

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ И ОБРАБОТКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Виктор Крисилов, Екатерина Городничая

**Аннотация:** В данной работе описываются типы объектов и виды временных характеристик объектов для формализации операций на них. Проводится исследование шкал, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов. Также в работе описаны преобразования масштабов временных характеристик объектов на шкалах, для формализации операций сравнения на временных характеристиках.

**Ключевые слова:** нечеткая логика, неопределенность, типы шкал, временные характеристики объектов, преобразования на временных характеристиках объектов.

**ACM Classification Keywords:** I.2.4 Knowledge Representation Formalisms and Methods - Temporal logic, I.5.1 Models - Fuzzy set, Structural, F.4.1 Mathematical Logic - Temporal logic

---

### Введение

Во всей без исключения информации, которой пользуется человек, присутствуют объекты, которые описаны с помощью временных характеристик, будь то документы, базы данных, договоренность о встрече, обсуждение проблем или задач на определенный промежуток времени. Временные характеристики событий и процессов могут использоваться в таких предметных областях: темпоральная логика, медицина и здравоохранение, образование, спорт, а также информатика.

Спецификой объектов, которые описаны с помощью временных характеристик, является то, что они могут быть описаны как на количественных, так и на качественных шкалах, а также могут отличаться масштабами, на которых представлена временная характеристика:

- указание точной даты/времени, например: 19 марта 1946 года;
- указание временного интервала, например: 336 г. до н. э. — 323 г. до н. э.;
- использование различных терминов с разной степенью подробности, например: вторая половина III ст. д.н.э, последняя треть II века д.н.э.

Из-за такого описания временных характеристик, возникают существенные ограничения при выполнении операций на временных характеристиках объектов, которые описаны по-разному: затрудняет или делает невозможным поиск, упорядочивание, группирование и сравнение

объектов по временным характеристикам. Таким образом, целесообразно исследовать временные характеристики объектов и шкалы, на которых они могут быть описаны.

Над объектами, которые описаны с помощью временных характеристик, могут выполняться различные операции: операции сравнения, поиска, группировки и упорядочивания событий и процессов [Добронец, 2004; Шарый, 2007]. В настоящее время, при поиске временных величин, есть возможность находить лишь величины, которые представлены с помощью одинакового масштаба либо на одинаковом типе шкалы. Но при этом нет возможности найти потенциально подходящие объекты, которые соответствуют запросу, но описаны с другой степенью подробности.

Из этого следует, что на сегодняшний день, нет возможности качественно использовать операции на временных характеристиках объектов без правильного преобразования шкал. Таким образом, необходимо описать способы преобразования одной шкалы в другую и способы изменения масштаба временной характеристики объекта.

Часто лишь приблизительно известно, когда произошло интересующее событие. По этой причине может появляться неопределенность описания временных характеристик объектов. К неопределенности описания временных характеристик объектов может относиться неточность измерений, неопределенность текстовых данных, погрешность обработки временных характеристик и др. Неопределенность описания временных характеристик объектов также проявляется в случаях, когда для описываемых событий искусственно расширяется временной диапазон. Все это накладывает ограничения на операции, проводимые над объектами, которые описаны с помощью временных характеристик.

Таким образом, необходимо выделить типы объектов [Сергеев, 2009; Васильев, 2008] и виды описания временных характеристик объектов для формализации типичных операций на временных характеристиках объектов.

Целью данной работы является исследование шкал, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов, описание типов объектов и видов временных характеристик объектов для формализации операций на временных характеристиках объектов, таких как: операции сравнения, группировки, упорядочивания и поиска.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследование шкал, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов.
2. Выделение типов объектов, для описания которых необходимы временные характеристики.
3. Выделение видов описания временных характеристик объектов.
4. Исследование преобразований масштабов временных характеристик объектов на шкалах.

---

## Типы измерительных шкал

---

Определение. Шкала – это знаковая система, для которой задано отображение, ставящее в соответствие реальным объектам тот или иной элемент шкалы. [Крисиллов, 2015а]

При сравнении временных характеристик объектов важно на какой шкале измерения и с какой подробностью они были описаны, т.к. нечеткие временные характеристики объектов могут принимать вид четких значений либо наоборот, в зависимости от того на какой шкале они описаны. Таким образом, операции на временных характеристиках объектов можно разделить на операции внутри одной шкалы и на операции на разных шкалах.

В зависимости от требуемой точности входных данных, используются различные типы измерительных шкал [Крисиллов, 2015а]. В практике научных исследований получили распространение такие типы шкал:

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

Шкалы порядка и наименований менее информативны и используются для представления качественных данных.

Номинативные шкалы (шкалы наименований) – шкалы, устанавливающие соответствие признака тому или иному классу. Шкала наименований хранит информацию лишь об отношениях равенства/неравенства. На данной шкале можно описывать дихотомические свойства объектов, например: происходило ли событие в 1956 году (да, нет) и недихотомические, например: происходило ли событие в 1956 году (да, скорее всего да, нет).

В ранговой, или порядковой шкале при сравнении величин друг с другом можно сказать, больше или меньше выражено свойство, но не можем сказать, насколько больше или насколько меньше оно выражено. При измерении в ранговой шкале из всех свойств значений учитывается то, что они разные, и то, что одно значение больше, чем другое. [Щербак, 2007] Таким образом шкала порядка сохраняет лишь порядок следования значений измеряемых величин, то есть отражает информацию только об отношениях больше/меньше и отношения равенства/неравенства между значениями данных.

Представление данных на количественных шкалах являются более информативным. Количественные шкалы представляет собой полностью упорядоченный ряд с измеренным расстоянием между точками шкалы. В шкале интервалов отсчет начинается с произвольно выбранной величины. Таким образом, в шкале интервалов нулевая точка отсчета может устанавливаться произвольно, а величины единиц и направление отсчета могут определяться по избираемым константам. Измерение в абсолютной шкале отличается от интервального тем, что

в ней устанавливается нулевая точка, соответствующая полному отсутствию выраженности измеряемого свойства [Загоруйко, 1999; Щербак, 2007].

При работе с временными характеристиками целесообразно использовать шкалы порядка, наименований и абсолютные шкалы.

---

### **Типы временных характеристик. Виды описания временных характеристик объектов**

---

Будем различать следующие типы объектов, содержащих в своем описании временные характеристики:

- событие;
- процесс.

Определение. Событием будем называть объект, который в условиях данной задачи не содержит в своем описании других событий, т.е. не декомпозируется на шаги либо этапы.

Определение. Процессом будем называть объект, который содержит в своем описании последовательность событий.

К видам описания временных характеристик объектов будем относить интервал с нечеткими границами, интервал с детерминированными границами, точечное значение.

---

### **Интервал с нечеткими границами**

---

Интервал с нечеткими границами может описывать либо события, либо процессы, в которых лишь приблизительно известно время начала и окончания события или процесса. Кроме того, интервал с нечеткими границами могут принимать процессы, при описании которых была известна интенсивность происхождения процесса.

Интервал, который описывает событие, для которого неизвестно точное время его начала или окончания будем называть «нечетким» событийным интервалом.

Чаще всего под интервалом понимают диапазон значений, ограниченный с двух сторон, но для временных характеристик объекта 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. [Крисилов, 2015а]

Интервалы с одной границей используются в двух случаях:

1. Неизвестно время начала процесса или события (рис.1.а). Интервалы, которые образуются по этой причине будем называть интервалами «не позже чем» – на таких интервалах, указано до какого времени длится событие/процесс, без указания его начала.

2. Процесс или событие еще не закончилось (рис.1.б). Интервалы, которые образуются по этой причине будем называть интервалами «не раньше чем» – на таких интервалах, указано от какого момента времени ведется отсчет события/процесса и не указано, когда событие закончено.

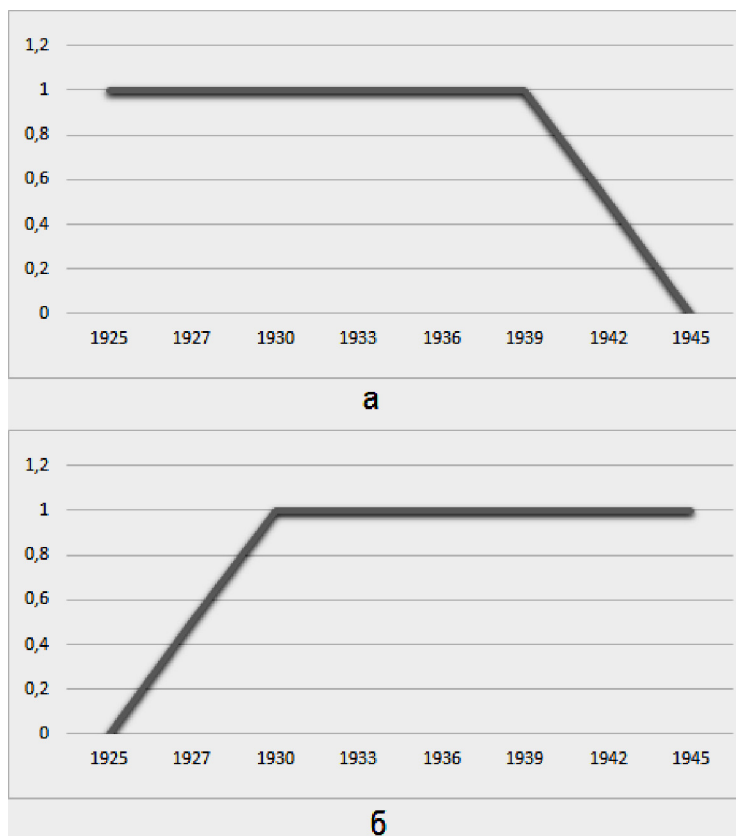


Рис.1. Интервалы с одной границей: а – Интервал «не позже чем»; б– Интервал «не раньше чем»  
Для интервалов с двумя границами будем выделять специальный вид интервалов – минимальные.

Определение. Минимальным называется интервал, который состоит из двух соседних точек на шкале. [Крисилов, 2015а; Ковалев, 2001]

### Интервал с детерминированными границами

Вид интервала с детерминированными границами принимают:

1. Процессы, в случае, когда при его описании точно известно начало и окончание процесса;
2. «Четкие» события, в случае, когда для проведения некоторой операции необходимо выполнить увеличение масштаба временных характеристик четкого события. Для описания данного случая, введем специальный вид интервала - «четкий» событийный интервал.

Определение. «Четкий» событийный интервал – это интервал, который описывает событие, для которого известно точное время его начала и окончания, и который может возникать при

описании «менее подробного» события на «более информативной» шкале, а также при увеличении масштаба описания временной характеристики объекта.

Пример. Существует объект «Амфора. Аттика», который описан с помощью лингвистической переменной «четверть века»: I четверть V века, т.о. для изображения этого объекта применяется шкала «четверть века» и объект принимает вид точечного значения. Для того, чтобы провести операцию сравнения данного объекта с объектом, который описан с помощью лингвистической переменной «год», необходимо увеличить масштаб объекта «Амфора. Аттика». Т.о. объект «Амфора. Аттика» принимает вид интервала с детерминированными границами. (рис.2)

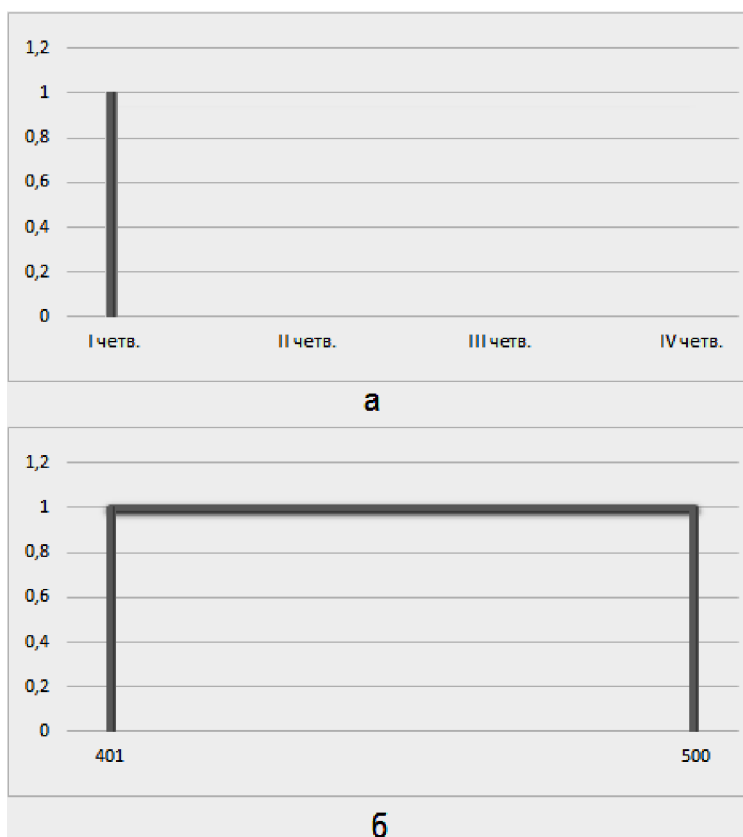


Рис. 2. Отображение объекта «Амфора. Аттика»: а) Отображение объекта «Амфора. Аттика» на шкале «четверть века»; б) Отображение объекта «Амфора. Аттика» на шкале «год»

### Точечное значение

Вид точечного значения принимают:

1. События, в случае, когда при их описании точно известно его начало и окончание.
2. «Нечеткие» события, в случае, когда для проведения некоторой операции необходимо выполнить уменьшение масштаба временных характеристик «нечеткого» события. При уменьшении масштаба временных характеристик, «нечеткое» событие (рис.3.а) принимает вид точечного значения, только в случае очень сильного уменьшения масштаба шкалы (рис.3.г). В

некоторых случаях, «нечеткое» событие при уменьшении масштаба временных характеристик, сохраняет вид «нечеткого» событийного интервала. (рис.3.б-рис.3.в).

На рис.3.а. изображено «нечеткое» событие, описанное с помощью лингвистической переменной «день». На рис. 3.б. интересуемое событие изображено с помощью лингвистической переменной «месяц», а на рис.3.в. – «квартал». Т.о. показано, что в некоторых случаях при уменьшении масштаба, объект, описанный с помощью временных характеристик, сохраняет вид «нечеткого» событийного интервала.

На рис. 3.г. данное событие изображено с помощью лингвистической переменной «год». В этом случае, произошло уменьшение масштаба временной характеристики объекта с точностью описания «день» до описания «год», т.о. показано, что при значительном уменьшении масштаба, «нечеткое» событие (рис.3.а) принимает вид точечного значения (рис.3.г).

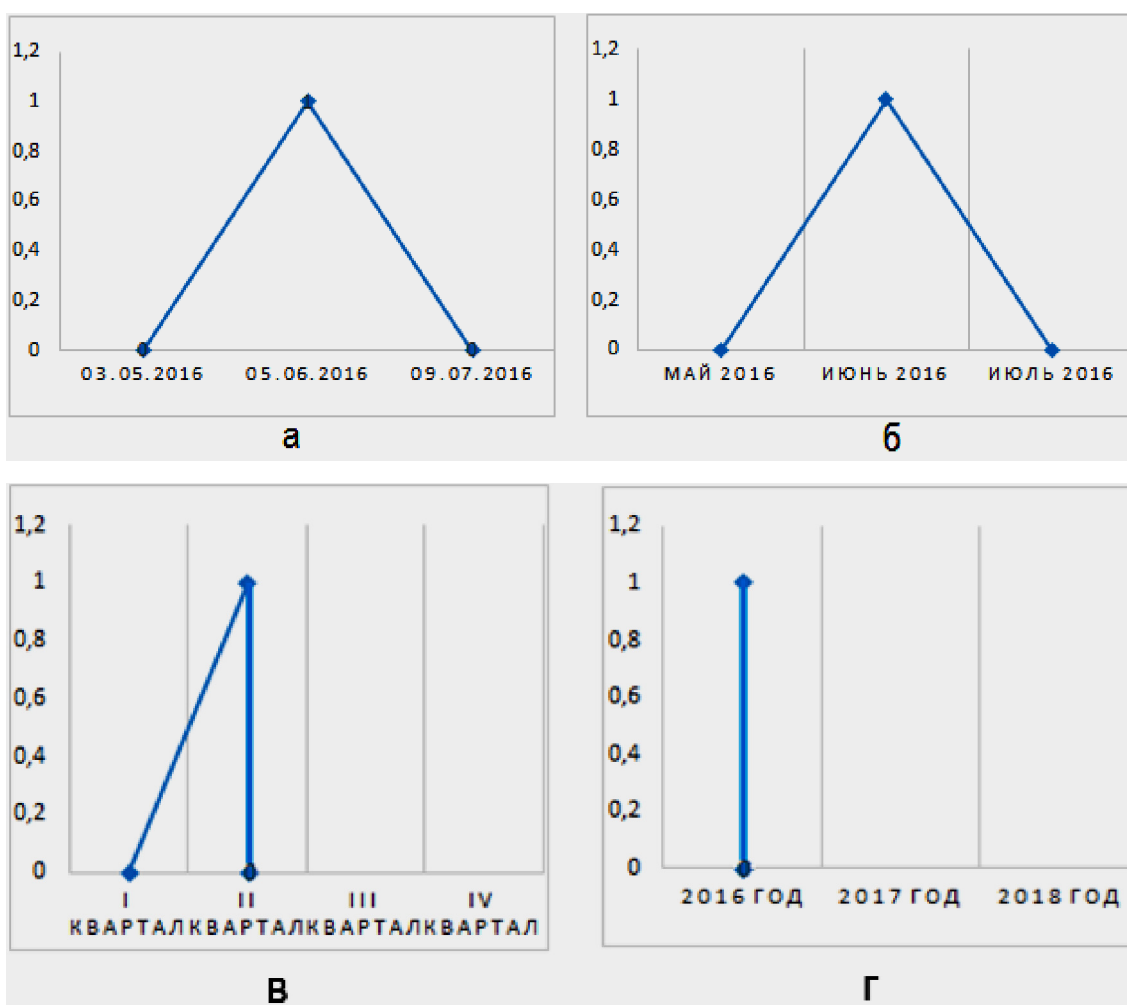


Рис.3. Преобразования «нечеткого» события в зависимости от масштаба шкалы: а) Отображение объекта на шкале «день»; б) Отображение объекта на шкале «месяц»; в) Отображение объекта на шкале «квартал»; г) Отображение объекта на шкале «год»

3. Процесс, в случае, когда происходит уменьшение масштаба временной характеристики процесса: это может происходить в случае, когда для проведения некоторой операции необходимо выполнить уменьшение масштаба шкалы, на которой описан процесс, без привлечения эксперта. В данном случае фактически происходит вырождение процесса в событие, т.к. при таком описании процесса в нем не учитывается последовательность событий. Но, целесообразно выполнять такое преобразование, в условиях конкретных задач, например: сравнение события и процесса, в случае, когда нецелесообразно изменение менее информативной шкалы в более информативную.

Пример. Существует процесс «Заключение договора» который описан с помощью лингвистической переменной «день»: 25 мая 2015 – 30 мая 2015, т.о. для изображения этого объекта применяется шкала «день» и объект принимает вид интервала с детерминированными границами. Для того, чтобы провести операцию сравнения данного объекта с объектом, который описан с помощью лингвистической переменной «месяц», было решено описать объект «Заключение договора» на менее информативной шкале. Т.о. объект «Заключение договора» принимает вид точечного значения. (рис.4)

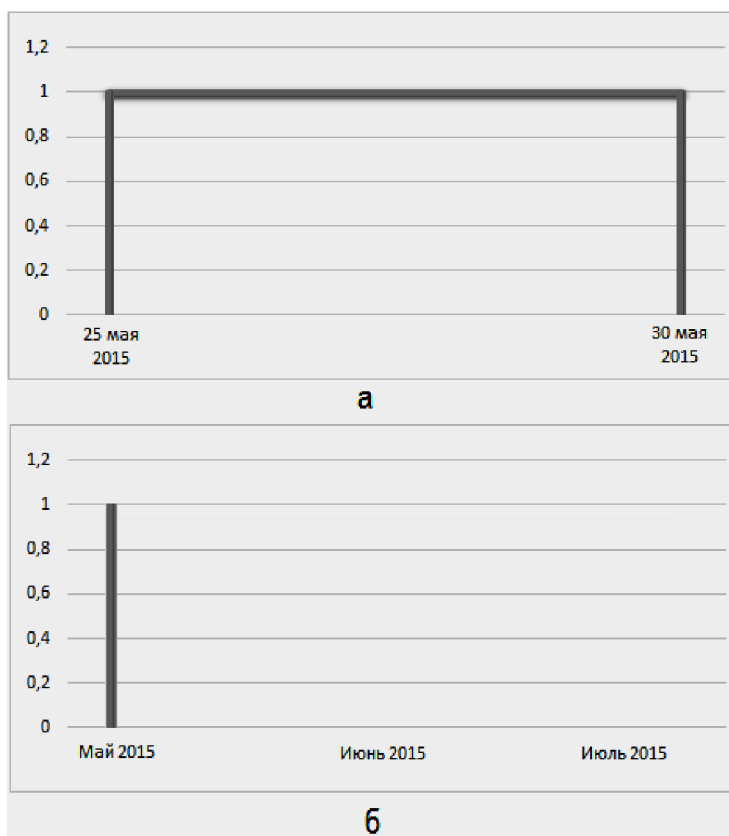


Рис. 4. Отображение объекта «Заключение договора»: а) Отображение объекта «Заключение договора» на шкале «день» ; б) Отображение объекта «Заключение договора» на шкале «месяц»



Можно сделать вывод о видах описания событий и процессов в зависимости от условий поставленной задачи.

Таким образом, событие может быть описано в виде:

- точечного значения, в случае описания «четкого» события, либо в случае уменьшения масштаба временных характеристик «нечеткого» события;
- «четкого» событийного интервала, в случае, когда увеличивается масштаб временных характеристик «четкого» события;
- «нечеткого» событийного интервала, в случае описания «нечеткого» события.

Процесс может быть описан в виде:

- интервала с нечеткими границами, в случае, когда лишь приблизительно известно время начала и окончания процесса, или в случае, когда при описании процесса известна интенсивность его происхождения;
- интервала с детерминированными границами, в случае, когда точно известно время начала и окончания процесса;
- точечного значения, в некоторых случаях уменьшения масштаба временных характеристик процесса.

---

### **Преобразования временных характеристик, которые описаны на одном типе шкалы**

---

Часто лишь приблизительно можно определить, когда произошло интересующее событие. От правильности описания временной характеристики объекта зависит дальнейшее представление исторических событий. Поэтому предлагается описывать временные характеристики объектов в виде лингвистических переменных, т.к. нечеткость описания временной характеристики, а также использование различных шкал при описании объекта затрудняет или делает невозможным дальнейший анализ и поиск временного промежутка исторических событий и процессов [Крислов, 2015b].

Для описания временных характеристик объектов, могут быть использованы следующие лингвистические переменные, которые характеризуют масштаб временных характеристик:

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»

7. «Месяц»

8. «День»

При использовании одного типа шкал, подробность с которой описаны временные характеристики объектов, могут различаться, в зависимости от того какими лингвистическими переменными описаны временные объекты.

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

1. Уменьшение масштаба (свертка) временной характеристик.

2. Увеличение масштаба (декомпозиция) временной характеристики.

Уменьшение масштаба временной характеристики [Клевцова, 2008] или свертка происходит в случаях, когда более детальную временную характеристику объекта описывают с большей степенью абстракции. Например, временной объект, описанный лингвистической переменной «год», представляют в виде лингвистической переменной «век».

«Четкое» событие при уменьшении масштаба временных характеристик данного объекта не изменяет свой вид, а остается описано в виде точечного значения. «Нечеткое» событие при уменьшении масштаба временных характеристик объекта может отображаться в виде «нечеткого» событийного интервала (рис.3.а-в), либо иметь вид точечного значения (рис.3.г)

«Четкий» процесс при уменьшении масштаба временных характеристик объекта может сохранять вид интервала с детерминированными границами, либо принимать вид точечного значения (рис.4.).

«Нечеткий» процесс при уменьшении масштаба временных характеристик может иметь вид нечеткого интервала или принимать вид точечного значения (рис.5.).

Увеличение масштаба временной характеристики [Клевцова, 2008] или декомпозиция происходит в случаях, когда менее детально описанный временной объект описывают с большей подробностью. Например, временной объект, описанный лингвистической переменной «треть века», приставляют в виде лингвистической переменной «четверть века».

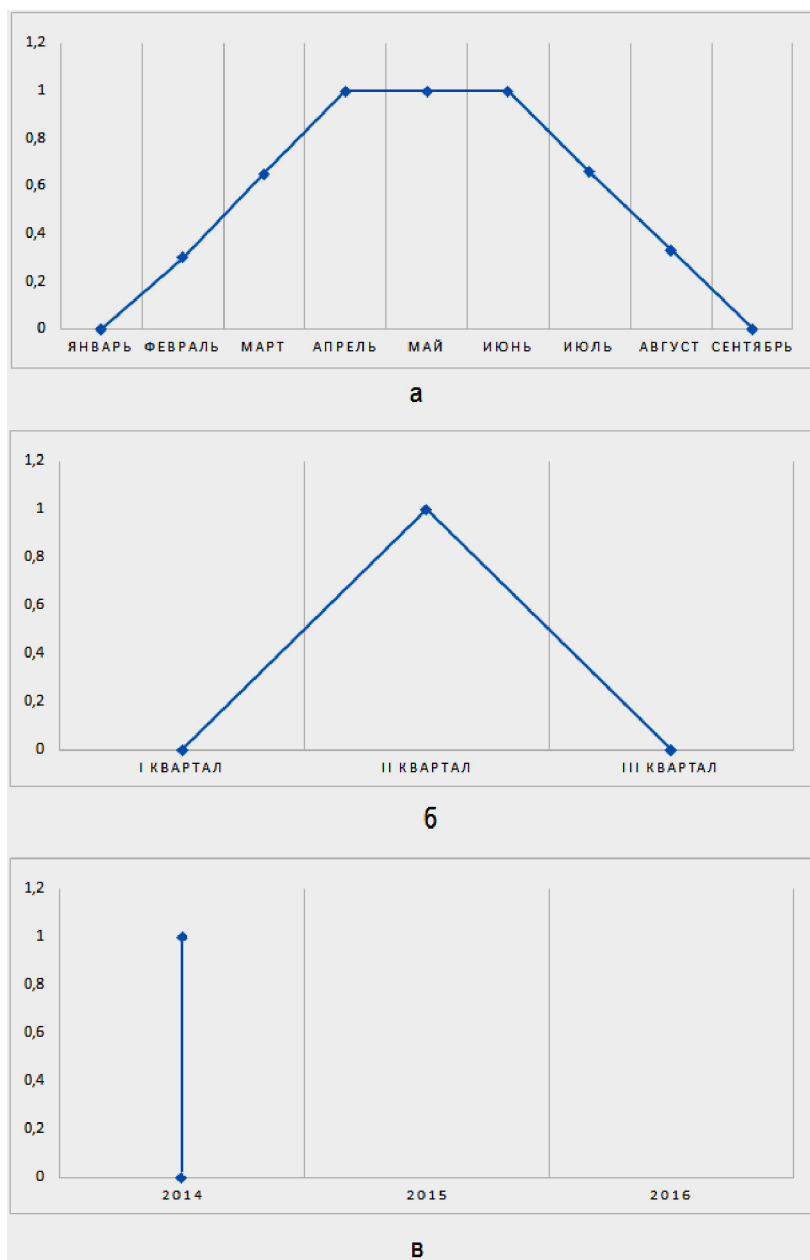


Рис.5. Преобразования «нечеткого» процесса в зависимости от масштаба шкалы: а) Отображение объекта на шкале «месяц»; б) Отображение объекта на шкале «квартал»; в) Отображение объекта на шкале «год»

Увеличение масштаба временной характеристики возможно в двух случаях:

1. Увеличение масштаба временной характеристики объекта с помощью известных хронологических периодов. Например, век: 0-100гг, первая половина века: 0-50гг и т.д. Т.о. при декомпозиции, исторический объект, который описан с помощью лингвистической переменной «четверть века» можно представить с помощью лингвистической переменной «год»: «Амфора. Аттика» (I четверть V века -> 525-500 гг. д.н.э.)

2. Увеличение масштаба временной характеристики объекта с помощью привлечения экспертов. Для увеличения масштаба временной характеристики объекта рекомендуется привлечение экспертов, т.к. в данном случае, правильность описания временной характеристики объекта будет больше, а неопределенность описания временной характеристики объекта – меньше, чем при увеличении масштаба шкалы с помощью известных хронологических периодов.

При увеличении масштаба временных характеристик, «четкое» событие принимает вид «четкого» событийного интервала, «нечеткое» событие (рис.б.а) будет иметь вид интервала с нечеткими границами (рис.б.б)

При увеличении масштаба временных характеристик «четкий» процесс всегда сохраняет вид интервала с детерминированными границами, а «нечеткий» процесс – вид интервала с нечеткими границами.

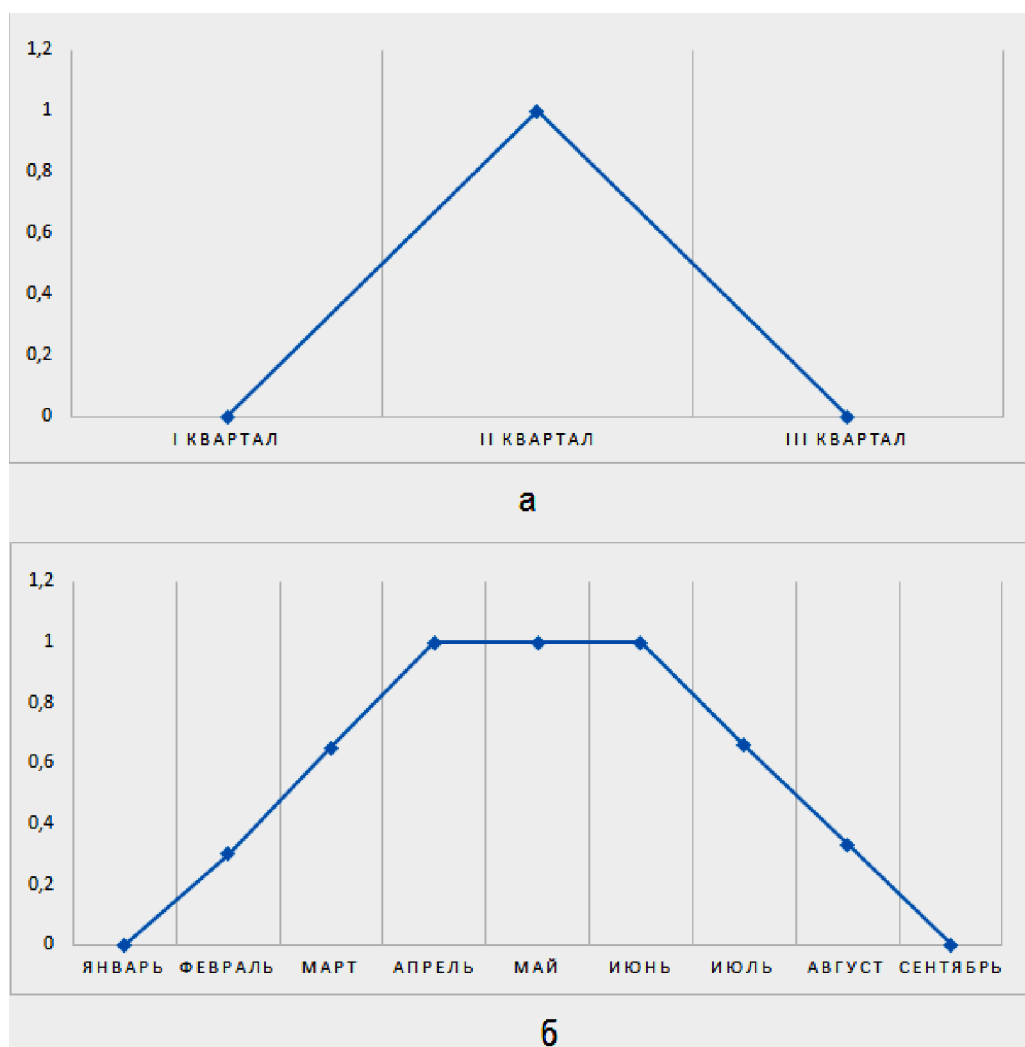


Рис.6. Преобразования «нечеткого» события в зависимости от масштаба шкалы: а) Отображение объекта на шкале «квартал»; б) Отображение объекта на шкале «месяц»

### **Преобразования временных характеристик, которые описаны на различных шкалах**

---

Информации, содержащейся в абсолютных шкалах, достаточно, чтобы сделать ее однозначное отображение на качественные шкалы. Обратное отображение — неоднозначно и требует использования дополнительных измерений.

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 случае операций на временных характеристиках объектов, которые описаны на различных шкалах, необходимо обеспечить их корректную сопоставимость, т.е. предварительно преобразовать шкалу одного из них.

В первом случае, при использовании «слишком» информативной шкалы, входные данные приобретают большую подробность, чем это необходимо. Это 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 с необходимой подробностью и отображение этих данных на соответственных шкалах, если это возможно.

---

## Вывод

---

В данной работе были исследованы шкалы, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов. Был сделан вывод, что при работе с временными характеристиками целесообразно использовать шкалы порядка, наименований и абсолютные шкалы.

На основании исследования шкал, были описаны возможности преобразования шкал, на которой описаны временные характеристики объекта, если это необходимо для решения поставленной задачи: поиск, сравнение, или группировка объектов, которые описаны на различных шкалах.

Были выделены типы объектов, для описания которых необходимы временные характеристики, и виды описания таких объектов. Т.о. будем различать события и процессы. Временные характеристики объектов могут быть описаны в условиях неопределенности, поэтому были выделены следующие виды их описания: интервал с нечеткими границами, интервал с детерминированными границами, точечное значение.

На основании выделения типов и видов описания временных характеристик объектов, были описаны способы преобразования масштабов временных характеристик объектов, когда они описаны на одном типе шкал, но с различной степенью подробности.

Выделение типов временных характеристик объектов и видов описания временных характеристик объектов, в зависимости от складывающихся условий позволит формализовать операции сравнения на временных характеристиках объектов. Формализация операций сравнения позволит в будущем описать операции упорядочивания, группирования и поиска объектов по их временным характеристикам, т.к. для использования любой из перечисленных операций необходимо обращаться к операциям сравнения.

---

## Bibliography

---

[Васильев, 2008] Васильев А.В. Модальная логика в исследовании значения видовременных форм – Уфа: Вестник башкирского университета, 2008. – Том: 13, Номер: 3. – С. 550 – 556.

[Добронец, 2004] Добронец Б. С. Интервальная математика – Красноярск: Издательство КГУ, 2004 – 216 с.

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

[Клевцова, 2008] Клевцова А.А. Шкалы измерения. Режим доступа: [http://stateexpert.org/articles/шкалы\\_измерения](http://stateexpert.org/articles/шкалы_измерения)

[Ковалев, 2001] Ковалев С.М. Нечеткие темпоральные системы в моделях анализа акустических процессов//Материалы международного конгресса «Искусственный интеллект в 21 веке». -М.: Физматлит. -2001. -847 с.

- 
- [Крисилов, 2015a] Крисилов В.А., Городничая Е.А. Масштабы временных характеристик/ Збірник наукових праць «Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій» - Д.: Ліра, 2015 – Т.19. – С.15-23
- [Крисилов, 2015b] Крисилов В.А., Городничая Е.А. Методика оценки релевантности результатов запросов к базам данных // Труды Одесского Политехнического Университета. – 2015. – №1(45). – Стр. 121-127.
- [Сергеев, 2009] Сергеев Н.Е., Целых Ю.А. Использование темпоральных отношений при описании сложных сцен по видеоизображениям – Ростов-на-Дону: Известия ЮФУ. Технические науки, 2009. – Номер 12 (101). – С. 134 – 142.
- [Шарый, 2007] Шарый С. П. Конечномерный интервальный анализ – М.: Издательство «XYZ», 2007 – 607 с.
- [Щербак, 2007] А.П. Щербак. Математико-статистическая обработка материалов научной и методической деятельности. Режим доступа: <http://citoweb.yspu.org/link1/metod/met90/met90.html>

---

#### Сведения об авторах

---



**Крисилов Виктор** – профессор кафедры системное программное обеспечение, директор Института медицинской инженерии Одесского национального политехнического университета, пр. Шевченко, 1, Одесса, 65004, Украина; e-mail: [krissilovva@mail.ru](mailto:krissilovva@mail.ru)



**Городничая Екатерина** – аспирант кафедры системное программное обеспечение Одесского национального политехнического университета, пр. Шевченко, 1, Одесса, 65004, Украина; e-mail: [katherine.gorodnichaya@ukr.net](mailto:katherine.gorodnichaya@ukr.net)

### Formalization of the description and processing the time characteristics of objects under uncertainty

**Victor A. Krisilov, Katherine Gorodnichaya**

**Abstract:** *This paper describes the types of objects and types of time characteristics of objects to formalize operations on the time characteristics of objects. Conducted research of scales on which the time characteristics of objects can be described. Also described the conversion of the time characteristics of objects on scales for formalize the comparison operations of time characteristics.*

**Keywords:** *fuzzy logic, uncertainty, types of scales, time characteristics of objects, transform objects over time characteristics.*