

---

---

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ МОДЕЛЕЙ И МЕТАМОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

М.Ю. Чернышов, Н.В. Абасов

Президиум Иркутского научного центра СО РАН  
ул. Лермонтова, 134, Иркутск, Россия, 664033

Описывается программный комплекс (ПК), разработанный авторами на основе языка LMPL и представляющий собой средство синтеза прикладных программных моделей и метамodelей, строящихся на основе принципов математического программирования (МП). Язык LMPL обеспечивает наглядную форму декларативного представления (МП-моделей), предусматривает автоматическое построение и преобразование моделей, а также возможность подключения внешних программных пакетов. Реализованы прикладные программные версии ПК, рассчитанные на модельное представление процесса выбора оптимальных режимов ГЭС (на основе принципа метамоделирования), представление логико-смысловых связей между моделями множества дискурсивных формаций в метамодели дискурса.

**Ключевые слова:** язык LMPL, моделирование, метамоделирование, математическое программирование, автоматическое построение и преобразование моделей.

Информатизация образования является потребностью, диктуемой временем. В последние годы информационные и телекоммуникационные технологии все шире используются в образовании, в сфере научных исследований, проводимых в вузах. Сегодня на рынке практически нет ни отечественных, ни зарубежных программных комплексов, на которых можно было бы обучать программистов и специалистов в других областях знания умению моделировать и строить под модели новые программы и программные комплексы. На сегодняшний день в мире практически отсутствуют программные комплексы (ПК), на которых можно было бы обучать построению гибких логико-смысловых моделей, которые позволяли бы выполнять операции логического вывода, оптимизации, принятия решений. Тем более нет ПК, обеспечивающих гибкую перестройку таких моделей с учетом возникших новых потребностей и задач. В целях хотя бы частичного решения этой проблемы авторами разработан язык программирующего моделирования, получивший название Light Mathematical Programming Language (LMPL), и оригинальный ПК LMPL-Software, построенный на основе этого языка. Сам LMPL построен на основе прототипов (языка MPL [11] и его расширенного (augmented) варианта AMPL [8]). Идея LMPL исходит из принципов декларативного описания логики программ языка ОЛФИС. LMPL предназначен для компактного, наглядного моделирования, построения логического вывода при принятии решений и решения задач математического программирования (МП). Технически он обеспечивает упрощенный синтез моделей и метамodelей (ММ).

Под ММ понимается обобщенная модель, пригодная для описания множества простых моделей [1; 4]. ММ включает в себя обобщенную базу знаний и конструкторы для синтеза прикладных моделей. LMPL характеризуют компактная, нагляд-

ная форма декларативного представления МП-моделей (в том числе уравнений, ограничений, критериев оптимизации) в виде набора блоков (табл. 1) с определением индексных переменных и упрощенный синтаксис (нет операторов, характерных для императивных языков программирования). Характеристики LMPL подробно описаны в [7]. Таблица 1 представляет перечень базовых блоков языка LMPL с кратким описанием их функций, табл. 2 — синтаксис языка LMPL в расширенной форме Бэкуса-Наура. Заметим, что любая прикладная модель, записанная в терминах LMPL, после преобразований автоматически приводится к классической форме соответствующей исходной МП-задаче, т.е. к форме, удобной, во-первых, для исследователя, а во-вторых, для автоматической передачи различным решателям задач (lp\_solve, COPL\_QP, GAMS [15], AMPL и др.).

Таблица 1

**Базовый набор основных функциональных блоков языка LMPL и их описание**

Блок	Описание блока
TITLE	идентификатор модели, класс оптимизационной задачи; опционально указывается предполагаемый решатель
IN	входные переменные и их типы: дискретные (целочисленные INT, логические и бинарные BIN); свободные (FREE); ненулевыми показателями (SOS)
OUT	выходные переменные
CONST	константы
OPT	целевая функция
EQ	система уравнений, часть уравнений определяется в блоке VAR
VAR	промежуточные переменные из уравнений блока EQ
LIMIT[N]	различные классы ограничений
INDEX	пределы для индексных переменных

Таблица 2

**Синтаксис языка LMPL в расширенной форме Бэкуса-Наура**

<i>базовые блоки</i>	
block = bnam ":" {bbody [";"]} bnam = "TITLE"   "IN"   "OUT"   "CONST"   "OPT"   "EQ"   "VAR"   "LIMIT"[nat]   "INDEX" bbody = btitle   binp   bout   bconst   bopt   beq   bvar   blimit   bind	
<i>блок TITLE: идентификатор модели, классы задач, решатели</i>	
btitle = idmod "," optc [";"] slv idmod = name optc = "lp"   "nlp"   "mip"   "lfp"   "rmip"   "minlp"   "rminlp"   "mcp"   "cns" slv = "lp_solve"   "GAMS"   "AMPL"   "CPLEX"   "MINOS"	
<i>блок IN: входные переменные</i>	<i>блок OUT: выходные переменные</i>
binp = vtype var   var = "exp"   name = "seq" var = name   name "[" exp "]" vtype = "SOS"   "BIN"   "INT"   "FREE"	bout = varv varv = {var ";"} var
<i>блок CONST: константы</i>	<i>блок VAR: промежуточные переменные</i>
bconst = var "=" exp   name "=" seq	bvar = var "=" exp
<i>блок OPT: критерий оптимизации</i>	<i>блок EQ: система уравнений</i>
bopt = exp "->" optm optm = "min"   "max"	beq = exp "=" exp
<i>блок LIMIT: ограничения</i>	<i>блок INDEX: индексы</i>
blimit = exp comop exp   exp "*" = "[" [" "(" exp ";", exp "]"   "]"	bindex = name "*" = "exp ";", exp

выражения	последовательности
$exp = term \mid [unop]\{exp \ binop\} \ exp \mid$ $"(" \ exp \ ")"$   $fnam "(" \ exp \ ")"$ $term = digit \mid var$	$seq = "{" \ expv \}"$ $expv = \{exp \ , \ ,\} \ exp$
операции	функции
$binop = "+" \mid "-" \mid "*" \mid "/" \mid "^"$ $unop = "-"$ $comop = "<" \mid ">" \mid "<=" \mid ">="$	$fnam = "sum" \mid "prod" \mid "abs"$
где digit — десятичное число, name — идентификатор	

ПК LMPL-Software, построенный на LMPL, обеспечивает синтез, модификацию МП-моделей и метамodelей, позволяет моделировать процессы принятия решений. ПК представляет моделируемый объект на языке LMPL и обеспечивает выполнение следующих операций:

- 1) построение метамодели из базовых блоков (рис. 1);
- 2) построение прикладной модели на ее основе;
- 3) сравнение модели с прототипом (если есть), выявление структурных отличий, выделение общих частей;
- 4) построение графов связей между объектами модели (рис. 2);
- 5) построение логического вывода на модели и для этого поддержку проведения многоитерационных расчетов, включая стохастическую оптимизацию;
- 6) поддержку автоматических преобразований моделей (эта функция может быть использована, например, в исследовании алгоритмов).

Компактная (портативная) и кроссплатформенная реализация ПК (в виде библиотек на языке Lua с использованием пакета `lp_solve` в качестве базового решателя) допускает возможность подключения почти любых универсальных внешних ПК, пригодных для решения МП-задач.

Синтаксис языка LMPL в расширенной форме Бэкуса-Наура представлен в табл. 2. Функция метамоделирования как синтеза предполагает следующие этапы:

- 1) задание шаблона метамодели;
- 2) объявление блоков, входящих в метамодель (напр. включение блока базовых уравнений моделей, констант);
- 3) объявление заменяемых в процессе генерации модели промежуточных переменных (метаемпеременных);
- 4) задание параметров метамодели (напр. названия объекта, режима работы, начального состояния) и выбор предполагаемого решателя задач (его характеристик);
- 5) генерация модели на языке LMPL с помощью разработанного модуля-конвертера;
- 6) приведение LMPL-модели к формату решателя.

В случае необходимости могут быть выполнены анализ результатов, полученных решателем и генерация отчетов (в текстовом и графическом режимах). Процесс моделирования предполагает:

- 1) объявление набора случайных параметров и их характеристик;
- 2) задание параметров управления блоком стохастической оптимизации (количество итераций, шаг дискретизации);

- 3) генерацию множества детерминированных моделей (генерации случайных чисел);
- 4) решение оптимизационной задачи с сохранением текущих оптимальных показателей по каждой итерации;
- 5) обработку накопленной статистики;
- 6) формирование итоговых таблицы с вероятностными распределениями.

Структура исходного текста конкретной прикладной модели строится из функциональных блоков, которым сопоставляются класс задачи, идентификатор типа модели, тип решателя задачи, целевая функция, функция сравнения, ограничения, индексные переменные, переменные и константы, соответствующие задачам и условиям моделирования. На рис. 1 приведена универсальная структура прикладной модели на LMPL (базовый набор основных функциональных блоков языка LMPL, функции, переменные и константы). Очевидно, что LMPL позволяет описать модель в форме, являющейся в некотором смысле отображением матлогической формы, поскольку предполагает использование множества индексных переменных, констант, операторов и кванторов. Представления о переменных, множествах, граничных условиях позволяют обращаться к ним, используя соответствующие индексы. Опционально может быть указан предполагаемый решатель МП-задач. При синтезе моделей важной является возможность их представления в декларативной форме. В случае императивной формы, в терминах которой строится большинство программ и моделей, логика синтеза существенно осложнена необходимостью последовательного процесса синтеза модели. Декларативная форма дает возможность эффективно описывать модели, а также создавать гибкие средства для последующего исследования алгоритмов, их развития и сопровождения.

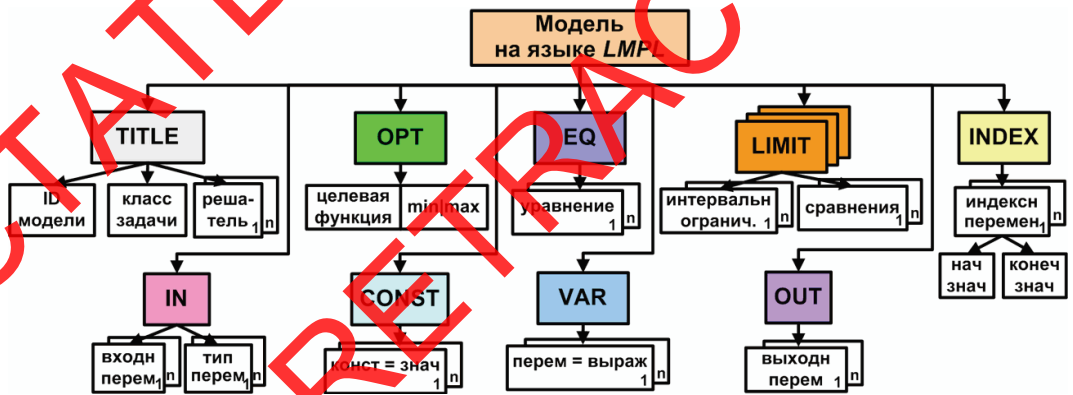


Рис. 1. Универсальная структура прикладной модели на языке LMPL (функциональные блоки, функции, переменные и константы)

ПК LMPL-Software позволяет выполнять следующие операции синтеза:

- 1) построение модели из частей;
- 2) сравнение модели с прототипом и выявление структурных отличий;
- 3) построение графов связей между объектами модели (рис. 2), где в качестве объектов присутствуют различные переменные или множества переменных.

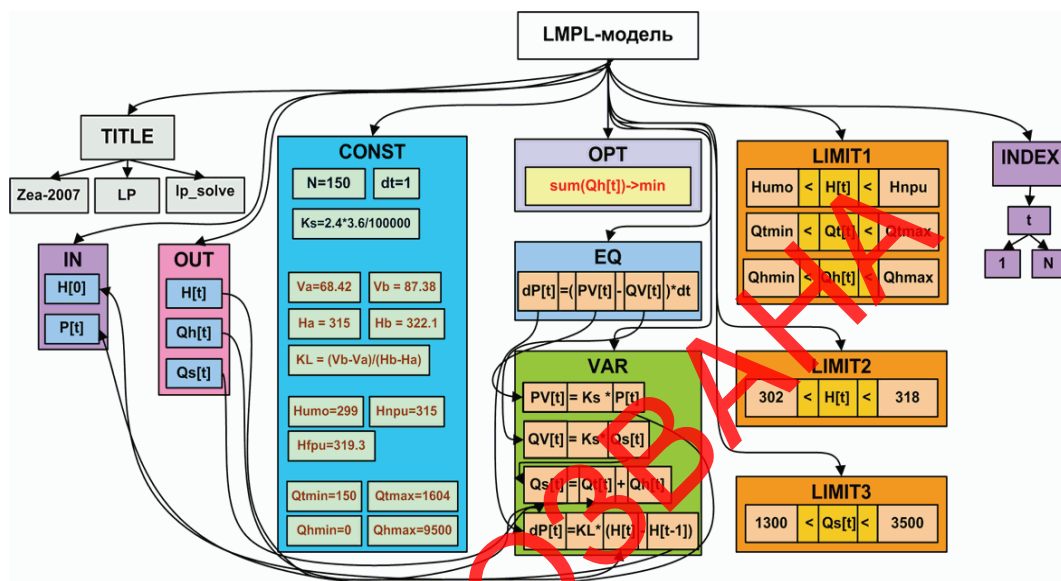


Рис. 2. Пример графа связей между объектами модели

ПК LMPL-Software позволяет выполнять следующие операции анализа моделей:

- 1) анализ графов связей между объектами модели (см. рис. 2) (т.е. между различными переменными и множествами переменных);
- 2) выявление структурных отличий модели от прототипа;
- 3) выделение общих частей модели и прототипа.

Она позволяет строить метамодель объекта, прикладной модели на ее основе, а также выполнять преобразования такой модели, связанные с построением новых моделей из блоков, выделенных при анализе.

Рассмотрим лишь два примера метамоделирования: 1) пример метамоделирования режимов ГЭС; 2) пример метамоделирования дискурсивных формаций (ДФ) в метамодели дискурса, связанного с редакционно-издательской деятельностью (РИД).

**Пример метамоделирования режимов ГЭС.** Рассмотрим пример применения метамоделирования в анализе моделей режимов гидроэлектростанций (ГЭС). При рассмотрении и сравнении различных моделей режимов ГЭС у специалистов обычно появляется необходимость объединить их в единую систему, построив целостную модель. Это можно сделать на основе ММ и описания связей между моделями.

ММ предполагает получение модельного представления процесса выбора оптимальных режимов функционирования ГЭС. БЗ в ММ содержит фрагменты различных типов модельного представления режимов, для которых можно выделить, например, основные уравнения, переменные, константы, критерии оптимизации и ограничения. Это позволяет использовать средства метамоделирования ПК LMPL-Software для автоматической генерации конкретных моделей режимов и выбора лучших. Пример модельного представления процесса выбора оптимальных режимов ГЭС, полученного на основе принципа метамоделирования, представлен на рис. 3.



**Рис. 3.** Пример модельного представления процесса выбора оптимальных режимов функционирования ГЭС, полученного на основе принципа метамоделирования

Мета-модель может быть построена в детерминированном и стохастическом вариантах. Она может быть стохастической в том смысле, что в ней один параметр или несколько параметров описываются некоторой функцией распределения.

Процесс метамоделирования в детерминированном варианте, предполагающем получение модельного представления процесса выбора оптимальных режимов ГЭС, предполагает следующие этапы:

- 1) задание шаблона данной мета-модели;
- 2) объявление блоков, входящих в мета-модель (в том числе включение блока основных уравнений моделей и констант);
- 3) объявление метапеременных, заменяемых в процессе генерации данной прикладной модели;
- 4) задание параметров мета-модели (объект, режим работы ГЭС, параметры, отражающие начальные состояния, т.е. значения переменных и констант);
- 5) выбор предполагаемого решателя задач;
- 6) генерация модели режима ГЭС на языке LMPL с помощью модуля-конвертера;
- 7) приведение построенной LMPL-модели к формату решателя задач;
- 8) анализ результатов, полученных решателем;
- 9) формирование отчетов в текстовом и графическом виде.

Процесс моделирования в стохастическом режиме предполагает этапы:

- 1) объявление набора случайных параметров и их характеристик;
- 2) задание параметров управления стохастическим блоком (количество итераций, шаг дискретизации);
- 3) создание множества детерминированных моделей с помощью генератора случайных чисел (ГСЧ) произвольного распределения;

- 4) решение оптимизационной задачи с сохранением текущих оптимальных показателей на каждой итерации;
- 5) обработку накопленной статистики, формирование итоговой таблицы с вероятностными распределениями.

**Пример метамоделирования функциональной структуры ДФ с помощью семантических сетей.** Описание исследования дискурса с помощью семантических сетей можно встретить еще в работах начала 1970-х гг. [14].

Моделирование дискурсивных отношений предполагает: определение предусловий (множества условий, представленных, например, логическими формулами, которые истинны до того, как моделирование выполняется) и построение логической (или сетевой) модели вывода, связанной, например, с принятием решений. Для представления знаний даже о небольшом сегменте дискурса в РИД требуется построить систему моделей, последовательно представляющих достижение целей РИД. В самом простом случае это могут быть, например: 1) объектная целевая модель РИД (рис. 4); 2) упрощенная функционально-деятельностная модель (ФДМ) дискурсивного принятия решений, связанных с РИД (рис. 5).



Рис. 4. Объектная целевая модель РИД

О — рукопись, представляемая для опубликования;  
Е — конечный продукт в форме публикации

Такая ФДМ должна представлять собой модель принятия редактором издательства решения об опубликовании рукописи автора. Анализ возможных основ для построения модели показал, что весьма эффективным средством представления структуры функциональных отношений в ДФ может быть сеть Петри типа «предикат-переход» с  $n$ -местными предикатами, допускающими переход по некоторому условию. На основе такой сети можно строить имитационные модели, отражающие динамику функциональных отношений между объектами и, возможно, даже смысловых отношений между процессами.

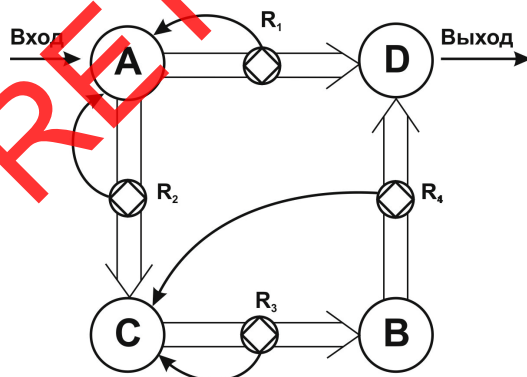


Рис. 5. Упрощенная ФДМ дискурсивного принятия решений, связанных с РИД на основе сети Петри

Поясним использование сети Петри применительно к задаче моделирования отношений деятельности, связанной с РИД, опосредованных дискурсом. В ФДМ на рис. 5:  $A$  — деятельность автора, связанная с опубликованием рукописи;  $R_1$  — совокупность требований к автору, связанных с опубликованием рукописи;  $C$  — деятельность редактора, связанная с опубликованием рукописи;  $R_2$  — совокупность требований, предъявляемых к процессу редактирования рукописи редактором;  $R_3$  — совокупность требований, предъявляемых к процессу научной экспертизы рукописи рецензентом;  $B$  — деятельность рецензента, связанная с опубликованием рукописи;  $R_4$  — совокупность правовых требований, предъявляемых к процессу опубликования;  $D$  — деятельность, связанная с вылачей дирекцией разрешения на опубликование.

Описание логики отношений внутри такой ФДМ возможно в терминах логики предикатов первого порядка. Заметим, что переход от  $A$  к  $D$  осложнен предикатом  $R_1$ :  $\forall x \forall t [A(x) \& R_1(x, t) \rightarrow D(t)]$ , переход от  $A$  к  $C$  — предикатом  $R_2$ :  $\forall x \forall y [B(x) \& R_2(x, y) \rightarrow C(y)]$ . Для переходов от  $C$  к  $B$  и от  $B$  к  $D$  имеем соответственно:  $\forall y \forall z [C(y) \& R_3(y, z) \rightarrow B(z)]$  и  $\forall z \forall t [B(z) \& R_4(z, t) \rightarrow D(t)]$ .

Разомкнутая функциональная модель представляет собой модель «вход—выход». В нашем случае ФДМ на основе сети Петри, построенная с целью отразить упрощенную совокупность отношений, связанных с РИД, позволяет сделать вывод о возможности принятия решения об опубликовании рукописи. На вход такой ФДМ поступают численные значения основных переменных и констант процесса, основные начальные и граничные условия процесса; на ее выходе возможно получение лишь двух типов сигналов-решений: 0 или 1, т.е. «да» или «нет». Применительно к РИД это означает, что разрешение на публикацию конечного продукта может быть получено или нет. Решение о возможности опубликования может быть получено, если все агенты такой модели (намеренно предельно упрощенной в нашем случае) дискурсивного принятия решения (автор, редактор и рецензент и др.) выполнят все требования, связанные с их функциями и сферой полномочий в системе РИД.

Основными условиями принятия решения являются:

- 1) оценка качеств рукописи автором (критерий качества рукописи ( $C_{au}$ ) выражается количественным показателем  $C_{au} = \{1, 10\}$  при допустимой оценке, например,  $C_{au} = \{9, 10\}$ );
- 2) оценка качеств рукописи редактором (критерий качества рукописи ( $C_{ed}$ ) выражается количественным показателем  $C_{ed} = \{1, 10\}$  при допустимой оценке, например,  $C_{ed} = \{8, 10\}$ , что и является, по сути, планкой impact-фактора данного журнала);
- 3) оценка качеств рукописи рецензентом (критерий качества рукописи ( $C_{rev}$ ) выражается количественным показателем  $C_{rev} = \{1, 10\}$  при допустимой оценке, например,  $C_{rev} = \{7, 10\}$ );



4) выполнение всех правовых требований (критерий качества рукописи ( $C_{law}$ ) выражается количественным показателем  $C_{law} = \{0,1\}$  при допустимой оценке, например,  $C_{law} = 1$ ).

Наличие модели ФДМ и определенность начальных и граничных условий позволяют построить модель или даже метамодель в форме компьютерной программы принятия решений о допущении рукописи к публикации в данном издании.

**Система, предполагающая построение компьютерной модели ФДМ средствами метамоделирования.** Попытки исследования смысловой связности дискурса предпринимались еще в 1970—1980-х гг. [9; 10; 12; 13]. Уже тогда в статье Дж. Левина и Дж. Мура дискурс имитировался как «диалоговые игры», причем авторами была предпринята попытка представить метакоммуникативные структуры дискурсивного взаимодействия [9]. Позднее убедительное обсуждение проблем металингвистики межкультурного делового общения было предложено в работах Н.К. Рябцевой [5]. Потребовались десятилетия отшлифовки идей, прежде чем концепция метамоделирования дискурса нашла воплощение в практически работающих компьютерных программных комплексах [7].

**ПК LMPL-Software как средство моделирования процессов построения дискурса и ДФ.** Достоинством ПК является наглядность процесса моделирования [3]. В самом деле, базовый набор основных функциональных блоков, представленных на рис. 1, может репрезентировать метамодель ДФ. В таком случае ПК позволит определить: 1) тип модели ДФ; 2) класс ставящейся задачи (построение модели ДФ, ее анализ, выполнение сравнения [6], логический вывод и т.д.); 3) класс решателя задачи; 4) тип целевой функции ДФ; 5) логико-семантические зависимости внутри ДФ. Такой ПК обеспечивает: 1) декларативную форму записи моделей в виде набора блоков с определением индексных переменных, и, как следствие, упрощенный синтаксис; 2) проведение многоитерационных расчетов на модели; 3) автоматические преобразования моделей; 4) построение метамodelей. Модель строится из функциональных блоков, которым сопоставляются класс задачи, идентификатор типа модели, тип решателя, целевая функция, функция сравнения, ограничения, индексные переменные, переменные и константы, соответствующие конкретным условиям моделирования. При синтезе компьютерной модели ДФ важным является возможность ее представления в декларативной форме. Это дает возможность эффективно построить модель ДФ, генерировать средства последующего исследования ДФ.

**Метамоделирование логико-смысловых отношений в дискурсе.** LMPL-Software обеспечивает построение метамodelей (т.е. обобщенных моделей) дискурса как взаимосвязанной системы из множества ДФ (рис. 6).

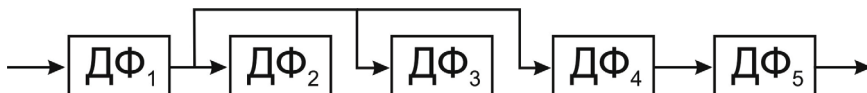


Рис. 6. Граф логико-смысловых связей между моделями множества ДФ в метамодели дискурса

Итак, разработанный ПК LMPL-Software обеспечивает:

- 1) анализ ДФ, предполагающий, в итоге, построение графа связей составляющими ДФ;
- 2) анализ дискурса с построением графа связей между множеством моделей ДФ;
- 3) синтез моделей ДФ и дискурса;
- 4) сравнение моделей.

Попытки моделирования дискурсивных формаций средствами разработанных нами метода и программного комплекса показали, что они эффективны и обеспечивают построение функционирующих моделей, связанных с редакционно-издательской деятельностью. Кроме того, эти средства обеспечивают возможность анализа дискурса как целостной логико-смысловой конструкции, состоящей из множества ДФ.

Практическое опробование технологии метамоделирования с использованием ПК LMPL-Software на ряде разнотипных прикладных задач (в том числе моделирование режимов ГЭС; моделирование семантически связанных дискурсивных формаций; моделирование оптимальных отношений в дискурсе [7]) показало ее эффективность. Очевидно, что LMPL, реализованный в форме технологии метамоделирования, позволяет эффективно и комплексно решать ряд оптимизационных задач математического программирования, относящихся к различным прикладным областям. Для решения задачи обучения умению моделировать на базе ПК LMPL-Software построен обучающий программный комплекс, который позволяет выполнять операции логического вывода, оптимизации, принятия решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абасов Н.В., Осипчук Е.Н. Язык описания метамodelей задач математического программирования и его применение в гидроэнергетике // Вестник ИргТУ. — 2012. — № 5.
- [2] Каверзина А.В., Чернышов М.Ю., Абасов Н.В., Осипчук Е.Н. Исследование структуры дискурса средствами математического программирования и формальный анализ его логической семантики // Вестник ИргТУ. — 2013. — № 2 (23). — С. 180—187.
- [3] Абасов Н.В., Каверзина А.В., Чернышов М.Ю. и др. Компьютерная технология построения и исследования дискурса // Вестник ИргТУ. — 2013. — № 4. — С. 83—90.
- [4] Лядова Л.Н. Метамоделирование и многоуровневые метаданные как основа технологии создания адаптируемых информационных систем // *Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering International Book Series «Information Science & Computing»*. Varna, Bulgaria, 2008. — № 4. — P. 125—132.
- [5] Рябцева Н.К. Металлингвистика межкультурного делового общения: От стиля к жанру // *Жанр и культура*. — Саратов. 2007.
- [6] Чернышов М.Ю. К построению интеллектуальной аналитической системы: Часть 1. Основы принципа сравнения операторных формул как функциональных моделей элементарных смыслов // Вестник ТОГУ. — 2013. — № 1. — С. 83—92.
- [7] Абасов Н.В., Каверзина А.В., Чернышов М.Ю. и др. Язык LMPL как средство синтеза прикладных программных моделей и метамodelей на основе принципов математического программирования // Вестник ИргТУ. — 2013. — № 3. — С. 75—80.
- [8] Fourer R., Gay D.M., Kernighan B.W. *AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming*. New York: Thomson, Brooks and Cole, 2002.

- [9] *Levin J.A.* Dialogue-games: Meta-communication structures for natural language interaction / J.A. Levin, J.A. Moore // *Cognitive Sci.* — 1977. — Vol. 1. — P. 395—420.
- [10] *Moore R.C.* Reasoning about knowledge and action / R.C. Moore. — PhD dissertation. — MIT, Cambridge Univ., Cambridge, MA, 1980.
- [11] MPL Modeling System, Maximal Software. — URL: <http://www.maximal-usa.com>
- [12] *Reichman R.* Plain-speaking : A theory and grammar of spontaneous discourse / R. Reichman. — PhD dissertation. — Dept. Comput. Sci., Harvard Univ., 1981.
- [13] *Reichmann R.* Conversational coherency / R. Reichmann // *Cognitive Sci.* — 1978. — Vol. 2. — No. 4. — P. 283—328.
- [14] *Simmons R.* Generating English discourse from semantic networks / R. Simmons, J. Slocum // *Commun. ACM.* — 1972. — Vol. 15. — No. 10. — P. 891—905.
- [15] *Tikhonova O., McKinney Daene C., Savitsky A.* GAMS Manual. — URL: [http://www.gams.com/docs/contributed/gamsman\\_russian.pdf](http://www.gams.com/docs/contributed/gamsman_russian.pdf)

## LITERATURA

- [1] *Abasov N.V., Osipchuk E.N.* Jazyk opisaniya metamodelej zadach matematicheskogo programirovaniya i ego primenenie v gidroenergetike // *Vestnik IrGTU.* — 2012. — № 5.
- [2] *Kaverzina A.V., Chernyshov M.Ju., Abasov N.V., Osipchuk E.N.* Issledovanie struktury diskursa sredstvami matematicheskogo programirovaniya i formal'nyj analiz ego logicheskoy semantiki // *Vestnik IGLU.* — 2013. — № 2 (23). — S. 180—187.
- [3] *Abasov N.V., Kaverzina A.V., Chernyshov M.Ju. i dr.* Komp'yuternaja tehnologija postroeniya i issledovaniya diskursa // *Vestnik IrGTU.* — 2013. — № 4. — S. 83—90.
- [4] *Ljadova L.N.* Metamodelirovanie i mnogourovnevnyye metadannyye kak osnova tehnologii sozdaniya adaptiruemyykh informacionnykh sistem // *Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering International Book Series «Information Science & Computing».* Varna, Bulgaria, 2008. — № 4. — P. 125—132.
- [5] *Rjabceva N.K.* Metalingvistika mezkul'turnogo delovogo obshheniya: Ot stilja k zhanru // *Zhanr i kultura / Otv. red. V.V. Dement'ev.* — Saratov, 2007.
- [6] *Chernyshov M.Ju.* K postroeniju intellektnoj analiticheskoy sistemy: Chast' 1. Osnovy principa sravneniya operatornykh formul kak funkcional'nykh modelej jelementarnykh smyslov // *Vestnik TOGU.* — 2013. — № 1 (28). — S. 83—92.
- [7] *Abasov N.V., Kaverzina A.V., Chernyshov M.Ju. i dr.* Jazyk LMPL kak sredstvo sinteza prikladnykh programnykh modelej i metamodelej na osnove principov matematicheskogo programirovaniya // *Vestnik IrGTU.* — 2013. — № 3. — S. 75—80.
- [8] *Fourer R., Gay D.M., Kernighan B.W.* *AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming.* New York: Thomson, Brooks and Cole, 2002.
- [9] *Levin J.A.* Dialogue-games: Meta-communication structures for natural language interaction / J.A. Levin, J.A. Moore // *Cognitive Sci.* — 1977. — Vol. 1. — P. 395—420.
- [10] *Moore R.C.* Reasoning about knowledge and action / R.C. Moore. — PhD dissertation. — MIT, Cambridge Univ., Cambridge, MA, 1980.
- [11] MPL Modeling System, Maximal Software. — URL: <http://www.maximal-usa.com>
- [12] *Reichman R.* Plain-speaking: A theory and grammar of spontaneous discourse / R. Reichman. — PhD dissertation. — Dept. Comput. Sci., Harvard Univ., 1981.
- [13] *Reichmann R.* Conversational coherency / R. Reichmann // *Cognitive Sci.* — 1978. — Vol. 2. — No. 4. — P. 283—328.
- [14] *Simmons R.* Generating English discourse from semantic networks / R. Simmons, J. Slocum // *Commun. ACM.* — 1972. — Vol. 15. — No. 10. — P. 891—905.
- [15] *Tikhonova O., McKinney Daene C., Savitsky A.* GAMS Manual. — URL: [http://www.gams.com/docs/contributed/gamsman\\_russian.pdf](http://www.gams.com/docs/contributed/gamsman_russian.pdf)

## **A SOFTWARE COMPLEX INTENDED FOR CONSTRUCTING APPLIED MODELS AND META-MODELS ON THE BASIS OF MATHEMATICAL PROGRAMMING PRINCIPLES**

**M.Yu. Chernyshov, N.V. Abasov**

Presidium of Irkutsk Scientific Center, Siberian Branch of RAS  
*Lermontov str., 134, Irkutsk, Russia, 664033*

A software complex (SC) elaborated by the authors on the basis of the language LMPL and representing a software tool intended for synthesis of applied software models and meta-models constructed on the basis of mathematical programming (MP) principles is described. LMPL provides for an explicit form of declarative representation of MP-models, presumes automatic constructing and transformation of models and the capability of adding external software packages. The following software versions of the SC have been implemented: 1) a SC intended for representing the process of choosing an optimal hydroelectric power plant model (on the principles of meta-modeling) and 2) a SC intended for representing the logic-sense relations between the models of a set of discourse formations in the discourse meta-model.

**Key words:** language LMPL, modeling, meta-modeling, mathematical programming, automatic constructing and transformation of models.

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА  
RETRACTED