На правах рукописи

Юрасова Екатерина Михайловна

УДК 510.64

ДОПУСТИМЫЕ И ВЫВОДИМЫЕ ПРАВИЛА ВЫВОДА В НЕСТАНДАРТНЫХ ЛОГИКАХ

01.01.06— математическая логика, алгебра и теория чисел

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Красноярск-2004

Работа выполнена в Красноярском государственном университете

Научный руководитель	доктор физико-математических наук, профессор В.В. Рыбаков.
Официальные оппоненты:	доктор физико-математических наук, профессор А.Д. Яшин.
	кандидат физико-математических наук, СВ. Бабенышев.
Ведущая организация	институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск

Защита состоится 29 декабря 2004 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д-212.099.02 в Красноярском государственном университете по адресу 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Красноярского государственного университета.

Автореферат разослан 19 ноября 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат физико-математических наук
доцент Голованов М.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Теория нестандартных систем логического вывода сформировалась в начале двадцатых-тридцатых годов 20-го века в работах Лукасевича, Льюиса, Геделя и Тарского, как результат анализа поведения аксиоматических систем оснований математики и парадоксов материальной импликации. Нестандартные логики по сравнению с классической логикой, отличаются большим разнообразием синтаксиса и семантики. Поэтому к концу 20-го века возникло много новых направлений исследований, связанных с применением идей и методов нестандартной логики в программировании, теории искусственного интеллекта, представлении знаний и других областях науки (см., например, [15, 23, 25, 30]).

Большое влияние на становление теории нестандартных систем логического вывода оказано классической теорией доказательств, одним из центральных моментов которой являются правила вывода, поскольку от них зависит эффективность доказательств. Первыми работами, непосредственно посвященными изучению правил вывода, были работы Лося (1955), Тарского (1956) и Сушко (1958). При исследовании правил вывода естественно возник вопрос о том какие правила можно присоединять к логическим системам, сохраняя при этом множество доказуемых теорем системы. Такой класс правил, получивших название допустимых правил вывода, был определен П. Лоренценом [20] в 1955 году. Оказалось, что это в точности допустимые правила вывода - правила, относительно которых данная логика замкнута.

В нестандартных логиках, как правило, класс допустимых правил вывода шире класса выводимых правил вывода. Примеры допустимых, но не выводимых правил вывода, были получены Р. Харропом [16], Г.Е. Минцем [5, 6]. Логика, в которой множества допустимых и выводимых правил вывода совпадают, называется структурно-полной. Большинство базисных логик, например, H, K4, S4, S5 и др., не являются структурно-полными. Структурная полнота не является инвариантом заданной логики, она зависит от выбора аксиоматической системы. Однако, во многих распространенных классах логик правила вывода обычно фиксированы и выбор аксиоматической системы зависит от изменения множества аксиом. Именно для таких классов логик имеет смысл понятие структурной полноты. Исследования, связанные со структурной полнотой, можно найти, например, в работах [13, 24, 29, 31]. В [10] Циткину удалось описать все наследственно структурно-полные суперинтуиционистские логики, т.е. логики, всякое расширение которых является структурно-полным. Позже Рыбаковым было получено полное описание наследственно структурно-полных модальных логик над K4 [26]. Однако уже для структурно-полных S4-логик малой глубины (меньше 5) класс структурно-полных логик шире класса наследственно структурно-полных логик. Поэтому особый интерес представляет описание классов структурно-полных логик над S4, K4.

После того как выяснилось, что для большинства нестандартных логик класс допустимых правил шире класса выводимых правил, возникли вопросы алгоритмической разрешимости распознавания допустимых правил вывода. Проблема нахождения алгоритма, распознающего допустимость правил вывода в интуиционистской логике была сформулирована в обзоре проблем Х. Фридмана [14], родственная проблема существования конечного базиса для допустимых правил этой логики была поставлена А.В. Кузнецовым (см. [14] (проблема 42), [4]). Проблема алгоритмического распознавания допустимости в интуиционистской логике была решена положительно Рыбаковым [7], после чего вопрос о существовании конечного базиса был решен отрицательно так же Рыбаковым [8, 9]. Естественно возник вопрос построения бесконечного базиса, который позже был построен Иемхофф для интуиционистской логики [17]. Затем Рыбаков построил, также бесконечный, базис для логики S4 [28]. На основе техники, разработанной В.В. Рыбаковым, проблема допустимости была решена для различных индивидуальных транзитивных логик (см. например [1, 2, 11, 3]).

Ранее было отмечено, что ценность допустимых правил вывода заключается в том, что такие правила позволяют нам сократить и упростить выводы в дедуктивной системе заданной логики. Другой причиной, по которой изучаются данные правила вывода, являются различные приложения. Так, в работе Л.Л. Максимовой [22] приведено исследование свойств строгой разрешимости модальных и интуиционистских исчислений, рассмотрена проблема строгой разрешимости проективного свойства Бета над интуиционистским пропозициональным исчислением. Для доказательства строгой разрешимости проективного свойства Бета над интуиционистским пропозициональным исчислением достаточно решить проблему разрешимости по допустимости суперинтуиционистских логик с таким свойством. Максимовой [21] было показано, что существует точно 16 суперинтуиционистских логик, обладающих проективным свойством Бета. Из результатов В.В. Рыбакова [27] следует разрешимость проблемы допустимости для всех логик с таким свойством, кроме логик под номером 9, 13, 15 из полного списка логик с проективным свойством Бета [22]. Несмотря на то, что Рыбаков получил достаточно общий критерий допустимости правил вывода для финитно-аппроксимируемых логик [27], данный критерий не является универсальным, поскольку одним из условий является наличие свойства ветвления ниже k. Так, логика, указанная под номером 9 в полном списке логик с проективным свойством Бета, не обладает свойством ветвления ниже k ни для какого k. Решение проблемы распознавания допустимых правил вывода в данной логике представлено в настоящей диссертационной работе.

Несмотря на глубокую разработку направления допустимых правил вывода, большинство результатов было получено для транзитивных логик. В .настоящее время особый интерес представляют нетранзитивные логики, так как основные результаты и техники, использующиеся для исследования допустимых правил вывода в транзитивных логиках, применять непосредственно при изучении допустимых правил вывода в нетранзитивных логиках не удаётся. При исследовании допустимых правил вывода основным инструментом является реляционная семантика (или семантика Крипке, [18, 19]), причем центральную роль играют n-характеристические модели Крипке. Однако при построении n-характеристической модели возникает немало вопросов. На самом деле, построение n-характеристической модели является достаточно ясным только для расширений модальной логики S4 и интуиционистской логики. В случае нетранзитивной логики данные модели описаны только для очень малого списка логик, в частности, для K (см., например, [12]). В случае нетранзитивных временных логик описание упомянутых выше моделей представляется еще более сложной задачей.

Цель работы.

1. Исследовать на разрешимость по допустимости правил вывода суперинтуиционистскую логику, порожденную классом всех конечных корневых фреймов F, удовлетворяющих условию

   $$(xRy\&\neg(yRx)\&yRz\&yRu) \to \exists v(zRv\&uRv),$$

   где R- отношение на фрейме F. Положительное решение данной задачи позволяет обосновать предположение о строгой разрешимости проективного свойства Бета над логикой μ_1, которое было выдвинуто в статье Л.Л. Максимовой [22].

2. Исследовать на разрешимость по допустимости логику с оператором "завтра".

3. Получить описание конечных корневых S4-фреймов ширины 2, порождающих структурно-полные логики.

Методика исследования. В исследовании применяются общие методы теоретико-модельной и алгебраической семантики для пропозициональных нестандартных логик. Например, метод фильтрации, метод канонических моделей, метод редуцирования правил вывода. А также в исследовании использованы алгоритмический и семантический критерии допустимости правил вывода, критерий структурной полноты логики, некоторые результаты теории модальных напарников суперинтуиционистских логик.

Научная новизна. Все результаты, полученные в диссертации, являются новыми и снабжены подробными доказательствами. Результаты совместных работ получены в нераздельном соавторстве.

Основные результаты. В диссертации получены следующие основные результаты

1. Получен алгоритмический критерий распознавания допустимых правил вывода для $S4$-логики μ_2, порожденной классом всех конечных корневых фреймов F, удовлетворяющих условию

$$(xRy \& \neg(yRx) \& yRz \& yRu) \to \exists v(zRv \& uRv),$$

где R - отношение на фрейме F.

2. Доказано, что логика $\mu_2 \oplus Grz$ и суперинтуиционистская логика, порожденная классом всех конечных корневых фреймов F, удовлетворяющих условию

$$(xRy \& \neg(yRx) \& yRz \& yRu) \to \exists v(zRv \& uRv),$$

где R - отношение на фрейме F, разрешима относительно допустимости правил вывода.

3. Получен алгоритмический критерий распознавания допустимых правил вывода для логики с оператором "завтра".

4. Получены необходимые и достаточные условия того, что $S4$-логика $\lambda(F)$ ширины 2, порожденная конечным корневым фреймом без узлов с двухэлементным первым слоем, является структурно-полной.

Теоретическая и практическая ценность. Все полученные результаты носят теоретический характер и могут быть использованы в дальнейших исследованиях допустимых правил вывода в нестандартных логиках, а также в таких областях как теория моделей, теория графов и computer science.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались на

- XXXVII-международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс" (Новосибирск. 1999),
- XXXVIII-международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс" (Новосибирск, 2000),
- XXXIX-международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс" (Новосибирск, 2001),
- XL-международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс"(Новосибирск, 2002),
- международной конференции "Ломоносовские чтения" (Москва, 2000),
- международной конференции "Логика и приложения", посвященной 60-летию со дня рождения Ю.Л. Ершова (Новосибирск, 2000),
- международной конференции "Дифференциальные уравнения и симметрия"
(Красноярск, 2000),
- международной конференции "Алгебра и ее приложения", посвященной 70-летию со дня рождения В.П.Шункова и 65-летию В.М.Бусаркина (Красноярск, 2002),
- международной научной конференции "Молодая наука - XXI веку" (Иваново, 2001),
- II Всесибирском конгрессе посвященном Софье Ковалевской (Красноярск, 2002),
- международной конференции "Мальцевские чтения" (Новосибирск, 2003),
- международной конференции "Алгебра, логика и кибернетика", посвященной 75-летию со дня рождения А.И.Кокорина (Иркутск, 2004).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 22 работы [32]-[53].

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, включающего 103 наименования. Объём работы 103 страницы машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной в диссертационной работе темы. Даётся краткий обзор теории допустимых правил вывода.

Описывается современное состояние вопросов, рассмотренных в диссертационной работе, сформулирован предмет, цель и методы проведения исследования, указаны основные его результаты. Приведены список конференций, на которых была проведена апробация работы, и даётся обзор всех разделов диссертации.

В первой главе представлены необходимые сведения о синтаксисе и семантике модальных, суперинтуиционистских и временных логик, а также методика применения n-характеристических моделей в исследованиях допустимых правил вывода.

В разделе 1.1 даны необходимые сведения о синтаксисе пропозициональных логик, рассмотрены примеры базисных логических систем.

В разделе 1.2 приведены некоторые важные понятия семантики Крипке. Даны необходимые факты из алгебраической семантики для модальных пропозициональных логик.

В разделе 1.3 дается описание n-характеристических моделей Крипке для модальных логик и ряд свойств n-характеристической модели. Приведены критерии допустимости правил вывода и структурной полноты модальных K4-логик с использованием n-характеристических моделей.

Во второй главе представлено решение проблемы допустимости правил вывода для модальной S4-логики M2, порожденной классом всех конечных корневых фреймов *F,* удовлетворяющих условию

$$(xRy\&\neg(yRx)\&yRz\&yRu) \to \exists v(zRv\&uRv),$$

где R - отношение на фрейме F. Данная проблема решена также для модальной логики $\mu_2 \oplus Grz$, откуда следует разрешимость по допустимости суперинтуиционистской логики μ_1, порожденной классом всех конечных корневых фреймов F, удовлетворяющих условию $(xRy\&\neg(yRx)\&yRz\&yRu) \to \exists v(zRv\&uRv)$.

В разделе 2.1 приведены необходимые сведения, касающиеся связи между модальными и суперинтуиционистскими логиками. В данном разделе представлены результаты, полученные В.В. Рыбаковым при исследовании проблемы допустимости правил вывода для модальных логик над $K4$. В конце раздела введены определения необходимые при исследовании логик μ_1, μ_2, $\mu_2 \oplus Grz$. Также введена модификация понятия свойства реализации возможностей, которая является важным моментом при исследовании логик μ_1, μ_2, $\mu_2 \oplus Grz$.

В разделе 2.2 представлено решение проблемы разрешимости по допустимости для логик μ_1, μ_2, $\mu_2 \oplus Grz$. Данные логики не обладают свойством ветвления ниже k ни для какого k, наличие которого является одним из условий в алгоритмическом критерии допустимости правил вывода (см. [27], теорема 3.5.2). Однако исследование логики μ_2 можно свести к работе над логикой $S4.2$, которая обладает свойством ветвления ниже 1 и к которой применим алгоритмический критерий допустимости правил вывода (см. [27], теорема 3.5.2). Пользуясь вышеуказанным свойством логики μ_2, в данном разделе разработан алгоритмический критерий распознавания допустимости правил вывода в модальных логиках μ_2 и $\mu_2 \oplus Grz$. И ввиду известной связи между модальными и суперинтуиционистскими логиками (см. [27], теорема 3.2.2) получено решение проблемы разрешимости по допустимости для суперинтуиционистской логики μ_1.

Основными результатами данного раздела являются следующие теорема и ее следствие:

Теорема 2.2. *Модальные логики μ_2, $\mu_2 \oplus Grz$ разрешимы относительно допустимости правил вывода.*

Следствие 2.1. *Суперинтуиционистская логика μ_1, наименьший модальный напарник $\tau(\mu_1)$ и наибольший модальный напарник $\sigma(\mu_1)$ логики μ_1 над $S4$ разрешимы относительно допустимости правил вывода.*

В третьей главе приведены результаты исследований проблемы допустимости правил вывода для временной нетранзитивной логики $\mathcal{L}$ с оператором "завтра". Ранее допустимость правила вывода определялась его поведением на верхних слоях специальной n-характеристической модели Крипке [27]. В данной работе свойства правила вывода определяются через его поведение в ограниченной окрестности каждой из точек n-характеристической модели. Эта новая техника используется для доказательства разрешимости по допустимости логики $\mathcal{L}$ и ряда других свойств данной логики.

В разделе 3.1 определена исследуемая временная нетранзитивная логика $\mathcal{L}$ с оператором "завтра", введены необходимые определения и обозначения. Приведены результаты, касающиеся связи правила вывода и его редуцированной формы.

Основными результатами раздела 3.2 являются построение n-характеристической модели $Ch_{\mathcal{L}}(n)$ для логики $\mathcal{L}$ и описание свойств модели $Ch_{\mathcal{L}}(n)$. Определен класс характеристических фреймов для логики $\mathcal{L}$ и показано, что логика $\mathcal{L}$ является финитно-аппроксимируемой и разрешимой.

В разделе 3.3 построен алгоритмический критерий распознавания допустимых правил вывода в логике $\mathcal{L}$. Основными результатами раздела 3.3 являются

Теорема 3.3. *Модальная логика $\mathcal{L}$ разрешима относительно допустимости правил вывода.*

Теорема 3.4. *Логика $\mathcal{L}$ не является структурно-полной.*

В четвертой главе приведено исследование структурно-полных $S4$-логик.

В разделе 4.1 даются необходимые предварительные сведения о структурно-полных логиках, представлены некоторые общие свойства структурно-полных финитно-аппроксимируемых $S4$-логик.

В разделе 4.2 получены необходимые и достаточные условия того, что $S4$-логика $\lambda(F)$ ширины 2, порожденная конечным корневым фреймом без узлов с двухэлементным первым слоем, является структурно-полной. Сгусток $C \neq root(F)$ фрейма F с отношением R будем называть **узлом**, если $\forall x \in C \forall y(xRy \vee yRx)$ и $C \neq Sl_1(F)$. Основным результатом раздела 4.2 является

Теорема 4.1. *Логика $\lambda(F)$ ширины 2, порожденная конечным корневым фреймом F без узлов таким, что $||Sl_1(F)|| = 2$, является структурно-полной тогда и только тогда, когда F удовлетворяет следующим условиям:*
1) сгустки первого слоя являются одноэлементными;
2) конакрытие для двух несравнимых сгустков является одноэлементным;
3) не существует конакрытия для двух несравнимых сгустков из разных слоев;
4) для любого слоя фрейма, отличного от корня, существует конакрытие;
5) все слои, кроме корня, состоят из двух сгустков.

В разделе 4.3 представлены результаты, касающийся ширины структурно-полных табличных S4-логик.

В заключении подведены итоги проведенных исследований, указываются возможности применения разработанных в диссертационной работе методов.

Список литературы

[1] Бабенышев С.В. Разрешимость проблемы допустимости правил вывода в модальных логиках S4.1 и S4.2 и суперинтуиционистской логике KC // Алгебра и логика. — 1992. — Т.31. — № 4. — С. 341-360.

[2] Безгачева Ю.В. Допустимые правила вывода в логиках ширины 2// Международная конференция по модальной логике: Тез. сообщ. Новосибирск, ун-т. — Новосибирск, 1994. — С. 19-21.

[3] Кияткин В.Р. Правила вывода с метапеременными и логические уравнения в предтабличной модальной логике PM1// Сибирский математический журнал. — 2000. — Т.41. — № 1. — С. 88-97.

[18] Kripke S.A. Semantic analysis of modal logic// Zeitschrift fur mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik. — 1963. — V.9. — P. 67-96.

[19] Kripke S. Semantic analysis of intuitionistic logic// Formal systems and recursive functions. — 1965. — P. 92-130.

[20] Lorenzen P. Einfting in Operative Logik und Mathmatik. — Berlin - Gottingen - Heidelberg. — 1955. — 412 p.

[21] Maksimova L.L. Intuitionistic logic and implicit definability// Annals of Pure and Applied Logic. — 2000. — 105. — № 1-3. —- P. 83-102.

[22] Maksimova L.L. Strongly Decidabile Properties of Modal and Intuitionistic Calculi// Logic Journal of IGPL. — 2000. — V.8. — № 6. — P. 797-819.

[23] Pratt V. Time and Information in Sequental and Concurrent Computation// Intern Workshop TPPP'94. — Sendai. Japan. Lect. Not. in Comp. Sci. 907. — Springer-Verlag. — 1994. -- P. 1-24.

[24] Prucnal T. The Structural Completeness the Medvedev's Logic// Reports on Math. Logic. — 1976. — V.6. — P. 103-105.

[25] Rosenschtein S.I. Formal theories of AI in knowledge and robotics// New General Computing. — 1985. — V.3. - P. 345-357.

[26] Rybakov V.V. Hereditarily Structurally Complete Modal Logics// J. of Symbolic Logic. — 1995. — V.60. — № 1. - p. 266-268.

[27] Rybakov V.V. Admissibility of logical inference rules. — Amsterdam, New-York: Elsevier Publishers. — 1997. — 617 p.

[28] Rybakov V.V. Construction of an explicit basis for rules admissible in modal system 54// Mathematical Logic Quarterly. — 2001. — V.47. — № 4. — P. 441-446.

[29] Tokarz M. On Structural Completeness of Lukasiewicz logics// Selected Papers on Lukasiewicz Sentential Calculi, Wroclow. — 1977. — P. 171-176.

[30] Vakarelov D. Modal Logics for Knowledge Representation Systems// Preprint № 7. — Sofia Univ. — 1988. — 29 p.

[31] Wojtylak P. On Structural Completeness of Many-valued Logics// Studia Logica. — 1978. — V.37. — № 2. — P. 139-147.

Работы автора по теме диссертации

[32] Голованова Е.М. Строение шкал, адекватных структурно-полным логикам ширины 2// Материалы XXXVII международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс". - Новосибирск, 1999. - С. 28-29.

[33] Голованова Е.М. Описание структурно-полных логик глубины не больше 4// Материалы XXXVIII международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс". - Новосибирск, 2000. - С. 5-6.

[34] Голованова Б.М. Структурно-полные S4-логики малой глубины// "Ломоносовские чтения-2000". Материалы по фундаментальным наукам. - Изд-во МГУ, 2000. - С. 331.

[35] Голованова Е.М. Об одном классе структурно-полных S4-логик ширины 2// Материалы международной конференции "Логика и приложения". - Новосибирск, 2000. - С. 35.

[36] Голованова Е.М. Об одном классе структурно-полных S4-логик// Труды международной конференции "Симметрия и дифференциальные уравнения". - Красноярск, 2000. - С. 76-79.

[37] Голованова Е.М. О разрешимости по допустимости некоторого класса S4-логик, не обладающих свойством ветвления// Материалы XXXIX международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс". Новосибирск, 2001. - С. 5-6.

[38] Голованова Е.М. Описание структурно-полных табличных S4-логик ширины 2// Материалы XXXIX международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс". - Новосибирск, 2001. - С. 6-7.

[39] Голованова Е.М. О разрешимости по допустимости некоторого класса S4-логик// Тезисы международной научной конференции "Молодая наука - XXI веку". - Иваново, 2001. - С. 62.

[40] Голованова Е.М. Описание корневых фреймов без узлов, порождающих структурно-полные табличные S4-логики ширины 2// Тезисы международной научной конференции " Молодая наука - XXI веку". - Иваново, 2001. - С . 63.

[41] Голованова Е.М. О ширине структурно-полных табличных логик// Сборник тезисов докладов "Интеллект - 2001". - Красноярск, 2001. С. 4-6.

[42] Голованова Е.М. Критерий допустимости правил вывода для некоторого класса S4-логик, не обладающих свойством ветвления// Материалы XXXIV научной студенческой конференции КрасГУ: Сб. ст. Краснояр. гос. ун-т. - Красноярск, 2001. С. 43-52.

[43] Голованова Е.М. Описание структурно-полных табличных S4-логик ширины 2 // Труды XXXIX международной научной студенческой конференции. - Новосибирск, 2001. С. 217-222.

[44] Голованова Е.М. Разрешимость по допустимости некоторого класса S4-логик, не обладающих свойством ветвления// Труды XXXIX международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс". - Новосибирск, 2001. С. 223-228.

[45] Голованова Е.М. О структурно полноте табличных S4-логик// Материалы XL международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс". - Новосибирск, 2002. - С. 6-7.

[46] Голованова Е.М. Условие структурной полноты табличной S4-логики ширины 2 без узлов// Тезисы докладов международной конференции "Алгебра и ее приложения". - Красноярск, 2002. С. 38-39.

[47] Голованова Е.М. Строение конечных корневых S4-фреймов ширины 2, порождающих структурно-полные логики// II Всесибирский конгресс женщин-математиков: Сб. ст. Краснояр. гос. ун-т. - Красноярск, 2002. 201 с. - С. 23-26.

[48] Голованова Е.М. Нетранзитивная временная логика дискретного времени// Материалы межрегиональной научно-практической конференции "Молодежь Сибири - Науке России". - Красноярск, 2003. - С. 128-132.

[49] Голованова Е.М. Критерий допустимости правил вывода для некоторого класса S4-логик, не обладающих свойством ветвления// Сиб. мат. журнал. — 2003 — Т.44 — № 4. — С. 726-736.

[50] Golovanov M.I., Rybakov V.V., Yurasova E.M.// A necessary condition for rules to be admissible in temporal tomorrow-logic// Bulletin of the section of Logic. — 2003 -- V.32 — № 4. — P.213-220.

[51] Голованов М.И., Юрасова Е.М. Допустимость правил вывода во временной нетранзитивной логике// Материалы международной конференции "Алгебра, логика и кибернетика". - Иркутск, 2004. - С. 134-136.

[52] Юрасова Е.М. Условие допустимости правил вывода во временной логике с дополнительным оператором "Завтра"// Материалы международной конференции "Алгебра, логика и кибернетика". - Иркутск, 2004. - С. 221-222.

[53] Голованов М.И., Юрасова Е.М. Критерий допустимости правил вывода логики с оператором "Завтра"// Красноярск, Красн. университет, 2004, Деп. в ВИНИТИ — 22.10.04. — № 1654-В2004.

Подписано в печать 11.11.04 Формат 60 х 86/16
Бумага типографская. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1 Уч.-изд. л. 1,1
Тираж 100 экз. Заказ №306. Цена договорная.

Редакционно-издательский центр
Красноярского государственного университета.
660041, Красноярск, пр. Свободный, 79.