

УДК 528.23

**ФОРМИРОВАНИЕ НА ЭВМ СИСТЕМ КООРДИНАТ  
В НАИЛУЧШЕЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ****А.В. МАТКИН**

*Описаны пути поиска оптимальной геодезической проекции, использующиеся в пакете прикладных программ для ПЭВМ. Поиск оптимальной проекции ведется на основе конформных композиционных проекций. Наилучшей считается проекция, удовлетворяющая критерию Чебышева – Граве. Указана необходимость автоматизации поиска оптимальной геодезической проекции.*

В результате анализа геодезических проекций, применяемых в различных странах для математической обработки измерений и создания топографических карт [1, 2, 6 – 9], а также для решения самых различных частных задач в системе плоских прямоугольных координат в настоящее время известно то, что несомненными преимуществами обладают проекции, полученные на основе теории конформных отображений. Главным их достоинством является независимость масштаба от направления, что для практики их применения имеет существенное значение. Причем доказано, что среди конформных проекций реально найти оптимальную, наилучшим образом удовлетворяющую отображаемой территории. Отработана методология нахождения параметров наилучшей геодезической проекции при заданных характеристиках отображаемой территории. Такая проекция будет удовлетворять критерию Чебышева – Граве.

Тенденция развития геодезического производства с учетом быстрого, лавинообразного возрастания значения компьютерных технологий во всех сферах человеческой деятельности диктует широкое применение автоматизированных систем сбора, обработки и представления информации о земной поверхности и объектах на ней. Работа посвящена автоматизации поиска оптимальной геодезической проекции для представления в наиболее удобной для различных потребителей топографо-геодезической и картографической информации на различных территориях.

Одним из важнейших направлений современной геодезии является практическое применение геодезических проекций, которые наилучшим образом соответствуют условиям выполнения необходимой задачи. Такими задачами могут быть как картографирование какой-либо территории с применением современных цифровых технологий, так и различные геодезические вычисления с использованием координат, полученных в проекции. Это коренным образом меняет представления о технологиях, применяемых в геодезии и характеризующихся, прежде всего, высокой степенью автоматизации [6, 9]. В том числе сегодня становится возможным поиск геодезических проекций из широкого спектра, поскольку в настоящее время появилась возможность с минимальными затратами времени и средств получить любую геодезическую проекцию на основе конформных для какой-либо территории, в том числе – найти наилучшую (оптимальную) проекцию.

Отказ от стандартных проекций, которые применяются в настоящее время, даст целый ряд преимуществ:

- можно получить проекцию с одной зоной для всей территории государства или любой другой исследуемой территории (в отличие от 6-градусной зональной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса – Крюгера);

- поправки за искажения в оптимальной проекции минимальные, так как достигается условие Чебышева – Граве с оптимальным распределением искажений по исследуемой территории (искажения на несколько порядков меньше, чем в стандартной проекции, а также равномерно распределены по территории);

- для различных задач можно использовать различные проекции, в том числе наилучшие, причем для каждой территории можно принять свою наилучшую геодезическую проекцию; переход же из проекции в проекцию с использованием известного математического аппарата и программ для ПЭВМ не составит абсолютно никаких трудностей;

- также с использованием наших программ для ПЭВМ легко переходить от координат в стандартной проекции или, скажем, от проекции независимой к координатам любой другой геодезической проекции.

Исследования универсального математического аппарата, созданного д.т.н., профессором В.П. Подшиваловым [6 – 9], нами выполнены по самым различным направлениям [3 – 5], написан ряд программ для ПЭВМ.

Такие программы осуществляют переход от геодезических  $(B, L)$  к прямоугольным координатам  $(X, Y)$  в любой геодезической проекции, в том числе в проекции, удовлетворяющей критерию Чебышева –

Граве. Вычисляются основные численные характеристики проекций: частный масштаб длин, сближение меридианов, кривизна изображения геодезической линии эллипсоида на плоскости. Поиск оптимальной геодезической проекции ведется в автоматической режиме.

Применяемый нами алгоритм постоянно совершенствуется, т.к. мы нацелены применять наше программное обеспечение для каталогов координат с большим количеством точек, что существенно может снижать скорость пересчета. Причем ожидаемая область применения нашего программного обеспечения: ГИС-серверы, навигация, в том числе GPS-измерения, также диктуют требования к уменьшению времени обработки до возможного минимума.

#### **Последовательность поиска оптимальной геодезической проекции:**

1. Задаются исходные данные (каталог геодезических координат точек).
2. Генерируются начальные данные (начальные геодезические координаты ожидаемого центра проекции  $B_0$ ,  $L_0$ , равные координатам центральной точки территории, а также выбирается масштаб изображения  $m_0$  в данной центральной точке, по умолчанию он равен 1; находятся либо указываются пользователем четыре граничные точки и их геодезические координаты – самая северная, самая южная, самая западная, самая восточная; в композицию берутся две стандартные проекции – поперечно-цилиндрическая и коническая в равной мере, т.е.  $k_1 = k_2 = 0,5$ , что дает азимутальную проекцию как частный случай).
3. Считаются численные характеристики полученной проекции в первом приближении.
4. Далее сравниваются масштабы изображения на граничных точках, и если они не равны между собой с заданной точностью (следовательно, критерий Чебышева – Граве не выполняется), начинают изменение следующих начальных параметров:  $B_0$ ,  $L_0$  – координаты центра проекции,  $k_1$ ,  $k_2$  – степень участия составляющих проекций в композиции. При каждом изменении начальных параметров числовые характеристики получают заново, после чего проекция опять проверяется на удовлетворение критерию Чебышева – Граве.
5. После того как найдена наилучшая проекция, её оптимизируют путем вычисления оптимального масштаба в центральной точке проекции, после чего окончательно получают численные характеристики проекции и координаты  $X$ ,  $Y$  в ней для всех точек каталога.

Существенное ускорение в подборе оптимальной проекции придали следующие приемы вычислений:

1. Изменение координат  $B_0$ ,  $L_0$  идет по методу половинного деления, уменьшением шага в два раза (доказано, что такой метод оптимален при подборе величин).
2. Также идет опробование получения начальных параметров, максимально приближенных к искомой проекции. Так как оптимальную проекцию ищем среди композиционных, причем в подавляющем большинстве это совокупность поперечно-цилиндрической и конической проекций, что дает конфигурацию изогона (линии постоянных искажений) в виде овала, мы пошли по следующему пути получения таких начальных параметров:
  - 2.1. По граничным точкам находим параметры описанного вокруг них овала (координаты его центра, полуоси, угол разворота относительно одной из координатных осей).
  - 2.2. Используя полученные параметры, можно найти следующие начальные параметры: координаты  $B_0$ ,  $L_0$  – координаты центра проекции,  $k_1$ ,  $k_2$  – степень участия составляющих проекций в композиции.
  - 2.3. При таком получении начальных параметров последующий подбор оптимальной проекции будет занимать намного меньше времени, т.к. останется лишь уточнить характеристики, а не искать их в слепую.

С помощью вычислений, произведенных на ПЭВМ, нами доказано, что проекции, которые можно получить, используя теорию, будут наилучшими (оптимальными) для заданных условий.

Исследования показали следующее (для исследований взяли территорию Республики Беларусь и некоторые территории областей и районов РБ):

1. Результаты автоматического пересчета совпали с расчетами, проводимыми ранее в ручном режиме.
2. Подтвердилось, что полученная проекция на самом деле лучше проекции Гаусса – Крюгера, используемой для территории Республики Беларусь или какой-либо другой отдельно взятой проекции. При использовании проекции Гаусса – Крюгера возникает ряд недостатков: Республика Беларусь лежит сразу в трех шестиградусных зонах, что подразумевает пересчет координат из зоны в зону для точек, которые находятся на границе зон; также на границах шестиградусных зон наблюдаются сильные искажения (до 1:1800). Полученная же проекция – одна для всей территории Республики Беларусь и она имеет значительно меньшие искажения (1:3000).
3. Результаты были получены за несколько секунд. Этот факт является большим плюсом в работе системы, т.к. такая система может быть использована не только стационарно, но и в работе навигационных систем, где пересчет систем координат необходимо производить в реальном времени в кратчайшие сроки.

В результате выполненных исследований можно отметить, что общая теория и алгоритм наилучших геодезических проекций при соответствующем программном сопровождении для ЭВМ имеют большие перспективы совершенствования топографо-геодезического обеспечения различных отраслей хозяйственной деятельности:

- продуктивное использование в топографо-геодезическом производстве возможностей компьютерных технологий;
- расширение потребителей геодезической продукции и повышение качества топографо-геодезических данных;
- более рациональный и точный учет природных ресурсов;
- более точное слежение за изменениями экологической обстановки на различных территориях;
- сокращение времени для расчетов характеристик геодезических проекций путем модифицирования и совершенствования спутниковых технологий, унифицирования их программного обеспечения, что придаёт мировое значение использованию универсальной теории для создания оптимальной геодезической проекции.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаевский Л.М. Математическая картография: Учеб. для вузов. – М., 1998. – 400 с.: ил. 65.
2. Бугаевский Л.М. Теория картографических проекций регулярных поверхностей. – М.: Златоуст, 1999. – 144 с.: ил. 11.
3. Маткин А.В. Автоматизация выбора наилучших геодезических проекций на ЭВМ: Материалы XXX студенческой научной конференции Полоцкого государственного университета. – Новополоцк: ПГУ, 2001.
4. Маткин А.В. Разработка оптимальных геодезических проекций применительно к заданным условиям: Рукопись деп. ОНТИ ЦНИИГАиК 23.02.00, № 696 – гд 00 Деп., БУ ВИНТИ «Депонированные научные работы», 2000, № 3 (337), с. 36.
5. Маткин А.В. Региональные системы координат на основе композиционных геодезических проекций: Труды международной научно-технической конференции «Геодезия, картография, кадастры и экология», 25 – 27 октября 2000 г. – Новополоцк: ПГУ, 2000. – С. 118 – 123.
6. Подшивалов В. П. Теоретические основы формирования координатной среды для геоинформационных систем. // Научное издание – Новополоцк, ПГУ, 1998, – 125 с.
7. Подшивалов В.П. Композиционные геодезические проекции. // Геодезия и картография. – 2000. – № 8. – С. 40 – 42.
8. Подшивалов В.П. Координатная среда для геоинформационных систем // Геодезия и картография. – 1997. – № 6. – С. 51 – 55.
9. Подшивалов В.П. Один из путей модернизации геодезической основы // Геодезия и картография. – 1998. – № 2. – С. 24 – 25.