

## **Инженерная геодезия - определение и основные компетенции**

Введение терминов и их общее понимание являются фундаментальными в каждой научной дисциплине. Они обеспечивают внутреннюю связь, а также связь с соседними дисциплинами, и они отражают область знаний в рамках дисциплины. Поскольку Хельмерт (1880) определил геодезию как «науку измерения и визуализации поверхности земли», произошли многочисленные изменения методов, датчиков и технологий, а также объем обязанностей и области применения геодезии. На этом фоне обсуждается самосознание в разделе Инженерной геодезии Германской геодезической комиссии, в котором рассматриваются основные компетенции и уникальные функции, а также будущие ключевые исследовательские вопросы и образование на университетском уровне. Этот вклад суммирует обсуждение с точки зрения авторов и соответственно обновляет определение «инженерной геодезии». Мы понимаем инженерную геодезию как прикладную науку, вопросы исследования которой часто возникают из наблюдаемых явлений или из нерешенных практических задач. Следовательно, этот вклад охватывает аспекты как научной, так и практически ориентированной инженерной геодезии, в случае, если такое разделение возможно или необходимо вообще. Методы, процессы и характеристики, которые сегодня различают деятельность инженерного геодезиста на практике и науке, изложены в следующих подразделах. Перспективным признаком является грамотная обработка геометрического вопроса с помощью сквозной оценки качества от планирования и измерения до анализа и интерпретации в условиях экономических ограничений. Области применения почти исключительно расположены в междисциплинарной области. Таким образом, инженер-геодезист должен быть компетентным в процессах и номенклатуре высокого уровня в соседних дисциплинах.

## *Сенсорная технология и геодезическая метрология*

Инженерная геодезия - измерительная наука. Авторы убеждены, что инженерная геодезия, а также геодезия в целом, утратили бы свою актуальность для общества и науки без этой метрологической составляющей. Однако просто измерения не находятся в центре компетенции метрологии инженерной геодезии. Эта компетенция включает детерминированное и стохастическое моделирование процессов измерения, знание моделей физических датчиков, приобретение и моделирование соответствующих условий окружающей среды и всех других соответствующих факторов, а также косвенное определение требуемых параметров и количественное определение их качества, Обработка данных с известной системной моделью часто приводит к оценке наименьших квадратов или максимума правдоподобия в линеаризованной модели Гаусса-Маркова или Гау-Хельмерта. В последнее время методическая основа оценки параметров была расширена за счет включения надежных оценок [Wieser, 2002; Caspary, 2013] и оценки Байеса [см. Niedermayr и Wieser, 2012], а также стохастические процедуры, такие как алгоритмы Монте-Карло (например, Schweitzer and Schwieger, 2011] или эвристические методы, такие как генетические алгоритмы [ Rehr et al., 2011]. В соответствии с разнообразием областей применения и требований инженерная геодезия основана на большом выборе измерительных приборов, датчиков и сенсорных систем. В настоящее время стандартными инструментами являются обычные станции, приемники и антенны GNSS, приборы уровня и наземные лазерные сканеры. Фотограмметрические системы, инерционные измерительные приборы, оптические отвесы, системы гидростатического выравнивания, гиротеолиты и лазерные лучи - это еще и инструменты, которые часто используются в инженерной геодезии. Микроволновые интерферометры наземного типа с реальной или синтетической апертурой в настоящее время выступают в качестве еще одного дополнения к этому инструменту инструментов. Кроме того, инженерные геодезисты получают доступ к пулу датчиков, особенно в

связи с задачами мониторинга, такими как инклинометры, экстензометры, датчики положения, волоконно-оптические тензодатчики или датчики температуры. В связи с калибровкой, тестированием и разработкой датчиков необходимы дополнительные инструменты, такие как лазерные интерферометры, коллиматоры и другие. В частности, инженерная геодезия разрабатывает также новые датчики для специальных применений. Хороший обзор установленных приборов и датчиков представлен [Deumlich and Staiger, 2001; Schlemmer, 1996; Schwarz, 1995]; информация о новых инструментах и датчиках может быть найдена, например, в [Rödelsperger, 2011; Habel and Brunner, 2011; Juretzko et al., 2008]. Для выполнения требований вышестоящих процессов инженер-геодезист должен разработать оптимальные концепции измерений, спланировать и реализовать сбор данных, а также провести анализ данных с контролем качества результатов. Из-за этих требований может потребоваться временная и пространственная интеграция нескольких датчиков и приборов в многосенсорной системе.

Несколько мультисенсорных систем могут быть интегрированы как резервные или комплементарные системы, или они могут быть развернуты в виде пространственно распределенных сенсорных сетей [Heunecke, 2012]. Концепция, разработка и калибровка таких систем, включая их компоненты, являются ключевыми задачами инженерных геодезистов на практике и в исследованиях. Таким образом, калибровка играет особую роль [Hennes, 2010]. С одной стороны, это требование для достижения максимальной точности, как показано, например, с измерениями ГНСС с субмиллиметровым стандартным отклонением [Zeimetz and Kuhlmann, 2013]. С другой стороны, это становится все более сложной задачей, поскольку измерительные системы становятся все более сложными, а их компоненты могут быть системами черного ящика для операторов. Калибровка системы, следовательно, все чаще заменяет калибровку компонентов [Rüeger and Brunner, 2000; Hennes and Ingensand, 2000; Heister et al., 2005; Fuhlbrügge, 2004].