

УДК 004.413

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ДЕТЕКЦИИ АНОМАЛИЙ В КАЧЕСТВЕ НОВОГО ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

© 2024 В.Г. Мосин, В.Н. Козловский

Самарский государственный технический университет, Россия, Самара

Статья поступила в редакцию 13.05.2024

В статье проводится обоснование новой методологии управления качеством, определяющей необходимость проведения детекции аномалий данных в электронных массивах в качестве инструмента определения проблем функционирования, результативности процессов системы менеджмента.

Ключевые слова: управление качеством, оценка качества, методология, анализ данных, детекция аномалий.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-3-16-22

EDN: TTLCUU

1. ВВЕДЕНИЕ

Оценка качества процессов системы менеджмента является важным аспектом управления качеством (см. [2]). В настоящее время имеется несколько распространенных методологий оценки качества процессов, обеспечивающих систематический подход к их измерению и анализу.

К таким относится, например, методология Six Sigma, которая основана на применении статистических инструментов и методов для минимизации отклонения процессов от требуемых стандартов качества. Другой распространенной методологией оценки качества процессов является PDCA (Plan-Do-Check-Act). Она основана на принципе непрерывного улучшения и включает в себя четыре этапа: планирование, выполнение, проверка и корректировка. PDCA подразумевает циклическое повторение этих этапов для постоянного совершенствования процессов и достижения высокого уровня качества. Есть и другие методологии оценки качества процессов, такие как ISO 9001, TQM (Total Quality Management), CMMI (Capability Maturity Model Integration) и т. д. Все они предлагают свои подходы к оценке процессов и некоторые из них широко применяются в бизнесе.

К сожалению, традиционные методы анализа и контроля сталкиваются с ограничениями и не всегда способны дать полное представление о состоянии и эффективности процессов. Именно поэтому мы предлагаем новый методологический подход, основанный на детекции аномалий, возникающих в ходе процессов. Одним из ключевых элементов данного подхода является

Мосин Владимир Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, доцент. E-mail: yanbacha@yandex.ru
Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой. E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru

использование массивов больших данных, содержащих информацию о наблюдениях за состояниями процесса, и их анализ средствами машинного обучения. Эти данные включают в себя множество параметров, характеризующих процесс, а также временные метки, позволяющие отследить изменения состояния в течение длительного времени (см. п. 2).

Благодаря методологическому подходу, основанному на детекции аномалий в массивах больших данных о наблюдениях за состояниями процесса в течение длительного времени, мы получаем возможность более точно оценить состояние качества процессов. Это позволяет выявлять проблемы, своевременно принимать меры по их исправлению и повышать эффективность процессов.

Мы не отказываемся от традиционных методов (см. п. 5), мы предлагаем дополнить их методами детекции аномалий и использовать комбинированную методологию.

2. ПРОЦЕССЫ И НАБЛЮДЕНИЯ

С методологической точки зрения процесс представляет собой систематическую последовательность шагов, целью которой является достижение определенного результата. Это общепринятая формулировка. Однако зададимся вопросом: а всегда ли у процесса есть цель? Если инициатором процесса является носитель свободы воли, то да. Но есть ли цель у метеорологических процессов? Они подчиняются не свободе воли, а законам природы. Есть ли цель у процесса развития живого организма и вообще у любых природных, естественных, а не инициированных человеком процессов? Ответ отрицательный.

Процесс не всегда обладает целью. Либо возможна ситуация, когда он обладает целью, но она не известна наблюдателю¹. Поэтому ха-

рактизовать процесс как нормальный (или наоборот, аномальный), ориентируясь на достижение (или не достижение) цели, было бы некорректно. Целеполагание относится, скорее, к вопросам метрической оценки процесса, когда в качестве меры его успешности выбираются те или иные целевые показатели: доход, рентабельность, удовлетворенность потребителя и т. д. — и когда они находятся в пределах нормы, процесс признается нормальным. Это рациональный и разумный подход, и мы ни коей мере его не отвергаем (более того, мы еще вернемся к нему в финале нашего рассуждения, см. п. 5), но он не является предметом нашего интереса.

Мы хотим получить инструментарий, детектирующий аномальные состояния в максимальной общности, для как можно более широкого круга различных процессов, в том числе, для процессов, не обладающих целью.

Поэтому мы будем исходить из того, что есть процесс, и есть наблюдение за процессом², под которым мы будем понимать то, что в теоретической методологии называют многомерной измеримостью. Наблюдение для нас — это возможность фиксации каких-либо числовых (или хотя бы категориальных) величин, которые описывают состояние процесса в тот или иной момент времени. Выбор этих величин, разумеется, зависит от предметной области конкретного процесса, а отбор действительно значимых и отсеивание шумовых показателей — это вообще отдельная и очень серьезная задача. Мы ограничимся лишь несколькими примерами, чтобы пояснить идею.

Пример А. Жизнедеятельность организма.

К показателям, которые описывают состояние организма, можно отнести набор числовых показателей, таких как: рост, вес, температура и множество других. Легко можно предложить и какие-нибудь категориальные показатели, например, пол организма – это бинарный показате-

¹ Заметим, что это вовсе не экзотическая, а вполне рядовая ситуация. Например, в финансовой сфере аналитик, как правило, получает анонимизированные данные, что связано с банковской тайной, и не может судить о цели той или иной транзакции

² Действительно: если у нас нет возможности наблюдать процесс, то для нас его не существует.

тель, а склонность организма к агрессии с возможными значениями «низкая», «средняя» и «высокая» — категориальный.

Пример В. Гарантийное обслуживание промышленного изделия. Здесь измеряемыми показателями служат число отказов изделия за единицу времени, например, за год, а также тип отказа и общая удовлетворенность покупателя. При этом количество отказов — это числовой показатель, а тип отказа и удовлетворенность покупателя — категориальные.

Пример С. Образовательный процесс.

Если нас интересует процесс образования в рамках университетского факультета, мы можем запросить у деканата такие сведения как средняя успеваемость по дисциплинам, средняя посещаемость по дисциплинам, количество научных работ, опубликованных студентами факультета и другие показатели³.

Пример D. Работа сервера.

Интересный пример наблюдений за процессами доставляет работа серверных станций. В качестве числовых серверных данных можно указать общее число обращений к серверу, число уникальных посетителей, среднее время, проведенное пользователем на сервере и т. д., а в качестве категориальных показателей — тип действия: переход по ссылке, заполнение формы, запуск видео или аудиофайла и т. д.

Список таких примеров можно продолжать бесконечно, но суть их вполне прозрачна: с нашей точки зрения, процесс может быть любым. Для нас существенен не сам процесс, а наблюдения за ним, и, если обобщить сказанное выше, исключив специфику той или иной предметной области, мы придем к следующей схеме процессов и наблюдений:

1. наблюдаемый процесс описывается набором показателей x_1, \dots, x_n ,
2. нам доступна достаточно глубокая история наблюдений, в которой зафиксированы их значения в моменты времени t_1, \dots, t_m ,
3. в момент времени $m+1$ мы получаем новые значения показателей.

³ Хотя, всякий, кто занимается реальным образованием, знает, что все эти и другие, подобные им, показатели весьма лукавы. Преподавание — это не технология, а исполнительское искусство

Таблица 1. История наблюдений

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	...	x_{n-1}	x_n
t_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	...	$x_{1,n-1}$	x_{1n}
t_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	...	$x_{2,n-1}$	x_{2n}
...
t_m	x_{m1}	x_{m2}	x_{m3}	x_{m4}	x_{m5}	x_{m6}	...	$x_{m,n-1}$	x_{mn}

Таблица 2. Новые значения показателей

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	...	x_{n-1}	x_n
t_{m+1}	$x_{m+1,1}$	$x_{m+1,2}$	$x_{m+1,3}$	$x_{m+1,4}$	$x_{m+1,5}$	$x_{m+1,6}$...	$x_{m+1,n-1}$	$x_{m+1,n}$

3. ЧТО ЕСТЬ НОРМА, И ЧТО ЕСТЬ АНОМАЛИЯ

Норма и аномалия — две вечные концепции, определяющие порядок и хаос. Норма — это установленные стандарты, условия, которые считаются типичными или желательными в определенном контексте. Она представляет собой основу для оценки и сравнения, обеспечивая стабильность и предсказуемость. Аномалия — это отклонение от нормы, которое может возникнуть по различным причинам: естественным, социальным, экономическим, психологическим и так далее. Таким образом:

1. мы не можем сказать, что такое аномалия до тех пор, пока не знаем, что такое норма,
2. обратное тоже верно: мы не можем определить норму до тех пор, пока у нас нет ни одного примера аномалий.

Пример С. Образовательный процесс. Неопытный педагог, работая со студентами, может посчитать, что кто-то из них необучаем, и отнести такого студента к категории некой образовательной аномалии. Но это просто потому, что он еще не видел действительно необучаемых студентов. Он принял в качестве аномалии вполне нормального студента, потому что не имел примеров настоящих аномалий.

В приведенном примере с образовательным процессом ключевое слово — опыт, «... сын ошибок трудных». Или, ориентируясь на нашу схему процессов и наблюдений — история наблюдений (см. п. 1), точнее говоря, глубина этой истории.

Осознав это, мы можем абстрагироваться от предметной области и обобщить пример с образовательным процессом на процессы другой природы. Например, если при оценке серверных процессов (пример D), мы имеем данные о его работе в течение одного часа и не имеем о нем никаких других сведений, то мы не сможем уверенно утверждать, что он работает нормально — для этого у нас слишком мало данных. И так далее⁴.

Теперь допустим, что условия, описанные нами в предыдущем пункте, выполнены: процесс описывается достаточным количеством показателей, и история наблюдений за процессом достаточно глубока. Рассмотрим базовые подходы к определению пары норма/аномалия.

⁴ Отметим еще раз, что, с нашей точки зрения, природа процесса может быть любой

3.1. Калибровка

Это один из старейших методов контроля качества промышленных изделий (см. [1]), но, как мы увидим ниже, он может применяться не только к изделиям, но и к процессам. В своем классическом варианте он представляет собой систематический подход к определению соответствия изделий установленным требованиям.

В процессе калибровки изделия подвергаются сравнению с эталонными образцами, и это позволяет определить, насколько точно изделие соответствует принятым на сегодняшний день стандартам. Метод калибровки включает следующие этапы:

1. Выбор эталонных образцов с высокой точностью и известным калибровочным значениями.
2. Сравнение результатов измерений с результатами, полученными на эталонных образцах. Определение отклонений и ошибок.
3. Корректировка изделия для минимизации отклонений и ошибок.
4. Повторное измерение и повторная калибровка изделия для проверки эффективности корректировки.

Схематично метод калибровки процесса проиллюстрирован на рис. 1: по горизонтали откладываются моменты времени, в которые производится очередное наблюдение за состоянием, в котором находится процесс, по вертикали — значение наблюдаемого параметра. Серый пунктир означает его идеальное значение, красные линии — калибровочные границы, выход за которые считается аномалией.

Поскольку процесс описывается несколькими параметрами (см. таб. 1 и 2), таких калибровочных схем тоже несколько, причем, в один и тот же момент времени какие-то признаки могут демонстрировать аномальные значения, а какие-то другие — быть в пределах нормы.

Отклонения в верхнюю и нижнюю стороны могут быть несимметричны; отклонение в одну из сторон может существовать, при том, что отклонение в другую сторону невозможно даже теоретически; идеальное значение параметра может совпадать с одной из калибровок и т. д.

Пример В. Гарантийное обслуживание промышленного изделия. Здесь идеальное число отказов — это 0, причем, оно даже теоретически не может быть отрицательным. Визуально это означает, что серый пунктир в данном случае совпадает с нижней красной линией.

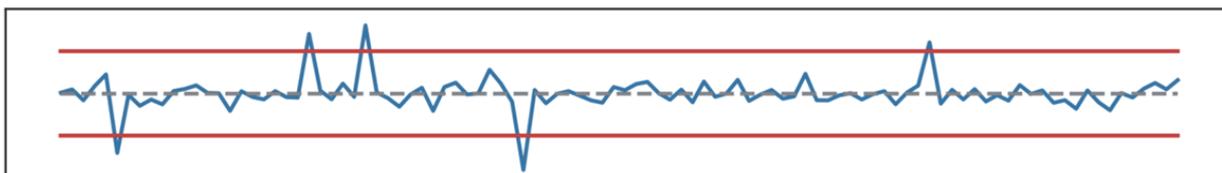


Рис. 1. Калибровка

Пример С. Образовательный процесс. Успеваемость студентов характеризуется тремя позициями: «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Среднее значение «хорошо» не является идеальным, но именно оно характеризует норму (серый пунктир). Отклонения до красных линий составляют ± 1 балл, причем, отклонение вниз, превышающее калибровочный барьер возможно, а отклонение вверх, выше верхней красной линии — нет.

На первый взгляд, калибровка — идеальный метод детекции аномалий. Однако при внимательном взгляде становится понятно, что в этом подходе априорно использованы сразу обе категории, которые мы пытаемся определить: заранее известно, что такое норма (это все, что лежит между красными линиями), и заранее известно, что такое аномалия (все, что выходит за рамки этих линий). Вопрос: откуда это известно? Это какое-то сакральное знание? Так было начертано в скрижалях (в ГОСТах, СНИПах и т. д.)? Но у составителей скрижалей (ГОСТов, СНИПов и т. д.) откуда эти знания?

Метод калибровки уместен только тогда, когда характеристики нормы и аномалии известны заранее, то есть, тогда, когда вопрос, заявленный в заголовке этого раздела — что есть норма, и что есть аномалия — вообще не стоит, так как ответ на него известен. Мы же хотим получить метод, определяющий характеристики аномальности в условиях, когда априорные сведения о них отсутствуют⁵.

3.2. Аномалия как функция от времени

Допустим, мы наблюдаем процесс, в ходе которого значения некоторого из его показателей не являются константами, например, поступательно возрастают (см. рис. 2). Тогда, если применять метод калибровки, с течением времени придется сдвигать понятие нормы (серый пунктир), и чем ярче выражен рост показателя, тем чаще придется это делать.

⁵ Вместе с тем, это не означает, что метод калибровки нужно сбрасывать со счетов. Он еще проявит себя в следующем разделе в совокупности с другими идеями

Таким образом, калибровка как метод детекции аномалий применим только к стационарным процессам, когда наблюдаемые показатели считаются константными и не изменяются с течением времени.

Пример А. Жизнедеятельность организма.

Покупая щенка, мы кормим его, обучаем простейшим командам, играем с ним, он растет, и мы радуемся. С ростом организма повышается объем съедаемого за день корма, и если в какой-то из дней мы замечаем, что наш питомец съел гораздо меньше, чем вчера, то это серьезный повод отвести его к ветеринару. И хотя, казалось бы: он съел ровно столько же, сколько съедал месяц назад — то, что было нормой в прошлом, сегодня является аномалией.

Вместо того чтобы постоянно корректировать калибровочные значения (тем более, что критериев, позволяющих произвести корректировку у нас все равно нет: мы не знаем, пора ли уже вносить изменения в наши стандарты, или пока еще можно ориентироваться на старые нормы), мы поступим по-другому. Вспомним, что у нас имеется история наблюдений (см. таб. 1), и опираясь на эти сведения, построим регрессионную модель (см. [3]), которая описывает поведение того или иного признака (см. рис. 3). Тогда, получая в каждый новый момент времени очередное значение показателя (см. таб. 2 и конечные точки на рис. 3), мы сможем судить о его нормальности по отклонению от прогноза модели: если отклонение невелико, мы считаем, что значение нормально, в противном случае — что это аномалия.

Заметим, что при этом мы завуалированно используем все ту же старую добрую калибровку, от которой, казалось бы, уже отказались в силу ее несовершенства. Действительно, наряду с изучаемым процессом изменения показателя, мы получаем еще один процесс — процесс изменения отклонения реальности от модели, этот процесс является стационарным, его идеальное значение постоянно и равно нулю (серый пун-

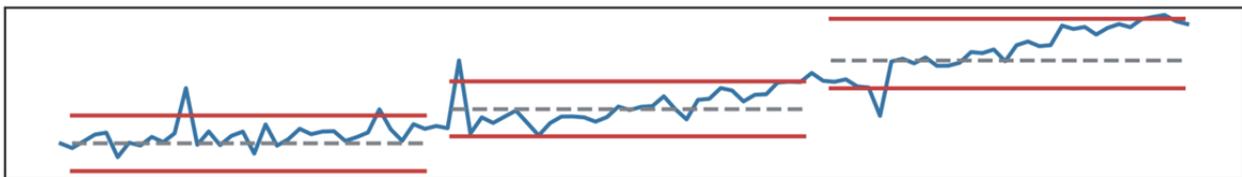


Рис. 2. Калибровка с ростом показателя

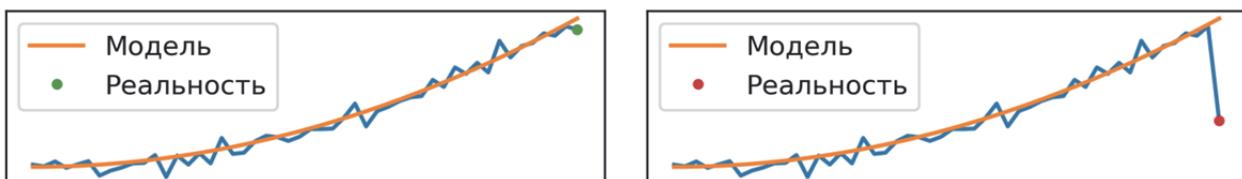


Рис. 3. (а) Реальное значение близко к прогнозируемому значению — норма, (б) реальное значение сильно отклоняется от прогнозируемого значения — аномалия

ктир на рис. 1), и есть определенная величина⁶, превышение которой означает аномалию (красные линии на рис. 1).

3.3. Мы не первые, с кем это случилось

Однако есть масса ситуаций, когда длительные, обстоятельные и полноценные наблюдения за процессом не содержат никакой информации о внезапных изменениях его характеристик.

Для полноценного и глубокого понимания процессов важно не ограничиваться наблюдением лишь за одним из них, а рассматривать множество однотипных процессов. Этот подход позволяет получить более полную картину и расширить наше понимание предмета изучения. Наблюдение лишь одного процесса может быть поверхностным и предоставить лишь частичное представление о его особенностях и закономерностях. Когда мы рассматриваем множество однотипных процессов, мы получаем возможность выделить общие тенденции, выявить закономерности и понять сущность их динамики.

Пример В. Гарантийное обслуживание промышленного изделия. Окончание цикла эксплуатации изделия дает всплеск отказов, которого не было в прошлом, и по истории наблюдений его нельзя было предвидеть. Но если посмотреть на множество точно таких же изделий, то станет ясно, что этот всплеск — не аномалия, а норма.

Пример С. Образовательный процесс. В конце семестра резко возрастает число обращений к информационно-библиотечным системам и другим образовательным ресурсам, что никак не прогнозируется предыдущей историей наблюдений⁷. Этот аномальный всплеск не объясняется калибровкой (см. п. 3.1) и прогнозирующей моделью (см. п. 3.2). Но если мы наблюдаем множество студенческих групп (или множество факультетов, или множество университетов — в зависимости от масштаба наблюдения), мы понимаем, что это типичная картина, и объясняется она тем, что прогуляв семестр, студенты стремятся восполнить пробелы в знаниях, закрыть долги и вообще: подготовиться к сессии.

Итак, с точки зрения истории наблюдений, рассмотренные примеры дают выраженные аномалии, но с точки зрения множества процессов, они демонстрируют норму. Можно привести и обратные примеры, когда с точки зрения

истории наблюдений фиксируется норма, но с точки зрения множества процессов следует констатировать аномалию.

Абстрактная методологическая схема, обобщающая эти примеры и замечания, состоит в том, что помимо условий, сформулированных нами в п. 2, в ряде случаев оказывается необходимым еще одно условие — условие множества однотипных процессов. В идеале у нас должна быть возможность наблюдать не единичный процесс, а их множество, то есть иметь не единственную матрицу X истории наблюдений (см. таб. 1), а серию матриц:

$$X_1 = ({}_1x_{ij}) \quad X_2 = ({}_2x_{ij}) \quad X_3 = ({}_3x_{ij}) \quad \dots \\ X_k = ({}_kx_{ij})$$

Наблюдение множества однотипных процессов часто бывает важно для получения полноценной картины. Оно позволяет выявить общие закономерности, учесть изменчивость и исключительные случаи, более глубоко понять природу и динамику постоянно изменяющихся соотношений в паре норма/аномалия.

4. ВСЕГДА ЛИ АНОМАЛИЯ — ЭТО ЧТО-ТО ПЛОХОЕ

Аномалия — концепция, которая несет в себе определенное негативное звучание. Ошибка, необычность или отклонение от нормы — именно эти ассоциации приходят на ум, когда мы слышим это слово. Причина такого отрицательного отношения проста: люди стремятся создавать системы и рамки, чтобы упорядочить мир вокруг себя, аномалии, в свою очередь, разрушают эти установленные каркасы и вызывают дискомфорт (см. [4]).

Аномалии вызывают неуверенность, неопределенность и непредсказуемость. Человеческий разум пытается понять и классифицировать все явления и ситуации, в которых он оказывается, но аномальные явления являются исключением из общего правила, что вызывает ощущение дезориентации и неспособности подчинить их собственной логике.

Такое восприятие не вполне соответствует реальности. Иногда аномалию следует рассматривать как перспективную возможность для прорывного развития, а не как катастрофу или проблему, требующую немедленного решения.

Пример D. Работа сервера. Если в один из дней мы обнаружим, что количество посетителей нашего ресурса увеличилось кратно по сравнению с предыдущими днями, то это, безусловно, аномалия. Но такую аномалию можно только приветствовать.

5. MISSION FAILED ИЛИ JOB IS DONE?

Вернемся к теме целеполагания, которую мы уже упоминали в начале нашего рассуждения (см. п. 2). Целеполагание и достижение целей —

⁶ Строго говоря, ее нет, но ее можно получить, исходя из истории наблюдений (например, при помощи доверительных интервалов, хотя, есть и другие методы), и, в силу стационарности процесса отклонений, эта величина не будет изменяться с течением времени. То есть, получив ее каким-либо образом один раз, можно будет использовать ее всегда, на любом участке наблюдения за процессом.

⁷ Если, разумеется, наша история ограничена одним семестром

важная основа для оценки качества процесса⁸. Они определяют направление работы и предоставляют возможность измерения важных для достижения целей показателей. Однако подход, основанный исключительно на результате, оказывается крайне неэффективным, поскольку оценка происходит слишком поздно — к моменту, когда проект уже провален или, наоборот, его цель уже достигнута.

Мы предлагаем другой подход, основанный на детекции аномальных состояний процесса в тот момент, когда аномалии только возникают. Он подразумевает две составляющие:

1. мониторинг, который проводится непрерывно в течение всего процесса,
2. и протоколы реагирования, которые реализуются при возникновении аномалий.

Мониторингу, то есть, методам детекции аномалий были посвящены предыдущие разделы, теперь мы перейдем к протоколам реагирования. Отметим сразу, что это крайне сложная тема, которая требует глубокого погружения в предметную область процесса, но в еще большей степени — управленческих и организационных усилий по реализации мер, направленных на устранение аномалий⁹.

Протоколы реагирования на аномальные состояния процесса определяют процедуры, которые должны быть выполнены, если процесс сталкивается с аномальным состоянием. Это позволяет оперативно и эффективно принимать меры для восстановления нормы, минимизации возможных последствий и предотвращения серьезных проблем.

В рамках протоколов реагирования на аномальные состояния обычно определяются следующие ключевые элементы:

1. классификация аномалии по степени серьезности и приоритетности для принятия соответствующих мер реагирования;
2. анализ причин возникновения аномалии;
3. принятие мер реагирования (временную остановку производственных процессов, перенастройку параметров системы, замену персонала или другие действия) для восстановления нормального состояния системы;
4. анализ эффективности принятых мер и при необходимости внесение дополнительных корректив.

Пример А. Жизнедеятельность организ-ма. Мы уже рассматривали этот пример (см. п. 3.2). Снижение аппетита — аномалия. Поход к

⁸ Если, конечно, понимать его как проект, подчиненный свободе воли, а это, как мы выяснили характерно далеко не для всех процессов

⁹ Аномалия должна быть устранена, если она является нежелательной. Если это не так (см. пример в п. 4), устранять ее, разумеется, не нужно, но в любом случае следует установить ее причины

ветеринару — принятие мер в рамках протокола реагирования.

Пример В. Гарантийное обслуживание промышленного изделия. Если в процессе гарантийного обслуживания мы наблюдаем внезапный шквал нареканий, причем речь идет не об одном изделии, а о целой партии (см. п. 3.3, где мы рассматривали множества процессов), то это, безусловно, требует принятия срочных мер. Возможно, причина в технологических ошибках, и тогда нужно вносить изменения в технологические карты, перенастраивать оборудование и т. д. Но, возможно, имеет место халатность работников, и тогда нужно применять меры дисциплинарного взыскания. В данном случае протокол реагирования не очевиден и не включается автоматически, а требует дополнительного детального анализа причин возникшей аномалии.

Подобные примеры, как и выше, можно было бы продолжать бесконечно, мы ограничимся тем, что еще раз сформулируем свою основную идею:

1. наблюдения за процессом, основанные на получении численных показателей, характеризующих процесс с разных точек зрения, должны проводиться непрерывно;
2. для выявления аномалий следует использовать все доступные средства, возможно, сопряженные с построением сложных прогнозирующих моделей методами машинного обучения, и не ограничиваться одними лишь калибровками, которые далеко не всегда являются эффективными;
3. выявленные аномалии следует классифицировать, установить их причины и возможные последствия, после чего — действовать согласно протоколу реагирования.

Все это не отменяет важности целеполагания. Безусловно, в высшей степени важно проводить финальную оценку по завершению процесса, так как только она позволяет анализировать итоговые результаты, сравнивать их с поставленными целями и определять достигнутый уровень качества, а на основе этой информации — делать выводы для будущих проектов и улучшить стратегии планирования и реализации.

Но чтобы избежать слишком поздней оценки качества процесса, необходимо использовать комплексный подход. Регулярные оценки на разных этапах (или, в терминах нашей методологии, мониторинг аномальных состояний) позволяют оперативно корректировать планы (то есть, исполнять протоколы реагирования на аномалии) и повышать эффективность работы, что увеличивает вероятность достижения поставленных целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Эдвардс Деминг. – Пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Альпина Паблшер, 2014. – 417 с. – ISBN 978-5-9614-4717-0.
2. Каору И. Японские методы управления качеством / Исикава Каору – М.: Экономика, 1988 – 199 с.
3. Вьюгин, В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования / В. В. Вьюгин. – М.: МЦИМО. – 2013. – 387 с. ISBN: 978-5-4439-2014-6.
4. Исаева Д.Ф. Детекция аномалий в новостных данных / Д.Ф. Исаева, Н.М. Попова // В сборнике: XXXVI Международные Плехановские чтения. Сборник статей участников конференции. – В 4-х томах. – М., 2023. – С. 192-196.

JUSTIFICATION OF ANOMALY DETECTION METHODOLOGY AS A NEW DIGITAL QUALITY MANAGEMENT TOOL

© 2024 V.G. Mosin, V.N. Kozlovsky

Samara State Technical University, Russia, Samara

The article substantiates a new quality management methodology that determines the need to detect data anomalies in electronic files as a tool for identifying problems in the functioning and effectiveness of management system processes.

Keywords: quality management, quality assessment, methodology, data analysis, anomaly detection.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-3-16-22

EDN: TTLUU

REFERENCES

1. Deming, E. Vyhod iz krizisa. Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, sistemami i processami / Edvards Deming. – Per. s angl. – 6-e izd. – M.: Al'pina Pablsher, 2014. – 417 s. – ISBN 978-5-9614-4717-0.
2. Kaoru I. YAponskie metody upravleniya kachestvom / Isikava Kaoru – M.: Ekonomika, 1988 – 199 s.
3. V'yugin, V.V. Matematicheskie osnovy teorii mashinnogo obucheniya i prognozirovaniya / V.V. V'yugin. – M.: MCIMO. – 2013. – 387 s. ISBN: 978-5-4439-2014-6.
4. Isaeva, D.F. Detekciya anomalij v novostnyh dannyh / D.F. Isaeva, N.M. Popova // V sbornike: XXXVI Mezhdunarodnye Plekhanovskie chteniya. Sbornik statej uchastnikov konferencii. – V 4-h tomah. – M.: 2023. – S. 192-196.

Vladimir Mosin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor.

E-mail: yanbacha@yandex.ru

Vladimir Kozlovsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department. E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru