

№ 2570

Ю.П. Адлер
В.Л. Шпер

Статистическое управление процессами

Учебное пособие

№ 2570

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра сертификации и аналитического контроля

Ю.П. Адлер

В.Л. Шпер

Статистическое управление процессами

Учебное пособие

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



Москва 2015

УДК 378
А31

Рецензент
д-р техн. наук *И.З. Аронов* (ВНИС)

Адлер Ю.П.

А31 Статистическое управление процессами : учеб. пособие / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер. — М. : Изд. Дом МИСиС, 2015. — 236 с.

ISBN 978-5-87623-864-1

Пособие представляет собой дополнение к лекционному курсу по методам статистического управления процессами, который читается в МИСиС студентам ряда специальностей. Одновременно оно может служить введением в методологию системно-статистического мышления, нужную всем, кто хочет научиться анализировать процессы с целью принятия оптимальных решений относительно их совершенствования. Материал пособия основан на работах Шухарта–Деминга, Уилера, собственных работах авторов в данном направлении. Кроме теоретического материала пособие содержит большое число практических задач и примеров, способствующих более полному усвоению пройденного материала. И само пособие, и курс, на котором оно основано, имеют явно выраженный прикладной характер и нацелены не на изложение абстрактных формул и моделей, а на практически применимые методы разведочного анализа данных и их использование для более глубокого понимания деталей изучаемых процессов.

Предназначено для студентов бакалавриата и магистратуры всех технических специальностей, а также инженеров, научных работников и преподавателей технических вузов.

УДК 378

ISBN 978-5-87623-864-1

© Ю.П. Адлер,
В.Л. Шпер, 2015

№ 2570

SCIENCE AND EDUCATION DEPARTMENT OF RUSSIAN FEDERATION

**STATE EDUCATIONAL INSTITUTE FOR PROFESSIONAL EDUCATION
«THE NATIONAL RESEARCH ENGINEERING UNIVERSITY “MISIS”»**

Department of certification and analytical control

Adler Yuri

Shper Vladimir

Statistical process control

Students Manual

Handbook for data analysis



Moscow 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Что такое системно-статистическое мышление и для чего оно нужно?	9
2. Роль визуального мышления в анализе данных	11
3. История возникновения статистического мышления. Основы теории вариабельности	16
4. Основы теории вариабельности (продолжение: анализ стабильности процессов). Игра «красные бусы»	31
5. Правила построения и интерпретации контрольных карт Шухарта. Классификация типов контрольных карт Шухарта	58
6. Современное состояние исследований в области ККШ	121
7. ККШ – инструмент системно-статистического мышления. статистическое мышление как практический инструмент системного анализа	172
8. Процесс стабилен – что дальше? Анализ воспроизводимости процессов	186
Библиографический список	222

Разброс данных неизбежен в каждой работе. Данные без разброса являются недостоверными.

Эффективное управление качеством невозможно без статистического анализа качества и процесса. Управление качеством начинается с контрольной карты и ею завершается. Контроль или анализ невозможны без группировки данных по определенным признакам.

95 % проблем фирмы могут быть решены с помощью семи принципов управления качеством.

Статистические методы должны знать все инженеры и техники.

К. Исикава

Введение. Зачем и для кого написана эта книга?

Эта книга написана для всех, кто хотел бы принимать решения не на основе правила «пол—потолок—палец», а исходя из разумного анализа имеющихся данных. Проблема состоит в том, что хотя все организации мира просто переполнены данными, 95, а может быть, и 99 % этих данных никто и никогда ни для чего не использует. Раньше эти данные пылились на полках в виде бесчисленных бумажных отчетов, записок, протоколов, сегодня те же самые документы пылятся в компьютерных базах наших ноутбуков, заполняя гигабайты бесчисленных директорий.

Почему? Что мешает каждому человеку, имеющему данные, описывающие поведение какого-то важного для этого человека процесса, проанализировать их с целью извлечения из них информации, полезной для принятия решений?

Ответ довольно тривиален. Во-первых, многие люди даже не понимают, что данные — это еще не информация и сбор данных — это всего лишь самая первая, но далеко не последняя ступень анализа любой ситуации. Во-вторых, этому почти нигде и почти никого не учат. В результате многие люди просто не знают, чего они не знают — как любил говорить великий гуру в области качества Эдвардс Деминг.

Именно с целью ликвидации этого пробела в знаниях и написана эта книга. Она учит тому, как нужно извлекать информацию из данных с помощью многочисленных приемов, уже разработанных человечеством. Авторы полагают, что содержащееся в этой книге знание должно быть одним из элементов общечеловеческой культуры. Другими словами, то, что изложено в этой книге, должно входить в минимальный объем знаний, которым по умолчанию обладает каждый грамотный человек.

Отсюда вытекает ответ на вопрос: *для кого написана эта книга?*

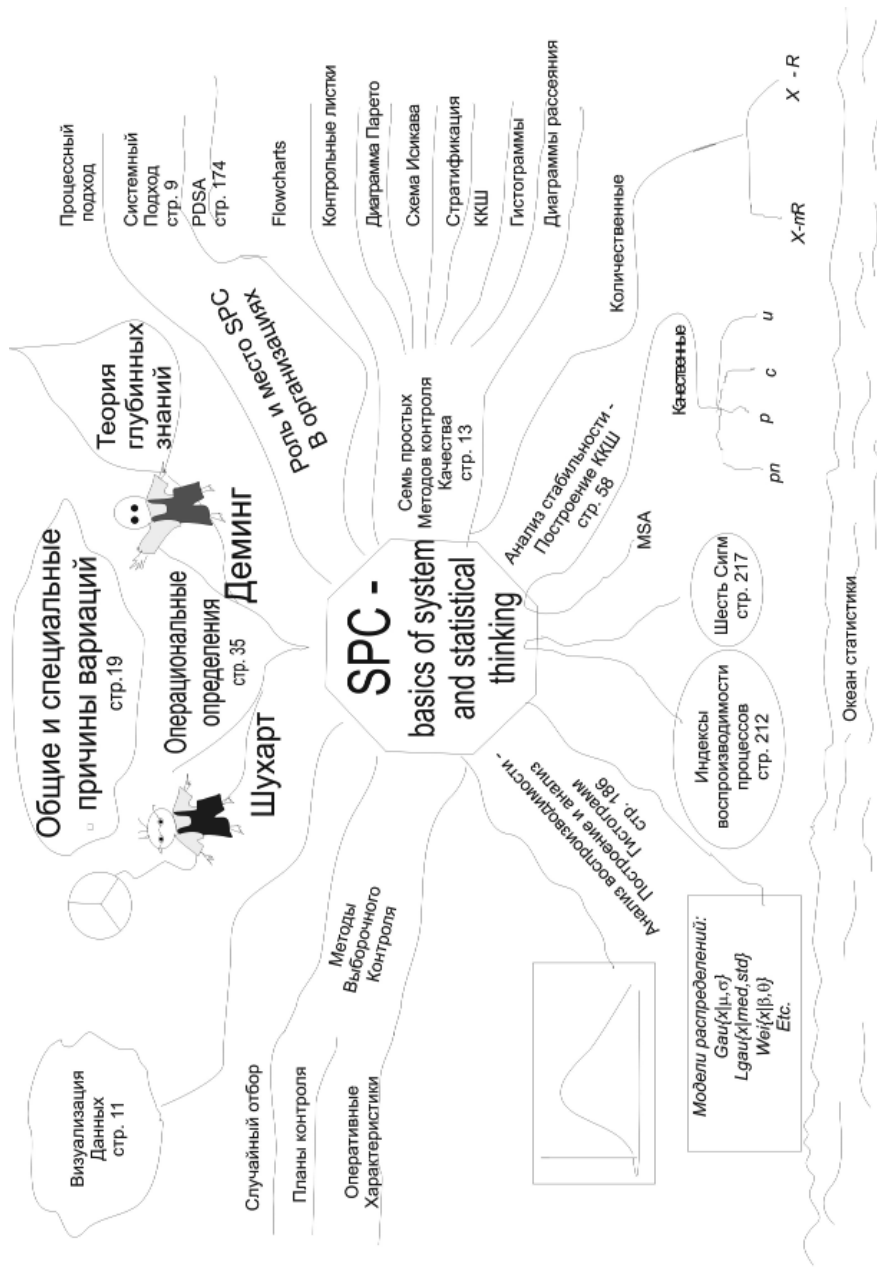
Ответ: *для всех, кто хочет считать себя образованным человеком XXI в.*

Хотя чисто технически эта книга возникла как расширение курса, который один из авторов много лет читал в Московском институте стали и сплавов (МИСиС), она важна для студентов любых специальностей, как инженерных, так и гуманитарных, а также для специалистов любых сфер человеческой деятельности. Нет ни одной области, где не возникали бы те или иные данные и где не нужно было бы использовать эти данные для принятия решений.

Что нужно знать, чтобы понять изложенный в книге материал? Для этого достаточно иметь среднее образование, т.е. закончить обычную школу. Некоторые разделы книги используют информацию, излагаемую в курсе высшей математики для технического вуза, но эти разделы предназначены для продвинутых читателей и отмечены звездочкой. Они выделены в тексте специальным значком (☉) и предназначены для читателя, интересующегося более глубоким усвоением описываемых методов. На рисунке приведена ментальная карта, отражающая все аспекты статистического управления процессами (СУП – SPC), которые рассматриваются в пособии. Мы рекомендуем читать книгу с включенным компьютером, чтобы проделывать многочисленные упражнения самостоятельно. Практически все расчеты и графики в книге можно выполнить с помощью Excel, и мы приводим пошаговые инструкции для соответствующих процедур.

Есть, правда, одна проблема, которую мы не планируем обсуждать, по крайней мере, в рамках учебного пособия для студентов, но которую следует обозначить, поскольку без ее учета никакая методология, в том числе и обсуждаемая ниже, не может быть внедрена ни на одном предприятии. Это проблема культуры организации, т.е. проблема того, как выстроены взаимоотношения между людьми в организации. Дело в том, что в иерархически построенных организациях с преобладанием авторитарной культуры управления, где возникновение любых проблем сопровождается поиском виноватых, а виноватыми почти всегда оказываются сотрудники низовых звеньев, практически всегда исходная информация будет искажаться в связи с тем, что каждый из нас еще со школы научился всеми доступными способами ограждать себя от неприятной ситуации... Но, если исходная информация недостоверна, никакие методы не помогут принять разумное решение...

Конечно, любой сотрудник любой компании может принять личное решение об использовании, например, контрольных карт Шу-



харта (ККШ) для анализа своего процесса, как написал еще в 1953 г. J. Martin Kohe (Дж. Мартин Койе) в своей замечательной книге «Your Greatest Power» («Ваша главная сила») [Kohe, 1953 (2004)]: «Каждый человек на Земле обладает великой силой – он может выбирать, какое решение примет лично он в данной ситуации, и от этого выбора зависит, будет ли этот человек счастлив или нет...»

Тем не менее, если руководство компании не имеет понятия о том, что такое контрольная карта Шухарта и зачем она нужна, то, скорее всего, сотруднику придется отказаться от использования этого инструмента, поскольку это всегда будет рассматриваться как занятие чем-то ненужным и бесполезным...

Поэтому необходимое, хотя и недостаточное условие успешного внедрения в компании методов статистического управления процессами – отказ руководства компании от поиска виноватых и переход к принципиально иной парадигме – поиску коренных причин возникновения проблем.

Понимание природы вариабельности нашего мира и умение принимать решения в условиях вариабельности нужны каждому грамотному человеку XXI в., и авторы надеются, что данное пособие сможет помочь многим приобрести необходимые в жизни навыки.

1. ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМНО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ И ДЛЯ ЧЕГО ОНО НУЖНО?

На эту тему существует невероятно много литературы, поэтому мы здесь ограничимся лишь краткими тезисами с важнейшими положениями системного подхода, проиллюстрируем его суть на нескольких примерах и дадим ссылки на некоторые относительно недавние публикации по данной теме.

Суть системного мышления:

- любая деятельность осуществляется в некоторой системе взаимосвязанных и взаимодействующих процессов;
- важно понимать, почему и как система сопротивляется нашему вмешательству;
- надо научиться выявлять глубинные взаимосвязи и вскрывать системные причины проблем.

Чтобы понять системную проблему, нужно, как правило, выйти за границы системы, и попробовать взглянуть на нее снаружи.

Некоторые *принципы системного подхода* [Сенге, 1999; Гарадаги, 2010; О'Коннор, Макдермотт, 2006; Левит, Дабнер, 2007; Зиберт, 2005]:

- сегодняшние проблемы есть порождение вчерашних «решений»;
- легкий выход обычно приводит нас назад;
- причины и следствия разъединены во времени и пространстве;
- винить некого.

Вот несколько примеров из приведенных выше книг, которые, на наш взгляд, достаточны красноречивы и не требуют каких-либо пояснений.

«Когда-то, во времена английского колониального правления, в Индии развелось слишком много кобр. Чтобы справиться с напастью, губернатор назначил награду за каждую сданную голову змеи. Индийцам предстояло ловить этих страшилищ. Как же они отреагировали? Они стали разводить кобр, чтобы получить премию».

В середине 80-х годов Япония пыталась преодолеть экономический кризис путем повышения государственных расходов и роста государственного долга – в итоге целое десятилетие (все 90-е годы) страна боролась с последствиями лопнувшего в 1989 г. пузыря (10 лет стагнации из-за ошибочного решения).

«Трое слепых встретили слона и начали его ощупывать». «Это что-то мягкое, большое и широкое, как ковер», – сказал один, схва-

тившийся за ухо. Второй ухватился за хобот и сказал: «Я держу реальность в руках. Это прямая длинная труба». А третий, обхватив ногу, воскликнул: «Это – что-то толстое и прочное, как колонна». А разве во многих компаниях руководители отделений производства, сбыта и исследований не похожи на этих трех слепцов?» (суфийская притча).

Потренируйтесь в нестандартном мышлении на двух приведенных ниже задачах.

Задание 1.1

Если сумеете, найди три ошипки в этом предложении.

Задание 1.2

Перед вами четыре карты:

Е G 4 9

У каждой с одной стороны буква, с другой – цифра. Сколько карт достаточно перевернуть, чтобы проверить утверждение, что у гласных букв на обороте всегда четное число?

Дополнительная литература¹ к гл. 1

О'Коннор, Макдермотт, 2005.

¹ Здесь и далее под заголовком «Дополнительная литература к гл. ...» мы приводим минимальное количество ссылок, которое рекомендуем использовать при первом знакомстве с материалом. Для более глубокого понимания вопроса следует ознакомиться с работами, ссылки на которые указаны в тексте.

2. РОЛЬ ВИЗУАЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

В 1934 г. в поэме «Скала» (The Rock) англо-американский поэт Томас Элиот написал такие строки:

Where is the Life we have lost in living?
Where is the wisdom we have lost in knowledge?
Where is the knowledge we have lost in the information?

В нашем вольном переводе эти строки выглядят так:

Где жизнь, затерявшаяся в бытии?
Где мудрость, затерявшаяся в знании?
Где знание, затерявшееся в информации?

Принято считать, что в этих строках впервые было отмечен тот факт, что информация, знание и понимание (мудрость), вообще говоря, не одно и то же. Примерно через 50 лет американский композитор Фрэнк Заппа (Frank Zappa) написал такие строки:

Information is not knowledge,	Информация – это не знание,
Knowledge is not wisdom,	Знание – это не мудрость,
Wisdom is not truth,	Мудрость – это не истина,
Truth is not beauty,	Истина – это не красота,
Beauty is not love,	Красота – это не любовь,
Love is not music,	Любовь – это не музыка,
And Music is THE BEST.	А музыка – превыше всего.

В научный обиход различие между информацией, знанием и пониманием ввел известный ученый Рассел Акофф. Он выразил это различие в виде иерархии (рис. 2.1):

Данные → Информация → Знание → Мудрость

Data → Information → Knowledge → Wisdom

В англоязычной литературе эта иерархия известна под аббревиатурой DIKW¹. В двух словах эту иерархию можно прокомментировать так:

данные – это цифры, даты, символы и т.п., которые сами по себе ничего не значат;

информация – это данные в определенном понятном нам контексте, данные, имеющие смысл и целевое назначение (т.е., данные в свете некоторой гипотезы или системы гипотез об их смысле);

¹ <http://en.wikipedia.org/wiki/DIKW>.

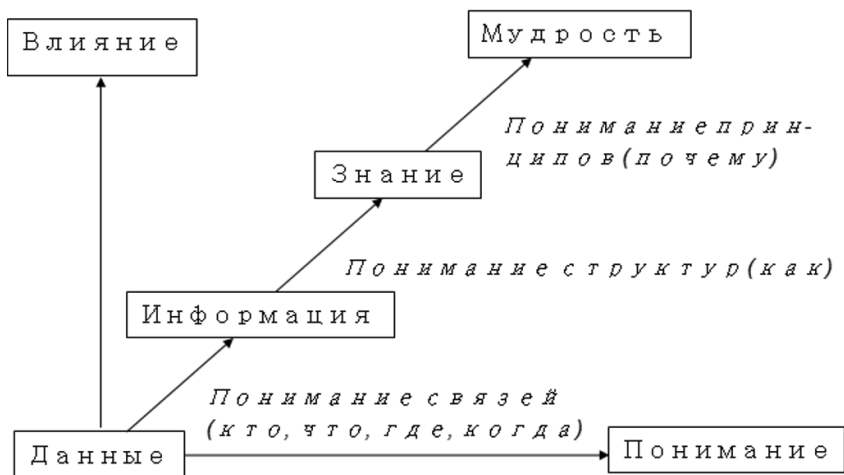


Рис. 2.1. Модель DIKW (Данные–Информация–Знание–Мудрость)

знание – это определенным образом обработанная и структурированная информация, которую можно использовать для принятия решений (т.е., информация, прошедшая формальную или содержательную проверку гипотез, которая не выявила противоречий);

мудрость – это основанная на знании способность создавать новое знание и принимать решения в условиях неопределенности.

На самом деле границы между этими категориями очень зыбки и условны, и потому иерархия DIKW часто и заслуженно подвергается критике с разных сторон. Однако здесь важно обратить внимание не столько на проблему структурирования наших знаний, сколько на два существенных момента, которые не будут меняться при различных модификациях иерархии знаний. Первый момент состоит в том, что данные сами по себе не есть ни информация, ни тем более знания. Переход от набора цифр к их пониманию и выводам/решениям осуществляется путем анализа данных. Этот анализ может проводиться на самых разных уровнях: от поверхностного взгляда на цифры до применения самых навороченных статистических пакетов обработки данных. Но в полном соответствии с принципом 80/20 (подробнее о нем см. в книге Р. Коха (2012)) в 80 % или более ситуаций переход от данных к последующим этапам иерархии знаний можно успешно выполнить с помощью первичного анализа данных, который мы, следуя [Тьюки, 1981], будем далее называть *разведочным анализом данных* (РАД).

Второй момент состоит в том, что ключевой компонент РАД – визуализация данных, т.е. представление данных в виде понятных и полезных картинок. Важно отметить, что роль картинок гораздо больше, нежели просто «сжать» информацию и представить ее в компактном виде. Зачастую они дают нам «новую» информацию, которой «как бы не было» при ином ее представлении. Дело в том, что правильная картинка позволяет увидеть не только сами значения данных, но и их связь друг с другом, а также наличие тех или иных особенностей и структур в поведении данных, не обнаруживаемых при их текстовом или табличном представлении.

Есть и чисто физиологическая причина того, что, глядя на картинку, человек часто видит много нового по сравнению с текстовым изображением или таблицей: мы воспринимаем картинку и текст разными полушариями мозга (логическим и эмоциональным) [Дэн Роум]. Другими словами, именно картинки часто служат тем мостиком, с помощью которого мы переходим от одной ступени DIKW к другой.

Следуя вышеприведенным стихотворным образцам, мы предлагаем такую модель:

Данные – это еще не информация,

Информация – это еще не знание,

Знание – это еще не понимание,

Понимание – это еще не мудрость,

Мудрость – это еще не истина,

А ПУТЬ К ИСТИНЕ – ПРЕВЫШЕ ВСЕГО!

Как превратить данные в информацию, информацию в знание, знание в мудрость?

Ответ: С помощью разведочного анализа данных (РАД).

В РАД мы включаем семь простых методов контроля качества [Куме, 1990], семь новых методов контроля качества [Кане и др. 2008], визуализацию данных, метод построения диаграмм (блок-схем) потока процессов (flowcharts), «ящик с усами», правило семи вопросов, ментальные карты и любые другие полезные для понимания картинки. Поскольку все перечисленные методы нужны не только при контроле качества, а при ана-

*Семь (девять)
простых методов РАД:*

1. Визуализация
2. Диаграммы потока процесса
3. Контрольные листки
4. Контрольные карты Шухарта
5. Гистограммы
6. Стратификация данных
7. Диаграмма Парето (80/20)
8. Схема Исикава
9. Диаграмма рассеяния

В англоязычной литературе это хорошо известное и очень популярное, особенно у японцев, правило 5W+2H:

Who When What Where Why
How How much

лизе любых данных в любых сферах деятельности, мы далее опускаем слова «контроль качества» и говорим о семи простых и семи новых методах, включив в семь простых диа-

граммы потока и визуализацию как самостоятельный метод (т.е. по сути семь простых состоят из девяти инструментов)¹.

Один из самых простых способов превратить данные в информацию — добавить к ним ответы на семь простых вопросов:

Семь новых методов РАД:

1. Диаграмма родства
2. Граф связей
3. Метод иерархических структур
4. Матричная диаграмма (домик)
5. Анализ матричных диаграмм
6. Блок-схема принятия решений
7. Сетевой график (метод ПЕРТ)

Кто?
Когда?
Как?
Где?
Зачем?
Сколько?
Что собственно они означают?
Но вербальных ответов недостаточно — они по-

прежнему не позволяют нам обнаружить структуры и тренды (если, конечно, они есть, а они есть в большинстве случаев реальной жизни). Чтобы обнаружить структуры и тренды в данных, их (данные) нужно визуализировать.

Наиболее употребительные практические инструменты визуализации данных перечислены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Практические методы визуализации данных

Для численных данных	Для вербальных данных
Диаграмма потока процесса (Flowchart) Диаграмма Парето (принцип 80/20) Гистограмма Ящик с усами Диаграмма рассеяния Карта хода процесса (run chart) Контрольная карта	Схема Исикава (диаграмма причина-результат) Диаграмма родства Граф связей Метод иерархических структур (дерева) Матричная диаграмма (домик) Блок-схема принятия решений Ментальная карта

¹ Термины «семь простых» и «семь новых» настолько широко вошли в уже имеющуюся литературу, что мы не видим смысла их менять.

Большая часть того, что перечислено в этой таблице, будет рассмотрено ниже.

Задание 2.1

Что такое разведочный анализ данных?

Задание 2.2

Что входит в разведочный анализ данных?

Задание 2.3

Из каких инструментов состоят семь простых методов контроля?

3. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ

Мышление — это то, чем каждый из нас обладает от рождения. И пока что оно нас не подводит. Но что такое «статистическое мышление»? И зачем оно нам нужно (если нужно)? Такие вопросы могут возникнуть у читателя после знакомства с названием этого параграфа. Простых ответов на подобные вопросы нам дать не удастся. Поэтому вам придется довольствоваться сложными разъяснениями. Но прежде чем мы попытаемся их дать, заметим, что сам термин «статистическое мышление» представляется не совсем удачным. Дело в том, что слово «статистический» у многих людей вызывает неприятие, поскольку напоминает об изучавшейся когда-то в институте математической статистике.

Между тем под «статистическим мышлением» мы понимаем¹ подход к принятию управленческих решений на всех уровнях организации, причем как оперативных или тактических, так и стратегических.

Статистическое мышление — это умение принимать системные решения в мире, подверженном вариабельности.

Ниже мы постараемся расшифровать смысл приведенного определения, а здесь просто заметим, что статистическое мышление — это вовсе не использование статистических методов, или, по крайней мере, это не обязательное их использование. Это точка зрения, позиция, взгляд на мир, помогающие принимать эффективные решения благодаря системному подходу к возникающим проблемам. Очевидна важность этой позиции, ибо если мы вмешиваемся в процесс, когда этого делать не надо, или не вмешиваемся, когда это крайне важно, то процесс только ухудшается. Аналогичный результат возникает, если в процесс вмешиваются не те люди, кому следует это делать. Попробуем разобраться в сути обсуждаемого подхода, для чего сначала бросим взгляд на историческую ретроспективу его возникновения и эволюции.

Открытие У. Шухарта

Поводом для возникновения статистического мышления послужила практическая задача борьбы с дефектами продукции, которая была

¹ Такое понимание не есть прерогатива авторов данной книги (подробнее см. ниже).

поставлена перед молодым физиком Уолтером Шухартом (1891–1967), принятым в 1923 г. на работу в знаменитую Bell Laboratories (лаборатория того самого А. Белла, что изобрел телефон) [Нив, 2005; Говард, 1995]. Задача эта была связана с одной трудностью, возникшей в ходе телефонизации Америки. При тогдашней технологии прокладки телефонных сетей приходилось примерно через каждые 500 м вставлять в линию связи усилительную подстанцию размером в письменный стол (полупроводниковых приборов, на которых построена вся современная миниатюризация, еще не было¹), закапывая ее в землю. И все было бы хорошо, если бы не одно обстоятельство. Лампы в этих усилителях перегорали не по графику, а когда им вздумается. Из-за этого у бригад ремонтников возникали большие трудности. Не удавалось заранее определить требуемое число ремонтных бригад, их потребности в транспорте и запасах ламп для замены. Проблема заключалась в большом разбросе времени наработки до отказа усилительных ламп, и хотя завод-изготовитель определял нормативный срок непрерывной работы, лампы почему-то ничего не знали про требования технических условий и отказывали, как попало. Естественно, возникало много вопросов. Например, почему разброс так велик и нерегулярен? И что можно сделать, чтобы ввести его в приемлемые рамки? Как наилучшим образом описывать само явление разброса времени работы ламп?

Некоторыми из этих вопросов и занялся У. Шухарт. С самого начала он был фанатиком применения статистических методов. Его коллега и друг Э. Деминг так писал об этом в статье, посвященной памяти У. Шухарта [Deming, 1967]: «Управление качеством означало для него применение статистических методов всюду: от сырьевых материалов до готовых изделий и обратно – в разработке новых изделий, при пересмотре требований к сырью, в непрерывном цикле обработки результатов, получаемых при исследовании покупательского спроса и из других источников».

Хотя традиционный взгляд на контроль качества был обращен в то время на обнаружение и изъятие негодных изделий из партии продукции, У. Шухарт увидел возможность увеличения выхода годных изделий непосредственно в процессе производства. Профилактика, направленная на предотвращение брака или несоответствий, несомненно,

¹ Первый германиевый транзистор был создан в той же самой Bell Lab и был впервые продемонстрирован публике 23 декабря 1947 г., за что его изобретатели Д. Бардин, У. Шокли и У. Браттейн получили Нобелевскую премию в 1956 г.

важнее и полезнее, чем отбраковка, ибо отбраковка сама по себе не приводит к улучшению изделий: она лишь разделяет их на две группы: принимаемых и бракуемых. Качество как данной партии, так и будущих партий при отбраковке не меняется. В то же время профилактика, т.е. система мер, направленных на предотвращение появления некачественных изделий, ведет к улучшению будущих партий продукции.

Первое, до чего додумался У. Шухарт, размышляя над поставленными вопросами, было обнаружение двух принципиально различных источников разброса, или вариабельности (изменчивости)¹ показателей качества, к которым чувствителен потребитель.

Первый источник вариабельности — сама система, в которой производится продукция (услуга). Понятие о производственной системе довольно неопределенно. Сюда относятся и здания, и оборудование, и сырье, и люди, и многое другое. Практически это все, что может повлиять на интересующие нас показатели качества. Пока система не меняется, вариабельность характеризующих ее параметров остается практически постоянной. Поэтому вариабельность — одна из важнейших характеристик системы, которую надо знать, если мы хотим управлять системой или совершенствовать ее. Понятно, что для этого сначала придется научиться эту самую вариабельность каким-то образом измерять.

Второй источник имеет совершенно другую природу. Существует, оказывается, вариабельность, обусловленная вмешательством в систему тех или иных факторов, не принадлежащих системе, т.е. внешних по отношению к ней (например, неправильное поведение оператора, или неправильный ход какого-то технологического режима вследствие сбоя настройки, или непредвиденное изменение внешних условий и т.д.). Эта вариабельность проявляется спорадически, нерегулярно. Ее величина может сильно меняться от случая к случаю, причем, здесь каждый случай — особый, и отклонение от той установленной вариабельности, какая характерна для вариаций, вызываемых самой системой, может быть каким угодно.

В реальной жизни на выходе системы мы наблюдаем смесь, сумму вариаций, происходящих из этих двух источников. Если бы теперь мы смогли определить, какие именно источники и как влияют на выход системы, то стало бы понятно, какие действия стоит предпринять,

¹ Далее мы используем в основном термин «вариабельность» как уже установившийся в литературе.

чтобы улучшить ситуацию. Другими словами, если бы мы знали, вызваны ли те или иные вариации системой или внешними по отношению к системе силами, то мы одновременно знали бы, кто и каким образом должен действовать. В самом деле, если, например, вариации обусловлены системой, т.е. тем, что процесс устроен именно так, как он устроен, то ясно, что вмешиваться в него изнутри системы бессмысленно, так как такое вмешательство, будучи незапланированным для системы, ведет только к ее раскачке (выводит систему из стабильного состояния). Нас или нашего потребителя может, конечно, не устраивать вариабельность системы. Но тогда надо менять систему в целом (вспомним о системном подходе), т.е. надо реорганизовать систему. А это, в свою очередь, означает, что делать это должны те люди, которые «стоят над системой», т.е. высший менеджмент. В этом случае всякая попытка справиться с ситуацией за счет сотрудников-исполнителей заведомо обречена на неудачу. Более того, она практически неизбежно приведет к существенному ухудшению положения дел.

С другой стороны, если вариации обусловлены внешними по отношению к системе причинами, т.е. тем, чего в нормально работающей системе быть не должно, то надо немедленно браться за дело самим сотрудникам. Их задача — создать команду для изучения возможных причин возникновения нерегулярных вариаций, которые довольно часто, хотя и далеко не всегда, вызываются так называемым человеческим фактором (это, впрочем, вовсе не означает, что такие причины легко обнаружить.) В любом случае следует начать непрерывную борьбу за устранение всех «лишних» вариаций и за достижение стабильности. Только стабильность делает систему предсказуемой, а, значит, управляемой (подробнее это утверждение рассмотрено ниже).

Основы теории вариабельности

Итак, в 1924 г. У. Шухарт заложил основы того, что сейчас принято называть теорией вариабельности. Основные положения этой теории можно кратко сформулировать следующим образом: все виды продукции и услуг, а также все процессы, в которых они создаются и/или преобразуются, подвержены отклонениям от заданных значений, называемых вариациями.

Вариации своим происхождением обязаны двум принципиально разным источникам, которые принято называть общими (common) и специальными (assignable) причинами вариаций.

Общими причинами вариаций называют причины, составляющие неотъемлемую часть данного процесса и внутренне ему присущие. Они связаны с неабсолютной точностью поддержания параметров и условий осуществления процесса, с неабсолютной идентичностью условий на его входах и выходах и т.д. Другими словами, это результат совместного воздействия большого числа случайных факторов, каждый из которых вносит весьма малый вклад в результирующую вариацию и влияние которых мы по тем или иным соображениям не можем или не хотим отделить друг от друга. Кроме общих «...Существуют неизвестные причины вариабельности качества продукции, не принадлежащие постоянной системе, ... и такие причины получили название специальных.» [Shewhart, 1931, p. 14].

Специальные причины вариаций – те причины, которые возникают из-за внешних по отношению к процессу воздействий на него и не служат его неотъемлемой частью. Они связаны с приложением к процессу незапланированных воздействий, не предусмотренных его нормальным ходом. Другими словами, это результат конкретных случайных воздействий на процесс, причем тот факт, что именно данная конкретная причина вызывает данное конкретное отклонение параметров/характеристик процесса от заданных значений часто (но далеко не всегда) и приводит к тому, что эту причину можно обнаружить без приложения каких-то исключительных усилий или затрат.

Разделение причин вариаций на два указанных вида принципиально потому, что борьба с вариабельностью процесса в этих двух случаях требует различного подхода. Специальные причины вариаций требуют *локального вмешательства* в процесс, тогда как общие причины вариаций требуют вмешательства в систему.

Локальное вмешательство:

- обычно осуществляется людьми, занятыми в процессе и близкими к нему (т.е. это линейный персонал, линейные руководители и т.д.);
- обычно оно нужно для очень небольшого числа всех возникающих в процессе проблем (это выяснилось после многих лет применения данного подхода на практике, откуда и вытекает известное правило Дж. Джурана 85:15 или правило Деминга 94:6 и все следствия из этих правил);
- неэффективно или ухудшает ситуацию, если в процессе отсутствуют специальные причины вариаций, и, напротив, эффективно, если они присутствуют.

Вмешательство в систему:

- почти всегда требует действий со стороны высшего менеджмента;
- обычно нужно примерно для 85...95 % всех возникающих в процессе проблем;
- неэффективно или ухудшает ситуацию, если в процессе присутствуют специальные причины вариаций, и, напротив, эффективно, если они отсутствуют.

Когда люди не понимают теории вариабельности, они:

- видят тенденции там, где их нет, и не видят их там, где они есть;
- пытаются объяснить естественный разброс как особые события;
- необоснованно обвиняют и/или вознаграждают сотрудников;
- не могут эффективно спланировать будущее и улучшать систему;
- часто следуют знаменитому правилу: «хотели как лучше, а получилось как всегда».

Дело за малым — осталось организовать процесс мониторинга, направленный на постоянную диагностику ситуации. Он призван представить текущую информацию в такой форме, чтобы менеджменту было ясно, какие решения следует принимать на ее основе.

В 1924 г. У. Шухарт предложил свое решение. Руководителем его департамента был Р. Джонс, а непосредственным начальником Дж. Эдвардс, занявший впоследствии место Р. Джонса и ставший потом первым президентом Американского общества контроля качества. Вот как он вспоминал об этом (цитируется по [Golomski, 1967]): «16 мая 1924 г. ...доктор Шухарт подготовил небольшую памятную записку размером всего в одну страницу. Около трети ее занимала простая диаграмма, которая сегодня известна всем нам как схема контрольной карты. Та диаграмма и текст к ней заключали в себе все существенные принципы и выводы, составляющие то, что известно нам теперь как процесс управления качеством». В работе [Godfrey, 1986] воспроизведен полный текст этого исторического документа, который одним из авторов (Ю.А.) переведен на русский язык и фрагмент которого приводится на рис. 3.1 и на врезке [Годфри, 1992].

Заметки, о которых упоминал У. Шухарт, были опубликованы на следующий год [Shewhart 1925], и мир узнал о существовании контрольных карт, названных впоследствии контрольными картами Шухарта. Контрольные карты и стали, по мысли У. Шухарта, диагностическим инструментом, предназначенным для различения процессов с общими и специальными причинами вариаций. В знаменитой книге У. Шухарта [Shewhart, 1931] теория контрольных карт была по-