

Обеспечение качества и надежности измерений

© 2020 г. И.И. Лонский*, В.В. Шлапак

Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

*lonski@inbox.ru

Assurance of quality and reliability measurement

I.I. Lonskiy*, V.V. Shlapak

Moscow State University for Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

*lonski@inbox.ru

Received January 30, 2020

Revised February 3, 2020

Accepted June 1, 2020

Keywords: quality, measurements, reliability.

Summary. The use of the terminology of reliability and quality in the field of measurements is considered. It is noted that the term reliability in the classical sense is applicable to buildings, geodetic signs, geodetic instruments. Software reliability has its own specificity that distinguishes it from instrument reliability. Failures in programs are caused by a violation of the functioning logic. It is more correct to say when assessing the reliability of a program in the range of input data and logical errors during development. Ways to ensure the reliability and quality of measurements in geodesy are proposed. It is proposed to actively introduce vision systems for automation of visual assessment of measurement information operations.

Citation: Lonskiy I.I., Shlapak V.V. Assurance of quality and reliability measurement. *Izvestia vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying»*. 2020, 64 (3): 349–353. [In Russian]. DOI:10.30533/0536-101X-2020-64-3-349-353.

Поступила 30 января 2020 г.

После доработки 3 февраля 2020 г.

Принята к печати 1 июня 2020 г.

Ключевые слова: измерения, качество, надежность.

Рассмотрено применение терминологии надежности и качества в области измерений. Предложены способы обеспечения надежности и качества измерений в геодезии.

Для цитирования: Лонский И.И., Шлапак В.В. Обеспечение качества и надежности измерений // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2020. Т. 64. № 3. С. 349–353. DOI:10.30533/0536-101X-2020-64-3-349-353.

Введение

Современные геоинформационные системы (ГИС) требуют базового картографо-геодезического обеспечения геопространственными данными. От точности, достоверности и актуальности геопространственных данных зависит эффективность и качество работы геоинформационной системы. Обеспечение качества геодезических работ всегда было предметом пристального внимания специалистов, занятых в топографо-геодезическом производстве [1]. Значительный объем в геодезических работах занимают измерения. Как известно, качество измерений характеризуется точностью измерений, а надежность измерений — воспроизводимостью результатов в аналогич-

ных условиях, количественно выражаемая с помощью корреляции результатов начальных и повторных измерений.

Теория надежности опирается на богатый математический аппарат. В технике надежность связана с обеспечением функционирования изделий. Продукцией заводов являются изделия. В технике надежность изделия оценивается вероятностью безотказной работы, долговечностью, сохраняемостью, ремонтпригодностью [2]. Вероятность безотказной работы определяется по результатам испытаний выборки. Например, при партии выпускаемых изделий 100 тыс. штук выборка составляет 100 штук. В результате испытаний два изделия отказало. Вероятность безотказной работы p

определится по формуле

$$p = (n - d)/n = (100 - 2)/100 = 0,98,$$

где $n = 100$ — размер выборки; $d = 2$ — количество отказавших изделий.

Говоря о надежности измерений, невозможно применить вышеперечисленные характеристики. Эти характеристики можно применить к зданиям, геодезическим знакам, геодезическим приборам. Измерения являются результатом определенного набора действий и в геодезии характеризуют рельеф, топологию определенных участков.

Продукция отрасли геодезия — результаты измерений. Результаты измерений являются атрибутами (характеристиками) объектов (топологии или рельефа какого-то участка местности или территории). Результаты измерений — массивы геопространственных данных. Ошибки измерений могут приводить к ненадежности геодезических построений. Поэтому применять термины надежность и качество надо в другом контексте, при этом поясняя смысл используемых терминов в рамках конкретных решаемых задач. В технике в случае изделий — обеспечение функционирования. Дефекты изделий могут приводить к отказам изделий, т.е. к ненадежности. Задача обеспечения качества и надежности геодезических измерений — устранение грубых и систематических ошибок измерений и снижение уровня случайных ошибок [3]. Надежность в технике и надежность геодезических построений имеют вероятностный характер. Ошибки измерений — некий статистический аналог дефектов изделий. И те и другие носят вероятностный характер. В технике качество обеспечивается отбраковкой, неразрушающим контролем, в геодезии — уравниванием результатов измерений. Уравнивание — работа с результатами измерений. Сами результаты измерений содержат систематические и случайные ошибки.

Мы будем говорить о надежности измерений (процесса и результатов). В геодезии можно влиять не только на результаты измерений, но и обеспечивать качество и стабильность

технологии измерений, т.е. технологического процесса измерений. Качество и надежность результатов геодезических измерений определяются технологией измерений. Попытка обеспечить качество измерений в процессе измерений предпринята С.В. Соловьевым — метрологический комплекс предложено вынести на строительство объекта [4].

Методы обеспечения качества и надежности

Рассмотрим основные методы обеспечения качества и надежности геодезических измерений. На качество и надежность геодезических измерений влияют: соблюдение правил, инструкций, стандартов (метрология), психофизиологические характеристики оператора и его квалификация, надежность геодезических приборов, качество программ, внешние факторы. Классическая теория надежности применима лишь к оценке надежности геодезических приборов.

Качество измерений зависит от нескольких факторов и лишь к одному из них можно применить термин надежность в обычном смысле. Это надежность геодезических приборов. По отношению к программному обеспечению термин надежность в обычном понимании неприменим. К уменьшению влияния психофизиологических факторов приводят: автоматизация приборов для измерений, использование матового стекла для визуализации результатов, визуализация на экране того, что видит оператор в окуляре. Для управления качеством измерений необходимо знать факторы от которых это качество зависит. Надежность и качество геодезических измерений зависят от соблюдения правил метрологии и инструкций по выполнению геодезических работ, надежности используемых при измерениях геодезических приборов, качества используемых в геодезических приборах программных средств и программных средств, используемых при обработке результатов измерений, влияния на качество измерений психофизиологических характеристик оператора, квалификации и опыта оператора, от корректности обработки резуль-

татов измерений. Рассмотрим каждый из этих факторов.

Поскольку существенный объем информации в геодезии получают из измерений, необходимое качество геодезических работ немыслимо без соблюдения принципов обеспечения единства и требуемой точности измерений. Соблюдение стандартов и инструкций по метрологии является организационно-техническим и правовым гарантом обеспечения качества измерений [1].

Надежность прибора закладывается при его разработке и проектировании, обеспечивается при его производстве и поддерживается при эксплуатации. При разработке и проектировании прибора надежность достигается за счет грамотного выбора режимов и условий использования комплектующих прибор изделий (резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов, микросхем и т.д.), а именно за счет облегченных электрических и тепловых режимов использования, применения защиты от воздействия внешних факторов (влажности, температуры, вибрации и др.).

Надежность прибора в большой степени зависит от материалов и изделий, комплектующих его. Так из изделий электроники наибольшей надежностью обладают микросхемы. В силу интегральной технологии их изготовления, они являются наиболее долговечными. Высокой долговечностью обладает оптика, но и на ее поверхности и внутри происходят различные деградиционные процессы, приводящие к снижению ее качества. Кроме того на надежность оптики влияет надежность оправы и специальных покрытий. Надежность прибора сильно зависит от качества его разработки, т.е. использованных конструктивных решений и грамотности выбора режимов и условий использования изделий оптики и электроники. Уровень технологии изготовления также определяет последующую надежность прибора. При изготовлении прибора его надежность сильно зависит от соблюдения технологической дисциплины, наличия или отсутствия входного, пооперационного и выходного контроля.

Пользователь прибора никак не может повлиять на рассмотренные факторы, но может сделать грамотный выбор при приобретении прибора, интересуясь не только его стоимостью, весом и техническими характеристиками, но и его комплектацией (выбирая приборы, построенные в основном на микросхемах), режимами и условиями использования комплектующих в приборе, а также ориентируясь на современные технологии изготовления приборов. Пользователь прибора должен учитывать влияние на прибор таких факторов эксплуатации, как температура, влажность, вибрация, удар. Эти условия влияют на его надежность в процессе эксплуатации. Для надежного функционирования разработчик прибора должен предусмотреть меры по снижению или исключению влияния указанных факторов (использование амортизаторов, покрытие влагозащитным лаком, принудительное охлаждение и пр.). При выборе прибора необходимо обращать внимание на наличие или отсутствие указанных методов защиты.

Надежность программных средств имеет свою специфику, отличающуюся от надежности приборов [5]. Разница заключается в различии характера отказов. В приборах отказы обусловлены дефектами, неправильным использованием и эффектами деградации материалов, т.е. физико-химическими процессами старения. В программах отказы обусловлены нарушением логики функционирования. Кроме этого, любая программа реализуется на материальном носителе. Поэтому в такой ситуации логично говорить о надежности некоторого аппаратно-программного комплекса. Отказы в аппаратуре будут приводить к отказам работы программы. Программы не подвержены старению (только устареванию), поэтому говорить о долговечности программы или ее сохраняемости не приходится.

Если говорят о надежности приборов с ориентацией на промежутки времени (долговечность и сохраняемость), то при оценке надежности программ более корректно говорить о диапазоне исходных данных и логических

ошибках при разработке. С учетом изложенного более удобным понятием является качество программных средств. Качество программных средств закладывается на этапе разработки программ и зависит от грамотной постановки задачи, подбора математических моделей, анализа области допустимости исходных данных и результатов, правильности созданного алгоритма функционирования программы, от адекватности программы алгоритму, в соответствии с которым она создавалась. Качество программы в очень сильной степени зависит от объема тестирования, а также моделирования работы программы с учетом полного диапазона внешних факторов, проявляющихся при эксплуатации программы. Геодезист должен ориентироваться на рейтинг программы в своей профессиональной среде, что позволит использовать программы, опробованные другими пользователями и показавшие хорошие характеристики при эксплуатации.

Естественно, что более опытный и квалифицированный оператор выполнит измерения более качественно. Поэтому при подборе рабочей бригады для выполнения геодезических работ необходимо ориентироваться на здравый компромисс между оплатой работы и требуемым уровнем квалификации и опыта оператора. Обработке результатов измерений (с использованием методов уравнивания и др.) посвящено много работ ученых геодезистов [3].

Измерения в геодезии состоят из трех этапов: подготовительный, измерения и камеральная обработка.

Проведению измерений предшествует подготовительный этап, на котором подбираются измерительные приборы, комплектуется бригада исполнителей на основании психофизиологических характеристик и квалификации, анализируются и подбираются программные средства, изучаются стандарты и инструкции, проводится инструктаж. От того насколько эта работа будет проведена тщательно в большой степени зависит качество измерительных работ.

Измерения геодезические представляют собой комплекс измерений, выполненный по

некоторой схеме, что сильно отличает такие измерения от измерений в других отраслях, где, как правило, измеряется одна или несколько величин. Поэтому характеристики качества и надежность относятся как к отдельным измерениям, так и ко всему комплексу измерений. На этапе измерений важно соблюдение всех инструкций и стандартов, о чем должен позаботиться руководитель работ.

Поскольку геодезические измерения представляют собой комплекс измерений геопространственных данных, то камеральная обработка должна позволять убедиться в том, что проведенные измерения надежны, отсутствуют грубые ошибки, учтены ошибки систематические, обеспечена точность измерений, указанная в задании на проведение работ.

Автоматизация операций визуальной оценки измерительной информации

Очень большое количество операций при выполнении геодезических измерений связано с использованием оптикоэлектронных приборов, т.е. работой с визуализированной информацией. Нагрузка на глаза оператора приводит к очень быстрой его утомляемости, появлению ошибок первого и второго рода. Автоматизация различных операций визуальной оценки измерительной информации приведет к снижению влияния психофизиологических характеристик оператора на качество измерений. Внедрение в технику геодезических измерений web-камер и видеокамер будет способствовать процессу автоматизации обработки визуальной информации.

Заключение

Как видно из изложенного, надежность и качество геодезических измерений зависят от нескольких факторов. Построение системы управления качеством геодезических измерений — важная задача как в техническом, так и экономическом плане. Для обеспечения высокой надежности и качества измерений необходимо выбирать надежные геодезические

приборы, в которых в качестве элементной базы преобладают микросхемы, использовать хорошо протестированные программные средства, соблюдать при измерениях требования

инструкций и стандартов, подбирать для проведения измерений квалифицированных исполнителей, активно внедрять системы технического зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиридонов А.И. Основы геодезической метрологии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2003. 248 с.
2. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. Всеобщее управление качеством. М.: Радио и связь, 1999. 600 с.
3. Голубев В.В. Геодезия. Теория математической обработки геодезических измерений. М.: Изд-во МИИГАиК, 2016. 422 с.
4. Соловьёв С.В. Разработка методов повышения надёжности измерений при геодезическом обеспечении строительных работ: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М.: МИИГАиК, 2011. 24 с.
5. Акимова Т.Г., Соловьёв А.В. Методология оценки надёжности иерархических информационных систем // Труды ИСА РАН. 2006. Т. 23. С. 18–47.

REFERENCES

1. Spiridonov A.I. *Osnovy geodezicheskoy metrologii*. Fundamentals of geodetic metrology. Moscow: Kartgeotsentr-Geodezizdat, 2003: 248 p. [In Russian].
2. Gludkin O.P., Gorbunov N.M., Gurov A.I., Zorin Yu.V. *Vseobshchee upravlenie kachestvom*. General quality management. Moscow: Radio i svyaz', 1999: 600 p. [In Russian].
3. Golubev V.V. *Geodeziya. Teoriya matematicheskoy obrabotki geodezicheskikh izmerenij*. Geodesy. Theory of mathematical processing of geodetic measurements. Moscow: Izd-vo MIIGAiK, 2016: 422 p. [In Russian].
4. Solovyov S.V. Development of methods for increasing the reliability of measurements during the geodetic support of construction works: PhDthesis. Moscow: MIIGAiK, 2011. 24 p. [In Russian].
5. Akimova G.P., Soloviev A.V. Methodology for assessing the reliability of hierarchical information systems. *Trudy ISA RAN*. 2006. 23: 18–47. [In Russian].