

ФОРМАЛИЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ СРАВНЕНИЯ 1-ГРАНИЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПИСАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ

В.А. Крисилов, Е.А. Городничая

Одесский национальный политехнический университет

Аннотация. В данной работе формализована операция сравнения временных характеристик объектов, которые описаны в условиях неопределенности и при этом имеют только одну временную характеристику: либо временную характеристику начала, либо окончания. Операции сравнения описаны исходя сравнения различных видов 1-граничных интервалов и видов их описания. Показано, какие операции сравнения временных характеристик объектов могут применяться для объектов, которые описаны с помощью только одной временной характеристики.

Ключевые слова: нечеткая логика, неопределенность, временные характеристики объектов, преобразования над временными характеристиками объектов, сравнение временных характеристик объектов, нечеткость описания временных характеристик объектов, интервальный анализ, темпоральная логика, событие, процесс.

Введение

Большинство объектов содержат в своем описании временные характеристики: время заключения договоров, время использования исторических объектов, время прохождения исторических процессов и т.д.

Над объектами, которые описаны с помощью временных характеристик, могут выполняться различные операции: поиск, упорядочивание, группирование событий и процессов [1, 2]. В основе всех этих операций лежит операция сравнения.

Спецификой временных характеристик объектов является то, что операции сравнения могут отличаться, в зависимости от типа шкалы, масштаба временной характеристики, типа временного объекта и вида описания временных характеристик объекта [3–5].

Но, существуют объекты, которые описаны только одной временной характеристикой. Чаще всего это объекты, время жизни которых еще не закончено, например: время работы в компании сотрудника, при условии, что он еще в ней работает.

Таким образом, операции на временных характеристиках объектов также отличаются в случае, когда необходимо сравнивать объекты, которые имеют только одну временную характеристику: временную характеристику начала, либо окончания.

В случаях сравнения временных характеристик объектов, которые имеют только одну вре-

менную характеристику, использование обычных операций, либо операций, которые описаны для временных характеристик дает неточные, либо и вовсе неверные результаты.

Операции сравнения должны обеспечивать правильность результата сравнения, в том числе и для таких объектов. От правильности результатов операции сравнения зависят результаты упорядочивания, поиска и группирования временных характеристик объектов. Поэтому необходимо формализовать операции сравнения специально для объектов, которые описаны с помощью одной временной характеристики.

Целью данной работы является формализация операций сравнения над временными характеристиками объектов, которые описаны в условиях неопределенности и имеют только одну временную характеристику.

1. Представление 1-граничных интервалов

Будем различать следующие типы объектов, содержащих в своем описании временные характеристики: событие и процесс. 1-граничные интервалы могут описывать только процессы.

К видам описания временных характеристик объектов относится:

- интервал с нечеткими границами (НГ),
- интервал с детерминированными границами (ДГ),
- точечное значение (ТЗ).

1-граничные интервалы могут быть представлены как в виде интервала с нечеткими границами, так и в виде интервала с детерминированными границами.

Процессы, которые описаны интервалами в случае преобразования масштабов временных характеристик объектов могут принимать вид точечного значения. Это правило не относится к 1-граничным интервалам. Не зависимо от того на сколько будет уменьшен масштаб представления объекта, объект, представленный в виде 1-граничного интервала никогда не изменит вид своего описания.

1-граничные интервалы делятся на:

- «не раньше, чем» - на таких интервалах, указано от какого момента времени ведется отсчет процесса и не указано, когда событие закончено
- «не позже, чем» - на таких интервалах, указано до какого момента времени ведется отсчет процесса и не указано, когда событие началось.

2. Разновидности сравнения временных характеристик объектов

Существует восемь разновидностей сравнения процессов, представленных в виде 1-граничных интервалов:

1. Сравнение процессов, которые представлены в виде интервала «не раньше, чем» друг с другом
2. Сравнение процессом, которые представлены в виде интервала «не позже, чем» друг с другом
3. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не раньше чем» с «четким событием/процессом»
4. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не позже чем» с «четким событием/процессом»
5. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не раньше, чем» с «нечетким событием/процессом»
6. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не позже, чем» с «нечетким событием/процессом»
7. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не раньше чем» с нечетким/четким процессом, который представлен в виде интервала «не позже, чем».
8. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не позже, чем» с нечетким/четким процессом, который представлен в виде интервала «не раньше, чем».

2.1. Сравнение процессов, которые представлены в виде интервала «не раньше чем»/«не позже чем» друг с другом

При сравнении объектов, которые представлены в виде детерминированных, либо нечетких интервалов «не раньше, чем» (HeP) друг с другом, не могут быть использованы операции «раньше», «позже», «раннее окончание», «позднее окончание», «разное время». При использовании операции «одновременное окончание», результатом всегда будет «true». В случае, когда один из сравниваемых интервалов описан в виде интервала с детерминированной границей, а второй – интервалом с нечеткой границей, результатом операции «одновременно» всегда будет – «false».

При сравнении объектов, которые представлены в виде детерминированных, либо нечетких интервалов «не позже, чем» (HeП) друг с другом, не могут быть использованы операции «раньше», «позже», «раннее начало», «позднее начало», «разное время». При использовании операции «одновременное начало», результатом всегда будет «true». В случае, когда один из сравниваемых интервалов описан в виде интервала с детерминированной границей, а второй – интервалом с нечеткой границей, результатом операции «одновременно» всегда будет – «false».

2.2. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не раньше чем» с «четким событием/процессом»

При сравнении процесса, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не раньше, чем» (HeP) с четким событием, не могут быть использованы операции «раньше», «одновременно», «одновременное окончание», «частичное перекрытие». В случае, когда событие представлено в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «раннее окончание» и «вхождение», результатом всегда будет «false», при использовании операций «позднее окончание» и «поглощение» - true.

При сравнении четкого события с процессом, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не раньше, чем» (HeP), не могут быть использованы операции «позже», «одновременно», «одновременное окончание», «частичное перекрытие». В случае, когда событие представлено в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «раннее окончание» и «вхождение», результатом всегда будет «true», при использовании операций «позднее окончание» и «поглощение» - false.

2.3. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не позже чем» с «четким событием/процессом»

При сравнении процесса, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не позже, чем» (HeП) с четким событием, не могут быть использованы операции «позже», «одновременно», «одновременное начало», «частичное перекрытие». В случае, когда событие представлено в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «раннее начало» и «поглощение», результатом всегда будет «true», при использовании операций «позднее начало» и «вхождение» - false.

При сравнении события с процессом, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не позже, чем» (HeП), не могут быть использованы операции «раньше», «одновременно», «одновременное начало», «частичное перекрытие». В случае, когда событие представлено в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «позднее окончание» и «поглощение», результатом всегда будет «true», при использовании операций «раннее окончание» и «вхождение» - false.

2.4. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не раньше чем» с «нечетким событием/процессом»

При сравнении процесса, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не раньше, чем» (HeP) с нечетким, либо четким процессом, не могут быть использованы операции «раньше», «одновременно», «одновременное окончание», «частичное перекрытие». В случае, когда процесс представлен в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «раннее окончание» и «вхождение», результатом всегда будет «false», при использовании операций «позднее окончание» и «поглощение» - true.

При сравнении четкого либо нечеткого процесса с процессом, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не раньше, чем» (HeP), не могут быть использованы операции «позже», «одновременно», «одновременное окончание», «частичное перекрытие». В случае, когда событие представлено в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «раннее окончание» и «вхождение», результатом всегда будет «true», при использовании операций «позднее окончание» и «поглощение» - false.

2.5. Сравнение нечеткого/четкого процесса, который представлен в виде интервала «не позже чем» с «нечетким событием/процессом»

При сравнении процесса, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не позже, чем» (HeП) с нечетким, либо четким процессом, не могут быть использованы операции «позже», «одновременно», «одновременное начало», «частичное перекрытие». В случае, когда процесс представлен в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «раннее начало» и «поглощение», результатом всегда будет «true», при использовании операций «позднее начало» и «вхождение» - false.

При сравнении четкого, либо нечеткого процесса с процессом, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не позже, чем» (HeП), не могут быть использованы операции «раньше», «одновременно», «одновременное начало», «частичное перекрытие». В случае, когда событие представлено в виде интервала операция «частичное перекрытие» может быть проведена. При использовании операций «позднее окончание» и «поглощение», результатом всегда будет «true», при использовании операций «раннее окончание» и «вхождение» - false.

2.6. Сравнение процессов, которые описаны с помощью разных I-границных интервалов

При сравнении процесса, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не позже, чем» (HeП) процессом, который представлен в виде детерминированного, либо нечеткого интервала «не раньше, чем» (HeP), не могут быть использованы операции «позже», «одновременно», «одновременное начало», «одновременное окончание», «поглощение», «вхождение».

При использовании операций «раннее начало» и «раннее окончание», результатом всегда будет «true», при использовании операций «позднее начало» и «позднее окончание» - «false».

При сравнении процесса, который представлен в виде детерминированного либо нечеткого интервала «не раньше, чем» (HeP) процессом, который представлен в виде детерминированного либо нечеткого интервала «не позже, чем» (HeП), не могут быть использованы операции «раньше», «одновременно», «одновременное начало», «одновременное окончание», «поглощение», «вхождение».

При использовании операций «раннее начало» и «раннее окончание», результатом всегда будет «false», при использовании операций «позднее начало» и «позднее окончание» - «true».

В таблице 1 представлены хронооперации сравнения процессов. Возможность выполнения операции представлена знаком «+». Случай, когда в результате операции всегда получается «false», представлен в таблице цифрой «0». Случай, когда в результате операции всегда получается «true», представлен в таблице цифрой «1».

Таблица 1
Хронооперации сравнения процессов, которые описаны с помощью 1-граничных интервалов

Типы сравниваемых объектов	HeП ? HeP			HeP ? HeП		
	ДИ	НИ	ДИ	ДИ	НИ	ДИ
Виды описания объектов	ДИ	НИ	НИ	ДИ	НИ	НИ
Позже				+	+	+
Раньше	+	+	+			
Раннее начало	1	1	1	0	0	0
Позднее начало	0	0	0	1	1	1
Раннее	1	1	1	0	0	0
Позднее	0	0	0	1	1	1
Разное время	+	+	+	+	+	+
Одновременно						
Одновременное начало						
Одновременное окончание						
Частичное перекрытие	+	+	+	+	+	+
Поглощение						
Вхождение						

На рис. 1 изображено три процесса: Процесс1 и Процесс2 описаны с помощью нечетких интервалов «не позже чем», Процесс3 – с помощью нечеткого интервала «не раньше, чем». Результаты некоторых операций сравнения для данных события и процессов представлено в таблице 2.

Таблица 1
Сравнение разных 1-граничных интервалов

Операция	Сравнение	Результат
Разное время	Процесс1 ≠ Процесс3	true
	Процесс2 ≠ Процесс3	false
Раньше	Процесс1 < Процесс3	true
	Процесс2 < Процесс3	false
Раннее начало	Процесс1 <? Процесс3	true
	Процесс2 <? Процесс3	true

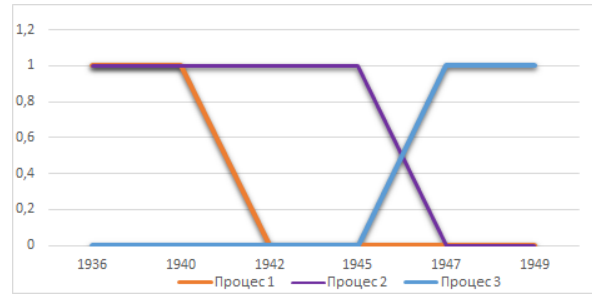


Рис. 1. Сравнение процессов, которые описаны

Выводы

В данной работе были формализованы операции I порядка для 1-граничных интервалов, что позволяет получать правильные результаты сравнения, в случаях сравнения 1-граничных интервалов друг с другом, либо с обычными временными характеристиками объектов. Кроме того, операции I порядка для 1-граничных интервалов в дальнейшем позволит описать более сложные операции над временными характеристиками объектов, а именно: операции поиска, упорядочивания и группирования. Т. к. для формализации операций II порядка необходимы базовые операции сравнения.

Список использованной литературы

1. Добронез, Б. С. Интервальная математика [Текст]/Б. С. Добронез. – Красноярск: Издательство КГУ, 2004–216с.
2. Шарый, С. П. Конечномерный интервальный анализ [Текст]/С. П. Шарый – М.: Издательство «XYZ», 2007–607с.
3. Крисолов, В. А. Масштабы временных характеристик [Текст] /В. А. Крисолов, Е. А. Городничая – Д.: Ліра: Збірник наукових праць «Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій» Т.19, 2015 — С.15-23
4. Сергеев, Н. Е. Использование темпоральных отношений при описании сложных сцен по видеоизображениям [Текст] /Н. Е. Сергеев, Ю. А. Целых – Ростов-на-Дону: Известия ЮФУ. Технические науки. № 12 (101)., 2009. – С. 134–142.
5. Васильев, А. В. Модальная логика в исследовании значения видовременных форм [Текст] /А. В. Васильев – Уфа: Вестник башкирского университета Т. 13 №3, 2008. – С. 550–556.
6. Крисолов, В. А. Формализация описания и обработки временных характеристик объектов в условиях неопределенности [Текст] /В. А. Крисолов, Е. А. Городничая // International journal

"Information content and processing" – 2016. – Volume 3, № 1. – С. 38–52.

7. Крисилов, В. А. Формализация операций сравнения в условиях неопределенности описания временных характеристик объектов [Текст] / В. А. Крисилов, Е. А. Городничая // Электротехнические и компьютерные системы. – Т. 22 (99)–2016. – С. 251–259.

8. Krisilov, V. The formalization of complex operations on the temporal characteristics of objects under uncertainty [Text] / Krisilov V., Gorodnichaya E. // Computer science & information technologies (CSIT'2016) – 2016. – С. 152–157.

References

1. Dobronec, B. S. (2007) The interval mathematics [Interval'naja matematika], KGU, Krasnojarsk, 216 p.

2. Sharyj, S.P. (2007) The finite interval analysis [Konechnomernyj interval'nyj analiz], «XYZ», Moscow, 607p.

3. Krisilov, V. A., Gorodnichaya, E. A. (2015) The scale of the temporal characteristics [Masshtaby vremennyh harakteristik], Lira: Collection of scientific works "Actual problems of automation and information technology" № 19, Dnipropetrovsk, pp.15–23

4. Sergeev, N. E., Celyh, Ju. A. (2009) Using temporal relationship when describing complex scenes on the video images [Ispol'zovanie tem-

poral'nyh otnošenij pri opisani slozhnyh scen po video-izobrazhenijam], Proceedings of SFU. Technical science. № 12 (101), Rostov-na-Donu, pp. 134–142.

5. Vasil'ev, A. V. (2008) Modal logic in the study of value of the temporal forms [Modal'naja logika v issledovanii znachenija vidovremennyh form], Journal of the Bashkir University Volume. 13 № 3, pp. 550–556.

6. Krisilov, V. A., Gorodnichaya, E. A. (2016) Formalization of the description and processing the time characteristics of objects under uncertainty [Formalizacija opisaniya i obrabotki vremennyh harakteristik obektov v uslovijah neopredelennosti], International journal "Information content and processing" Volume 3, № 1, pp. 38–52.

7. Krisilov, V. A., Gorodnichaya, E. A. (2016) The formalisms for the operations of comparison temporal characteristics of objects under uncertainty [Formalizacija operacij sravneniya v uslovijah neopredelennosti opisaniya vremennyh harakteristik obektov], Electrical and computer systems, Volume 22 (99), Kiev, pp. 251–259.

8. Krisilov, V. A., Gorodnichaya, E. A. (2016) The formalization of complex operations on the temporal characteristics of objects under uncertainty., Computer science & information technologies (CSIT'2016), pp. 152–157.

THE FORMALIZATION OF COMPARISON'S OPERATIONS FOR 1-BOUNDARY INTERVALS ON THE TEMPORAL CHARACTERISTICS OF OBJECTS UNDER UNCERTAINTY

Victor A. Krisilov, Gorodnichaya Katherine
Odessa National Polytechnic University

Abstract. *There are objects, which are described only one temporal characteristic. Most often, it is the objects whose lifetime has not completed yet. In cases of comparing temporal characteristics of the objects, that have only one temporal characteristic, using conventional operations, or operations as described for the temporal characteristic is inaccurate or incorrect results. In this paper, formalized the operation compare temporal characteristics of objects, described under uncertainty, which have a one temporal characteristic: either the temporal characteristic of beginning or end. The article presents types of descriptions of temporal characteristics of objects, and the types of 1- boundary intervals. Presents variants of comparison process, described as 1-boundary intervals. The comparison operations are described on the basis of a comparison of different types of 1-boundary intervals and types of their descriptions. The paper shows which of the operations comparing temporal characteristics of objects, can be used for objects that are described with the help of only one temporal characteristic. In this paper, comparison operations have been formalized for the 1-boundary intervals, which allows to obtain the correct results of the comparison, in the cases of comparison 1-boundary intervals with each other or with the usual temporal characteristics of objects. In addition, the comparison operation for 1-boundary intervals in the future will allow to describe more complicated operations on the temporal characteristics of objects, namely, the search operation, ordering and grouping.*

Key words: *fuzzy logic, uncertainty, temporal characteristics of objects, transformation of temporal characteristics of objects, comparing temporal characteristics of objects, fuzziness describe the temporal characteristics of objects, interval analysis, temporal logic, event, process.*

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ ПОРІВНЯННЯ 1-ГРАНИЧНИХ ІНТЕРВАЛІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕННОСТІ ОПИСУ ТИМЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ

В. А. Крісілов, К. О. Городнича

Одеський національний політехнічний університет

Анотація. У даній роботі формалізовані операції порівняння тимчасових характеристик об'єктів, які описані в умовах невизначеності і при цьому мають тільки одну тимчасову характеристику: або тимчасову характеристику початку, або закінчення. Операції порівняння описані виходячи з порівняння різних видів 1-граничних інтервалів і видів їх опису. Показано, які з операцій порівняння тимчасових характеристик об'єктів можуть застосовуватися для об'єктів, які описані за допомогою тільки однієї тимчасової характеристики.

Ключові слова: *нечітка логіка, невизначеність, часові характеристики об'єктів, перетворення над часовими характеристиками об'єктів, порівняння часових характеристик об'єктів, нечіткість опису часових характеристик об'єктів, інтервальний аналіз, темпоральна логіка, подія, процес.*

Получено 10.02.2017



Крисілов Віктор Анатольевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой системного программного обеспечения института компьютерных систем, Одесский национальный политехнический университет, Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина.

Victor A. Krisilov, Dr. of technical sciences, Professor, Head of the Department of the system software, Odessa national polytechnic university, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine.

ORCID ID: 0000-0003-1092-6977



Городничая Екатерина Александровна, аспирант кафедры системного программного обеспечения института компьютерных систем, Одесский национальный политехнический университет, Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина, e-mail: katherine.gorodnichaya@ukr.net.

Gorodnichaya Katherine – Postgraduate of the Department of the system software, Shevchenko ave., 1, Odessa national polytechnic university, Odessa, Ukraine, e-mail: katherine.gorodnichaya@ukr.net

ORCID ID: 0000-0001-9573-9315