

УДК 004.827

Крисилов В. А., д-р техн. наук
Городничая Е. А.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ СРАВНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПИСАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ

В данной работе формализована операция сравнения временных характеристик объектов, которые описаны в условиях неопределенности. Операции сравнения описаны исходя из типа объекта: событие или процесс, и вида описания его временных характеристик: точечное значение, интервал с детерминированными границами, интервал с нечеткими границами. Рассмотрены результаты сравнения временных характеристик объектов, в зависимости от описания временных характеристик.

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.

Крісілов В. А., д-р техн. наук
Городнича К. О.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ ПОРІВНЯННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕННОСТІ ОПИСУ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ

У даній роботі формализована операция порівняння часових характеристик об'єктів, які описані в умовах невизначеності. Операції порівняння описано, виходячи з типу об'єкта: подія або процес, і виду опису його часових характеристик: точкове значення, інтервал з детермінованими межами, інтервал з нечіткими межами. Розглянуто результати порівняння часових характеристик об'єктів, в залежності від опису часових характеристик.

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, інтервальный анализ, темпоральна логіка, подія, процес.

Krisilov V. A., ScD.
Gorodnichaya K. A.

THE FORMALISMS FOR THE OPERATIONS OF COMPARISON TEMPORAL CHARACTERISTICS OF OBJECTS UNDER UNCERTAINTY

In this paper, formalized the operation compare temporal characteristics of objects, described under uncertainty. Described a comparison operation on the basis of object type: event or process, and the type description of its time characteristics: the point value, the interval with the determined boundaries, the interval with indistinct borders. Considered all possible results of comparing temporal characteristics of objects depending on the temporal characteristics.

Keywords: fuzzy logic, uncertainty, temporal characteristics of objects, transform objects over time characteristics, comparing temporal characteristics of objects, fuzziness of the describe the temporal characteristics of objects, interval analysis, temporal logic, event, process.

1. Введение

Большинство объектов, событий и процессов содержат в своем описании временные характеристики.

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.

© Крисилов В.А., Городничая Е.А., 2016

Спецификой временных характеристик объектов является то, что операции сравнения могут отличаться, в зависимости от:

- типа шкал, на которых описаны временные характеристики объекта: количественные, качественные шкалы [3];
- масштаба временных характеристик объекта, на котором они описаны: день, месяц, год и т.д. [3];

- типа временного объекта: событие, процесс, либо запрос к базе данных на основании временных характеристик [4, 5];
- видов описания временной характеристики объекта — условий, в которых были описаны временные характеристики объектов: неопределенность, определенность.

В случаях сравнения временных характеристик объектов, которые имеют различный масштаб, либо описаны на различных шкалах [1, 2, 3], использование обычных операций дает неточные результаты. Кроме того, важно какой тип объекта сравнивается: событие или процесс [3, 4, 5].

Операции сравнения должны обеспечивать правильность результата сравнения, в том числе и для объектов, которые описаны по-разному. Для обеспечения данного условия были введены преобразования на шкалах и преобразования масштабов временных характеристик объекта [3]. В зависимости от описания объекта могут отличаться операции, которые можно на нем выполнять.

Поэтому необходимо формализовать операции сравнения специально для объектов, которые описаны с помощью временных характеристик.

В данной работе будут формализованы операции сравнения объектов, которые описаны с помощью временных характеристик: время заключения договоров, время использования исторических объектов, время прохождения исторических процессов и т.д. Одной из отличительных особенностей хроноопераций сравнения является преобразование шкал и масштабов временных характеристик объектов, перед их сравнением, если это необходимо. Это позволит в дальнейшем описать сложные операции над временными характеристиками объектов: группирование, упорядочивание, поиск.

Целью данной работы является формализация операций сравнения над временными характеристиками событий и процессов, которые описаны в условиях неопределенности.

2. Операции сравнения временных характеристик объектов

Определение. Хронооперацией будем называть любую операцию, исходными дан-

ными которой являются временные характеристики объектов, представленные на количественных либо качественных шкалах, а результатом которой является установление отношения, проведение поиска, упорядочивания или группирование заданных объектов.

Хронооперации над временными характеристиками объектов можно условно разделить на два вида: элементарные (I порядка) и комплексные (II порядка).

Для объектов, описанных с помощью временных характеристик, элементарными операциями являются операции сравнения: «одновременно», «раньше», «позже», «разное время».

Определение. Под операциями I порядка будем понимать операции, исходными данными которых являются временные характеристики объектов, представленные на количественных либо качественных шкалах, а результатом которых является установление отношения: истинность, ложь, либо мера истинности и ложности. Хронооперации I порядка могут быть декомпозированы только на арифметические и логические операции. Результатом операций I порядка может быть полное и частичное соответствие одного объекта другому.

Для объектов, описанных с помощью временных характеристик, комплексными являются операции группирования, сортировки и поиска.

Определение. Под операциями II порядка будем понимать операции, исходными данными которых являются установление отношений для операций сравнения, а результатом которых является поиск, упорядочивание или группирование. Результатом операций II порядка может быть полное и частичное соответствие результата запросу. Полное соответствие запроса результату происходит, когда в результате запроса найден объект, который совпадает с запросом по всем значениям, т.е. объект полностью соответствует запросу.

Для использования хроноопераций группирования, упорядочивания и поиска объектов, которые описаны с помощью временных характеристик, необходимо описать

хронооперации I порядка, а именно хронооперации сравнения.

Хронооперации сравнения применяются по-разному в зависимости от того какой тип объекта сравнивается: событие либо процесс, и какой вид описания временной характеристики объекта используется: «четкое» и «нечеткое» описание.

Для описания хроноопераций сравнения временных характеристик введем понятия «четких» и «нечетких» процессов и событий.

Определение. «Нечетким» событием/процессом называется событие/процесс, который описан в условиях неопределенности.

Определение. «Четким» событием/процессом называется событие/процесс, при описании которого точно известны его временные характеристики (начало, завершение).

Для работы с временными характеристиками, хронооперации сравнения разделяются на хронооперации полного и частичного соответствия одного объекта другому. Рассмотрим все хронооперации сравнения.

3. Хронооперация «Позже»

Хронооперация сравнения «позже» (>), в случае полного соответствия – операция, которая описывает случай, когда один из сравниваемых объектов произошел позже. Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 > Obj2, \text{ если}$$

$$(sObj1 > sObj2) \vee (sObj1 > phObj2)$$

где $sObj(i)$ – временная характеристика начала i сравниваемого объекта, $phObj(i)$ – временная характеристика окончания i сравниваемого объекта.

Хронооперации сравнения «позже», в случае частичного соответствия расширяется на следующие операции:

1. «Раннее окончание» (?<) – операция, которая применяется, когда необходимо описать какой из объектов закончилась раньше. Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 ? < Obj2, \text{ если}$$

$$(phObj1 < phObj2) \vee (sObj2 < phObj1)$$

2. «Позднее окончание» (?>) – операция, которая показывает какой из объектов закончилась позже. Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 ? > Obj2, \text{ если}$$

$$(phObj1 > phObj2) \vee (sObj1 < phObj2)$$

Некоторые хронооперации не могут применяться к некоторым типам объектов. Ограничение накладывает специальный вид интервалов: 1-граничные интервалы.

При сравнении интервалов «не раньше, чем» друг с другом - на таких интервалах, указано от какого момента времени ведется отсчет события/процесса и не указано, когда событие закончено, не могут быть использованы операции «раньше», «позже», «раннее окончание», «позднее окончание», «разное время». 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», результатом операции «одновременное окончание» – «true».

На рис.1. показано два процесса: процесс1 изображен в виде интервала с нечеткими границами, процесс2 изображен в виде интервала «не раньше чем». При сравнении процесса1 с процессом2, результатом будет «раннее начало», т.к. процесс1 начинается раньше процесса2.

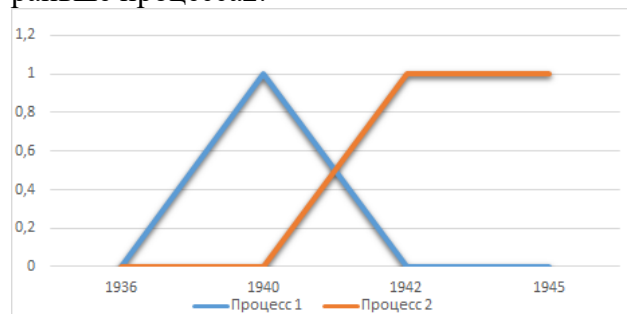


Рис.1. Интервал «не раньше чем»

4. Хронооперации «Раньше»

Хронооперация сравнения «раньше», в случае полного соответствия имеет один результат: «Раньше» – операция, которая описывает случай, когда один из сравниваемых

мых объектов произошел раньше. Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 < Obj2, \text{ если} \\ (sObj1 < sObj2) \vee (sObj2 > phObj1)$$

Хронооперации сравнения «раньше», в случае частичного соответствия расширяется на следующие операции:

1. «Раннее начало» (<?) – операция, которая показывает какой из объектов начался раньше. Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 < ? Obj2, \text{ если} \\ (sObj1 < sObj2) \vee (sObj2 < phObj1)$$

2. «Позднее начало» (>?) – операция, которая показывает какой из объектов начался позже. Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 > ? Obj2, \text{ если} \\ (sObj1 > sObj2) \vee (sObj2 < phObj1)$$

При сравнении интервалов «не позже, чем» друг с другом - на таких интервалах, указано до какого времени длится событие/процесс, без указания его начала, с другой временной характеристикой, не могут быть использованы операции «раньше», «позже», «раннее начало», «позднее начало», «разное время». 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», результатом операции «одновременное начало» – «true».

На рис.2. показано два процесса: процесс1 изображен в виде интервала «не позже, чем», процесс2 изображен в виде интервала с нечеткими границами. При сравнении процесс1 с процессом2, результатом будет «раннее окончание», т.к. процесс1 заканчивается раньше процесса2.

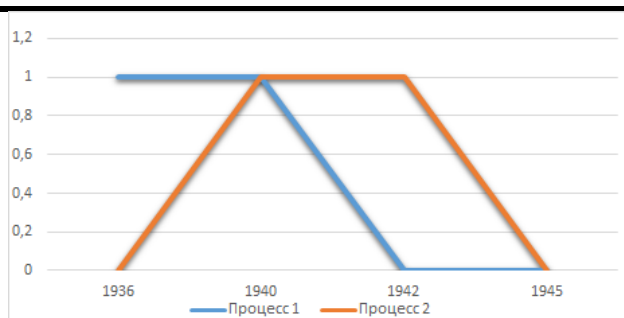


Рис.2. Интервал «не позже чем»

5. Хронооперация «Разное время»

«Разное время» (\neq) описывает случай, когда временные характеристики объектов не совпадают друг с другом ни по одной из заданных временных характеристик, т.е. у сравниваемых объектов нет ни одной общей точки. Данная операция используется одинаково для «четких» и «нечетких» временных характеристик объектов. Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 \neq Obj2, \text{ если} \\ ((sObj1 > sObj2) \vee (sObj1 > phObj2)) \wedge \\ \wedge ((sObj1 < sObj2) \vee (sObj2 > phObj1))$$

6. Хронооперация «Одновременно»

Хронооперация «Одновременно» (=) в случае полного соответствия описывает случай, когда сравниваемые временные характеристики объектов занимают одинаковый промежуток времени. Т.е., когда события/процессы даже в условиях неопределенности совпадают полностью. Частным случаем операций «полное соответствие» является нахождение дублирующихся процессов либо дублирующихся «нечетких» событий, которые были добавлены в БД ошибочно (рис.3).

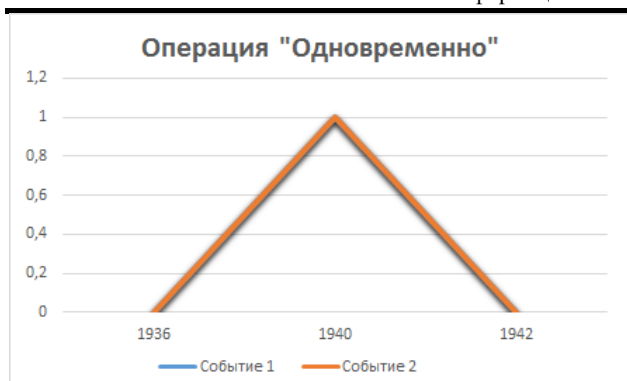


Рис. 3. Операция «Одновременно»

Хронооперация сравнения «одно- временно», в случае частичного соответствия расширяется на следующие операции:

1. Одновременное начало
2. Одновременное окончание
3. Частичное перекрытие
4. Поглощение
5. Вхождение

Операция «Одновременное начало» (=?) применяется, когда сравниваемые по временным характеристикам объекты начались одновременно (рис.4). Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 = ? Obj2, \text{ если} \\ (sObj1 = sObj2) \vee (sObj1 \neq sObj2)$$

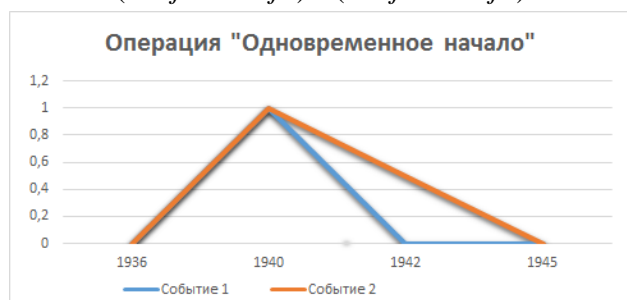


Рис. 4. Операция «Одновременное начало»

Результатом сравнения 1-граничного процесса «не позже чем» с другой временной характеристикой не может быть одновременное начало. (рис.1)

Операция «Одновременное окончание» (?=) применяется, когда сравниваемые по временным характеристикам объекты закончились одновременно (рис.5). Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 ? = Obj2, \text{ если} \\ (phObj1 = phObj2) \vee (sObj1 \neq sObj2)$$



Рис. 5. Операция «Одновременное окончание»

Результатом сравнения 1-граничного процесса «не раньше чем» с другой временной характеристикой не может быть одновременное окончание. (рис.2)

Операция «Частичное перекрытие»: первый сравниваемый объект совпадает со вторым сравниваемым объектом по некоторым значениям первого объекта (рис.6). Данную хронооперацию можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 \approx Obj2, \text{ если} \\ ((sObj2 < sObj1) \vee (sObj1 < phObj2) \vee \\ \vee (sObj2 < phObj1)) \wedge \\ \wedge ((sObj1 < sObj2) \vee (sObj2 < phObj1) \vee \\ \vee (sObj1 < phObj2))$$

Данное условие говорит о том, что операция «частичное перекрытие» может быть получен одним из следующих способов:

1. объект2 должен начинаться и заканчиваться раньше объекта1, при этом объект 1 должен начинаться раньше окончания объекта2;
2. объект2 должен начинаться и заканчиваться позже объекта1, при этом объект 2 должен начинаться раньше окончания объекта1.

На рис.6. изображено два «нечетких» события, к которым применили хронооперацию сравнения «частичное перекрытие». В данном случае событие 1 началось раньше события2, событие 2 началось позже события 1. Событие 1 закончилось раньше события 2, событие 2 закончилось позже события 1.

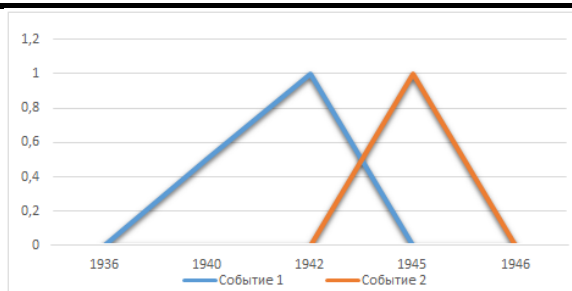


Рис. 6. Результат «частичное перекрытие»

Операция «Поглощение/Вхождение».

Пусть, объект1 совпадает с объектом2 по всем значениям объекта2, но при этом имеет значения, которых нет в объекте2. В данном случае, объект1 будет «поглащать» объект2, а объект2 будет «входить» в объект1 (рис.7).

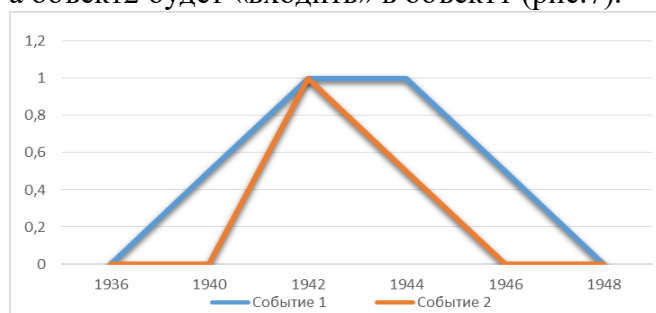


Рис.7. «Строгий» результат хроноопераций поглощение/вхождение

Операции «Поглощение» и «вхождение» делятся деляться на операции со строгим и нестрогим результатом операции.

В случае необходимости получения строгого результата, хронооперацию «поглощение» можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 \triangleright Obj2, \text{если} \\ ((sObj1 < sObj2) \vee (phObj1 > phObj2))$$

В случае необходимости получения не-строгого результата, хронооперацию «поглощение» можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 \sim \triangleright Obj2, \text{если} \\ ((sObj1 = sObj2) \vee (phObj1 > phObj2)) \wedge \\ \wedge ((sObj1 < sObj2) \vee (phObj1 = phObj2))$$

В случае необходимости получения строгого результата, хронооперацию «вхождение» можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 \triangleleft Obj2, \text{если} \\ ((sObj1 > sObj2) \vee (phObj1 < phObj2))$$

В случае необходимости получения не-строгого результата, хронооперацию «вхождение» можно представить в виде выполнения следующего условия:

$$Obj1 \sim \triangleleft Obj2, \text{если} \\ ((sObj1 = sObj2) \vee (phObj1 < phObj2)) \wedge \\ \wedge ((sObj1 > sObj2) \vee (phObj1 = phObj2))$$

Для описания хроноопераций сравнения «поглощение/вхождение», в случае, когда они применяются в операциях II порядка, будем использовать понятия запроса и объекта.

Операция «Поглощение» - запрос поглощает найденный объект (объект полностью входит в запрос): в результате запроса найден объект, который совпадает с запросом по всем значениям объекта, но при этом в запросе есть значения, которых нет в найденном объекте. Это может происходить в случае, когда запрос обладает высокой неопределенностью либо объект задан более точно, по сравнению с запросом. Данный вид операции делится на строгое и нестрогое поглощение результата запросом.

Для строгого поглощения результата запросом должно выполняться следующее условие:

$$Z \triangleright R, \text{если} ((sZ < sR) \vee (phZ > phR))$$

Данное условие говорит о том, что объект-запрос начался раньше и закончился позже объекта-результата (рис.5).

Для нестрогого поглощения результата запросом должно выполняться следующее условие: (рис 3-4)

$$Z \sim \triangleright R, \text{если} \\ ((sZ = sR) \vee (phZ > phR)) \wedge \\ \wedge ((sZ < sR) \vee (phZ = phR))$$

Для нестрогого поглощения результата запросом, результат может начаться, либо окончится одновременно с запросом (рис. 2-3).

Операция «Вхождение» - запрос входит в найденный объект (объект полностью поглощает запрос): в результате запроса найден объект, который совпадает с запросом по всем значениям запроса, но при этом имеет значения, которых нет в запросе. Это может происходить в случае, когда найденный объект обладает высокой неопределен-

ностью либо запрос задан более точно, по сравнению с найденным объектом. Данный вид операции делится на строгое и нестрогое вхождение запроса в результат.

Для строгого вхождения запроса в результат должно выполняться следующее условие:

$$Z \triangleleft R, \text{ если } (sZ > sR) \vee (phZ < phR)$$

Данное условие говорит о том, что объект-запрос начался позже и закончился раньше объекта-результата (рис.5).

Для нестрогого вхождения запроса в результат должно выполняться следующее условие:

$$Z \sim \triangleleft R, \text{ если}$$

$$((sZ = sR) \vee (phZ < phR)) \wedge$$

$$\wedge ((sZ > sR) \vee (phZ = phR))$$

Для нестрогого вхождения запроса в результат, результат может начаться, либо окончиться одновременно с запросом (рис. 2-3).

В случае, когда событие 1 рассматривается как объект-запрос, а событие 2 – как объект-результат, на рис.5. изображено строгое поглощение запросом результата. В случае, когда событие 1 рассматривается как объект-результат, на рис.5. изображено строгое вхождение запроса в результат.

7. Результаты хроноопераций сравнения. Разновидности сравнения процессов и событий.

На рис.8. представлены хронооперации сравнения временных характеристик объектов.

Существует десять разновидностей сравнения процессов и событий:

1. Сравнение «четких» событий (ЧС).
2. Сравнение «четких» процессов (ЧП).
3. Сравнение «нечетких» событий (НС).
4. Сравнение «нечетких» процессов (НП).
5. Сравнение «четкого» события с «нечетким» событием (ЧС и НС).

6. Сравнение «четкого» процесса с «нечетким» процессом (ЧП и НП).
7. Сравнение «четкого» события и «четкого» процесса (ЧС и ЧП).
8. Сравнение «четкого» события и «нечеткого» процесса (ЧС и НП).
9. Сравнение «нечеткого» события и «четкого» процесса (НС и ЧП).
10. Сравнение «нечеткого» события и «нечеткого» процесса (НС и НП).

К видам описания временных характеристик объектов будем относить интервал с нечеткими границами (НГ), интервал с детерминированными границами (ДГ), точечное значение (ТЗ).

В зависимости от вида описания временной характеристики объекта, операции, которые можно проводить над этими объектами, могут различаться.

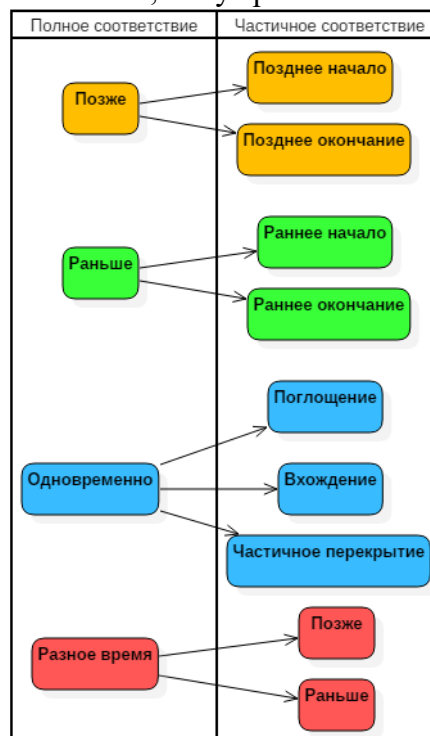


Рис. 8. Хронооперации сравнения

Таблица 1. Хронооперации сравнения объектов, которые описаны с помощью временных характеристик

Типы сравниваемых объектов	Виды описания объектов		Хронооперации													
			Позже	Раньше	Раннее начало	Позднее начало	Раннее окончание	Позднее окончание	Разное время	Одновременно	Одновременное начало	Одновременное окончание	Частичное перекрытие	Поглощение	Вхождение	
ЧС; ЧП; ЧС и ЧП	ТЗ	ТЗ	+	+						+	+					
	ТЗ	ДИ	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	ДИ	ДИ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
НС; НП; НС и НП	ТЗ	ТЗ	+	+						+	+					
	ТЗ	НИ	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	НИ	НИ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ЧС и НС; ЧП и НП; ЧС и НП; ЧП и НС	ТЗ	ТЗ	+	+						+	+					
	ТЗ	НИ	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	ДИ	ТЗ	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	ДИ	НИ	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+

В таблице 1 показано какие виды описания могут принимать временные характеристики объектов и какие операции могут возникать при сравнении объектов.

8. Вывод

В данной работе были формализованы операции I порядка, что в дальнейшем позволит описать более сложные операции над временными характеристиками объектов, а именно: операции группирования, упорядочивания и поиска. Т.к. для формализации операций II порядка необходимы базовые операции сравнения.

Для операции группирования временных характеристик используется хронооперация сравнения «одновременно». Для операции упорядочивания временных характеристик используются хронооперации сравнения «одновременно», «больше», «меньше». Для операции поиска временных характеристик также используются все операции сравнения, т.к. при поиске временных объектов может оказаться необходимым использование операции упорядочивания.

Список использованной литературы

1. Добронез Б.С. Интервальная математика / Б.С. Добронез – Красноярск: Издательство КГУ, 2004 – 216 с.
2. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ/ С.П. Шарый – М.: Издательство «XYZ», 2007 – 607 с.
3. Крисилов В.А., Городничая Е.А. Масштабы временных характеристик/В.А. Крисилов, Е.А. Городничая – Д.: Лира: 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/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/А.В. Васильев – Уфа: Вестник башкирского университета Т. 13 №3, 2008. – С. 550 – 556.

Получено 28.04.2016

References

1. Dobronets B.S. Interval'naya matematika [Interval mathematics]/ B.S. Dobronets – Krasnoyarsk: Izda-tel'stvo KGU, 2004 – 216 с (In Russian).

2. Sharyy S.P. Konechnomernyy interval'nyy analiz [The finite interval analysis]/ S.P. Sharyy – M.: Izda-tel'stvo «XYZ», 2007 – 607 с (In Russian).

3. Krisilov V.A., Gorodnichaya E.A. Masshtaby vremennykh kharakteristik [The scale of the temporal characteristics]/V.A. Krisilov, E.A. Gorodnichaya – D.: Lira: Zbirnik naukovikh prats' «Aktual'ni problemi avtomatizatsii ta informatsiynikh tekhnologiy» T.19, 2015 — S.15-23 (In Russian).

4. Sergeev, N.E. Ispol'zovanie temporal'nykh otnosheniy pri opisaniy slozhnykh stsen po videoizobrazheniyam [Using temporal relationship to describe complex scenes based on video images]/N.E. Sergeev, Yu.A. Tselykh – Rostov-na-Donu: Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki. № 12 (101). 2009. – S. 134 – 142 (In Russian).

5. Vasil'yev A.V. Modal'naya logika v isledovanii znacheniya vidovremennykh form [Modal logic value in the study of forms vidovremennykh]/A.V. Vasil'yev – Ufa: Vestnik bashkir-skogo universiteta T. 13 №3, 2008. – S. 550 – 556 (In Russian).



Крисилов
Виктор Анатолиевич,
директор Института ме-
дицинской инженерии,
д.т.н., проф. системного
программного обеспече-
ния Одесского нац. по-
литехн. ун-та



Городничая Екатерина
Александровна,
магистер каф. системно-
го программного обеспе-
чения Одесского нац.
Политехн. ун-та пр.
Шевченко, 1, 0630204303
katherine.gorodnichaya@u
kr.net