

История развития теории математической обработки геодезических измерений в конце XX 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)*

История развития ТМОГИ насчитывает несколько веков, начиная от открытия методов трилатерации и триангуляции и заканчивая обработкой нескольких миллионов геодезических измерений, получаемых приемником ГНСС. До приобретения дисциплиной своего современного вида, ей пришлось пройти несколько этапов. На первом из них она была просто практическим применением математической статистики и теории вероятностей, затем использовала их методы при решении практических задач, и наконец, окончательно обособилась и получила свою доказательную и теоретическую базу.

Данный этап начался приблизительно на рубеже XIX-XX веков и продолжается до сих пор. Именно его достижения позволяют функционировать современным геодезическим сетям и оборудованию. Открытия и хронология предыдущих этапов, а также наиболее выдающиеся математики и геодезисты XIX века и ранее, подробно рассматривались в предыдущей статье. В данной статье речь пойдет об открытиях в области ТМОГИ XX века и людях, их совершивших.

Одним из первых следует упомянуть выдающегося американского математика и статистика Фрэнка Эфраима Граббса (1913-2000). Он работал не только в математике, но также в области контроля качества и артиллерийской баллистики. Его авторству принадлежит тест Граббса на наличие грубых ошибок и метод Манна-Граббса для вычисления нижней доверительной границы биномиального ряда. За вклад в статистику ученый был награжден престижной премией Wilks Memorial Award и медалью Шухарта.

Следующей важной фигурой в истории ТМОГИ является австралийский статистик Джеффри Стюарт Уотсон (1921-1998). Он был специалистом по практическому применению теоретической статистики и ее реальным приложениям. Основные научные труды Уотсона связаны с подтверждением научных теорий статистическими методами. Ему принадлежат такие необычные исследования, как подтверждение теории континентального дрейфа, оценка

размера популяции пингвинов и эффект от отмены мотоциклетных шлемов в США.

Еще одним выдающимся британским статистиком и экономистом, а также коллегой вышеупомянутого Джеффри Уотсона, являлся Джеймс Дурбин (1923-2012). Его основные работы посвящены анализу временных рядов и исследованию эффектов автокорреляции. Среди его открытий фигурируют тестирование эффекта автокорреляции в регрессивных рядах, оценка уравнений и принципы броуновского движения частиц. Дурбин был президентом Королевского статистического общества, а в 2008 году получил золотую медаль Гая за выдающийся вклад в науку.

Разработанный этими двумя исследователями и названный в их честь критерий Дарбина-Уотсона является незаменимым в современной геодезии, так как позволяет определить наличие автокорреляции в ряду измерений. Эффект автокорреляции – это эффект зависимости последующих измерений от предыдущих. Он создает неравноточность измерений ряда и вызывает возникновение дополнительных погрешностей, не предусмотренных нормальным законом распределения. При обнаружении автокорреляции в ряду необходимо оценить степень ее влияния на измерения, и в некоторых случаях, заново выполнить полевые измерения.

Невозможно обойти стороной и американского теоретика-экономиста венгерского происхождения Ричарда Квандта (род. 1930). Он работал в области статистики и ее экономических приложений. Так, ему принадлежат исследования процессов оптимизации производств, алгоритмов оптимизации. Также занимался теорией микроэкономических процессов и экономических метрик неравновесного состояния. За свои достижения, он получил венгерский Орден заслуг.

Совместно со своим коллегой Стивеном Голдфелдом, он занимался разработкой теста Голдфелда-Квандта, целью которого является выявление гетероскедастичности в ряду измерений. Суть данного эффекта заключается в изменении погрешности со временем, то есть в их неравноточности. Неравноточность измерений негативно сказывается на качестве уравнивания, так как основные формулы рассчитаны на обработку равноточных измерений и существенное влияние гетероскедастичности не позволяет пользоваться ими. Ее устранение возможно, однако требует больших усилий и применения более сложных методов уравнивания.

Не менее важный вклад в историю развития ТМОГИ внес и американский статистик Роберт Хогг (1924-2014). Он известен своими исследованиями в областях надежной и адаптивной непараметрической статистики. Также он был автором классического американского учебника по статистике и экспертом в

преподавании данного раздела математики. Ему принадлежит работа над выявлением робастных оценок малых рядов, но самым главным его достижением можно назвать открытие особого случая теоремы Басу, за несколько лет до публикации основной теоремы.

Также важно упомянуть американского математика Эриха Лемана (1917-2009). Его работы были посвящены проверке статистических гипотез непараметрическими методами. Среди его достижений следует отметить доказательство теоремы Лемана-Шеффе о том, что достаточная статистика одновременно является полной. Также он является одним из авторов непараметрической оценки Лемана-Ходжеса, которая при нормальном распределении является последовательной и несмещенной оценкой медианы.

Коллегой и соавтором Лемана в исследовании непараметрических оценок был другой американский статистик Джозеф Ходжес (1922-2000). Он работал в той же сфере, но помимо уже упомянутой оценки Лемана-Ходжеса, ему принадлежит и другая оценка Ходжеса, разработанная лично им самим и названная в его честь. Совместно с американской исследовательницей Эвелин Фикс он также занимался правилом ближайших соседей для классификации объектов регрессии.

Разработанная этими двумя учеными оценка Лемана-Ходжеса, наряду с адаптивной оценкой Хогга, часто применяется в обработке геодезических измерений. Вместе с оценкой Бикела-Ходжеса, средним арифметическим и медианой, эти пять оценок формируют наиболее достоверную методику поиска середины ряда измерений. В зависимости от характеристик ряда, выбираемая в итоге оценка будет отличаться, а полученное значение использоваться в формулах для уравнивания.

Изложенные выше методы и оценки широко используются в современной обработке геодезических измерений. По состоянию на сегодняшний день, использование цифровых средств обработки позволяет добиться невиданной ранее точности и удобства вычислений, однако количество измерений сейчас исчисляется миллионами. Такое развитие ТМОГИ приводит к тому, что старые методы неизбежно устаревают и перестают работать, а на смену им приходят более современные.

Однако любые современные методы и средства напрямую опираются на достижения предыдущих десятилетий, упомянутые в этой статье. Ведь за возможность применять современные методики уравнивания мы должны быть благодарны всем тем ученым, которые открыли и доказали всю теоретическую базу дисциплины ТМОГИ. Без их труда невозможно себе представить современную геодезию в том виде, в котором она существует в наши дни.