

# МЕТОДОЛОГИЯ СТРУКТУРНО-ЦЕЛЕВОГО АНАЛИЗА ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ

Л. М. Лукьянова

Калининградский государственный технический университет  
236000, Калининград, Советский проспект, 1  
llm@psl.koenig.su

---

УДК [681.51:303.732+519.76] (061.2)

Л. М. Лукьянова. **Методология структурно-целевого анализа организационных систем производственной сферы** // Труды СПИИРАН. Вып. 1, т. 1. — СПб.: СПИИРАН, 2002.

**Аннотация.** При решении сложных проблем широко используется системный анализ (СА). На начальных этапах СА на основе экспертных методов осуществляют анализ проблем/целей и получают структуры проблем/целей (СП/СЦ), качество которых обычно невысоко из-за наличия в них различного рода ошибок. Но именно от качества СП/СЦ зависит, та ли целе-реализующая система (ЦРС) и для достижения тех ли целей будет сформирована при решении проблемы. Научные основы системного анализа нельзя поэтому считать окончательно сложившимися. Методология, основывающаяся на логико-лингвистическом моделировании структурно-целевого анализа проблемных ситуаций — шаг в направлении формализации начальных этапов СА, повышения качества его результатов и надежности принимаемых в организационных системах решений в целом. — Библ. 15 назв.

UDC [681.51:303.732+519.76] (061.2)

L. M. Lukianova. **Methodology of Structure-aimed Analysis of Problem Situations in Organization Systems for Industry Branches** // SPIIRAS manuscripts. Issue 1, v. 1. — SPb.: SPIIRAS, 2002.

**Abstract.** Systems analysis (SA) was widely used in solving of complex problems. At the initial stages of SA problems and goals are analyzed and the structures of problems/goals (SP/SG) are formed. Decision-makers have to be sure the formed aim-realizing systems (ARS) can achieve goals of SG and these goals are right. But analysis is based on expert methods. Therefore quality of SP/SG is not very high. That is why scientific foundations of SA are not supposed to have been completely formed. Methodology based on logical and linguistic simulation of structure-aimed analysis of problem situations is a step in the direction of formalization of the initial stages of SA and improvement quality of their results. It allows to eliminate errors in structures, make reliable complex solutions and perform correct synthesis of ARS. — Bibl. 15 items.

---

## 1. Методологические предпосылки

Проблемность функционирования предприятий, отраслей и других организационных систем общеизвестна. Складывающиеся в них проблемные ситуации отличаются сложностью и существенной неопределенностью, что затрудняет их устранение. Существуют методы уменьшения сложности и решения задач в условиях неопределенности. Для анализа проблемных ситуаций определенный прагматический интерес представляют рассмотренные в [1] методы анализа иерархий, декомпозиционные методы теории полезности и методы теории нечетких множеств. Однако при всей привлекательности эти методы имеют существенный недостаток — начальные, основополагающие для устранения проблемных ситуаций решения по увязанным в структуры проблемам/целям основываются на экспертных знаниях и субъективных моделях, а значит, такие методы в известном смысле малонадежны. Необходимость объективизации процессов подготовки и принятия решений по СЦ и ЦРС с целью повышения эффективности решения проблем требует выработки новых подхо-

дов к системному анализу проблемных ситуаций и разработки реализующих такие подходы методологий и технологий. Методология структурно-целевого анализа возникающих в организационных системах проблемных ситуаций — шаг в этом направлении.

При развитии направления [2–6] и приложении его результатов к анализу возникающих в организационных системах производственной сферы проблемных ситуаций [7–10] был проведен анализ понятий: “проблема”, “цель”, “задача”, “проблемная ситуация”, “критерий”, “функция”, СП, СЦ, а также проанализирован большой корпус реальных естественно-языковых формулировок проблем, целей, задач, критериев, функций ЦРС, СП и СЦ. Установлено, что в рассмотренной совокупности понятий доминирует понятие “цель”. Кроме того, выявлено, что в различных технологиях анализа проблемных ситуаций цель трактуется неоднозначно. Семантика отношений, формирующих СЦ, также нечеткая и, что существенно, не связана с семантикой целей. Свойства СЦ, в том числе, выражаемые понятиями непротиворечивости и полноты, не определены формализованным образом. Это обуславливает неопределенность процедур структурного анализа проблемных ситуаций и затрудняет оценку качества СЦ, ЦРС, степени достижения целей и решения проблем. Устранение указанных трудностей возможно за счет формализации семантики проблем и целей, отношений между ними, свойств СЦ, и на этой основе — процедур структурирования проблем, целей, критериев, функций ЦРС для конкретных объектов управления.

На основе выявленных в результате анализа общих для различных определений понятия “цель” семантических множителей данное понятие определено как:

$$\langle \text{Цель} \rangle ::= \langle \text{намеченный ожидаемый результат деятельности} \rangle \quad (1) \\ [ \langle \text{структура} \rangle ] [ \langle \text{время} \rangle ],$$

где квадратными скобками выделены факультативные семантические множители. Действительно, не всякая цель требует структурного представления (например, цель, для достижения которой имеются средства), а привязка к временной шкале осуществляется при постановке задачи (время, как и другие перераспределяемые виды ресурсов, характеризует задачу).

Доминирование понятия “цель” в совокупности семантически и прагматически связанных с ним понятий позволяет выдвинуть следующую гипотезу.

**Г и п о т е з а 1.** Семантика целей и определенных на целях СЦ структурообразующих отношений совместно со свойствами СЦ, а также схемой анализа целей и правилами редукции целей составляют ядро процедур системного анализа проблемных ситуаций.

Аргументом в пользу утверждаемого для организационных систем производственной сферы служит практический опыт автора, выполнявшего этапы структурного анализа ряда комплексных целевых программ (КЦП) промышленных отраслей, научно-производственных объединений различных уровней управления и промышленных предприятий [3, 5–10]. Свидетельством справедливости предположения также служит утверждение об обособлении, семантике связей, в том числе, причинно-следственной увязке индивидом в качестве начального шага борьбы с неопределенностью при анализе проблемных ситуаций и постановке задач таких частей неопределенности, как проблема, цель, условия [11]. Приведенные доводы позволяют использовать высказанное в гипотезе

в качестве основного методологического положения структурно-целевого анализа проблемных ситуаций. Другие методологические положения выработаны, исходя из следующих гипотез.

**Г и п о т е з а 2.** Практические рассуждения о проблемах/целях, достижение которых ведет к устранению проблемной ситуации целесообразно проводить посредством формализованных логических средств, преобразующих проблемы и цели, представленные в лингвистической форме.

Справедливость данного утверждения обоснована в [3, 10] и подтверждена двадцатилетней практикой автора по анализу подготовленных к принятию решений совместно с коллективами экспертов и специалистов тех организационных систем, в которых решались соответствующие проблемные задачи — естественно-языковая логика и свойства психики практически всегда приводят к просчетам при анализе СЦ человеком. Следующую гипотезу связывает с первой получаемый в ходе логического рассуждения результат.

**Г и п о т е з а 3.** Результатами практических рассуждений о проблемах и целях организационных систем являются иерархические СП и СЦ, непротиворечивые и полные.

Иерархические (предварительные или окончательные) СП/СЦ являются результатами рассуждений о проблемах/целях систем производственной сферы в силу следующих причин. Расчленение сложных объектов и систем управления ими на простые — признанный метод борьбы со сложностью. Поэтому значительное число организационных систем производственной сферы устроено иерархически. Проблемы/цели вышележащего уровня управления в таких системах имеют большую степень сложности (а новые проблемы/цели — и большую степень неопределенности) по сравнению с проблемами/целями нижележащих уровней. Если же организационная система устроена иначе, то для любого типа ее структуры с единственным элементом управления высшего уровня иерархические СП/СЦ могут рассматриваться и как окончательные, и как предварительные, требующие дальнейшего анализа. Вообще говоря, дополнительный анализ, схема которого приведена в [10], может потребоваться для уточнения СП/СЦ в организационной структуре любого типа.

Утверждаемое в гипотезах 2 и 3 обуславливает две крайние схемы структурно-целевого анализа: автоматическое порождение альтернатив СП/СЦ и выбор из них удовлетворительной (рациональной/эффективной) альтернативы или традиционное (“ручное”) принятие решений человеком. Обе схемы нельзя признать эффективными. Первую — из-за огромного числа получаемых в реальных условиях альтернатив СП/СЦ, в том числе семантически бессмысленных или прагматически бесполезных. Вторую — из-за невысокого качества результатов. Так, например, в [12] показано, что 5-9-уровневые структуры из 100–204 целей, сформированные экспертами традиционным способом и проверенные системой [4, 14], содержали от 33 до 64% целей, потребовавших различного рода корректировок. И даже, что установлено опытным путем, используя при этом формализованный метод анализа, люди не застрахованы от различного рода паралогизмов. Поэтому более рациональна человеко-машинная схема анализа, в которой выбор способа расчленения проблем/целей был бы закреплен за человеком, а получаемые в ходе человеческих рассуждений СП/СЦ проверялись бы на логическую правильность машиной.

Предлагаемая схема анализа СП/СЦ использует именно такое распределение функций между человеком и машиной и реализует следующее. В практике целевого анализа СЦ принято приписывать свойства непротиворечивости

и полноты. О качестве формируемых человеком на каждом шаге рассуждения подпроблем/подцелей можно судить с позиций непротиворечивого рассуждения о связях между проблемами/целями и подпроблемами/подцелями, проводимого формализованной системой, а также выводимости всех возможных верных подпроблем/подцелей, отвечающих выбранным связям. Оценка качества получаемых таким образом кустов СП/СЦ должна тогда основываться на сопоставлении результата человеческого рассуждения с результатом, которого будет добиваться формализованная система, анализирующая такое рассуждение, а непротиворечивость рассуждения должна, с одной стороны, определяться семантикой возможных в соответствующей предметной области базовых структурообразующих отношений, а с другой стороны — определять реальную структурную семантику кустов СП/СЦ и структур проблем/целей в целом. Отметим, что число возможных рассуждений в условиях реальных естественно-языковых формулировок проблем/целей огромно. Даже при определенных ограничениях на соответствующий язык потенциальное множество таких формулировок бесконечно (хотя и счетно). Число же классов таких рассуждений ограничено, поэтому для повышения эффективности формализации анализа СП/СЦ целесообразно классифицировать возникающие на проблемах/целях кустов СЦ ситуации и соотносить с полученными классами допустимые схемы рассуждений. Наконец, высказаны еще два предположения.

**Гипотеза 4.** Критерии, оценивающие качество управления (решения по целям, ЦРС и степень достижения целей), и функции целереализующих систем следует представлять в языке, совместимом с языком описания целей.

**Гипотеза 5.** Иерархичность СП и СЦ обуславливает иерархичность соответствующих им структур критериев (СК) и функций (СФ) ЦРС.

Предположения, высказанные в двух последних гипотезах, подтверждаются успешным решением большого числа управленческих задач [10, 13]. Поэтому соответствующие утверждения также использованы в качестве методологических положений анализа проблемных ситуаций.

Методология структурно-целевого анализа складывающихся в организационных системах производственной сферы проблемных ситуаций использует рассмотренные выше методологические положения и подход [12], базирующийся на:

- принципах целеполагания (ЦП);
- канонических СЦ организационных систем производственной сферы;
- полимодельных системах поддержки принятия решений по проблемным ситуациям;
- схемах и методиках проведения системного анализа.

## 2. Принципы структурного целеполагания

Согласно закономерности целеобразования —  
*интерес*  
потребность → цель,  
(объективно существующая) потребность, осознаваемая индивидом, преобразуется им в (субъективную) цель. Целеполагание заканчивается с завершением целеобразования, после которого при наличии средства достижения намеченного целью будущего результата может быть осуществлена целереализация:

*средство*  
цель → результат.

Многодисциплинарное исследование ЦП с учетом определенных в разделе 1 методологических положений способствовало выработке основных принципов структурного целеполагания:

1) принцип формализуемости структурно-целевого анализа проблемных ситуаций основывается на обосновании гипотез 1–5;

2) принцип нецелесообразной алгоритмизации структурного ЦП основывается на обосновании гипотезы 3, а именно, на утверждении о нецелесообразном в большинстве практических случаев автоматическом порождении “портфеля” (т.е. всех возможных) целей для последующего принятия по ним решений;

3) принцип формальности описания целей основывается на описании естественно-языковых (ЕЯ) формулировок целей (проблем, критериев, функций) в ограниченном ЕЯ.

Согласно данному принципу в языке описания целей  $L_c$ , который в соответствии с (1) строится на основе языка описания реалий (рис. 1), должна использоваться нормированная лексика, формальный синтаксис и формализованная семантика при следующих общих требованиях к ЕЯ-описаниям целей: краткость и определимость используемых в них понятий [2].

Определимость элементов (предметов) и их свойств, задающих “ожидаемые результаты деятельности”, в шкалах наименований и в порядковых шкалах требуется также для реализации принципа 1 и возможности оценки альтернатив целей при ЦП и степени достижения целей при целереализации (ЦР) (рис. 1). Компоненты языка описания целей  $L_c$  рассмотрены в [2, 9] (языков описания проблем  $L_p$  — в [9, 10], критериев, функций ЦРС — в [10]);

4) принцип иерархичности —

эшелонирования, стратифицирования и расслоения целей.

Данный принцип предусматривает допустимые способы уменьшения сложности и неопределенности цели посредством ее:

-рангового *эшелонирования*, реализующего частичное причинение “целью-рангом”-“цели-субранга”, которое в организационных иерархиях выражает субъектную подчиненность и используется при организации соответствующих подсистем ЦРС для успешного достижения определенных в СЦ целей;

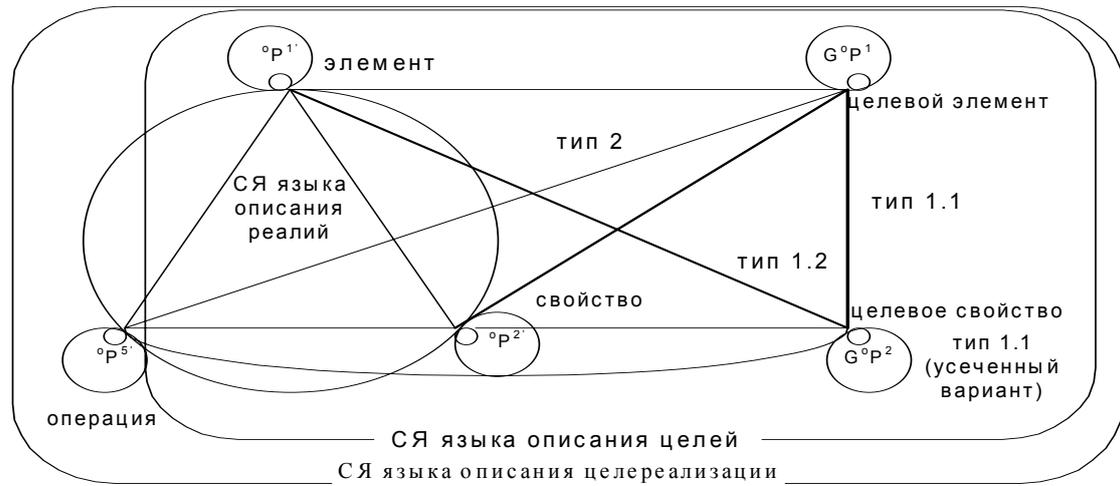
-аспектного/стадийного *стратифицирования*, реализующего частичное причинение “целью-системой”-“цели-аспекта\_системы”/“целью-системой”-“цели-стадии\_ЖЦ\_системы”;

-*расслоения*, реализующего частичное причинение:

-“целью-результатом”-“цели-средства”, что проиллюстрировано на рис. 2 *i*-й процедурой расчленения, проводимой в случае возникновения потребности в средстве достижения цели, и выражает важную для ЦП и используемую при ЦР связь категорий: “цель”, “средство”, “результат”. Случай наличия *i*-го “средства” для осуществления *i*-го “результата” снимает проблемность ситуации, переводя ее в разряд задач. Проблемность *i*-го “средства” обуславливает (*i*+1)-ю “цель-результат”,

-“целью-целым”-“цели-части”, что обуславливает расчленение (целой) цели (предмета/свойства/отношения) на составляющие части при эмерджентности цели,

-“целью-родом”-“цели-вида”, что обуславливает расчленение (родовой) цели на составляющие виды при суммативности цели;



СЯ - семиотическое ядро

Рис. 1. Соотношение языков описания целей и их реализации

Принцип иерархичности, проиллюстрированный на рис. 3, обеспечивает моделирование целей двух наиболее важных и распространенных типов организационных иерархических структур, образуемых отношениями подчинения и включения;

5) принцип непротиворечивости СЦ основывается на свойстве непротиворечивости целей СЦ (всех кустов СЦ) в соответствии с установленными формализованной логико-лингвистической системой семантикой базовых для соответствующей предметной области структурообразующих отношений;

6) принцип полноты СЦ основывается на свойстве полноты СЦ (всех кустов СЦ) в соответствии с установленной формализованной системой семантикой отношения полноты;

7) принцип классифицируемости ситуаций на целях основывается на классификации ситуаций на парах\_подчиненных/*n*-ках\_соподчиненных целей и обосновании гипотезы 3. Данный принцип позволяет формализованной системе соотносить ситуацию на парах/*n*-ках целей с классом безошибочных либо ошибочных ситуаций, а в последнем случае вырабатывать рекомендации по устранению ошибок ЦП;

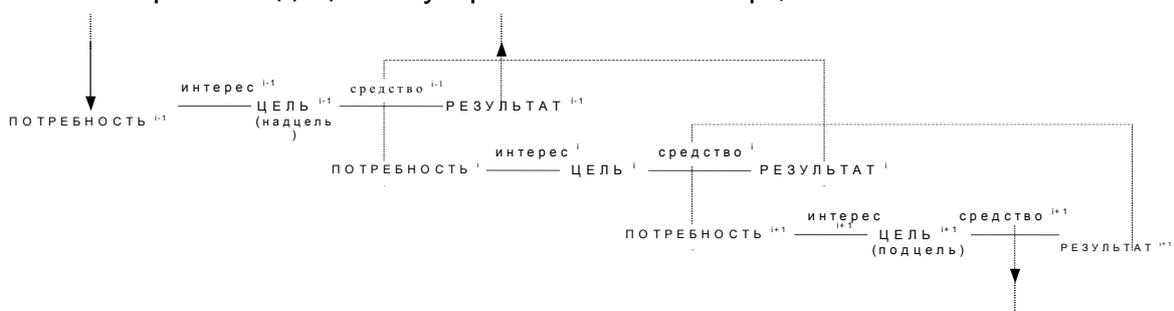


Рис. 2. Структурное целеполагание: принцип расслоения

8) принцип восприятия основывается на (нежестком) ограничении числа подцелей в кусте целей СЦ и уровней СЦ числом  $7 \pm 2$ , что обуславливается известными возможностями человеческой психики за приемлемое для принятия решений время безошибочно перерабатывать не более 9 оперативных единиц восприятия.

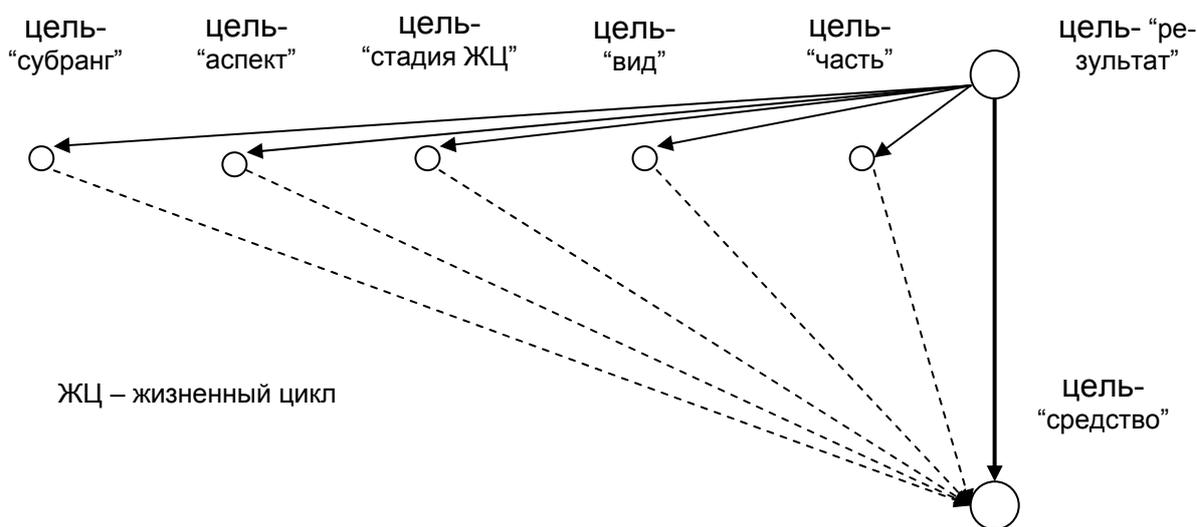


Рис. 3. Структурное целеполагание: принцип иерархичности

### 3. Структуры целей систем производственной сферы

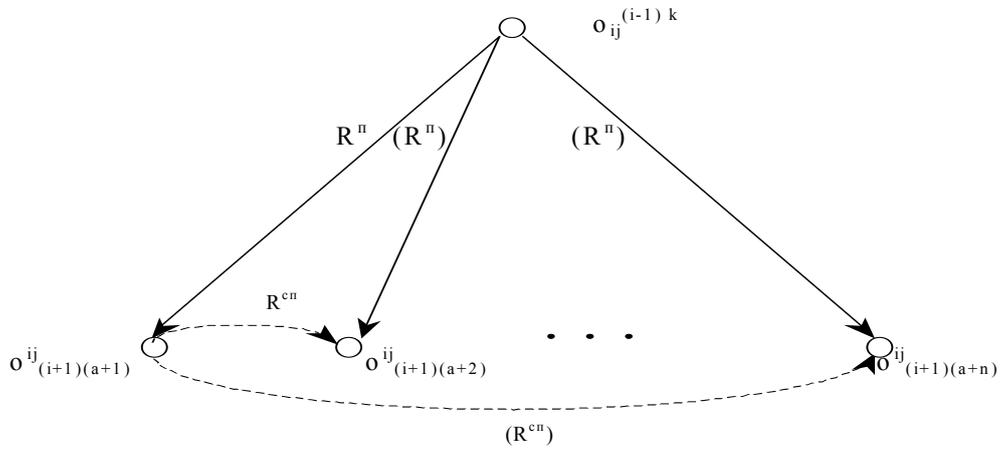
Среди определенных на целях СЦ отношений по признаку структурообразуемости выделены две группы: структурные и неструктурные. К структурным отношениям в соответствии с принципом иерархичности отнесены отношения, задающие строгий порядок на целях, образующих ветви СЦ. При этом отношению взаимозависимости целей в СЦ поставлена в соответствие связность структуры. Неструктурные отношения образуют две подгруппы: вспомогательные, оценивающие корректность структурного целеполагания, и дополнительные, используемые при уточнении СЦ, отношения.

Вспомогательное отношение непротиворечивости целей в соответствии с принципом 5 выражает выводимость формул на очередном шаге вывода: отношение "вертикальной непротиворечивости" целей выражает "вертикальную" выводимость, основанную на семантике отношения непосредственного подчинения целей (в кустах СЦ), а отношение "горизонтальной непротиворечивости" целей — "горизонтальную" выводимость, основанную на семантике вспомогательного отношения сопоставимости листовых целей в каждом кусте СЦ (рис. 4а). Общий вид  $(m+1)$ -уровневой СЦ приведен на рис. 4б. Вспомогательное отношение полноты СЦ в соответствии с принципом 6 выражает полноту набора "подцелей" каждой  $i$ -й цели СЦ,  $i = \{0, 1, \dots, m-1\}$ .

Вспомогательное отношение эквивалентности в структурообразовании различно для разных типов СЦ. В структурах типа "И/ИЛИ" оно используется при принятии решений по альтернативным целям. Для структур типа "И", яв-

ляющихся результатом принятия решений, данное отношение является недопустимым.

а) двухуровневая структура



б) (m+1)-уровневая структура

o – объект структурирования

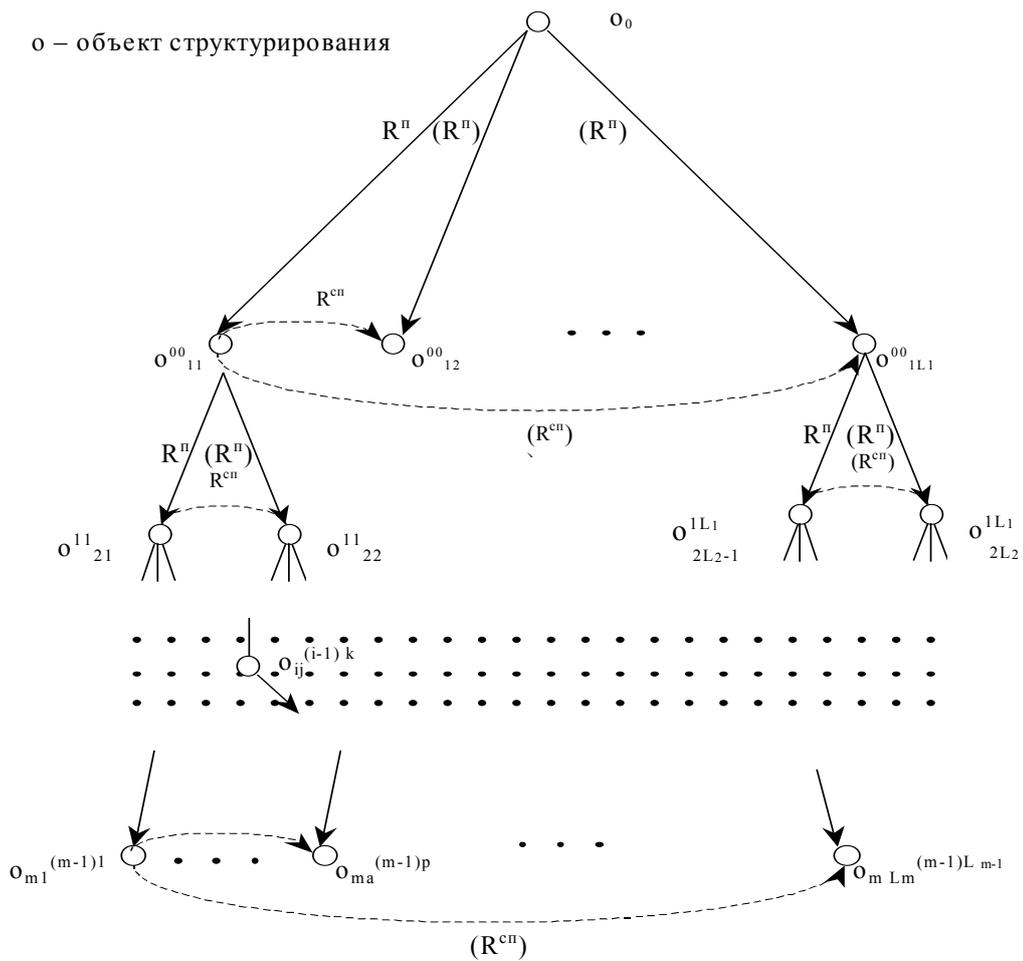


Рис. 4. Общий вид иерархической структуры объектов (O): проблем, целей, критериев, функций

Дополнительное отношение значимости целей используют на уже построенной непротиворечивой и полной СЦ при принятии решений по дальнейшему анализу состава целей СЦ. Такой анализ проводят, к примеру, в случае ограниченности ресурсов на достижение целей СЦ. Например, ограничивают ассортиментный состав намеченной некоторой целью СЦ “результата”.

Анализ соответствующей области деятельности и ее целей позволяет уточнить набор базовых имен отношений между целями. При этом, как показывает практика проблемно-целевого анализа [2, 3, 5–10, 12], для организационных систем уточнение в основном зависит от типа структуры, представляющей СЦ. Например, в случае выбора в качестве модели СЦ структуры типа “И/ИЛИ” в ней допустимы альтернативные цели. Однако для систем производственной сферы, альтернативные цели рассматриваются, как правило, в ходе целеполагания, но не в СЦ, как его результате. Поэтому, а также в соответствии с принципами иерархичности, непротиворечивости и полноты СЦ, в структурах целей промышленных отраслей определены следующие три группы основных отношений, имеющих имена  $\overset{\circ}{I}$ :

-подчинения: “результат-средство” ( $I_1$ ), “целое-часть” ( $I_2$ ), “род-вид” ( $I_3$ ), “ранг-субранг” ( $I_4$ ), “система-аспект (системы)” ( $I_5$ ), “элемент-стадия\_ЖЦ(элемента)” ( $I_6$ ), так что множество имен отношений подчинения целей  $I^n = \{I_j, j=\{1, \dots, 6\}$ ;

-сопоставимости: “средств” ( $I_7$ ), “частей” ( $I_8$ ), “видов” ( $I_9$ ), “субрангов” ( $I_{10}$ ), “аспектов” ( $I_{11}$ ), “стадий\_ЖЦ” ( $I_{12}$ ), ), так что множество имен отношений сопоставимости целей  $I^{cp} = \{I_j, j=\{7, \dots, 12\}$ ;

-полноты: “средств” ( $I_{13}$ ), “частей” ( $I_{14}$ ), “видов” ( $I_{15}$ ), “субрангов” ( $I_{16}$ ), “аспектов” ( $I_{17}$ ), “стадий\_ЖЦ” ( $I_{18}$ ), так что множество имен отношений полноты целей  $I^n = \{I_j, j=\{13, \dots, 18\}$ .

При этом  $\overset{\circ}{I} = \{I^n, I^{cp}, I^n\}$ .

Определены также три базовые тактики структурного ЦП. Расчленение сложной цели в соответствии с тактикой *стратифицирования* производится с помощью отношения с именем  $I_5$  или  $I_6$ , по тактике *эшелонирования* – посредством отношения с именем  $I_4$ , а при использовании тактики *расслоения* — на основе отношения с именем  $I_1$ ,  $I_2$  или  $I_3$ . Все базовые тактики структурного ЦП (и производные от них) обеспечивают формирование строгого порядка на целях СЦ. Базовое отношение с именем “результат-средство” обеспечивает строгий порядок, так как оно асимметрично, антирефлексивно, транзитивно. Действительно, цель по “результату” не может подчинять сама себя, но подчиняет цель по “средству” и обратное отношение при ЦП не выполняется. Это свидетельствует об асимметричности отношения с именем  $I_1$ . Асимметричные отношения антирефлексивны. Отношение с данным именем является транзитивным, так как, если при ЦП конечный результат осуществляется с помощью средства, а это средство как первичный результат достигается на основе другого средства, то, очевидно, что при ЦП цель по (конечному) результату косвенно подчиняет цель по (первичному) средству. Можно показать, что такие же алгебраические свойства присущи и остальным отношениям подчинения, имеющим имена  $I_j \in I^n, j=\{2, \dots, 6\}$ .

В качестве дополнительных отношений  $\overset{\Delta}{I}$  для “И”-структуры целей использованы регистрирующие ошибки целеполагания отношения с именами  $\overset{\circ}{I}$ , формирующие рекомендации по исправлению ошибок целеполагания активные отношения с именами  $I^a$  и отношения значимости с именами  $I^3$  так, что  $\overset{\Delta}{I} = \{\overset{\circ}{I}, I^a, I^3\}$  [14].

Определим отношения, формирующие структуру целей, и свойства СЦ.

**О п р е д е л е н и е 1.** Бинарное отношение  $R^n$  на множестве целей  $\mathcal{C}$  будем называть *отношением подчинения*, если оно имеет имя  $l_j \in I^n$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, 6\}$ , либо является пересечением отношений  $R_j^n$ , имеющих имена  $l_j \in I^n$ , т.е.

$$R^n \subseteq \bigcap_j R_j^n.$$

Данное отношение является структурообразующим.

**О п р е д е л е н и е 2.** В паре целей  $\langle c_a, c_b \rangle$   $c_a$  *непосредственно подчиняет*  $c_b$ , если невозможна цель  $c$  такая, что  $c_a R^n c$  и  $c R^n c_b$ . Это означает, что при заданном на множестве целей  $\mathcal{C}$  отношении  $R^n$ , на нем должна быть выявлена некоторая топология, относительно которой порядок предполагается непрерывным. При этом  $n$ -ка целей  $\langle c_1, c_2, \dots, c_n \rangle$ , удовлетворяющая семантике установленной топологии и образованная последовательностью  $(n-1)$  пар непосредственно подчиненных целей  $\langle c_i, c_{i+1} \rangle$ , в которых вторая цель пары в то же время является первой целью следующей пары, является *непрерывной*.

**О п р е д е л е н и е 3.** В  $n$ -ке пар целей  $\langle c_a, c_{b1} \rangle, \langle c_a, c_{b2} \rangle, \dots, \langle c_a, c_{bn} \rangle$ , в которых первая цель каждой из пар  $c_a$  является общей и на которых определены отношения непосредственного подчинения  $c_a R_k^n c_{b1}, c_a R_q^n c_{b2}, \dots, c_a R_s^n c_{bn}$  та-

кие, что  $R_k^n, R_q^n, \dots, R_s^n \subseteq \bigcap_j R_j^n$ , цели  $c_{b1}, c_{b2}, \dots, c_{bn}$  будем называть *соподчиненными* цели  $c_a$ .

**О п р е д е л е н и е 4.** Соподчиненные цели  $c_{b1}, c_{b2}, \dots, c_{bn}$ , на которых определены отношения непосредственного подчинения  $c_a R_k^n c_{b1}, c_a R_q^n c_{b2}, \dots, c_a R_s^n c_{bn}$  будем называть *сопоставимыми*, если отношения  $R_k^n, R_q^n, \dots, R_s^n$  имеют одинаковые имена, т.е.  $l_k = l_q = \dots = l_s$ .

Сопоставимость  $c_{\beta i}$ -х целей удобно представлять понятием “основание расчленения непосредственно подчиняющей их цели”  $z$ , которое должно быть единым для соподчиненных целей, т.е. “средством” ( $z_1$ ) для отношения  $R^n$  с именем  $l_1$ , “частью” ( $z_2$ ) для  $R^n$  с именем  $l_2$ , “видом” ( $z_3$ ) для  $R^n$  с именем  $l_3$ , “суббрангом” ( $z_4$ ) для  $R^n$  с именем  $l_4$ , “аспектом” ( $z_5$ ) для  $R^n$  с именем  $l_5$  и “стадией ЖЦ” ( $z_6$ ) для  $R^n$  с именем  $l_6$ . При этом при расчленении цели по  $z_1$  должно выполняться требование ситуативной совместимости целей-“средств” в операции ЦР по достижению цели-“результата”, при разложении по  $z_2$  — совместимости “частей” в операции ЦР по формированию из них “целого”; при разложении по  $z_3, z_4, z_5$  или  $z_6$  — совместимости “видов”, “суббрангов”, “аспектов” или “стадий ЖЦ” соответственно.

**О п р е д е л е н и е 5.** Сопоставимые цели  $c_{b1}, c_{b2}, \dots, c_{bn}$  будем называть *безальтернативными*, если для любой их пары  $\langle c_{bk}, c_{bs} \rangle$  ( $s, k \in \{1, 2, \dots, n\}, s \neq k$ ) не выполнимы отношения эквивалентности  $R^{\circ}$  с именами: “эквивалентность средств” ( $l_{19}$ ), “эквивалентность частей” ( $l_{20}$ ), “эквивалентность видов” ( $l_{21}$ ), “эквивалентность суббрангов” ( $l_{22}$ ), “эквивалентность аспектов” ( $l_{23}$ ), “эквивалентность стадий ЖЦ” ( $l_{24}$ ),  $I^{\circ} = \{l_j\}, j \in \{16, 17, \dots, 24\}$ .

**О п р е д е л е н и е 6.** *Непротиворечивой по вертикали структурой целей* будем называть связный бесконтурный  $m$ -уровневый оргграф, соответствующий  $\Phi СЦ = (\mathcal{C}; U)$ , вершины которого  $c \in \mathcal{C}$  обозначают цели, описанные в языке  $L_c$ , а дуги  $u \in U$  выражают определенные на  $\mathcal{C}$  бинарные отношения непосредственного подчинения  $R^n$  с именами  $l_q \in I^n$ ,  $q \in \{1, \dots, 6\}$  или являются пересечением отношений  $R_j^n$ , имеющих данные имена, т.е.  $R^n \subseteq \bigcap_j R_j^n$ .  $\mathcal{C}$  включает

членением отношений  $R_j^n$ , имеющих данные имена, т.е.  $R^n \subseteq \bigcap_j R_j^n$ .  $\mathcal{C}$  включает

множества целей  $i$ -х уровней  $\mathcal{C} = \bigcup_i \mathcal{C}_i^i$ ,  $i \in \{0, 1, \dots, m\}$ , которые, в свою очередь, содержат множества  $j$ -х целей, подчиненных  $j_{i-1}$ -м целям  $(i-1)$ -х уровней, так что  $\mathcal{C}_i^i = \{\mathcal{C}_{ij}^{(i-1)j_{i-1}}\}$ ,  $j_{i-1} \in \{0, 1, \dots, l_{i-1}\}$ ,  $j \in \{0, 1, \dots, l_i\}$  и  $\mathcal{C}_0^0 = \{\mathcal{C}_0\}$ , где  $\mathcal{C}_0$  — главная цель ЦРС (рис. 4).

**О п р е д е л е н и е 7.** Непротиворечивую по вертикали структуру целей будем называть *горизонтально непротиворечивой*, если, при выполненных на парах  $(\mathcal{C}_{ij}^{(i+1)j_{i+1}}, \mathcal{C}_{(i+1)p}^{jj_{i+1}}), \dots, (\mathcal{C}_{ij}^{(i+1)j_{i+1}}, \mathcal{C}_{(i+1)(p^{jj_{i+1}+n}}^{jj_{i+1}+n})}$  отношениях непосредственного подчинения  $R^n$  с именами  $I_q$  ( $q \in \{1, 2, \dots, 6\}$ ) и соподчиненности целей  $\mathcal{C}_{(i+1)p}^{jj_{i+1}}, \dots, \mathcal{C}_{(i+1)(p^{jj_{i+1}+n}}^{jj_{i+1}+n})}$  целям  $\mathcal{C}_{ij}^{(i+1)j_{i+1}}$ , на целях  $(\mathcal{C}_{(i+1)p}^{jj_{i+1}}, \dots, \mathcal{C}_{(i+1)(p^{jj_{i+1}+n}}^{jj_{i+1}+n})}$  также выполнены  $n$ -арные отношения сопоставимости  $R^{cn}$  с именами  $I_g \in I^{cn}$  ( $g \in \{7, 8, \dots, 12\}$ ), являющиеся нестрогим порядком и семантически согласованные с именами  $I_q \in I^n$ ,  $q \in \{1, 2, \dots, 6\}$ , т.е.  $I_7 \circ I_1, I_8 \circ I_2, I_9 \circ I_3, I_{10} \circ I_4, I_{11} \circ I_5, I_{12} \circ I_6$ , где знак “ $\circ$ ” означает семантическую согласованность по основанию расчленения  $z$ .

Горизонтальная непротиворечивость для СЦ организационных систем производственной сферы выражает также безальтернативность сопоставимых целей.

**О п р е д е л е н и е 8.** Непротиворечивую по вертикали и горизонтали структуру целей будем называть *полной*, если при выполненных на безальтернативных целях  $\mathcal{C}_{(i+1)p}^{jj_{i+1}}, \dots, \mathcal{C}_{(i+1)(p^{jj_{i+1}+n}}^{jj_{i+1}+n})}$ , непосредственно подчиненных цели  $\mathcal{C}_{ij}^{(i+1)j_{i+1}}$ ,  $n$ -арных отношениях сопоставимости  $R^{cn}$  с именами  $I_g \in I^{cn}$ ,  $g \in \{7, \dots, 12\}$ , на этих целях также выполнены  $n$ -арные отношения полноты  $R^n$  с именами  $I_t \in I^n$ ,  $t \in \{13, 14, \dots, 18\}$ , семантически согласованные с именами  $I_g \in I^{cn}$ ,  $g \in \{7, \dots, 12\}$ , т.е.  $I_{13} \circ I_7, I_{14} \circ I_8, \dots, I_{18} \circ I_{12}$ .

**О п р е д е л е н и е 9.** Непротиворечивую по вертикали, горизонтали и полную структуру целей будем называть *допустимой*.

**О п р е д е л е н и е 10.** Противоречивую по вертикали, горизонтали и/или неполную структуру целей будем называть *ошибочной*.

**О п р е д е л е н и е 11.** Уменьшенную по составу целей после установления на целях допустимой СЦ отношения значимости структуру целей будем называть *уточненной* и обозначать как  $\mathcal{C}\mathcal{C}^o$ .

Для каждой области производственной сферы целесообразно сформировать канон СЦ, являющийся образцом членения целей и выражающий принципы иерархичности, непротиворечивости и полноты СЦ, а также восприятия. Таким образом, регламентируются принятые в соответствующих организационных системах на определенный временной период формы структур целей. Одна из возможных методик формирования канона СЦ выработана практикой СА промышленных подотраслей отрасли рыбного хозяйства [10]. Она базируется на использовании или построении стратегической структуры целей соответствующей промышленной отрасли (применяемой как при целевом управлении промышленными подотраслями или меньшими подразделениями соответствующей отрасли, так и при подготовке тактических и оперативных решений). Каноническая СЦ строится исходя из стратегической структуры целей посредством систематизации и обобщения целей данной структуры в соответствии с определенными на этапе обследования организационной системы на определенный временной период отношениями подчинения целей. Пример канонической СЦ отрасли рыбного хозяйства приведен в [10].

#### 4. Системы поддержки анализа проблемных ситуаций

По сравнению с традиционной схемой проведения системного анализа (например, приведенной в [15]) предлагаемая схема поддержки принятия решений по проблемным ситуациям детализирована и теоретически усилена на начальных этапах СА. В данном разделе обсуждается один из вариантов реализующей такую схему полимодельной системы поддержки принятия решений по проблемным ситуациям (СППРПС). Посредством СППРПС в результате анализа проблем получают непротиворечивую и полную СП, которая определяется аналогичным приведенному во втором разделе образом, при анализе целей – непротиворечивую и полную СЦ, в ходе анализа критериев (или предпочтений) устанавливают непротиворечивую и полную структуру критериев (СК) (формируя на основе СК альтернативы проблем/СП АЛТ<sub>п/сп</sub>, целей/СЦ АЛТ<sub>ц/сц</sub>, а в последующем — функций/СФ АЛТ<sub>ф/сф</sub>, где СФ — структура функций, осуществляя выбор из них, а затем при необходимости уточняя СП/СЦ/СФ и получая в результате уточнения СП<sup>0</sup>/СЦ<sup>0</sup>/СФ<sup>0</sup>), при анализе ЦРС определяют ее входы-выходы, моделируют непротиворечивую и полную СФ и на основе дополнительных критериев  $K=\{k_1, k_2, \dots, k_d\}$ , где  $d$  — число критериев, определяют состав и организационную структуру ЦРС.

Таким образом, промежуточные результаты СППРПС — это набор  $\langle \langle \text{АЛТ}_{п/сп}, \text{АЛТ}_{ц/сц}, \text{СК}, \text{АЛТ}_{ф/сф} \rangle, \text{АЛТ}_{црс}, K \rangle$ , а конечные результаты – это набор  $\langle \text{СП}^0, \text{СЦ}^0, \text{СК}, \text{ЦРС}^0 \rangle$ . Получение таких результатов реализовано в СППРПС на основе моделирования логико-лингвистического анализа СП/СЦ/СК/СФ (при этом оценка альтернатив АЛТ<sub>п/сп</sub>, АЛТ<sub>ц/сц</sub>, АЛТ<sub>ф/сф</sub>, АЛТ<sub>црс</sub>, выбор альтернатив СП/СЦ/СФ, получение СП<sup>0</sup>/СЦ<sup>0</sup>/СФ<sup>0</sup> осуществляются рассмотренными в [10, 15] методами), а при моделировании СП/СЦ/СК/СФ использованы два семейства моделей:

- модели логико-лингвистического анализа проблем/целей/критериев/функций;
- модели представления СП/СЦ/СК/СФ/ЦРС, где СК и СЦ имеют дополнительный общий уровень представления в виде структуры описанных в критериальной форме целей.

Концепцию моделей логико-лингвистического анализа рассмотрим на примере построения и функционирования системы анализа проблем/целей [9], обрабатывающей представленные в лингвистической форме формулировки проблем/целей.

При разработке  $L_n/L_u$  реализован принцип 3 структурного целеполагания. При этом принята двухуровневая формализация ЕЯ-формулировок [2, 9]. Для первого уровня разработан макроописатель проблемы/цели – настраиваемый по числу и семантике ролей ролевой фрейм, имеющий (по умолчанию) вид:

$\langle \langle 1: \text{агнс} \rangle \langle 2: \text{технология управления} \rangle \langle 3: \text{техника} \rangle \langle 4: \text{исходный объект} \rangle$

$\langle 5: \text{технология производства} \rangle \langle 6: \text{место} \rangle \langle 7: \text{конечный объект} \rangle \rangle$ , (2)

так что полное предложение-проблемы/цели включает 7 (в общем случае  $n$ ) видов ролевых фраз, а множество ролей  $U^r=\{u^{r_i}\}$ , где  $u^{r_i}$  — указатель  $r_i$ -й роли,  $i=\{1, \dots, n\}$ .

Предложение-проблемы/цели в форме (2) имеет вид:  $\langle \langle u^{r_1} \dots \rangle [ \langle u^{r_j} \dots \rangle ] \dots \rangle$ .

Для второго уровня разработан микроописатель, детализирующий фразовую форму в описание в виде термов  $t_1/t_2: \langle t_1 \rangle / \langle t_2 \rangle :: \langle u^{r_i} \rangle \langle \text{БЭ} \rangle / \langle u^{s_j} \rangle \langle \text{БС} \rangle$ , где  $U^s=\{u^{s_j}\}$ ,  $u^{s_j}$  — указатель  $s_j$ -го вида свойства,  $j=\{1, \dots, m\}$ ,  $m$  — число видов

свойств (по умолчанию  $m=4$ ,  $u^{s1}$  — указатель характеристического свойства;  $u^{s2}$  — функционального;  $u^{s3}$  — физического;  $u^{s4}$  — именного [2]). Имея набор базовых элементов(БЭ)/свойств(БС), получают описания производных элементов(ПЭ)/свойств(ПЭ) необходимой степени детализации.

Макро- и микроописатель совместно с методикой перехода от ЕЯ-формулировки к  $L_n / L_u$ -описанию [9], обеспечивают возможность формализованной обработки полученных описаний. Внутренняя семантика проблемы/цели задается следующими компонентами:  $(H, U^r, U^s)/(G, U^r, U^s)$ , где  $H/G$  — указатель проблемы/цели, - а ее внешняя семантика определяется множеством базовых элементов  ${}^oP^1$  и базовых свойств  ${}^oP^2$  (см. рис. 1).

Сопоставление концепций описания реалий и целей организационных систем производственной сферы позволило определить два основных типа целей (рис. 1), различающихся обобщенными формой описания (ФО) и семантикой (СМ):

тип 1. *Цель развития:*

тип 1.1.  $\langle \text{ФО} \rangle ::= \langle G {}^oP^1 G {}^oP^2 \rangle / \langle G {}^oP^2 \rangle \text{ с } \langle \text{СМ} \rangle ::= \langle \text{новый элемент} \rangle$ ;

тип 1.2.  $\langle \text{ФО} \rangle ::= \langle {}^oP^1 G {}^oP^2 \rangle \text{ с } \langle \text{СМ} \rangle ::= \langle \text{модернизированный элемент} \rangle$ ;

тип 2. *Цель функционирования:*  $\langle \text{ФО} \rangle ::= \langle G {}^oP^1 {}^oP^2 \rangle \text{ с}$

$\langle \text{СМ} \rangle ::= \langle \text{тиражированный элемент} \rangle$ .

Соответственно этому можно говорить о “революционных” проблемах ( $\langle N {}^oP^1 N {}^oP^2 \rangle$ ), требующих создания принципиально новых систем для их устранения, и проблемах ( ${}^oP^1 N {}^oP^2$ ), решение которых возможно на основе имеющихся, но требующих модернизации средств.

Трехкомпонентная система моделирования логико-лингвистического анализа проблем/целей  $S_{СП/СЦ}$  и формирования СП/СЦ задается как:

$$S_{СП/СЦ} = \langle S_{кп/кц}, \Psi_{V,B,A}, M \rangle,$$

где  $S_{кп/кц}$  — модель анализа куста проблем/целей,  $S_{кп/кц} = \langle V, B, A, P \rangle$  [3],  $V$  — “алфавит”, включающий, в том числе, множества описанных в  $L_n/L_u$  и переведенных в логическую форму ролевых фраз предложений-проблем/целей и имен семантических отношений  $I = \{ {}^oI, {}^aI, I^a \}$ ;  $B$  — множество синтаксических правил;  $A$  — множество аксиом,  $A = A_1 \cup A_2$ ,  $A_1(A_2)$  — множество неизменяемых(изменяемых) аксиом,  $A_1$  включает полное множество аксиом пропозициональной логики, аксиоматические утверждения логической теории изменения, частичного причинения и абсолютных оценок [3];  $A_2$  — это схемы собственных аксиом системы моделирования логико-лингвистического анализа, выражающие утверждения об анализируемой проблеме/цели, о семантических отношениях на парах ( $n$ -ках) фраз проблема-подпроблема(ы)/цель-подцель(и) и возможных комбинациях таких отношений;  $P$  — семантические правила, или правила вывода;

$\Psi_{V,B,A}$  — правила настройки словаря  $V$ , эволюции языка  $B$ , модификации аксиом  $A$ ;

$M$  — модель базовых знаний  $S_{СП/СЦ}$  о соответствующей организационной системе.

Модель  $M$  задается парой

$$M = \langle M_{SI}, M_{TZ} \rangle,$$

где  $M_{SI}$  — словарная модель, как совокупность словарей ролевых элементов и видовых свойств, представляющих соответственно ролевой и видовой понятийный базисы организационной системы,

$M_{TZ}$  — тезаурусная модель, как совокупность связывающих словарные элементы семантических отношений с именами  $l_j \in I, j = \{1, 2, \dots, 18\}$ .

На вход  $S_{СП/СЦ}$  поступают описанные в  $L_{\pi}/L_{\omega}$  проблемы/цели.  $S_{СП/СЦ}$  преобразует их в логические формулы и посредством  $\Psi_{V,B,A}$  на основе  $M$  настраивает  $S_{кп/кц}$  на очередной шаг функционирования.  $S_{кп/кц}$  определяет непосредственную выводимость подпроблем/подцелей из проблем/целей, формируя в качестве результата набор листовых целей текущего куста СП/СЦ.

Вывод  $S_{кп/кц}$ -моделью подпроблем/подцелей, выявление логических ошибок рассуждений человека и выработка рекомендаций по их устранению упрощен за счет классификации ситуаций на проблемах/целях и отнесения ситуации на поступивших на вход модели проблем/целей к определенному классу. В качестве оснований для классификации ситуаций, например, на парах целей  $\langle c_1, c_2 \rangle$  (здесь и далее использована упрощенная индексация) вначале определены классы ситуаций отдельно на  $c_1$  и  $c_2$ . Последние, в свою очередь, классифицированы на основе отношений, имеющих место на фразах предложений (2). Предложение  $c$  в соответствии с (2) и правилами  $L_{\omega}$  есть результат конкатенации  $f_{i\pi}$ -х фраз,  $i = \{1, 2, \dots, n\}$  ролевого фрейма "средства-результат", некоторые из которых (в простейшем случае одна) — целевые:

$$\langle c \rangle ::= G \langle f_{i\pi} \rangle [ [ G \langle f_{j\pi} \rangle ] \dots ], \quad (3)$$

где  $r_1, r_2, \dots, r_{n-1}$  — фразы с ролями различных "средств", а  $r_n$  — с ролью "результат" (в общем случае имеют место  $f_{ris}$ -е фразы,  $s \in \{1, 2, \dots, m_{ri}\}$ ,  $m_{ri}$  — число фраз с ролью  $r_i$ ).

Полное предложение  $c$  включает два функционально различимых типа фраз: "средство" и "результат", каждая из которых может быть целевой или не целевой. Таким образом, всего в  $c$  возможны 4 типа фраз: "целевой результат", "результат", "целевое средство", "средство". При структурном целеполагании существенна взаимосвязь этих типов фраз (рис. 3), поэтому далее именно на них рассмотрены бинарные семантические отношения. Поскольку же минимальное  $c$  состоит в соответствии с (3) из одной фразы, необходимо учесть и возможные унарные отношения на данных типах фраз. С учетом этого, число различных комбинаций типов фраз (сумма сочетаний из четырех по два и перестановок каждой из полученных 6 комбинаций из двух элементов, а также сочетаний из четырех по одному) равняется 16. Таким образом, на  $c$  имеют место 16 различных семантических отношений, из них реализуемы 14, в том числе, 6 обратных. Этим семантическим отношениям соответствует множество индексов  $I = \{1, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20\}$  [14].

О п р е д е л е н и е 12. Ситуацией  $m_c$  на цели  $c$  будем называть множество унарных  $m_p = \{m_k\}$  с именами  $m_k$  ( $k = \{1, 3\}$ ) и бинарных  $m_s = \{m_h\}$  с именами  $m_h$  ( $h = \{5, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20\}$ ) семантических отношений соответственно на фразах  $f_i^p$ ,  $p = \{1, 2, \dots, l_i\}$ ,  $l_i$  — число  $i$ -х фраз, и парах фраз  $\langle f_i^p, f_j^e \rangle$ ,  $p = \{1, 2, \dots, l_i\}$ ,  $e = \{1, 2, \dots, l_j\}$ ,  $i \neq j$ , предложения-цели, т.е.  $m_c = \{\{m_k(f_i^p)\}, \{m_h(f_i^p, f_j^e)\}\}$ .

На множестве ситуаций  $m_{цt}$  счетного множества целей  $c_t$ ,  $t = \{1, 2, \dots\}$  по признаку "участия" в формирующих их семантических отношениях "целевого результата" определено два класса ситуаций на цели (при числе ролей по умолчанию равно 7):

$$\{m_{цk}\} \rightarrow \mathcal{R}_{ц}^1,$$

где  $m_{цk} = \{\{m_1(f_7)\}, \{m_5(f_i, f_7)\}, \{m_9(f_7, f_i)\}, \{m_{14}(f_7^p, f_7^s)\}, \{m_{15}(f_7^s, f_p^p)\}\}$ ,  $i \neq 7$ ;

$\{m_{\zeta\rho}\} \rightarrow \mathfrak{R}_{\zeta}^2$ ,  
где  $m_{\zeta\rho} = \{\{m_5(f_i)\}, \{m_7(f_j, f_i)\}, \{m_{10}(f_i, f_j)\}, \{m_{13}(f_i, f_7)\}, \{m_{12}(f_7, f_i)\}, \{m_{16}(f_i, f_k)\}\}$ ,  $i, j, k \neq 7$ .

Таким образом,  $\{m_{\zeta k}\} = \{\{m_{\zeta k}\}, \{m_{\zeta\rho}\}\}$ ,  $\mathfrak{R}_{m_{\zeta}} = \{\mathfrak{R}_{\zeta}^1, \mathfrak{R}_{\zeta}^2\}$ ,  $\mathfrak{R}_{m_{\zeta}}$  – множество классов ситуаций на  $\zeta$ , а  $\mathfrak{R}_{\zeta}^i$  – класс  $i$ -й ситуации на цели.

**О п р е д е л е н и е 13.** *Классом ситуации*  $\mathfrak{R}_{\zeta}^1$  ( $\mathfrak{R}_{\zeta}^2$ )  $\in \mathfrak{R}_{m_{\zeta}}$  на цели  $\zeta$ , будем называть объект, поставленный в соответствие ситуации на этой цели  $\{m_{\zeta k}\}/\{m_{\zeta\rho}\}$ , выраженной эквивалентным по семантике “целевой результат”/“целевое средство” отношением.

Для выявления ситуации на паре целей  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  после анализа ситуации отдельно на  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  на уровне макроописателя необходимо определить макро- и микроситуацию на  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$ .

Макроситуацию на паре целей  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  составляют определяемые макроописателем  $L_{\zeta}$  бинарные отношения на парах фраз  $\langle f_{1i}, f_{2j} \rangle$ . Им соответствует множество имен отношений с индексами, принадлежащими множеству  $\{5, 6, \dots, 20\}$  [14]. Все эти отношения на паре  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  реализуемы. Обозначив множество их имен через  $m_n$ , имеем  $m_n = \{m_k\}$ ,  $k \in \{5, 6, \dots, 20\}$ .

**О п р е д е л е н и е 14.** *Макроситуацией*  $m_{\zeta_1, \zeta_2}$  на паре целей  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  будем называть множество бинарных семантических отношений с именами  $m_{\rho} \in m_n$ , определенных на всех возможных парах их фраз  $\langle f_{1i}^{\rho}, f_{2j}^s \rangle$ ,  $\rho \in \{1, 2, \dots, l_{1i}\}$ ,  $s \in \{1, 2, \dots, l_{2j}\}$ , где  $l_{1i}, l_{2j}$  — число фраз в  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$ , т.е.  $m_{\zeta_1, \zeta_2} = \{m_{\rho}(f_{1i}^{\rho}, f_{2j}^s)\}$ .

Множество классов макроситуаций на парах  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  может быть определено тем же способом, что и множество  $\mathfrak{R}_{m_{\zeta}}$ . Однако здесь приведен более простой способ, приводящий к тому же результату.

**О п р е д е л е н и е 15.** *Классом макроситуации*  $\mathfrak{R}_{\zeta_1, \zeta_2}^{ij} \in \mathfrak{R}_{m_{\zeta_1, \zeta_2}}$  на паре целей  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  будем называть объект, поставленный в соответствие классам ситуаций  $\mathfrak{R}_{\zeta_1}^i$  и  $\mathfrak{R}_{\zeta_2}^j$ , определенных на  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  соответственно.

Так как на  $\zeta$  возможен один из двух классов  $\mathfrak{R}_{\zeta}^i$ ,  $i \in \{1, 2\}$ , при определении множества  $\mathfrak{R}_{\zeta_1, \zeta_2}^{ij}$  имеем четыре различные комбинации из этих классов и следующее правило определения  $\mathfrak{R}_{\zeta_1, \zeta_2}^{ij}$ :

$$\mathfrak{R}_{\zeta_1}^i, \mathfrak{R}_{\zeta_2}^j \rightarrow \mathfrak{R}_{\zeta_1, \zeta_2}^{ij}, \text{ а } \mathfrak{R}_{\zeta_1, \zeta_2} = \{\mathfrak{R}_{\zeta_1, \zeta_2}^{ij} \mid (i, j) \in \{1, 2\}^2\}. \quad (4)$$

Микроситуацию на  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  составляют определенные макроописателем  $L_{\zeta}$  бинарные отношения на парах производных элементов  $\langle \Pi \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, \Pi \mathfrak{A}_{2j}^e \rangle$ , в том числе ролевых  $\langle u^r \Pi \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, u^r \Pi \mathfrak{A}_{2j}^e \rangle$ , базовых  $\langle \mathfrak{B} \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, \mathfrak{B} \mathfrak{A}_{2j}^e \rangle$  элементов и видовых базовых свойств  $\langle u^{sj} \mathfrak{B} \mathfrak{C}_{1i}^{\rho t}, u^{sj} \mathfrak{B} \mathfrak{C}_{2j}^e k \rangle$ , во фразах  $\langle f_{1i}^{\rho}, f_{2j}^e \rangle$ ,  $\rho \in \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $e \in \{1, 2, \dots, m\}$ , где  $n$  и  $m$  – число фраз в  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$ . Индексы имен этих отношений — от 50 до 68, основные из этих имен приведены в [14] под номерами от 50 до 56. Множество имен отношений  $m_n^f = \{m_{\rho}\}$ ,  $\rho \in \{50, 51, \dots, 68\}$ .

**О п р е д е л е н и е 16.** *Микроситуацией*  $m_{\zeta_1, \zeta_2}^f$  на паре целей  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  будем называть множество бинарных семантических отношений с именами  $l_{\rho} \in m_n^f$ , определенных на всех парах ролевых производных элементов  $\langle u^r \Pi \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, u^r \Pi \mathfrak{A}_{2j}^e \rangle$ , производных элементов  $\langle \Pi \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, \Pi \mathfrak{A}_{2j}^e \rangle$ , базовых элементов  $\langle \mathfrak{B} \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, \mathfrak{B} \mathfrak{A}_{2j}^e \rangle$  и базовых свойств  $\langle u^{sj} \mathfrak{B} \mathfrak{C}_{1i}^{\rho t}, u^{sj} \mathfrak{B} \mathfrak{C}_{2j}^e k \rangle$  во фразах  $\langle f_{1i}^{\rho}, f_{2j}^e \rangle$ ,  $\rho \in \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $e \in \{1, 2, \dots, m\}$ , т.е.:

$$m_{\zeta_1, \zeta_2}^f = \{\{l_{\rho}(\Pi \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, \Pi \mathfrak{A}_{2j}^e)\}, \{l_{27}(u^r \Pi \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, u^r \Pi \mathfrak{A}_{2j}^e)\}, \{l_r(\mathfrak{B} \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, \mathfrak{B} \mathfrak{A}_{2j}^e)\}, \{l_l(u^{sj} \mathfrak{B} \mathfrak{C}_{1i}^{\rho t n}, u^{sj} \mathfrak{B} \mathfrak{C}_{2j}^e k m)\}, \{l_i(u^r \Pi \mathfrak{A}_{1i}^{\rho}, u^r \Pi \mathfrak{A}_{2j}^e)\}\}, \rho \in \{50, 51, 56, 62, 63, 68\}, r \in \{52, 53, 24, 59, 44, 65, 66\}, l \in \{55, 60, 67\}, k \in \{57, 68\}, f \in \{58, 61\}.$$

На множестве микроситуаций  $m_{\zeta_1, \zeta_2}^f$  на паре  $\langle \zeta_1, \zeta_2 \rangle$  по признакам связанности, дублированности, подчиненности, непрерывности осуществлена последовательная дихотомическая классификация. Таким образом, определены

классы:  $\{ \mathfrak{R}_{ц1ц2}, f \in \{1, 2, \dots, 6\} \}$ . Приведем правила отнесения микроситуаций к этим классам (для примера первые два правила детализированы; детализация остальных дана в [10]):

$\{m^1_{ц1ц2}\} \rightarrow \mathfrak{R}_{ц1ц2}$  (“ИЗОЛИРОВАННОСТЬ”),  
где  $m^1_{ц1ц2} = \emptyset$ ;

$\{m^2_{ц1ц2}\} \rightarrow \mathfrak{R}_{ц1ц2}$  (“ДУБЛЕТНОСТЬ”);  
где  $m^2_{ц1ц2} = \{I_{26}(ПЭ_{1i}^p, ПЭ_{2j}^e), I_{27}(u^r_i ПЭ_{ai}^p, u^r_i ПЭ_{2j}^e), I_{28}(u^r_{1i}, u^r_{2j}), I_{29}(БЭ_{1i}^p, e_{1i}), I_{30}(БС_{1i}^{pt}, БС_{2j}^{sk})\}$ ;

$\{m^3_{ц1ц2}\} \rightarrow \mathfrak{R}_{ц1ц2}$  (“СОПОСТАВИМОСТЬ”);

$\{m^4_{ц1ц2}\} \rightarrow \mathfrak{R}_{ц1ц2}$  (“НАРУШЕНА НЕПРЕРЫВНОСТЬ”);

$\{m^5_{ц1ц2}\} \rightarrow \mathfrak{R}_{ц1ц2}$  (“ОБРАТНОЕ ПОДЧИНЕНИЕ”);

$\{m^6_{ц1ц2}\} \rightarrow \mathfrak{R}_{ц1ц2}$  (“НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ПОДЧИНЕНИЕ”).

В полученном множестве основных классов микроситуаций на фразгах пары целей два безошибочных:  $\mathfrak{R}_{ц1ц2}^6$  - класс, характеризующий непосредственную подчиненность целей,  $\mathfrak{R}_{ц1ц2}^3$  - класс, выражающий сопоставимость целей. Классы  $\mathfrak{R}_{ц1ц2}^i, i = \{1, 2, 4, 5\}$  — это классы логических ошибок, детализация которых приведена в [9].

Таким образом, в системе  $S_{СП/СЦ}$  и в представлении результатов ее функционирования использованы методологические положения и реализованы принципы структурного целеполагания, декларированные в разделах 1 и 2.

Анализ критериев и функций ЦРС основывается на смоделированной в ходе логико-лингвистического анализа структуре целей, при этом структура критериев нередко соответствует СЦ [13], главный критерий связывают со степенью достижения главной цели, а локальные — со степенью достижения ее подцелей. При постановке задач по осуществлению целей в СППРПС формируют альтернативы АЛТ<sub>ц/сц</sub> и методами [10, 15] находят эффективные решения по каждой цели, кусту целей и СЦ в целом, в случае необходимости получая СЦ° при дополнительном анализе СЦ на основе I<sup>3</sup>. При функциональном анализе ЦРС каждой цели СЦ или СЦ° ставится в соответствие функция. Таким образом, может быть получена соответствующая СФ. Систематизация функций, проводимая по субъектно-объектному принципу, по характеру производства и ЖЦ продукции, по уровню управления и ЖЦ управленческой информации [10], позволяет выделить управляющую и управляемую подсистемы, а использование критериев К — сформировать эффективную организационную структуру ЦРС.

Для представления ЦРС используются модели “черного ящика” (или “вход-выход”) и “белого ящика”. При этом формируют: “черный ящик” ЦРС → состав ЦРС → структуру ЦРС → “белый ящик” ЦРС. При анализе ЦРС в виде “черного ящика”  $M^0$  представляются только ее выходы (Y) и входы (X):

$$M^0 = \langle A [, \Theta^0] \rangle,$$

где A — множество входов и выходов ЦРС,  $A = \{X, Y\}$ ;

$\Theta^0$  — отношение (свойство) целостности “черного ящика”, соотносимое со структурой и функцией будущей ЦРС (что выражено заключением его в квадратные скобки).

Затем анализируются модели состава ЦРС первого уровня (эшелона, страты или слоя)  $M^1_{1i}$ :

$$M^1_{1i} = \langle C^1_{1i} [, \Theta^1_{1i}] \rangle,$$

где  $C^1_{1i}$  — состав элементов i-й подсистемы 1-го уровня ЦРС (эшелона, страты или слоя),  $C^1_{1i} = \{c^1_{1ij}\}, i = \{1, \dots, n\}, n$  — число подсистем,  $j = \{1, \dots, m_i\}, m_i$  —

число элементов, входящих в  $i$ -ю подсистему;  $\Theta^1_{1i}$  — отношение целостности будущей  $i$ -й подсистемы 1-го уровня ЦРС (эшелона, страты или слоя).

Таким образом, получают модель состава первого уровня (эшелона, страты или слоя)  $M^1_1 = \langle \{M^1_{1i}\} [, \Theta^1_{1i}] \rangle$ , при этом  $C^1_1 = \bigcup_i C^1_{1i}$ .

Затем строят модели состава ЦРС второго уровня (эшелона, страты или слоя)  $M^1_{2k}$ :

$$M^1_{2k} = \langle C^1_{2k} [, \Theta^1_{2k}] \rangle,$$

где  $C^1_{2k}$  — состав элементов  $k$ -й подсистемы 2-го уровня (эшелона, страты или слоя) ЦРС,  $C^1_{2k} = \{c^{10}_{2i}\}$ ,  $c^{10}_{2i}$  — элемент второго уровня, образуемый заданным на  $C^1_{1i}$  отношением  $\Theta^1_{2k}$ .

Таким образом, получают модель состава второго уровня (эшелона, страты или слоя)  $M^1_2 = \langle \{M^1_{2k}\}, \Theta \rangle$ , при этом  $C^1_2 = \bigcup_k C^1_{2k}$ .

В случае, если в  $C^1_1$  не выделен главный элемент  $c^{10}_1$ ,  $c^{10}_1 \in C^1_1$  (или таковой не определен как  $c^{10}_2$ ) модели  $M^1_1$  и  $M^1_2$  задают двухуровневую (эшелонную, стратовую или слоистую) систему, которой, может быть поставлена в соответствие незавершенная иерархическая структура  $M^2$ :

$M^2 = (C; R)$ , такая что  $M^2 = M^2_1 = (C^1_2, C^1_1; R^2_1)$ ,  $C = \{C^1_2, C^1_1\}$ ,  $C^1_2 \cap C^1_1 = \emptyset$ , где  $R^2_1$  — отношение строгого порядка с именем  $I_4$  ( $I_5/I_6$  или  $I_1/I_2/I_3$ ).

Если же главный элемент выделен, имеем трехуровневую (эшелонную, стратовую или слоистую) систему, которой ставят в соответствие завершенную в  $c^{10}_p$ ,  $p = \{1, 2\}$ , иерархическую структуру  $M^2$ :

$M^2 = (C; R)$ , такую что  $M^2_1 = (C^1_1, C^1_2; R^2_1)$ ,  $M^2_2 = (c^{10}_p, C^1_2; R^2_2)$ , где  $R$  — множество отношений, определенных на  $C$ ,  $R = \{R^2_1, R^2_2\}$ ,  $R^2_2$  — отношение строгого порядка с именем  $I_4$  ( $I_5/I_6$  или  $I_1/I_2/I_3$ );

$M^2_1$  — определяет  $k$  двухуровневых дерева (куста) с корнями  $c^{10}_{2i}$  (2-й и 1-й уровни иерархии);

$M^2_2$  — определяет двухуровневое дерево с корнем  $c^{10}_p$  (1-й и 0-й уровни иерархии).

Модели “черного ящика”, состава и структуры ЦРС в ходе анализа различным образом комплексированы, в том числе, на его последнем этапе, в модель “белого ящика” ЦРС [10].

## 5. Схемы, методики проведения анализа и примеры

Анализ проблем/целей осуществляется по следующей общей схеме:

выявление перечня проблем/целей → формирование каталога проблем/целей → определение причинно-следственной структуры проблем/целей → определение главной проблемы/цели → формирование структуры проблем/целей по главной проблеме/цели → оценка проблем/целей → уточнение структуры проблем/целей.

В [10] даны варианты детализации данной схемы для проблемных ситуаций различных степеней сложности и неопределенности, а также приведены каноническая структура целей, примеры вариантов организационных структур ЦРС, методики структурно-целевого анализа проблемных ситуаций в рыбной промышленности и его результаты.

Приведем примеры цели, описанной в ЕЯ и в  $L_c$ , и соответствующего ей критерия, описанного в ЕЯ и в  $L_k$ :

ЕЯ-описание: Цель — приобрести комплекс технических средств (КТС).

Критерий — надёжность:  $H \rightarrow \max$ ; ограничение — затраты:  $Z \leq d$ .

$L_c$ -описание — < G3 комплекс технических средств >

(первая форма описания цели – фенотипическая),

$L_k$ -описание — < C3 надёжность ( $\max$ ) > и < C3 затраты ( $Z \leq d$ ) >.

Отсюда может быть получена вторая форма описания цели – критериальная:

<G3 комплекс технических средств C3 надёжность ( $\max$ ); C3 затраты ( $Z \leq d$ ) >.

При расчленении данной цели логически верными, например, будут: для  $L_c$ -описания — подцель <G3 монитор> (по отношению "целое-часть", связывающему базовые элементы: КТС и монитор); для критериальной формы описания цели — подцель <G3 КТС C3 затраты ( $Z \leq d_1$ ); C3 надёжность ( $\max$ ) > (при  $d_1 \leq d$ ).

## Литература

- [1] Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений. Учебник. — М.: 2000. — 368 с.
- [2] Лукьянова Л. М., Пономарев В. Ф. Язык описания и структурирования целей для формирования целевых программ // Новые направления совершенствования АСУП. — Киев: 1984. — с. 26–31.
- [3] Лукьянова Л. М. Метод структурирования целей (на примере структур целей для целевых программ). — Известия АН СССР, сер.: Технич. кибернетика, № 3, 1986, — с. 66–75.
- [4] Лукьянова Л. М. Программное средство 1539.70020–01. АСУ КЦП. Диалоговая система формирования и ведения комплексов целей (ДИСУФР). Формирование систем целей. — Калининград, 1984. — 156 с. // ВНТИЦентр, ГосФАП СССР. Алгоритмы и программы: информ. бюллетень № 2, 1985, реф. 2.024. Программное средство 1539.70020–02. АСУ КЦП. ДИСУФР. Анализ систем целей. — Калининград: 1985. — 112 с. // ВНТИЦентр, ГосФАП СССР. Алгоритмы и программы: Информ. бюллетень № 3, 1986, реф. 3.038.
- [5] Лукьянова Л. М., Пономарев В. Ф. Метод автоматизированного управления формированием и ведением систем целей для программ развития отрасли // Промысловый флот и промышленное рыболовство. т. 3. — Л.: Судостроение, 1987. — с. 313–319.
- [6] Лукьянова Л. М., Ханенко В. Н. Процедуры логико-лингвистического моделирования структур целей в диалоговых системах программно-целевого управления // Проблемы интегральной автоматизации производства. — Л.: Наука, 1988. — с. 39–47.
- [7] Лукьянова Л. М. Моделирование анализа проблем проектирования технологического оборудования // Тезисы докл. Всесоюз. конф. по искусственному интеллекту. — Переславль-Залесский, 21-25 ноября 1988. — М.: ВИНТИ, 1988. — с. 195–200.
- [8] Лукьянова Л. М., Лукьянов В. М. Экспертная система структурирования проблем и целей в рыбной промышленности. Доклад на VII НТК по развитию флота рыбной промышленности и промышленного рыболовства социалистических стран. — Л.: Гипрорыбфлот, 1989. — 11 с. /ротапринт/.
- [9] Лукьянова Л. М. Проблемно-целевой анализ систем // Научные труды VI Международной конференции "Знание-Диалог-Решение", 15–20 сент., 1997. — Ялта: 1997, т.1. — с. 177–186.
- [10] Исследование технологий анализа систем: Анализ проблемных ситуаций и путей их преодоления. Отчет о НИР // Калинингр. техн. ин-т рыб. пром-сти и хоз-ва; Руковод. Л. М. Лукьянова; № ГР 01.20.00 06420; Инв. № 02.20.00 04401. — Калининград: 2000. — 139 с.
- [11] Вилкас Э. Й., Майминас Е. З. Решения: теория, информация, моделирование. — М.: 1981. — 368 с.

- [12] *Лукьянова Л. М.* Структурно-целевой подход к анализу проблемных ситуаций в организационных системах производственной сферы // Доклады VII Санкт-Петербургской конференции "Региональная информатика-2000". — СПб.: 2001.
- [13] Системное проектирование АСУ хозяйством области. / Под общ. ред. Перегудова Ф. И. — М.: 1977. — 159 с.
- [14] *Лукьянова Л. М.* Диалоговая система структурного целеполагания в АСУ КЦП рыбной промышленности // Диалоговые системы в рыбной промышленности. — Калининград, 1985. — с. 13–23.
- [15] Проблемы планирования и управления // Под ред. Е. П. Голубкова, А. М. Жандарова. — М.: 1987. — 207 с.