

История развития теории математической обработки геодезических измерений в конце XIX века

*Дмитриев Матвей Александрович, студент 2-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Будо А.Ю. старший преподаватель)*

Наступление второй половины XIX века ознаменовало начало нового этапа в развитии математической статистики и, как следствие, ТМОГИ. Этот этап характерен прорывными достижениями в математике и работой таких великих ученых, как Марков, Ляпунов, Стьюдент, Спирмен, Голдфред, Аббе, Диксон, Шовенэ. Их труды легли в основу дисциплины, а сама она окончательно приняла свой современный вид. С этого момента ТМОГИ развивается в разных направлениях, но все они опираются на фундаментальные открытия конца XIX века.

В основу математической статистики и теории вероятностей легли открытые немецким математиком Карлом Фридрихом Гауссом нормальное распределение и метод наименьших квадратов. Также важными были достижения французского математика Пьера-Симона де Лапласа, среди которых теорема Муавра-Лапласа и закон распределения Лапласа, а также доработка метода наименьших квадратов. Все эти открытия были более подробно рассмотрены в предыдущей статье.

Также необходимо упомянуть формулу средней квадратичной погрешности, выведенную Фридрихом Вильгельмом Бесселем, коэффициент корреляции, а также распределение Карла Пирсона, тест и распределение Роналда Фишера. Эти открытия предшествовали описываемым в данной статье и также были рассмотрены в предыдущей. Их совокупность позволила математической статистике выйти на качественно новый уровень и приобрести современный структурированный вид вместо отдельных, слабо связанных друг с другом исследований.

Ключевой фигурой в истории развития математической статистики является Уильям Сили Госсет (1876-1937), известный под псевдонимом Стьюдент. Он был коллегой выдающегося британского математика Карла Пирсона. Среди его работ наиболее значимым является открытие распределения Стьюдента и исследование плотности распределения. t-критерием Стьюдента называется совокупность методов статистической проверки гипотез. Эти данные

впервые были применены селекционерами ячменя по заказу пивоваренной компании “Гиннесс”. t -статистика Стьюдента была впоследствии усовершенствована Рональдом Фишером.

В геодезии t -критерий Стьюдента применяется в исследовании экспериментальных данных для проверки истинности поставленной гипотезы. Так, при обработке ряда полевых измерений, они проверяются на соответствие какому-либо из известных законов распределения, чаще всего нормальному. Это необходимо знать для уравнивания измерений, так как формулы поправок у разных законов распределения неодинаковы.

Еще одним британским математиком конца XIX века является Чарльз Эдвард Спирмен (1863-1945). Ему принадлежат многочисленные открытия математической статистики, среди которых формула Спирмена-Брауна, гипотеза Спирмена и фактор общего интеллекта. Он также является создателем двухфакторной теории интеллекта и техники факторного анализа. Однако наиболее широко известен разработанный им коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Суть данного метода заключается в присвоении экспериментальным данным соответствующих рангов с последующим сравнением их между собой. Это действие производится для выявления эффекта гетероскедастичности, то есть неравноточности групп измерений между собой. В дисциплине ТМОГИ гетероскедастичность, наряду с автокорреляцией, считается одним из дополнительных мешающих параметров, обнаружение которой говорит о плохом качестве измерений и уменьшении точности в определенное время съемки.

Другим выдающимся деятелем в данной области стал немецкий ученый Эрнст Карл Аббе (1840-1905). Он был физиком, астрономом, изобретателем в оптико-механической промышленности, и лишь в меньшей степени математиком. Аббе вывел закон синусов, разработал методы расчета безаберрационных оптических систем, а также исследовал закономерности распределения ошибок при серийных наблюдениях. Именно это позволило ему получить критерий Аббе, используемый в том числе и в геодезии.

В обработке геодезических измерений критерий Аббе применяется для определения наличия в ряде измерений значимого систематического влияния. В таком случае возникает дополнительный шаг, целью которого является удаление систематической погрешности из ряда измерений. Основной причиной ее возникновения часто является приборная ошибка, возникающая при ненадлежащей юстировке геодезических приборов или их конструктивных недостатках. К таковым относится, например, эксцентриситет алидады.

Другим человеком, внесшим неоспоримый вклад в развитие математической статистики, был американский математик Леонард Юджин Диксон (1874-1954). Основная часть его трудов посвящена общей алгебре и теории чисел, в которой он исследовал так называемую проблему Варинга. Среди его достижений также можно отметить систематизацию истории математики, которой он посвятил несколько книг. Применительно к геодезии, главным из них является критерий Диксона или так называемый Q-тест.

Данный критерий, как и многие другие, служит для поиска грубых ошибок при обработке геодезических измерений. Источниками грубых ошибок являются промахи в наблюдениях и записи, а также неправильная работа с прибором при проведении полевой съемки. Грубые ошибки необходимо всегда исключать из обработки, иначе результаты уравнивания не будут отражать действительность, и соответственно, станут бессмысленными.

Отечественные математики также работали в области математической статистики. Среди них особенно выделяется Александр Михайлович Ляпунов (1857-1918). Будучи математиком и механиком в Российской империи, он работал в области дифференциальных уравнений, гидродинамики и теории вероятностей. Среди его открытий можно назвать показатель Ляпунова, фрактал Ляпунова, функция Ляпунова, поверхность Ляпунова и многие другие.

Однако в ТМОГИ наибольшее признание получила центральная предельная теорема Ляпунова. Она гласит, что суммарное влияние малых и примерно равных факторов стремится к нулю при условии их случайности и независимости друг от друга. Эта теорема обосновывает возможность применения формул при обработке ряда данных, соответствующих нормальному закону распределения. Нормальное распределение геодезических измерений является наиболее распространенным, в силу чего важность центральной предельной теоремы Ляпунова трудно переоценить.

Приведенные в статье достижения математиков различных стран позволяют с уверенностью сказать, что в конце XIX века математическая статистика вышла на качественно новый уровень, окончательно оформившись в качестве самостоятельной дисциплины. В свою очередь это позволило бурно развиваться ТМОГИ, в которой отныне использовались точные способы уравнивания, основанные на строгих математических вычислениях. Данное нововведение позволило любым двум геодезистам получать одинаковые данные при уравнивании одной сети, что положительно повлияло на качество картографических материалов и правильность постройки зданий и сооружений.