

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ – СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

*доктор техн. наук, профессор В.П. ПОДШИВАЛОВ,
А.И. КОЗАКЕВИЧ, С.В. МАКОВСКИЙ, А.В. МАТКИН,
И.А. ОГОЛЬ, А. САЛИМ, С.К. ТОВБАС*

Приведен краткий обзор научных исследований, выполняемых на кафедре прикладной геодезии и фотограмметрии Полоцкого государственного университета по алгоритмической и программной основе формирования взаимосвязанных систем координат.

В последние годы коренным образом меняется технология производства геодезических измерений как за счет широкого внедрения спутниковых систем позиционирования, так и дистанционных методов сбора информации о земной поверхности и объектах на ней. Новые технологии выгодно отличаются от традиционных в производительности, технологичности и точности, для них характерна также высокая степень автоматизации. На базе современных компьютерных технологий становится возможным существенное расширение представлений о возможностях формирования автоматизированных систем сбора, хранения и представления баз данных топографо-геодезического и картографического характера. Картографо-геодезическая основа, формируемая соответствующим образом, становится все более мощной средой математического описания и представления пространственно распределенных объектов и их характеристик в автоматизированных информационных системах.

Здесь возникает возможность рационального совместного использования баз референчных геодезических данных, сформированных классическими исторически сложившимися наземными измерениями: геометрическим нивелированием и геодезическими плановыми построениями в виде триангуляции, трилатерации, полигонометрии и их сочетаний, а также современными системами определения пространственных геоцентрических координат, основанными на спутниковых системах позиционирования. При соответствующем подходе возможна модернизация государственной геодезической основы за счет повышения ее точности и плотности.

Не менее важной является задача оперативного пополнения координированных наземных точек для геодезического обеспечения проектирования и строительства различных объектов, мониторинга окружающей среды. Представляют интерес исследования по поиску математических методов трансформирования спутниковых и референчных систем координат без повторного уравнивания измерений [9]. Интерес данных исследований состоит в существенном сокращении трудоемкости процесса трансформирования референчных и общеземных систем координат. Исследования показали, что в условиях Республики Беларусь такой подход вполне удовлетворителен по точности и может быть использован в отдельных регионах Российской Федерации, пока не будет завершена модернизация государственной геодезической сети на всей территории.

Современные методы сбора и формирования, математической обработки и представления картографо-геодезической и топографической информации основаны на компьютерных технологиях, возможности которых развиваются весьма бурно. Одним из наиболее востребованным в связи с этим направлением современного развития картографо-геодезической науки является, на наш взгляд, разработка и внедрение в алгоритмическое и программное обеспечение ЭВМ общих методов математического описания самых различных технологических процессов. Это позволяет создавать универсальные и высокопроизводительные профессиональные программные комплексы.

Известны и применяются в настоящее время на практике различные программные комплексы как универсальные, так и специализированные или профессиональные, разработанные как в России, Украине, Беларуси, так и в других странах. Сегодня реализуется то, о чем даже и не мечтали десятилетием ранее. При этом возникают проблемы адаптации различных программных продуктов применительно к существующим в каждой стране традициям и технологиям, но, что более важно, имеют место проблемы модульного использования готовых программных пакетов. Здесь, естественно, возникает и решается вопрос согласования программной среды. Для нас также необходимо формирование общего и унифицированного математического описания картографо-геодезических технологий, что обеспечивает возможности их взаимосвязанного и дополняющего друг друга применения на практике. Такого рода задача становится реализуемой и актуальной в современных условиях.

В основе формирования математической основы описания технологических процессов лежит соответствующая координатная среда отображения пространственно распределенной информации. В основе формирования такой среды должны лежать вполне определенные математические законы взаимного отображения поверхности земного эллипсоида и плоскости. В настоящее время становится анахронизмом применение произвольным образом формируемых условных систем координат, как это имеет место при создании топографических планов. Для любого масштаба съемок должны применяться только проекции, и в любом масштабе топографических съемок должны создаваться топографические карты. Только в этом случае становится возможным формирование единого координатного пространства геоинформационных технологий, для которых весьма важным показателем является возможность обобщения отдельных материалов с определенной степенью генерализации и вычленения отдельных их элементов с требуемой степенью детализации. Простейшей иллюстрацией этому является, например, кадастр земель сельскохозяйственного назначения. Одно дело кадастр общегосударственного значения и совсем другое – кадастр земель отдельного землепользователя или землевладельца. В первом случае важно иметь инструментарий для всестороннего и объективного анализа всей совокупности факторов, влияющих на рациональное использование земель, в другом случае важнее знать точные размеры и ценность земельных участков. Вместе с тем принципиально важным является то, чтобы сумма количественных и качественных показателей отдельных землевладений давала общую информационную базу данных земель государства независимо от того, от какой ступени обобщения или детализации ведется процесс. В настоящее время такая задача не решена ни в одном из государств СНГ по разным причинам, одна из которых – отсутствие единой системы координат на их территории.

Беларуси принадлежит научный приоритет в создании общей теоретической основы для формирования такой координатной среды [2, 4 – 6]. Успешно решаются вопросы автоматизации процессов, связанных с выбором наилучших законов отображения поверхности земного эллипсоида на плоскости с целью изыскания геодезических проекций, удовлетворяющих критерию Чебышева – Граве [1]. Исследование особых случаев, например, для создания наиболее подходящей координатной среды для обеспечения автоматизированных систем проектирования и строительства линейных объектов, таких как транспортные системы большой протяженности, выполняется на основе композиций различных конформных проекций.

При этом нами впервые показана [7] возможность формирования композиционных геодезических проекций, изоколы (линии равных линейных искажений) которых могут принимать не только форму, близкую к прямым линиям, параллельным изображению осевого меридиана или стандартной параллели, овалу, вытянутому вдоль меридиана или параллели, но и в виде пар сопряженных гипербол с их асимптотами. Такое решение позволяет существенно расширить возможности выполнения критерия Чебышева – Граве о наилучших проекциях применительно к территориям со сложной конфигурацией границ и различных размеров.

Практическая апробация общей теории описания широкого спектра конформных отображений поверхности эллипсоида на плоскости и методологии формирования взаимосвязанных систем координат на плоскости геодезических проекций выполнена на ЭВМ для самых различных условий. В результате отработан общий алгоритм вычислений для данного класса проекций, приводящий к оптимальному или наилучшему варианту в конкретных условиях. При этом следует заметить, что не может существовать проекций эллипсоида на плоскости, когда полностью отсутствуют искажения геометрических образов эллипсоида при их отображении на плоскости или наоборот, так как эти поверхности не изометричны друг другу.

Принципиально важным является то, что впервые получен и демонстрирует свои возможности универсальный математический аппарат формирования геодезических проекций, искажения в которых зависят только от площади изображаемой территории и практически не зависят от формы ее границ. Также доказано, что любым другим, существенно более трудоемким путем, полученные отдельно взятые проекции приводят к показателям искажений, не лучшим, чем в полученных нами на основе универсальных подходов.

В связи с переходом от системы координат СК – 42, основой для которой служит референц – эллипсоид с параметрами и ориентировкой Ф. Н. Красовского времен 1942 года, к современным системам координат как референцной СК – 95, так и общеземным ПЗ 90, либо WGS 84, нами также решена проблема трансформирования баз данных в геодезических проекциях [8]. Характерной особенностью метода является общность в решении задачи, независимо от вида проекции и параметров земного эллипсоида.

В заключение отметим, что разрабатываемые нами алгоритмы по точности вычислений самых различных численных характеристик, описывающих положение пространственно распределенных данных соответствуют современным стандартам геодезических измерений. Исследования по расширению

вычислительных возможностей алгоритма возможны и продолжают в рамках и на основе общей теории описания геодезических проекций. В связи с этим отметим, что единственным ограничением по размерам отображаемых областей поверхностей в теории описания геодезических проекций является их односвязность.

На наш взгляд, перспективным направлением исследований геодезических проекций представляется привлечение теории квазиконформных отображений плоских областей, разработанной школой академика М.А. Лаврентьева. Здесь возможно выйти за весьма жесткие рамки строго конформных отображений и изометрических систем координат для поиска наилучших условий отображений. Сложность и вероятно громоздкость математического аппарата не должна смущать нас потому, что проблемы объема вычислений уходят все более в прошлое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маткин А.В. Региональные системы координат на основе композиционных геодезических проекций // Геодезия, картография, кадастры и экология: Тр. междунар. науч.-техн. конф. – Новополюцк: ПГУ, 2000. – С. 118 – 123.
2. Подшивалов В.П. Координатная среда для геоинформационных систем // Геодезия и картография. – 1997. – № 6. – С. 51 – 55.
3. Подшивалов В.П. Один из путей модернизации геодезической основы // Геодезия и картография. – 1998. – № 2. – С. 24 – 25.
4. Подшивалов В.П. Теоретические основы формирования координатной среды для геоинформационных систем: Монография. – Новополюцк: ПГУ, 1998. – 125 с.
5. Подшивалов В.П. Композиционные геодезические проекции // Геодезия и картография. – 2000. – № 8. – С. 39 – 43.
6. Подшивалов В.П. Геодезические проекции на основе поликонических проекций Лагранжа // Геодезия и картография. – 2001. – № 6. – С. 30 – 35.
7. Подшивалов В.П., Маковский С.В., Козакевич А.И. Системы координат для линейных объектов // Геодезия, картография, кадастры и экология: Тр. междунар. науч.-техн. конф. – Новополюцк: ПГУ, 2000. – С. 191 – 194.
8. Подшивалов В.П. Оголь И.А. Дифференциальные формулы для геодезических проекций // Геодезия, картография, кадастры и экология: Тр. междунар. науч.-техн. конф. – Новополюцк: ПГУ, 2000. – С. 185 – 190.
9. Товбас С.К. Особенности перехода от измеренных приращений пространственных координат, полученных GPS-приемниками, к приращениям геодезических координат // Геодезия, картография, кадастры и экология: Тр. междунар. науч.-техн. конф. – Новополюцк: ПГУ, 2000. – С. 227 – 229.