

E. K. Lepilkina, S. I. Yakushkin
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

DEVELOPING INFRASTRUCTURE FOR COLLECTION STATIC FEATURES OF PROGRAMS TO THE TASK OPTIMIZATION OPTIONS SELECTION FOR COMPILERS BASED ON LLVM SYSTEMS

About method of collection and storing of static features of separate basic blocks of programs before and after execution of different optimizations for compilers developed on base system LLVM is discussed. Also possibility of future data access for analysis of compiler efficiency is described.

Static features, compiler, system LLVM, Elasticsearch, optimization passes

УДК 519.7+681.51

Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Системные эффекты многофакторных воздействий в открытых системах

Описано решение общей задачи о типологии системных эффектов многофакторных воздействий в открытых системах применительно к многомерным массивам гетерогенных данных для большого количества влияющих и реагирующих величин. Решение получено методами физики открытых систем на основе знания онтологии систем.

Открытые системы, физика открытых систем, онтологическое знание, эффекты многофакторных воздействий, большие данные, системная аналитика

Рассмотрим задачу определения эффектов многофакторных воздействий применительно к многомерному массиву гетерогенных данных. Такой массив должен быть образован единым набором показателей. В нем выделены показатели, рассматриваемые как действующие факторы. Их количество не ограничивается, многообразие их реальной изменчивости проявлено в исходном массиве данных. Все остальные показатели в массиве данных считаются реагирующими на воздействия. Их количество также не ограничивается. Изменчивость реагирующих показателей обусловлена множественными внутрисистемными взаимодействиями, связанными с влиянием действующих факторов.

Задача об эффектах многофакторных воздействий поставлена и решена авторами данной статьи как задача о типологии изменчивости реагирующих показателей в зависимости от изменчивости действующих факторов. Сложность решения такой

задачи обусловлена большой размерностью массива данных, гетерогенностью данных, большим количеством влияющих и реагирующих величин, разнообразием способов шкалирования величин, наличием пропущенных значений данных. Преодолеть сложность решения этой задачи позволяет подход, основанный на идеях и методах системологии, реализованных в физике открытых систем (ФОС) [1]–[4].

Научный метод ФОС полагает, что многомерный массив гетерогенных данных трансформируется в исходное эмпирическое описание открытой системы в ее актуальных состояниях с учетом среды. Эмпирическое описание системы представляется таблицей «Объект – свойство», каждая строка которой (объект) представляет одно конкретное актуальное состояние системы, заданное вектором значений показателей (свойств). В этом векторе конкретным значениям действующих показателей отвечают конкретные значения реагирующих показателей. Технологии ФОС извлека-

ют из эмпирического описания открытой системы научно-достоверное онтологическое знание, анализируют аксиологию (ценность, правильность, полноту, завершенность) полученного знания. Научное понимание онтологического знания обеспечивает язык систем, разработанный ФОС [5].

В качестве ключевых элементов онтологического знания выступают: показатели (признаки актуальных состояний системы в условиях окружения), эталоны системы (инварианты состояния качеств системы); системные реконструкции актуальных состояний системы.

Показатель (элемент онтологического знания) выражает эмерджентное сущностное свойство системы с разной степенью подтверждения сущности этого свойства статистическими обобщениями на множестве эталонов в реконструкциях актуальных состояний. Показатель является простейшим элементом (термом) языка систем. Его главной функцией является функция различения. Как семиотический знак он представлен интенционалом (системными атрибутами показателя) и экстенционалом (наблюдаемыми и измеряемыми показателями актуальных состояний системы (объектов)).

Главной проблемой преодоления сложности системы является ее гетерогенность (многокачественность) и высокая размерность. Гетерогенность системы раскрывается в онтологическом знании через полное множество уникальных эталонов качеств, присущих системе. Эталон (элемент онтологического знания) представлен структурированным набором показателей с определенными уровнями величин. Он выражает состояние одного собственного (уникального однородного) качества системы как части целого и всего целого в условиях этой части. В этом состоянии качества гармонизированы уровни значений всех показателей, детерминирующих собственные качества системы, и раскрыт смысл этих качеств в ее конкретном состоянии. Главная функция эталона в языке систем – номинативная (именование состояния качества). Эталон как семиотический знак – слово. Интенционал эталона – системный смысл состояния качества. Экстенционал эталона – объем форм воплощения эталона в носителях системы.

Реконструкция состояния (элемент онтологического знания) представлена моделью актуального состояния системы. Реконструкции служат базой решения задачи об эффектах. Реконструкция всякого актуального состояния представляет систему как единое целое, порожденное уникаль-

ной «сборкой» эталонов системы, объясняющей внутрисистемные механизмы, детерминирующие данное состояние. В языке систем реконструкциям состояний отвечают корпуса текстов, объясняющих смыслы состояний. В каждой реконструкции значение каждого показателя моделируется определенным набором эталонов, формирующих изменчивость этого показателя. Значения показателей кодируются уровнями величин на специальной шкале уровней. Уровень значения каждого показателя в реконструкции конкретного актуального состояния системы является эмерджентным проявлением ее определенного свойства в данном состоянии. Реконструкции состояний как семиотический знак имеют интенционал (сущность состояния системы) и экстенционал (объекты наблюдений – актуальные состояния системы).

Метод решения задачи о системных эффектах многофакторных воздействий в открытых системах разработан на основе знания онтологии системы. Базовыми принципами метода являются:

1) *принцип знаковости* – реальность, данная через статистические обобщения эмпирических фактов массовых явлений, осмысливается на базе системных принципов познания и понимания единства целого и выражается в онтологии системы;

2) *принцип системности* – эффекты многофакторных воздействий, обусловленные единством системного целого, предопределены онтологией систем и выражаются на языке систем;

3) *принцип предикации* – отношения между действующими и реагирующими величинами конституируются типами предикатов языка систем;

4) *принцип семантической оппозиции* – типология свойств, типология отношений, типология эффектов воздействия осмысливаются через совокупность бинарных смысловывявляющих признаков;

5) *принцип прототипной семантики* – абстрактный репрезентативный набор факторов воздействия предопределяет многообразие форм системных эффектов одного и того же типа.

Предложенный авторами метод определения типологии системных эффектов многофакторных воздействий развивает язык систем в направлении понимания эталона как слова, выполняющего наряду с номинативной функцией еще и предикативную функцию. Такое развитие языка обусловлено необходимостью установления системно-закономерных отношений между показателями состояния системы. Отношения между действующими и реагирующими показателями – частный случай таких отношений.

Подход к решению задачи. Развитие языка систем и выявление системно-закономерных отношений между действующими и реагирующими величинами системы связаны с углублением понимания онтологии системы как семиотического знака и отображением этого знака на семиотический знак, раскрывающий суть решения проблемы. Концепцию познания типологии системных многофакторных эффектов на основе онтологического знания представляют 2 семантических треугольника, взятых в характерной взаимосвязи (рис. 1). Семантический треугольник выражает единство знака (имени), значения (экстенционала) и смысла (интенционала). Исходно задано поле многофакторных эффектов (ПМЭ), проявляющее поведение открытой системы в изменяющейся среде. Условия среды и внутренние ограничения системы определяют набор действующих величин. В качестве реагирующей величины рассматривается любой показатель состояния системы. В семантическом треугольнике системы знак называет систему. Значение знака представлено множеством экземпляров носителей системы. Каждый экземпляр носителя есть факт реальности, имеющий полное рациональное объяснение. Смысл выражен через множество качеств системы, научно понят и рационально объяснен. В семантическом треугольнике многофакторных эффектов в качестве знака выступает ПМЭ. Значение знака представлено денотативной схемой, выявляющей и объясняющей объемы актуальных форм проявления типов многофакторных эффектов. Смысл выражен сигнификативной схемой, устанавливающей отношения между качествами системы и видами предикативных связей между действующими и реагирующими величинами.

Связь «Импликация» утверждает, что система предопределяет типологию многофакторных эффектов. Связь «Экспликация 1» означает метод,

посредством которого качества системы становятся пропозициональными структурами и конкретными видами предикатов сигнификативной схемы. Связь «Экспликация 2» выражает развитие, детализацию, уточнение и конкретизацию денотативной схемы посредством ее погружения в системный контекст.

Семантический треугольник онтологии системы имплицитно содержит знание о системных эффектах воздействия. Онтология системы раскрыта в языке систем через термины (показатели), слова (эталоны), корпус текстов (реконструкции). Для решения задачи о системных эффектах необходимо установить закономерные отношения между действующими и реагирующими показателями. Для этого требуется развить язык систем и получить элементы знания, способные выполнять предикатные функции языка.

Каждый эталон является самодостаточным, семантически автономным, конституирующим элементом реконструкций состояний системы. В плане содержания эталон означает состояние собственного качества системы. В плане выражения эталон представляет многоместное отношение между конкретными показателями. Эталоны в реконструкциях детерминируют множественные внутрисистемные механизмы (план содержания) и устанавливают связи между всеми показателями в едином системном целом (план выражения). Данное свойство эталонов закрепляет за ними роль предикатов. В задаче о многофакторных эффектах действующие и реагирующие показатели являются актантами эталонов-предикатов. Развитие языка систем через включение в него предикатной функции эталонов открывает возможность объяснения семантического треугольника многофакторных эффектов, в котором: система – ПМЭ с раскрытой онтологией; сигнификативная схема – план содержания ПМЭ; денотативная схема – план выражения ПМЭ.

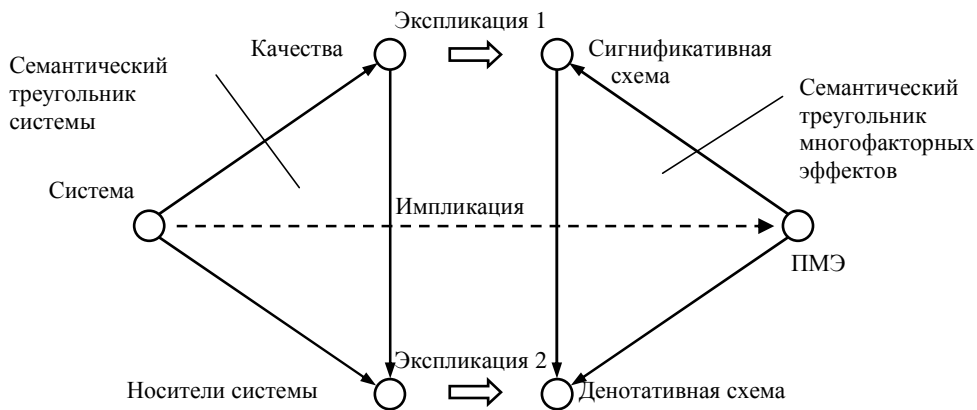


Рис. 1

В сигнификативной схеме выделяются пропозициональный и предикатный уровни. Пропозициональный уровень представляет глубинную абстрактную структуру (семантический инвариант), объективирующую общий смысл реальности в срезе «Воздействия – эффект». Предикатный уровень отвечает за сочетаемость полученного семантического инварианта с определенными семантическими видами (действие, состояние, свойство, отношение, признак) эталонов-предикатов.

В денотативной схеме выделяются актуализационный и типологический уровни. На актуализационном уровне семантический инвариант со всеми семантическими видами предикатов погружается в реконструкции актуальных состояний системы, в результате чего каждый конкретный вид эффекта получает ситуативную обусловленность, становится контентом (информационным комплексом). На типологическом уровне множество всех полученных контентов анализируется с помощью набора дифференциальных семантических оппозиций (статальность/акциональность, релевантность/нерелевантность, обусловленность/необусловленность, направленность/ненаправленность), в результате чего устанавливаются конкретные виды системных многофакторных эффектов и окончательно формируется их смысловая макроструктура.

Многофакторные эффекты исходно проявлены через индивидуальную изменчивость действующих и реагирующих величин в представительном объеме эмпирических данных. Метод системного определения эффектов воздействий раскрывает устройство ПМЭ в трех планах: семантическом, денотативном, оценочном. Семантический план содержит интенционал, задающий ролевую семантику предикатов – смысловые отношения между воздействиями и эффектами. Денотативный план раскрывает знание о макроструктуре, типологии и свойствах системных эффектов. Оценочный план характеризует качество построенной типологии эффектов.

Модель системной онтологии эффектов. Научный метод анализа системных эффектов многофакторных воздействий как таковых представляет модель системной онтологии эффектов (табл. 1).

Модель представляет научный метод, в рамках которого конструктивно определяется, раскрывается и выражается смысл понятия «Системный эффект воздействия». В модели системный смысл эффектов воздействий развернут в категориях «Представление поля эффектов» и «Онтология поля эффектов». Исходными данны-

ми модели являются: онтология системы; набор действующих величин; набор реагирующих величин. Главное назначение модели состоит в раскрытии структуры семантического, денотативного и оценочного компонентов ПМЭ в опоре на онтологию системы. Онтология ПМЭ неявным образом содержится в онтологии системы.

Таблица 1

Градации категории «Онтология поля эффектов»	Градации категории «Представление поля эффектов»		
	Целое	Частное	Конкретное
Онтология системы	Системная предикация	Детерминация уровней величин	Системная градуация величин
Интенционал	Семантическая связь	Прототипический сигнификат	Входы-выход
Экстенционал	Смысловая доминанта многофакторного эффекта	Актуальный контент многофакторного эффекта	Объект

Осмысление многофакторных системных эффектов осуществляется:

– по категории «Представление поля эффектов» в направлении от градации «Конкретное» к градации «Целое»;

– по категории «Онтология поля эффектов» в направлении от градации «Онтология системы» к градации «Экстенционал».

Градации категории «Представление поля эффектов» задают разные формы выражения смыслов системных эффектов воздействия. Градация «Конкретное» характеризует показатели состояния системы и среды как таковые в диспозиции «Входы-выход» в определенности системного эффекта на объекте (актуальном состоянии системы). Градация «Частное» выявляет неделимые смысловые единицы онтологии. Таковыми являются: детерминированные уровни величин; наборы уровней значений действующих показателей, характерных для уровней значений реагирующих показателей; актуальные варианты системных эффектов. Градация «Целое» выражает онтологию ПМЭ как целого: через полные множества эталонов, детерминирующих уровни значений конкретных показателей; через полные множества смысловых связей между действующими и реагирующими показателями; через полное множество типовых системных эффектов многофакторных воздействий.

Градации категории «Онтология поля эффектов» означают этапы смыслового анализа системных эффектов многофакторных воздействий. Градация «Онтология системы» задает базу для формирования онтологии системного эффекта. Градация «Интенционал» раскрывает устройство сигнификативной схемы эффектов воздействий. Градация «Экстенционал» характеризует денотативную схему эффектов.

Понятие «Системная градуация величин» задает полный набор примитивов, предназначенных для описания значений показателей состояния системы и среды в единой шкале измерений. Эта шкала позволяет выявить оппозицию большого и малого уровней величин, установленную самой системой.

Понятие «Детерминация уровней величин» представляет полные множества системных моделей, статистически различающих уровни значений конкретных показателей. Это понятие фиксирует статистические связи между показателями и эталонными моделями, объясняющими актуальные состояния системы.

Понятие «Системная предикация» вводит полное множество статистически выявленных отношений «Эталон – уровень величины», устанавливает для каждого эталона его различительную способность, выделяет слабую (статистически обусловленную) способность и сильную (статистически и системно обусловленную) способность.

Понятие «Входы-выход» означает диспозицию показателей, рассматриваемых в качестве действующих, и показателей, реагирующих на действия. Набор действующих показателей устанавливается сообразно целям исследования, а реагирующий показатель назначается из имеющегося целевого множества показателей, закономерности изменчивости которых должны быть раскрыты.

Понятие «Прототипический сигнификат» характеризует набор значимо действующих показателей из множества входов, детерминирующих изменчивость уровней значений реагирующего показателя.

Понятие «Семантическая связь» определяет конкретный вид отношений между действующим и реагирующим показателями. Отношения раскрывают виды вариантных форм воплощения прототипического сигнификата, задающего инвариант связи между уровнями действующих величин и уровнем реагирующей величины.

Понятие «Объект» задает конкретный объект пространства решений.

Понятие «Актуальный контент многофакторного эффекта» определяет конкретную форму носителя закономерности, объясняющей изменчивость реагирующего показателя.

Понятие «Смысловая доминанта многофакторного эффекта» характеризует семантический фильтр, основанный на оппозициях признаков актуальных контентов, структурирующий денотативную область многофакторных эффектов.

Протипический сигнификат является центральным элементом модели системной онтологии эффектов многофакторных воздействий. Он представляет собой уникальный идеальный образ типового многофакторного воздействия, характерного для определенного уровня реагирующего показателя, рассматриваемого как протипический денотат. Первая диагональ модели «Системная градуация величин – Прототипический сигнификат – Смысловая доминанта многофакторного эффекта» утверждает способность системного онтологического знания раскрывать и объяснять системные закономерности многофакторных эффектов. Вторая диагональ модели «Объект – Прототипический сигнификат – Системная предикация» утверждает, что разнообразие проявления изменчивости системы в объекте имеет смысловое содержание и атрибутивно-предикативное выражение.

Тройка элементов модели «Входы-выход – Системная градуация – Детерминация уровней величин» наделяет действующие показатели и реагирующий показатель системными свойствами. Тройка элементов модели «Актуальный контент многофакторного эффекта – Смысловая доминанта многофакторного эффекта – Семантическая связь» определяет системный эффект многофакторного воздействия как закономерность, обусловленную системными свойствами и отношениями. Тройка элементов модели «Входы-выход – Объект – Актуальный контент многофакторного эффекта» представляет денотативную схему эффекта воздействия. Тройка элементов модели «Детерминация уровней величин – Системная предикация – Семантическая связь» задает сигнификативную схему многофакторного эффекта.

Модель системной онтологии эффектов многофакторных воздействий вводит понятия, основанные на онтологическом знании системы, проявляющей эффекты воздействий, раскрывает через эти понятия онтологию системных эффектов многофакторных воздействий, задает последовательность шагов развертывания, уточнения и определения этой онтологии.

Объекты метода определения системной онтологии эффектов многофакторных воздействий. Каждому понятию модели системной онтологии эффектов отвечает формальный объект метода определения системной онтологии эффектов многофакторных воздействий.

Понятие модели	Объект метода
Системная градуация величин	Система в градуированных данных
Детерминация уровней величин	Показатель в системном целом
Системная предикация	Актантная структура эталона
Входы-выход	Целевой список показателей
Прототипический сигнификат	Идеальный образец отношения «Воздействия – эффект»
Семантическая связь	Ролевая семантика предиката
Объект	Носитель эффекта
Актуальный контент многофакторного эффекта	Модель системного эффекта
Смысловая доминанта многофакторного эффекта	Макроструктура эффекта

Система в градуированных данных. Понятию «Системная градуация величин» модели системной онтологии эффектов отвечает формальный объект «Система в градуированных данных» метода определения системной онтологии эффектов. В онтологическом знании разработана специальная качественная 17-пунктная шкала значений показателей, обеспечивающая моделирование величин. Эта шкала редуцируется к 5-, 3-, 2-пунктным шкалам уровней величин. При определении формального объекта «Система в градуированных данных» используется 3-пунктная шкала («Высокий уровень», «Средний уровень», «Низкий уровень»). В результате такого шкалирования величин форма представления системы эмпирическим описанием в виде таблицы «Объект-свойство» заменяется новой формой, в которой наблюдаемые значения показателей преобразованы в значения на 3-пунктной шкале.

Показатель в системном целом. Понятию «Детерминация уровней величин» модели системной онтологии эффектов отвечает формальный объект «Показатель в системном целом» метода определения системной онтологии эффектов. Каждый эталон как состояние уникального качества системы является частью системного целого и всем целым в условиях этой части. Изменчивость любого показателя в каждой реконструкции

актуального состояния имеет рациональное объяснение, поскольку раскрыты внутрисистемные механизмы, детерминирующие уровни значений показателей. Каждая реконструкция – уникальна, характеризуется своим уникальным набором эталонов, проявляющих внутрисистемные механизмы. В онтологическом знании уровень значений каждого показателя определен всем системным целым в рамках реконструкции конкретного актуального состояния. Уровень значений показателя является атрибутом всего системного целого, если этот уровень устанавливается и различается системой в целом через типические для этого уровня эталоны, выявляемые посредством статистических обобщений на всем множестве реконструкций актуальных состояний.

Актантная структура эталона. Понятию «Системная предикация» модели отвечает формальный объект «Актантная структура эталона» метода. Эталон является атрибутивным словом, если он выявляет набор атрибутов (конкретных уровней значений показателей) всего системного целого. Число мест в наборе атрибутов (валентность) – активность эталона. Активность определяется посредством статистических обобщений. Если при этом показатель из набора атрибутов входит как элемент в состав эталона, то он является системно обусловленным атрибутом.

Целевой список показателей. Понятию «Входы-выход» модели отвечает формальный объект «Целевой список показателей» метода. В списке представлены имена показателей, рассматриваемых в качестве действующих. В каждой реконструкции действующие показатели заданы конкретным набором уровней их значений. Комбинация уровней значений действующих показателей в отдельно взятой реконструкции – один вариант многофакторного воздействия. Множество таких вариантов на всем множестве реконструкций – поле многофакторных воздействий. Выход – имя реагирующего показателя. В каждой реконструкции реагирующий показатель имеет конкретный уровень значения (реакция на вариант многофакторного воздействия). Все множество уровней значений реагирующего показателя – поле системных эффектов на многофакторные воздействия.

Идеальный образец отношения «Воздействия – эффект». Понятию «Прототипический сигнификат» модели отвечает формальный объект «Идеальный образец отношения „Воздействия – эффект“» метода. Для реагирующего показателя устанавливается множество эталонов, актантные

структуры которых содержат этот показатель. В каждой из этих актантных структур выявляется наличие таких действующих показателей, для которых эталон, соответствующий данной структуре, становится реляционным словом (эталон-предикатом). В этой роли эталон-предикат устанавливает отношение между конкретным действующим показателем и реагирующим показателем. Это отношение имеет статистическое подтверждение. В итоге формируется список значимых действующих показателей, ответственных за системные эффекты реагирующего показателя. Для каждого действующего показателя определяется знак статистической связи с реагирующим показателем.

Каждый уровень значений реагирующего показателя рассматривается как прототип системного эффекта на воздействия и является прототипическим денотатом эффекта. Для этого денотата вводится прототипический сигнификат, представляющий собой типический набор уровней значений действующих показателей.

Ролевая семантика предиката. Понятию «Семантическая связь» модели отвечает формальный объект «Ролевая семантика предиката» метода. Семантическое описание эталон-предикатов предполагает их классификацию по ролевой семантике. Класс предиката определяют ролевые функции его актантов и смыслообразующая функция самого предиката в системном целом. Ролевая функция актанта, представляющего реагирующий показатель, заключается в носительстве конкретного уровня его величины. Ролевая функция актанта, представляющего действующий показатель, принимает 2 значения – отвечает (не отвечает) идеальному образцу прототипического сигнификата. Для предиката, являющегося системно обусловленным относительно реагирующего показателя, имеются 2 значения его смыслообразующей (ролевой) функции: эталон представляет системный механизм изменчивости; эталон представляет системный механизм статальности. Значения всех ролевых функций актантов и предиката задают 5 классов эталон-предикатов: «Действие», «Состояние», «Отношение», «Признак», «Свойство». Класс «Действие» характеризуется проявлением системного механизма изменчивости реагирующего показателя. Во всех других классах эталон-предикат проявляет системный механизм статальности. Класс «Состояние» определяется соответствием уровня действующего показателя идеальному образцу. Класс «Отношение» уста-

навливает системно-закономерную связь между действующим показателем и реагирующим показателем. Класс «Признак» отвечает условию несоответствия уровня действующего показателя идеальному образцу (объясняет разнообразие воздействий при неизменном эффекте). Класс «Свойство» близок классу «Состояние», однако в нем не детерминируется уровень значения реагирующего показателя.

Носитель эффекта. Понятию «Объект» модели отвечает формальный объект «Носитель эффекта» метода. Этот формальный объект представлен совокупностью фрагментов реконструкций актуальных состояний системы, охватывающих только действующие показатели и реагирующий показатель с их уровнями значений, а также набор эталонов, детерминирующих эти уровни.

Модель системного эффекта. Понятию «Актуальный контент многофакторного эффекта» модели отвечает формальный объект «Модель системного эффекта» метода. Модель представляет собой фреймовую структуру – стереотипное описание события «Воздействие-эффект». План выражения модели актуализирует конкретный системный эффект на определенный вариант воздействия. План содержания модели раскрывает внутрисистемные механизмы, объясняющие возникновение и характер этого конкретного эффекта.

Актуализация контента осуществляется на каждом носителе конкретного эффекта указанием:

- варианта воздействия через уровни значений действующих показателей;
- уровня значения реагирующего показателя;
- идеального образца воздействия;
- класса ролевой семантики для каждого эталона-предиката, отражающего определенное семантическое отношение между предикатом и его окружением, а также значимости этой ролевой семантики в аспекте «Динамика/статика»;
- атрибута направленности/ненаправленности действия для каждого эталона-предиката;
- главной ролевой функции (в аспекте «Динамика/статика») и ее значимости для каждого действующего показателя;
- атрибута подвижности/неподвижности для реагирующего показателя.

Модель системного эффекта характеризует и объясняет конкретный системный эффект на определенный вариант воздействия как уникальный научно установленный факт в полном системном многообразии возможных эффектов.

Макроструктура эффекта. Понятию «Смысловая доминанта многофакторного эффекта» модели отвечает формальный объект «Макроструктура эффекта» метода. Объект выявляет закономерное единство во всем актуальном системном многообразии эффектов и задает типологию системных эффектов. Типология определяется назначением и разрешением набора бинарных семантических оппозиций. Каждая оппозиция предьявляет различие между элементами плана выражения события в модели системного эффекта. Этому различию соответствует различие между элементами плана содержания события эффекта. Конструктивными элементами для оппозиционного анализа в рамках модели системного эффекта являются: вариант воздействия, потенциал подвижности реакции, классы ролевой семантики предикатов, эталоны с системно обусловленным атрибутом. Различие в проявлениях этих конструктивных элементов оценивается через следующие оппозиции:

– оппозицию «Статальность/акциональность», разрешающуюся присвоением каждому предикату модели эффекта атрибута статальности или акциональности с указанием его статистической значимости для системных эффектов и интеграцией полученных атрибутов по всем предикатам модели в общую оценку, характеризующую степень стабильности системной реакции на воздействие;

– оппозицию «Релевантность/нерелевантность», разрешающуюся посредством сопоставления варианта многофакторного воздействия с прототипическим образцом и нахождением меры их соответствия, характеризующей вариабельность действующих показателей;

– оппозицию «Обусловленность/необусловленность», разрешающуюся посредством выявления в имеющемся наборе эталонов-предикатов множества системно обусловленных уровней всех действующих показателей, характеризующих полноту модели эффектов;

– оппозицию «Ненаправленность/направленность», разрешающуюся посредством анализа выявленных системных механизмов действия, характеризующих способность системного целого изменить уровень реагирующего показателя.

Оппозиция «Статальность/акциональность» играет ведущую роль в определении типа эффекта, является эквиполентной оппозицией (члены оппозиции равноправны, каждый член имеет собственный признак). Для каждого дифференциального признака «Статальность» и «Акциональность»

независимо вводится градуальная оппозиция «Сильная/слабая» (степень выраженности признака). Оппозиции «Релевантность/нерелевантность», «Обусловленность/необусловленность», «Ненаправленность/направленность» являются привативными (один из членов в каждой оппозиции обладает дифференциальным признаком, другой не обладает).

В результате оппозиционного анализа возникает пучок дифференциальных признаков с иерархической организацией. На его основе является типология системных многофакторных эффектов. Каждый тип эффекта конструируется на основе характерной композиции значений дифференциальных признаков. Полученная типология эффектов определяет семантическую макроструктуру денотативной схемы. Денотативная область не является прямым отражением конкретики системных эффектов, а есть когнитивное отражение установленных типов системных эффектов.

Функциональность метода определения онтологии системных эффектов многофакторных воздействий. Формальные объекты метода, порожденные соответствующими понятиями модели системной онтологии эффектов многофакторных воздействий, являются элементами конструктивного определения ПМЭ. Отношения между формальными объектами наследуют отношения между понятиями модели. Конструктивная форма таких отношений представляется совокупностью формальных методов (способов, приемов и операций) порождения и преобразования объектов.

Функциональность метода определения системной онтологии многофакторных эффектов представлена схемой (рис. 2), где 1 – производство системного знания; 2 – экспертное назначение; 3 – шкалирование; 4 – локализация эффекта; 5 – дистрибуция показателей; 6 – определение валентностей; 7 и 8 – прототипирование; 9 – ролевое оценивание; 10 и 11 – заполнение фрейма; 12 – выявление типологии эффектов. Функциональная схема метода раскрывает устройство ПМЭ в трех основных аспектах: ПМЭ как эмпирический факт; ПМЭ как система; знание об устройстве ПМЭ. Как эмпирический факт ПМЭ представлено массивом данных, полученных в результате наблюдений и измерений. Как система ПМЭ раскрыто в онтологическом знании через реконструктивное семейство моделей собственных качеств открытой гетерогенной многомерной системы; реконструктивное семейство эталонов

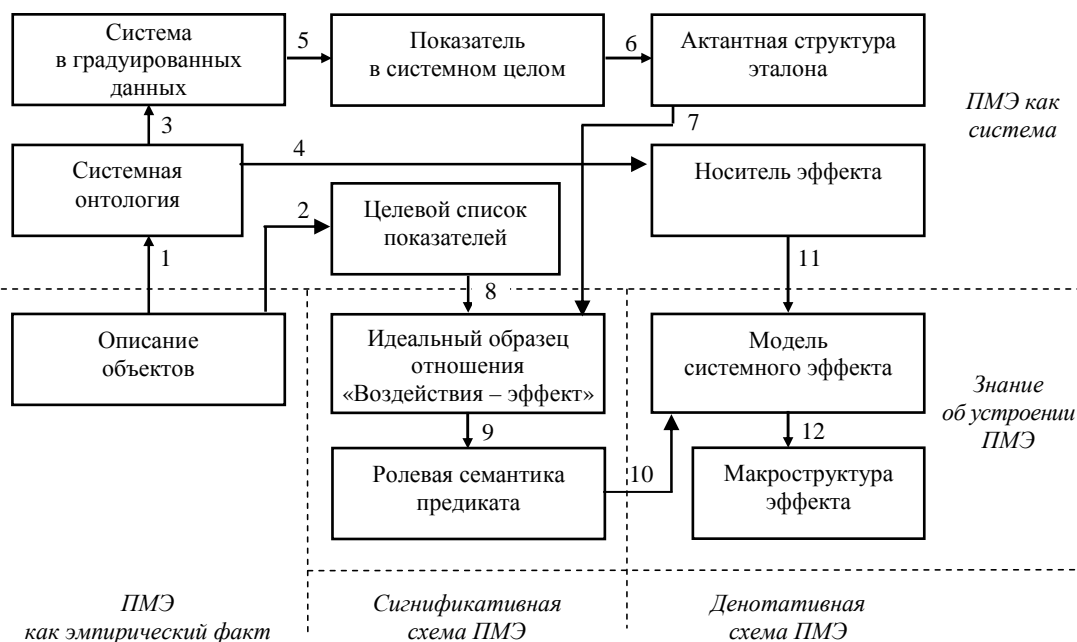


Рис. 2

состояний собственных качеств системы; полное множество реконструкций актуальных состояний системы, атрибуты свойств состояний и атрибуты их подвижности; реконструкции значений показателей и характерные атрибуты их изменчивости. Онтологическое знание о системе имплицитно содержит знание о ПМЭ. На основе онтологического знания о системе формируются элементы знания, эксплицируемые в знание об устройении ПМЭ как таковом. Знание об устройении ПМЭ представляют сигнификативная и денотативная схемы. Сигнификативная схема раскрывает для каждого реагирующего показателя общий вид значимого прототипического воздействия и устанавливает на его основе весь спектр предикатов, объясняющих любой конкретный вариант многофакторного воздействия и эффекта на него. Денотативная схема содержит все модели актуальных вариантов эффектов на конкретные многофакторные воздействия и задает типологию денотативной области ПМЭ.

Функциональная схема включает формальные объекты метода, устанавливает связи между ними, обеспечивающие порядок построения формальных объектов, задает способ реализации этих связей.

Производство системного знания обеспечивают научные методы ФОС: теория реконструктивного анализа, анализ собственных качеств, анализ состояний эталонов собственных качеств, аксиологический анализ, анализ состояний и эмерджентных свойств системы.

Экспертное назначение вводит набор действующих показателей и задает реагирующий показатель.

Шкалирование решает задачу преобразования шкалы уровней значений показателей, предназначенной для точного моделирования их изменчивости в шкалу, представляющую типизированные системные градуации действующих и реагирующих величин.

Локализация эффекта определяет множество системных реконструкций, предъявляющих все ситуации многофакторных эффектов, описанные на системном уровне.

Дистрибуция показателей осуществляется посредством обращения к элементарным единицам языка систем разных классов (показателям, эталонам), определения частоты сочетания этих элементов в реконструкциях состояний и нахождения статистической значимости выявленных сочетаний. При дистрибуции не используются смысловые значения элементов языка.

Определение валентностей сводится к семантической детерминации доминирования эталонов. Каждый эталон ориентирован на передачу не субъектно-объектных отношений, которые находят лишь имплицитное выражение, а выступает коррелятом отношений с актантами, сочетание с которыми определяет его валентность. Множество эталонов формирует богатую структуру отношений с актантами.

Прототипирование выполняется для каждого реагирующего показателя посредством определения множества эталонов, актантные структуры которых содержат этот показатель. В каждой из этих актантных структур выявляется наличие таких действующих показателей, для которых эталон, соответствующий данной структуре, становится реляционным словом (эталон-предикатом). В этой роли эталон-предикат устанавливает отношение между конкретным действующим показателем и реагирующим показателем. Это отношение имеет статистическое подтверждение. В итоге формируется список значимых действующих показателей, ответственных за системные эффекты реагирующего показателя. Для каждого действующего показателя определяется знак статистической связи с реагирующим показателем. Каждый уровень значений реагирующего показателя рассматривается как прототип системного эффекта на воздействия и является прототипическим денотатом эффекта. Для этого денотата вводится прототипический сигнификат, представляющий собой типический набор уровней значений действующих показателей.

Ролевое оценивание направлено на установление состава классов ролевой семантики эталонов-предикатов «Действие», «Состояние», «Отношение», «Признак», «Свойство» для всего множества референтов отношения «Воздействие-эффект». Каждый класс ролевой семантики выделяет определенный аспект ситуации системной реакции на воздействие.

Заполнение фрейма осуществляется для каждой конкретной ситуации «Воздействие-эффект» конкретизацией заданий терминалов понятийных структур фрейма определенными значениями,

извлекаемыми из реконструкции состояния (локализации эффекта) с учетом классов ролевой семантики эталонов-предикатов. Заполнение фрейма завершается вычислением набора атрибутов, характеризующих моделируемую ситуацию в аспектах статальности и акциональности.

Выявление типологии эффектов осуществляется в результате многокритериальной дифференциации системных эффектов. Критерии типологического анализа построены на базе семантических оппозиций. Многокритериальная дифференциация эффектов использует комбинацию значений критериев, характеризующую конкретную моделируемую ситуацию, системную значимость атрибутов, оценивающих показатели и эталоны в аспектах статальности и акциональности, а также полный системный контекст этой ситуации.

В основу подхода к решению задачи о многофакторных эффектах положена парадигма системологии – ФОС. На базе научного метода ФОС идеи, подходы и понятия, созданные в семиотике и лингвистике для решения общих проблем устройства и свойств языка как знаковой системы, получили конструктивное воплощение применительно к языку систем.

В своих основаниях предложенный метод определения системных эффектов многофакторных воздействий является междисциплинарным. Он порождает научно достоверное допредметное системное знание об эффектах многофакторных воздействий и выступает как рациональный метод решения общей задачи выявления типологии этих эффектов в сложных предметных областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fomin B. F., Kachanova T. L. Physics of Systems is a postcybernetic paradigm of systemology // Intern. Symp. Science 2.0 and Expansion of Science: «S2ES» in the context of The 14th World-Multi-Conf. «WMSCI 2010», Orlando, Florida, USA, June 29th–July 2nd, 2010. P. 41–48.
2. Fomin B. F., Kachanova T. L. Physics of Open Systems: Generation of System Knowledge // J. of Systemics, Cybernetics and Informatics. 2013. Vol. 11, № 2. P. 73–82.

3. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Методы и технологии генерации системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.

4. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Квалитология системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.

5. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Введение в язык систем. СПб.: Наука, 2009.

T. L. Kachanova, B. F. Fomin
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

SYSTEM EFFECTS OF MULTIFACTORIAL INFLUENCES IN OPEN SYSTEMS

General problem about typology of system effects of multifactorial influences in open systems is solved in the context of multidimensional arrays of heterogeneous data for the big number of both influencing and reacting quantities. The solution is obtained by the methods of physics of open systems on the basis of knowledge of systems' ontology.

Open systems, physics of open systems, ontological knowledge, effects of multifactorial influences, big data, system analytics