							
1	boxpis	35.9317	37.2153	32.3445	34.1685	38.2699	34.4756
2	etomesto	35.9333	37.2130	32.3491	34.1700	38.2744	34.4777
3	retromap	35.9298	37.2114	32.3434	34.1670	38.2690	34.4734
4	Google	-	-	-	34.3030	38.2730	34.4798

Широта, В							
1	boxpis	56.8719	58.6989	57.0678	56.1779	57.3582	58.0887
2	etomesto	56.8753	58.7014	57.0723	56.1821	57.3619	58.0927
3	retromap	56.8718	58.7004	57.0661	56.1821	57.3583	58.0883
4	Google	-	-	-	56.2476	57.3613	58.0931

Публикации, детализирующие формирование тайловых структур сайтов «Это Место», «Москва и Подмосковье на старых картах», не выявлены.

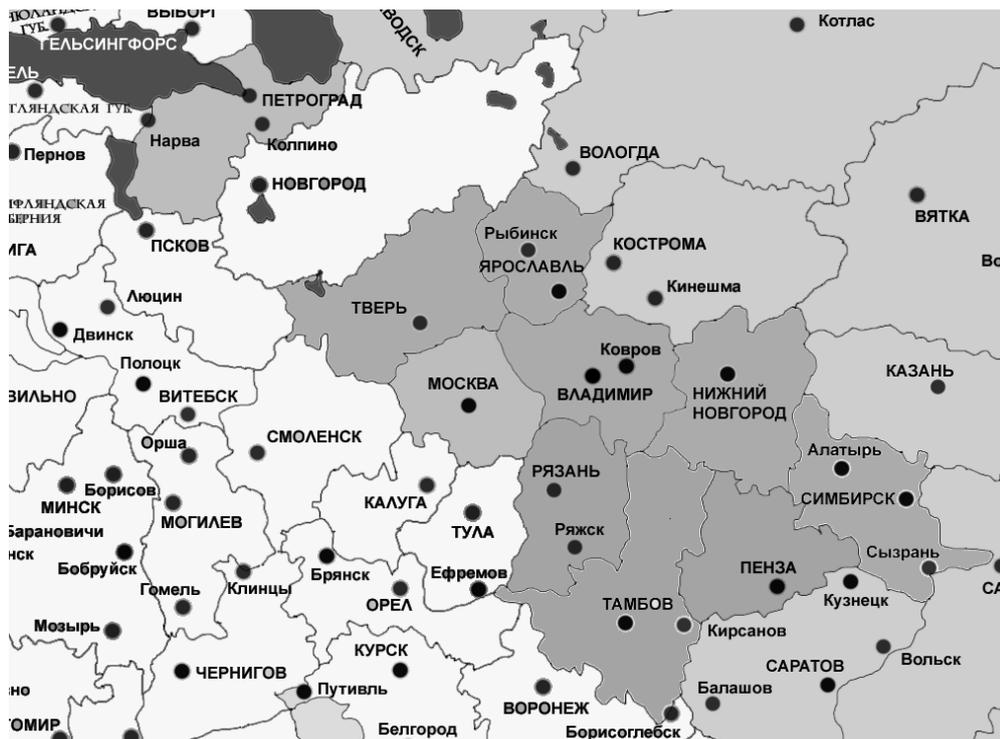
Вариант РЭК, получаемых последовательной регистрацией листов и устранением зарамочного оформления, после апробации для многолистных карт был исключен авторами из применения на начальном этапе по причине образования большого количества (практически для всех смежных листов) негативных особенностей, что существенно ухудшает удобство использования конечных карт:

- расхождение углов смежных листов;
- рассогласование картографических данных у смежных листов;
- образование пустот без карты между листами;
- образование перекрытий смежных листов.

Вариант дополнительного использования трансформации листов для сводки смежных листов карт практически не используется в предлагаемом подходе по следующим аргументам:

- операция является дополнительной и проводится после регистрации сопредельных листов в ГИС;
- возможны побочные негативные эффекты существенного искажения растра карты;
- подготовка исходных данных для трансформации сложно формализуема;
- применение трансформации искажает исходные растры, что может затруднять оценку первичной информации.

Развиваемый авторами подход для формирования РЭК по многолистным крупномасштабным картам, листы которых имеют одинаковые метрические размеры, основывается на виртуальном отображении картографической части листов в сетку, параметры которой определяются решением оптимизационной задачи по данным регистрации выборочных листов в ГИС [2]. С применением данного подхода произведено формирование РЭК на основной массив карт губерний съемки А.И. Менде (за исключением Тамбовской и Пензенской губерний, сканированные изображения большей части листов карт которых недоступны для исследователей).



Р и с . 3 . Карты 8 губерний съемки А.И. Менде

С применением развития данного подхода выполнено согласованное определение параметров сеток листов группы сопредельных карт (5 поволжских губерний из съемки А.И. Менде) [6; 7; 14]. Для этого предложен общий функционал с включением параметров нескольких сеток карт и добавлено условие для согласования границ смежных карт.

В данном материале представляются результаты по решению задачи определения параметров сеток карт съемки А.И. Менде всех 8 губерний. На рис. 3 выделены 5 поволжских губерний и остальные 3 губернии Рязанская, Тамбовская, Пензенская.

Описание применения развития подхода на учет в функционале (1) условия согласования границ сопредельных губерний дано в работе [7].

$$\begin{aligned}
 F(A) = & \sum_{i=1}^{N^1} \left[\left((a_1 + x^{o1} a_2 + y^{o1} a_3) - x^{*1} i \right)^2 + \left((a_4 + x^{o1} a_5 + y^{o1} a_6) - y^{*1} i \right)^2 \right] + \\
 & + \sum_{i=1}^{N^1} \left[\left((a_7 + x^{o1} a_8 + y^{o1} a_9) - x^{*1} i \right)^2 + \left((a_{10} + x^{o1} a_{11} + y^{o1} a_{12}) - y^{*1} i \right)^2 \right] + \\
 & + P^{g12} \sum_{i=1}^{N^{g12}} \left[\left((a_1 + x^{g121} a_2 + y^{g121} a_3) - (a_7 + x^{g122} a_8 + y^{g122} a_9) \right)^2 + \right. \\
 & \left. \left((a_4 + x^{g121} a_5 + y^{g121} a_6) - (a_{10} + x^{g122} a_{11} + y^{g122} a_{12}) \right)^2 \right]
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $A^r = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, \dots, a_{12})$ – параметры сеток листов двух карт, P^{g12} – весовой коэффициент для учета невязки на границе карт.

В функционале (1) используется параметр весового коэффициента P^{g12} для отклонения на точках границ смежных карт. При нулевом значении этого параметра условия на границах не влияют на определение сеток, при увеличении значения параметра сеток определяются так, что уменьшаются отклонения на точках границ, но увеличиваются отклонения на углах тестовых листов.

На рис. 4 представлена структура матрицы для оценки параметров сеток 8 губерний.

Структурными элементами матрицы на рис. 4 являются:

- группы 8 диагональных подматриц для каждой из карт, которые состоят из двух матриц 3x3 (в функционал координаты X и Y входят независимо);
- парные группы матриц, которые соответствуют условиям по точкам границы между двумя картами.

1	0	*	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	*	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	0	2	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	*	0	2	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	0	*	0	3	0	*	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0
0	*	0	*	0	3	0	*	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	*	0	4	0	*	0	0	0	*	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	*	0	4	0	*	0	0	0	*	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	*	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	*	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	6	0	*	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	6	0	*	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0	7	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0	7	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0

Рис. 4. Структура матрицы для оценки сеток 8 губерний

Нумерация губерний, 8 формализованных условий по границам (отмечены «+») и 4 потенциальных неформализованных условий по границам (отмечены «п») показаны в табл. 2.

Таблица 2

Нумерация губерний и условия по границам

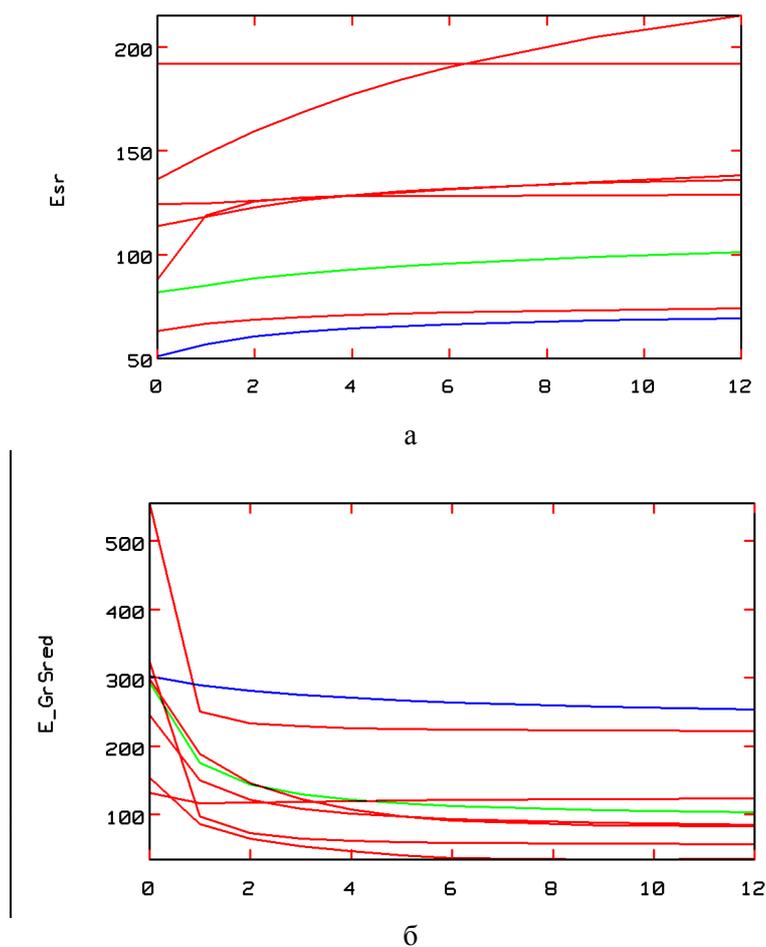
№ п/п	Губерния	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тверская	-	+	+					
2	Ярославская	+	-	+					
3	Владимирская	+	+	-	+	п	+	п	
4	Нижегородская			+	-	+		+	п
5	Симбирская			п	+	-			
6	Рязанская			+			-	+	
7	Тамбовская			п	+		+	-	п
8	Пензенская				п			п	-

Условиями для выбора значения P^{g12} для расчета конечных секток листов карт могут быть:

- равенство средних отклонений на тестовых листах и на точках границ;
- уменьшение коэффициента от оптимального, при котором существенно уменьшается средняя ошибка на углах тестовых листов, но менее существенно увеличивается среднее рассогласование на точках границ.

На рис. 5,а для различных значений параметра P^{g12} отдельными графиками для каждой из 8 карт показано среднее значение отклонений узлов сетки от углов тестовых зарегистрированных листов. Для карты Пензенской губернии ошибка не зависит от параметра, так как условия по границе с другими картами для данной губернии в функционал не включены. Для остальных карт прогнозируемо констатируем прямопропорциональную зависимость, отмечая несильное увеличение ошибок.

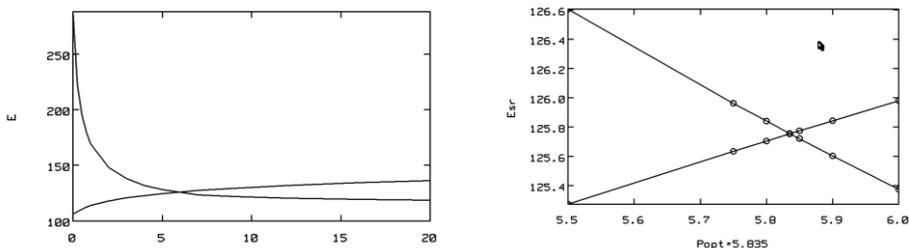
На рис. 5,б для различных значений параметра P^{g12} отдельными графиками для каждой из 8 пар карт показано среднее значение рассогласования точек границ.



Р и с . 5 . Средние ошибки на листах и границах карт для различных P^{g12} :
 а– средние ошибки на тестовых листах 8 карт; б– средние ошибки на точках
 границ 8 пар смежных карт

Можно отметить, что ошибка рассогласования границ уменьшается примерно в два раза при увеличении параметра P^{g12} до 2.5, далее ошибка уменьшается незначительно.

На рис. 6 для различных значений параметра P^{g12} показаны усредненные по картам и парам карт ошибки на тестовых листах и границах в области искомого значения параметра.

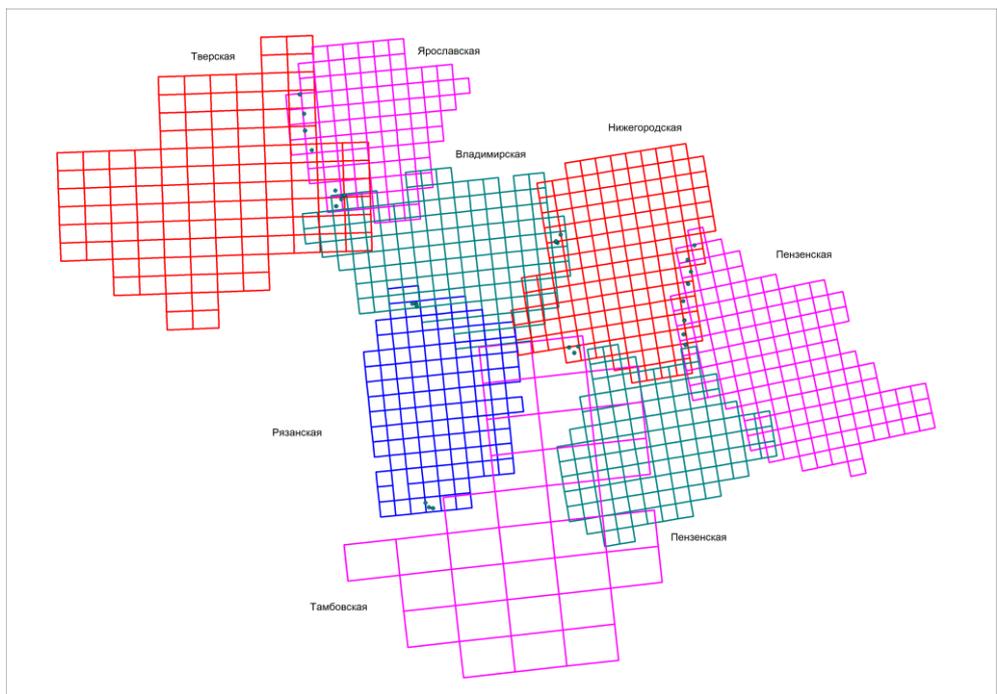


Р и с . 6 . Средние по всем картам ошибки по тестовым листам и границам для различных P^{g12}

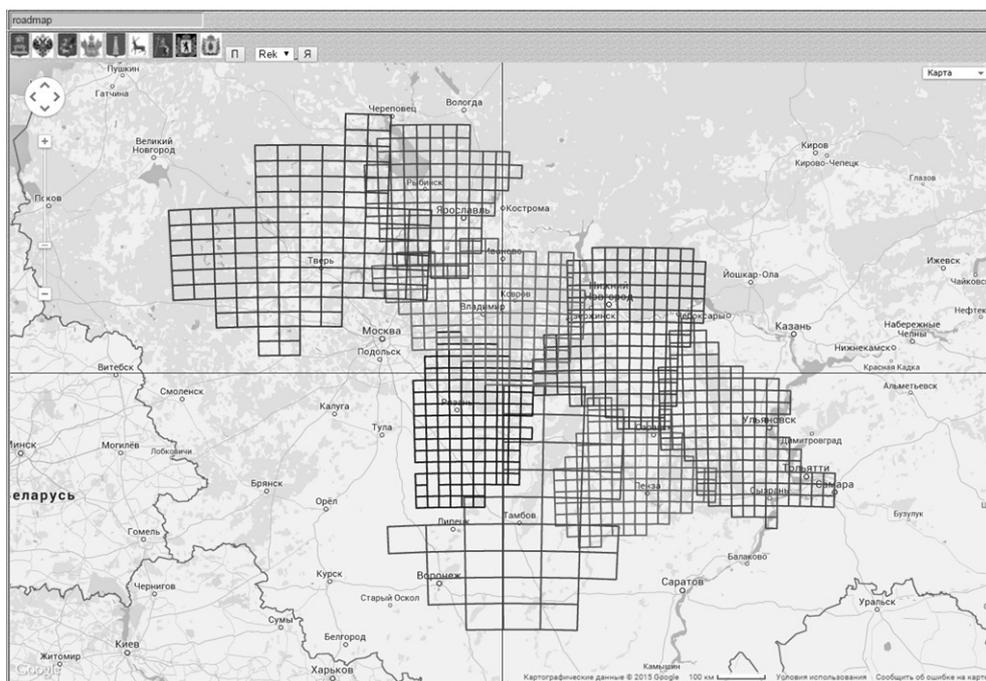
Данные рис. 6 иллюстрируют совпадение средних ошибок на тестовых листах и точках границ при $P^{g12} = 5.835$.

На рис. 7 в системе координат Гаусса–Крюгера Пулково-42 6-я зона представлены рассчитанные системы листов карт 8 губерний съемки А.И. Менде. На рис. 7 также представлены точки сопредельных границ карт губерний, условия по которым включены в функционал невязки.

На рис. 8 система листов отражена через подключение KML файла на ресурсе «Обработка и представление архивных карт» boxris.ru.



Р и с . 7 . Системы листов карт 8 губерний из съемки А.И. Менде



Р и с . 8 . Система листов карт съемки А.И. Менде на ресурсе boxpris.ru

В таб. 3 и 4 приведены рассчитанные значения сеток карт губерний при $P^{g12} = 0$ и $P^{g12} = 5.835$ соответственно.

Таблица 3

Параметры сеток расположения листов в СК карт
(по тестовым листам, $P^{g12} = 0$)

№ п/п	Карта	X_0	Y_0	$Dx,$	Dy	К
1	Тверская.	6430301.04	6147266.44	36274.69	25599.61	18
2	Ярославская.	6761634.20	6272223.59	21278.63	21289.53	26
3	Владимирская.	6787651.41	6103985.71	21271.15	21266.16	6
4	Нижегородская.	7077797.24	6052768.27	21166.59	21205.08	6
5	Симбирская	7342331.22	5904275.96	21100.54	21117.58	28
6	Рязанская	6874177.98	5886959.20	21285.02	21281.01	18
7	Тамбовская	6839893.01	5694714.87	72356.92	51091.34	4
8	Пензенская губ.	7141939.01	5859104.45	21218.90	21207.40	4

Таблица 4

Параметры сеток (по тестовым листам и границам, $P^{g12}=5.835$), м

№ п/п	Карта губернии	X_0	Y_0	Dx	Dy	К
1	Тверская	6430215.99	6147226.80	36316.74	25612.40	18
2	Ярославская	6761406.85	6272180.92	21400.71	21384.43	26
3	Владимирская	6787718.97	6104164.60	21396.03	21369.91	6
4	Нижегородская	7077526.83	6052608.92	21457.54	21497.26	6
5	Симбирская	7342485.01	5904407.87	21556.07	21577.20	28
6	Рязанская	6874188.97	5886991.94	21402.06	21385.27	18
7	Тамбовская	6839790.85	5694259.84	72822.23	51391.23	4
8	Пензенская	7141939.01	5859104.45	21529.59	21492.90	4

В таблице 5 приведены различия параметров сеток, рассчитанных для $P^{g12}=0$ и $P^{g12}=5.835$. Сначала приводятся различия параметров сеток в метрах, а затем в процентах от абсолютных значений.

В таблицах приведены: название губернии; координаты (X_0 , Y_0) юго-западного угла сетки листов карты губернии; размеры ячейки сетки (Dx , Dy) и количество тестовых листов.

Планшеты одноверстных карт имели вид квадратов, на которые наносилась сеть меридианов и параллелей по конической проекции Деллиа [1; 3; 8].

Таблица 5

Различия параметров при оценке без учета условий на границах ($P^{g12}=5.835$)

№ п/п	Карта	X_0 , м	Y_0 , м	Dx , м	Dy , м	X_0 , %	Y_0 , %	Dx , %	Dy , %
1	Тверская	85.1	39.6	-42.1	-12.8	0.23	0.15	-0.12	-0.05
2	Ярославская	227.4	42.7	-122.1	-94.9	1.07	0.20	-0.57	-0.45
3	Владимирская	-67.6	-178.9	-124.9	-103.8	-0.32	-0.84	-0.59	-0.49
4	Нижегородская	270.4	159.4	-291.0	-292.2	1.28	0.75	-1.37	-1.38
5	Симбирская	-153.8	-131.9	-455.5	-459.6	-0.73	-0.62	-2.16	-2.18
6	Рязанская	-11.0	-32.7	-117.0	-104.3	-0.05	-0.15	-0.55	-0.49
7	Тамбовская	102.2	455.0	-465.3	-299.9	0.14	0.89	-0.64	-0.59
8	Пензенская	0	0	-310.7	-285.5	0.00	0.00	-1.46	-1.35

Рассчитанные данные показывают близкие размеры листов односторонних карт Ярославской, Владимирской, Нижегородской, Симбирской, Рязанской губерний – средние по губерниям размеры ширины и высоты листа:

- при учете только тестовых листов (табл. 3) 21220.14 м, 21227.79 м; среднее отклонение от него составляет 58.13 м и 51.11 м соответственно;

- при учете тестовых листов и границ (табл. 4) 21457.00 м, 21451.16 м; среднее отклонение от него составляет 57.40 м и 71.29 м соответственно.

Отметим, что 20 дюймов (1 англ. дюйм = 2.54 см) для односторонней карты (масштаб 1: 42 000) составляет 21336 м.

Различие размеров листов без учета условия границ и с ним в среднем по губерниям составляет по ширине и высоте 236.86 м и 223.37 м.

С использованием рассчитанной системы сеток листов производится автоматическое формирование для различного разрешения комплекса непрерывно состыкованных растровых электронных карт (например, из растров 10 000 на 10 000 пикселей с разрешением 2 м. на пиксел) для использования в ГИС. По сформированному комплексу РЭК формируются тайловые структуры, в том числе и для размещения на геопорталах [17; 18].

Решение задачи по оценке параметров сеток листов топографических межевых карт съемки А.И. Менде позволяет перейти к добавлению в комплекс [16; 19] других крупномасштабных карт, например:

- трехверстная военно-топографическая Европейской России;
- двухверстная военно-топографическая Московской губернии;
- пятиверстная карта Кавказа;
- иных одно- и двухверстных топографических карт XIX века, например, Костромской губернии [4; 5; 9].

Список литературы

1. Витковский В. Картография (Теория картографических проекций). СПб.: Типография Ю.Н. Эрлих, Садовая, №9. 1907. С. 463.
2. Голубинский А.А., Лазарев О.Е., Шалаева М.В., Щекотилов А.В., Щекотилов В.Г. Создание комплекса электронных карт по односторонней топографической межевой карте Нижегородской губернии съемки А.И. Менде // Геодезия и картография. 2014, №11. С. 39–44.
3. Исторический очерк деятельности Корпуса военных топографов. 1822 – 1872. СПб., 1872.
4. Карта Костромской губ. (топографическая). Сост. топографами Ген. штаба. Съемка 1868–1872 гг. Масштаб 1 верста в д. СПб., 1872.
5. Карта Костромской губ. (топографическая). Сост. в 1879 г. Изд. Воен. топогр. отд. Ген. штаба. Масштаб 2 версты в д. СПб., 1879.

6. Лазарев О.Е., Щекотилов В.Г. Регистрация растровой электронной карты в ГИС с сохранением преобразования подобия // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. «География и геоэкология». 2008. Вып. 22(82), №4. С. 116–125.
7. Лазарев О.Е., Шалаева М.В., Щекотилова С.Н., Щекотилов В.Г. Адаптация в ГИС архивных карт поволжских губерний съёмки А.И. Менде // Геодезия и картография. 2015. №7. С. 42–51.
8. Ларионов В. Учебное пособие по предмету низшей геодезии. Отдел II. М., Типография Т. Рис у Мясицких ворот, дом Воейкова, 1869.
9. Материалы по библиографии Костромского края. Кострома: Первая ГУБ типография «Красный печатник», 1925. Выпуск I.
10. Постников А.В. Развитие крупномасштабной картографии в России. М.: Наука, 1989.
11. Ресурс «Старые карты on-line. ЭтоМесто». URL: <http://www.etomesto.ru/>
12. Тарасов С.А. «Старые карты Москвы и Подмосковья». URL: <http://retromap.ru/>
13. Щекотилов В.Г., Лазарев О.Е., Щекотилов А.В. Электронный атлас по крупномасштабным картам XIX века для Тверской и сопредельных губерний // Геодезия и картография, М., 2010. №3.
14. Щекотилов В.Г. Метод оценки параметров эквидистантной системы листов крупномасштабной карты XIX века // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. «География и геоэкология». 2010. Вып. 1(8), № 33. С. 66–77.
15. Щекотилов В.Г. Создание информационных ресурсов по крупномасштабным картам России XIX в.: Сб. ст. по итогам торж. засед., посв. 200-летию Рос. воен. топограф. службы. М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. С. 76–83.
16. Щекотилов В. Г. Обработка и представление архивных карт. URL: <http://boxpis.ru/>
17. Щекотилов В.Г. Растровая электронная карта по двухверстной карте съёмки А.И. Менде Тверской губернии (Менде-Тверская 2в.) // База данных. Свидетельство № 2016620343 от 15.03.2016 г. ФС по интеллектуальной собственности.
18. Щекотилов В.Г. Интернет-навигатор для архивных карт (Ретроспектива) // Программа для ЭВМ. Свидетельство № 2016612982 от 15.03.2016 г. ФС по интеллектуальной собственности.
19. Shekotilov V., Lazarev O., Lazareva O., Shalaeva M., Shekotilov A., Shekotilova S., Surovceva I. Geoportal for large-scale archival maps of the provinces and territories of Russia in XIX century. The International Geographical Union Regional Conference «Geography, culture and society for our future earth», IGUMOSCOW2015, IGU 2015 Book of Abstracts, Moscow, 2015. P. 309.

**SYSTEM SHEETS ON A TOPOGRAPHIC LAND SURVEY MAPS
XIX CENTURY 8 PROVINCES SHOOTING A. I. MENDE**

M.V. Shalaeva, V.G. Shekotilov, S.N. Shekotilova

Public Joint Stock Company “Volzhsky pekar”, Tver
The limited liability company «Verto», Tver
Military Aerospace Defense Academy named after Marshal of Soviet Union

G.K. Zhukov, Tver

Solved optimization problem of estimating the parameters of the systems sheets for 8 archival of large-scale maps of provinces of the XIX century shooting A. I. Mende.

Key words: archival map, online resource, GIS, surveying, A. I. Mende, topographic land survey map, the electronic map.

Об авторах:

ШАЛАЕВА Мария Владимировна – специалист ОАО «Волжский пекарь», выпускница факультета географии и геоэкологии ТвГУ, e-mail: maria-geo@yandex.ru.

ЩЕКОТИЛОВ Владимир Геннадьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, инженер-геодезист ООО «Верто», e-mail: globus-t@yandex.ru.

ЩЕКОТИЛОВА Светлана Николаевна – научный сотрудник Военной академии воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, e-mail: sveta.shekotilova@yandex.ru.