

УДК 004.827

В.А. Крисилов, Е.А. Городничая

Одесский национальный политехнический университет

МАСШТАБЫ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Рассмотрены типы шкал и преобразования масштабов временных характеристик. На основании типов шкал предложены преобразования масштабов временных характеристик. Описание преобразования масштабов временных характеристик позволяет определить операции, которые можно проводить в условиях неопределенности при разных типах шкал у сравниваемых объектов.

Ключевые слова: типы шкал, преобразования масштабов временных характеристик, временные характеристики, неопределенность.

Розглянуто типи шкал і перетворення масштабів часових характеристик. На підставі типів шкал запропоновано перетворення масштабів часових характеристик. Опис перетворення масштабів часових характеристик дозволяє визначити операції, які можна проводити в умовах невизначеності при різних типах шкал у порівнюваних об'єктах.

Ключові слова: типи шкал, перетворення масштабів часових характеристик, часові характеристики, невизначеність.

Reviewed the types of scales and temporal characteristics of the scale transformation. Based on the types of scales proposed conversion of the time scale characteristics. Description scale transformation temporal characteristics to determine the operation, which can be carried out in conditions of uncertainty under the condition of different types of objects to be compared in scales.

Keywords: types of scales, transformation the temporal characteristics of the scale, temporal characteristics uncertainty.

Постановка задачи. Принятие решений во всех без исключения областях деятельности человека связано со сбором и обработкой информации: сроки выполнения договоров, происхождение событий, датировка исторических экспонатов и т.д.

Над временными характеристиками могут выполняться различные операции: формирование описания временных характеристик, операции передачи и хранения временных характеристик, операции поиска, сравнения, упорядочивания, группировки событий и

процессов [1; 2]. Одинаковые операции над временными характеристиками могут вычисляться по-разному, это зависит от шкалы, на которой описана временная характеристика: шкала отношений, интервалов, порядка, абсолютная шкала. Поэтому важно описать типы шкал и преобразования масштабов временных характеристик.

Постановка цели. Целью данной работы является описание типов шкал и преобразование масштабов временных характеристик в случаях, когда они описаны на различных типах шкал и с различной степенью подробности, для формирования операций над временными характеристиками.

Основной материал. Описание временных характеристик. Объемы хранимой и обрабатываемой информации в современных БД увеличиваются экспоненциально. Это выдвигает особые требования к методам и средствам поиска и обработки информации. Но при поиске объекта, который описан в условиях неопределенности, в случае, когда существует эталон, можно найти лишь приближенные к необходимым данным объекты. Одной из причин, которая препятствует качественному поиску объектов в базах данных, является неопределенность описания временных характеристик объектов, т.к. лишь приблизительно известно, когда произошло интересующее событие.

Предлагается описывать временные характеристики объектов и запросов в виде лингвистических переменных, т.к. нечеткость описания временной характеристики, а также использование различных шкал (шкала отношений, интервалов, порядка, абсолютная шкала) при описании объекта затрудняет дальнейший анализ и поиск временного промежутка исторических событий [3].

Виды временных характеристик. Определение. Шкала – это знаковая система, для которой задано отображение, ставящее в соответствие реальным объектам тот или иной временной элемент шкалы.

В зависимости от требуемой точности входных данных используются различные типы измерительных шкал. В практике научных исследований получили распространение такие типы шкал: абсолютная шкала, шкала отношений, шкала интервалов, шкала порядка и шкала наименований [4].

При сравнении временных объектов важно на какой шкале измерения и с какой подробностью были описаны временные характеристики, т.к. при изменении масштаба шкалы нечеткие

переменные временных характеристик могут принимать вид четких значений либо наоборот. Таким образом, операции над временными характеристиками можно разделить на операции внутри одной шкалы, либо на операции на разных шкалах. В случае операций над временными характеристиками, которые имеют различные шкалы, изменяется масштаб шкалы одной из них.

Будем различать временные характеристики, которые описаны в условиях определенности и в условиях неопределенности. В условиях определенности, события принимают вид точечного значения, процессы – вид интервалов. В условиях неопределенности все временные характеристики принимают вид интервала с нечеткими границами. Таким образом, можно предложить следующую классификацию временных характеристик: точечное значение, интервал с детерминированными границами, интервал с нечеткими границами.

Определение. Точечное значение – неделимый момент времени, смысл которого задается масштабом шкалы.

Определение. Интервал – это пространство временных значений, имеющее одну или несколько границ.

Чаще всего под интервалом понимают диапазон значений, ограниченный с двух сторон, но также существуют интервалы с одной границей. Количество границ интервала называется его граничностью. Тогда интервалы с одной границей это 1-граничные интервалы (или просто 1-интервалы), интервалы с двумя границами – 2-граничные интервалы. Для интервалов с двумя границами будем выделять специальный вид интервалов – минимальные.

Определение. Минимальным называется интервал, который состоит из двух соседних точек на шкале.

1-граничные интервалы делятся на интервалы: «не позже чем» – на таких интервалах указано до какого времени длится событие, без указания начала события, «не раньше чем» – на таких интервалах указано от какого времени ведется отсчет события и не указано, когда событие закончено.

Типы измерительных шкал. В зависимости от требуемой точности входных данных, используются различные типы измерительных шкал. В практике научных исследований получили распространение такие типы шкал:

- количественные шкалы: абсолютная шкала (шкала отношений), шкала интервалов;
- качественные: шкала порядка и шкала наименований [4].

Количественные шкалы

Представление данных на шкалах первых двух типов является наиболее информативным. Эти шкалы содержат количественные данные. Абсолютная шкала удобна для записи количества элементов в некотором конечном множестве. Шкала интервалов используется для измерения весов, длин, температур. Они также удобны в тех случаях, когда не известны единицы измерения данных, но необходимо сохранять масштаб расположения значений данных на шкале. Эти типы шкал называют сильными, количественными или арифметическими [4].

Интервальная шкала – это шкала, классифицирующая по принципу "больше на определенное количество единиц – меньше на определенное количество единиц". Шкала представляет собой полностью упорядоченный ряд с измеренными интервалами между пунктами, причем отсчет начинается с произвольно выбранной величины. Каждое из возможных значений признака стоит от другого на равном расстоянии. Таким образом, в шкале интервалов нулевая точка отсчета может устанавливаться произвольно, а величины единиц и направление отсчета могут определяться по избираемым константам. Эквивалентные интервальные шкалы могут быть линейно преобразованы друг в друга, что позволяет приводить результаты тестирования к общим шкалам и таким образом осуществлять сравнение показателей [5]. Интервальная шкала отражает информацию об отношениях больше/меньше, равенства/неравенства и операциях сложение/вычитание между значениями данных. На данной шкале можно описывать свойства предметов. Например, дата (с 1457 до н.э до 2013 н.э), широта (от $+90^\circ$ до -90°), температура (от 10°C до 20°C).

Абсолютная шкала. Измерение в этой шкале отличается от интервального только тем, что в ней устанавливается нулевая точка, соответствующая полному отсутствию выраженности измеряемого свойства [5]. На данной шкале можно описывать возраст. Абсолютная шкала отражает информацию об отношениях больше/меньше, равенства/неравенства и операциях сложения/вычитания и умножения/деления между значениями данных.

Качественные шкалы

Шкалы порядка и наименований менее информативны и используются, как правило, для представления качественных данных. Их называют слабыми, или качественными шкалами [4].

Ранговая, или порядковая шкала (неметрическая) как результат ранжирования. Как следует из названия, измерение в этой шкале

предполагает приписывание объектам чисел в зависимости от степени выраженности измеряемого свойства. Можно ранжировать всех испытуемых по интересующему нас свойству на основе экспертной оценки или по результатам выполнения некоторого задания и приписать каждому испытуемому его ранг. Или предложить испытуемым самим определить выраженность изучаемого свойства, пользуясь предложенной шкалой (5–7- или 10-балльной).

Существует множество способов получения измерения в порядковой шкале. Но суть остается общей: при сравнении испытуемых друг с другом мы можем сказать, больше или меньше выражено свойство, но не можем сказать, насколько больше или насколько меньше оно выражено, а уж тем более – во сколько раз больше или меньше. При измерении в ранговой шкале, таким образом, из всех свойств чисел учитывается то, что они разные, и то, что одно число больше, чем другое [5].

Шкала порядка сохраняет лишь порядок следования значений измеряемых величин, то есть отражает информацию только об отношениях больше/меньше и равенства/неравенства между значениями данных. На данной шкале можно описывать дихотомические свойства предметов, например: пол (мужской, женский), и недихотомические, например: национальность (украинец, русский, китаец и т.д.).

Номинативные шкалы (шкалы наименований) – шкалы, устанавливающие соответствие признака тому или иному классу. Название не измеряется количественно, оно лишь позволяет отличить один объект от другого. Признак, который измеряется по дихотомической шкале наименований, называется альтернативным. Он может принимать всего *два значения*. Привычные операции с числами – упорядочивание, сложение-вычитание, деление – при измерении в номинативной шкале теряют смысл. При сравнении объектов мы можем делать вывод только о том, принадлежат они к одному или разным классам, тождественны или нет по измеренному свойству. Несмотря на такие ограничения, номинативные шкалы широко используются в психологии, и к ним применимы специальные процедуры обработки и анализа данных.

Единица измерения в шкале порядка – расстояние в один класс или в один ранг, при этом расстояние между классами и рангами может быть разным (оно нам не известно). При операциях с числами порядковой шкалы необходимо помнить, что интервалы в шкале не равны, поэтому числа обозначают лишь порядок следования

признаков. И операции с числами – это операции с рангами, но не с количественным выражением свойств в каждом пункте [5].

Шкала наименований ещё менее информативна, чем шкала порядка. Она хранит информацию лишь об отношениях $=$ и \neq . Эта шкала используется для представления таких данных как собственные имена, всевозможные названия и т.д. Информация, которую можно получить в такой шкале – наличие либо отсутствие определённого свойства у объекта.

На данной шкале можно описывать дихотомические свойства предметов, например: состояние здоровья (здоровый, больной), красота (красивый, уродливый), и недихотомические, например: мнение (полностью согласен, скорее согласен, полностью не согласен).

Преобразования масштабов временных характеристик на шкалах. При сравнении временных объектов важно, на какой шкале измерения и с какой подробностью были описаны временные характеристики, т.к. при изменении масштаба шкалы нечеткие переменные временных характеристик могут принимать вид четких значений либо наоборот. Таким образом, операции над временными характеристиками можно разделить на операции внутри одной шкалы, либо на операции на разных шкалах.

Процесс перехода от одной шкалы к другой и формирования более общих понятий носит название грануляции.

Для дальнейшего изложения материала введём две ограничительные гипотезы.

Гипотеза 1. Будем различать понятия шкалы и измерения. Под шкалой будем понимать некоторую абстракцию для отображения свойств некоторой математической характеристики. Под измерением будем понимать ограниченный фрагмент шкалы, для которого заданы шаг и верхняя и нижняя границы – максимальное и минимальное значения данных. Исходя из этого, очевидно, что пространство измерений всегда ограничено, таким образом, всегда существует конечное, дискретное число значений измерения.

Таким образом, любой временной домен $(T; \leq)$, на основании которого задаётся любая грануляция G , всегда дискретен и имеет конечное число значений.

Гипотеза 2. Пусть на некотором временном домене $(T; \leq)$ задана грануляция G , тогда:

$$n_G \leq n_T,$$

где n_T – число значений во временном домене T , n_G – число гранул, полученных в результате грануляции G .

Преобразования над временными характеристиками, которые описаны на различных шкалах. Очевидно, что информации, содержащейся в количественных шкалах, достаточно, чтобы сделать ее однозначное отображение на качественные шкалы. Обратное отображение неоднозначно и требует использования неформализованных методов преобразования.

Выбор шкалы для измерения входных данных обусловлен:

- точностью представления данных, которая необходима и достаточна для решения конкретной задачи;
- возможностью получения входных данных с требуемой точностью, например, возможностями измерительных приборов.

А значит, могут возникнуть две ситуации:

- выбрана более информативная шкала, чем требуется;
- выбрана менее информативная шкала.

В первом случае, при использовании «слишком» информативной шкалы, входные данные приобретают большую подробность, чем это необходимо, что влечёт за собой затраты времени на обработку «слишком» подробных данных, требуются более сложные приборы измерения, сбор информации становится более трудоёмким. При этом входные данные становятся более подвержены «помехам» — случайным колебаниям значений. Это повышает риск принятия некорректных решений системой на основе этих случайных значений входных данных. Таким образом, если требуемая точность входных данных для конкретной задачи невысока, то имеет смысл переходить от количественных шкал к качественным шкалам. Тем более, что такой переход однозначен.

Во втором случае – выбранная измерительная шкала менее информативна, чем требуется для решения задачи. Например, выбрана шкала порядка, в то время как требуется представление данных на абсолютной шкале. В результате невозможно получить решение задачи с требуемой точностью. Сложность этой ситуации в том, что невозможно совершить однозначное преобразование от слабой шкалы к более сильной. Таким образом, для того чтобы использовать уже полученные данные, необходимо привлечь знание экспертов и на базе слабо формализованных процедур провести это преобразование. Второй способ разрешения такой ситуации – произвести повторное получение данных в новых, более информативных шкалах, если это возможно.

Преобразования над временными характеристиками, которые описаны на одном типе шкалы. Для описания временных характеристик объектов используем пять лингвистических переменных:

1. «Век». Поскольку рассматривается временной домен $[0; 100]$, то этой лингвистической переменной соответствует единственное значение нечёткого множества «век».

2. «Половина века» = («первая», «вторая»).

3. «Треть века» = («первая»; «вторая»; «последняя»).

4. «Часть века» = («начало века»; «середина века»; «конец века»)

5. «Четверть века» = («первая»; «вторая»; «третья»; «последняя»).

6. «Год».

Таким образом, при использовании одного типа шкал подробность, с которой описаны временные характеристики объектов, также могут различаться.

При сравнении временных характеристик, каждая из которых описана с помощью различных лингвистических переменных, имеет место:

– свертка – в случаях, когда более детальную временную характеристику сворачивают к более абстрактной. Например, временную характеристику, описанную лингвистической переменной «треть века», представляют в виде лингвистической переменной «век».

– декомпозиция – в случаях, когда менее детально описанную временную характеристику описывают с большей подробностью. Например, временную характеристику, описанную лингвистической переменной «треть века», приставляют в виде лингвистической переменной «четверть века».

Пример. Необходимо отсортировать две временные характеристики:

- «Гидрия. Аттика» (530–520 гг. до. н.э.) – представлена с помощью лингвистической переменной «год».

- «Амфора. Аттика» (I четверть V века) – представлена с помощью лингвистической переменной «четверть века».

Для того чтобы отсортировать две временные характеристики, представленные с помощью различных лингвистических переменных, необходимо привести их к одному виду. В данном случае представим сосуд «Гидрия. Аттика» в виде лингвистической переменной «четверть века», т.е. произведем свертку: «Гидрия. Аттика» (I–II четверть V века). В данном случае, «Гидрия. Аттика» будет описана с

большей степенью неопределенности, по сравнению с «Амфора. Атика».

Вывод. На основании классификации видов временных характеристик появляется возможность формализовать операции над временными характеристиками, которые были описаны в условиях неопределенности, а именно:

- формирование описания временных характеристик;
- операции передачи и хранения временных характеристик;
- преобразование масштабов;
- операции поиска, сравнения, упорядочивания, группировки событий и процессов, в том числе событий и процессов, которые имеют только одну границу.

Также были описаны типы шкал. На основании этого описания были предложены преобразования масштабов временных характеристики, которые:

- описаны с различной степенью подробности (представлены в виде разных лингвистических переменных);
- представлены на различных типах шкал: шкала отношений, интервалов, порядка, абсолютная шкала.

Описание преобразования масштабов временных характеристик позволяет проводить различные операции над временными характеристиками, а именно: операции поиска, сравнения, упорядочивания, группировки событий и процессов, в том числе событий и процессов, которые имеют только одну границу.

Библиографические ссылки

1. **Добронец Б. С.** Интервальная математика / Б.С. Добронец – Красноярск : Изд-во КГУ, 2004. – 216 с.

2. **Шарый С. П.** Конечномерный интервальный анализ / С.П. Шарый. – М. : Изд-во «XYZ», 2007. – 607 с.

3. **Крислов В. А.** Методика оценки релевантности результатов запросов к базам данных / В.А. Крислов, Е.А. Городничая // Труды Одесского политехнического ун-та. – 2015. – № 1 (45). – С. 121–127.

4. **Загоруйко Н. Г.** Прикладные методы анализа данных и знаний / Н. Г. Загоруйко – Новосибирск : ИМ СО РАН, 1999. – 270 с.

5. Шкалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cito-web.yspu.org/link1/metod/met90.html>

Надійшла до редколегії 27.10.15