

О методологии системного синтеза методов принятия решений и автоматизации ее процедур*

Цель. Задача качественной оценки технологий и инноваций, которую невозможно решить без современных методов и средств поддержки принятия решений, в настоящее время особенно актуальна. Причиной этого является все более возрастающий объем разнородной информации, которую следует учитывать лицу, принимающему решение. Сокращение допустимого срока выработки решений также оказывает существенное воздействие на данный процесс. Приведенные причины находят отражение в задачах сетецентрических войн, управления АЭС, прогнозирования, концептуального проектирования. Это актуализирует задачу синтеза новых методов принятия решений, которые позволяют эффективно решать задачи выбора альтернатив в тех проблемных областях, в которых применение существующих методов принятия решений необоснованно или недопустимо. Сложность процесса создания новых методов принятия решений обусловлена высокой степенью использования когнитивных процедур. В соответствии с общесистемными тенденциями развития место конструктора в процессе синтеза МПР должна занять система (группа систем), реализующих определенные когнитивные операции. Первым шагом к созданию такой группы систем является разработка методологии системного синтеза МПР. **Материалы и методы.** Областью исследования являются подходы к синтезу систем, а в частности – к синтезу методов принятия решений. На основе многоаспектного анализа и обобщения подходов была разработана методология, состоящая из основных этапов – целеполагания, целедостижения и вариации целевой системы. В рамках каждого их этапов возможна широкая вариативность используемых операций, применяемых в зависимости от имеющихся данных, полученных в

результате анализа предметной области. С использованием методологии был получен ряд методов принятия решений, при этом их создание проводилось без использования средств вычислительной техники, что потребовало существенных временных затрат на выработку приемлемых решений. Поэтому было решено разработать автоматизированную систему для повышения эффективности выполнения ряда процедур методологии. **Результаты.** В процессе исследования были определены варианты использования системы, в соответствии с которыми были сформированы концептуальная и техническая архитектуры системы, выделены ключевые подсистемы: нормативно-справочной информации, базы знаний о методах принятия решений и стратегиях синтеза, а также определены средства их разработки. В качестве базы данных используется СУБД MS SQL Server; в качестве клиентской части – Borland Delphi. **Заключение.** Из-за высокой сложности формализации интеллектуальных, творческих, операций методологии, основным направлением ее автоматизации является поддержка концептуального анализа предметной области МПР и формирования на его основе банка знаний об интеллектуальных операциях в совокупности с их характеристическими признаками, направленного комбинирования операций, составляющих группу стратегий синтеза методов принятия решений, а также реализация функции поиска по признакам в банке знаний об интеллектуальных операциях.

Ключевые слова: системный синтез, методология, целеполагание, целедостижение, метод принятия решений, автоматизированная система.

Denis P.Oleynikov, Lyudmila N. Butenko

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

About the methodology of system synthesis of decision-makings and its procedures automation

Purpose. The problem qualitative assessment of technologies and innovations, which cannot be solved without modern methods and decision support systems, is currently particularly relevant. The reason for this is the increasingly increasing amount of heterogeneous information, which should take into account the decision maker. Reduction of the allowable period of decision-making also has a significant impact on this process. These reasons are reflected in the problems of network-centric warfare, nuclear management, forecasting, and conceptual design. It actualizes the problem of the synthesis of new methods of decision-making that will effectively solve the problem of choice of alternatives in those problem areas where the application of existing methods of decision-making is unfounded or inadmissible. The complexity of the process of creation of new decision-making methods caused by the high degree of utilization of cognitive processes. In accordance with the system-wide development trends the designer in the process of synthesis of the decision-makings should take a system (or group of systems) which implements certain

cognitive operations. The first step towards the creation of such a group of systems is the development of methodology of the system synthesis of decision-makings.

Materials and methods. The scope of research are approaches to the synthesis of systems, and in particular – the synthesis of decision-makings. On the basis of multidimensional analysis and generalization of approach the methodology was developed, which consists of the main stages - goal setting, goal achievement and variations of the target system. Within each of the stages a wide variation of operations is possible to be used, which applied depending on the available data, obtained from the analysis of the subject area. With the use of the methodology obtained a number of decision-making methods, and their creation was carried out without the use of computer equipment, which require significant time expenses on the development of appropriate solutions. Therefore, it was decided to develop an automated system to improve the effectiveness of the implementation of a number of methodology procedures. **Results.** During

* Исследование поддержано грантом РФФИ 14-07-00666 Методологические основы системного синтеза методов принятия решений.

the study were identified use cases of the system, in accordance with which were formed the conceptual and technical architecture of the system, highlights the key subsystems of the reference data, knowledge about the methods of decision-making and synthesis strategies, and identifies their development tools. As the database used by the DBMS MS SQL Server, as the client side – Borland Delphi. **Conclusion.** Due to the high complexity of formalization of intellectual, creative, methodologies operations, the focus of automation is the support of conceptual analysis of the decision-

making subject area and formation on its basis the knowledge base of intellectual operations together with their characteristic features, aimed to combine operations that make up the group of methods of synthesis strategies decision-making and implementation of the search function on the basis of a intellectual operations knowledge base.

Keywords: system synthesis, methodology, goal-setting, goal-achievement, decision-making.

Введение

В настоящее время становится все более актуальной задача качественной оценки технологий и инноваций, которую невозможно решить без современных методов и средств поддержки принятия решений. Это обусловлено возрастающим объемом разнородной информации, которую должно учитывать лицо принимающее решение (ЛПР) в процессе выработки решения, а также сокращением допустимого срока выработки решений. Приведенные причины находят отражение в нижеперечисленных задачах.

1. Задачи, решаемые в рамках доктрины сетецентрических войн с целью повышения боевых возможностей современных формирований [1].

2. Автоматизация и контроль современных АЭС, что невозможно выполнить без соответствующих методов и средств поддержки принятия решений [2].

3. Решение задач прогнозирования с различными временными горизонтами [3]. Решение задач выбора адекватных моделей и методов прогнозирования вследствие развития и возрастающей сложности данных методов и моделей [4]. При этом модели и методы прогнозирования могут быть использованы для формирования стратегии развития технологий и инноваций.

4. Решение задач, связанных с концептуальным проектированием сложных объектов в науке, технике и образовании, что требует перебора и оценивания значительного количества альтернатив, при этом возникают ситуации, в которых альтернативы могут быть описаны как количественно, так и, в подавляющем большинстве, качественно. При этом параметры проблемной области могут значительно ограничивать множество допустимых методов принятия решений, вплоть до пустого множества.

По этим причинам становится актуальной задача синтеза новых методов принятия решений, которые позволят эффективно решать задачи выбора альтернатив в тех проблемных областях, в которых применение существующих методов принятия решений необоснованно и недопустимо.

Сложность процесса создания новых методов принятия решений обусловлена высокой степенью использования когнитивных процедур. В соответствии с общесистемными тенденциями развития место конструктора в процессе синтеза МПР должна занять система (группа систем), реализующих опреде-

ленные когнитивные операции. Но первым шагом к созданию такой группы систем является разработка методологии системного синтеза МПР, которая обобщает рациональные формы организации этой деятельности, в том числе разработанные авторами.

Методология системного синтеза методов принятия решений

Нами установлено, что методология состоит из нескольких групп операций: целеполагания (ЦП), целедостижения (ЦД) и вариации целевого МПР (ВЦ). Входной ин-

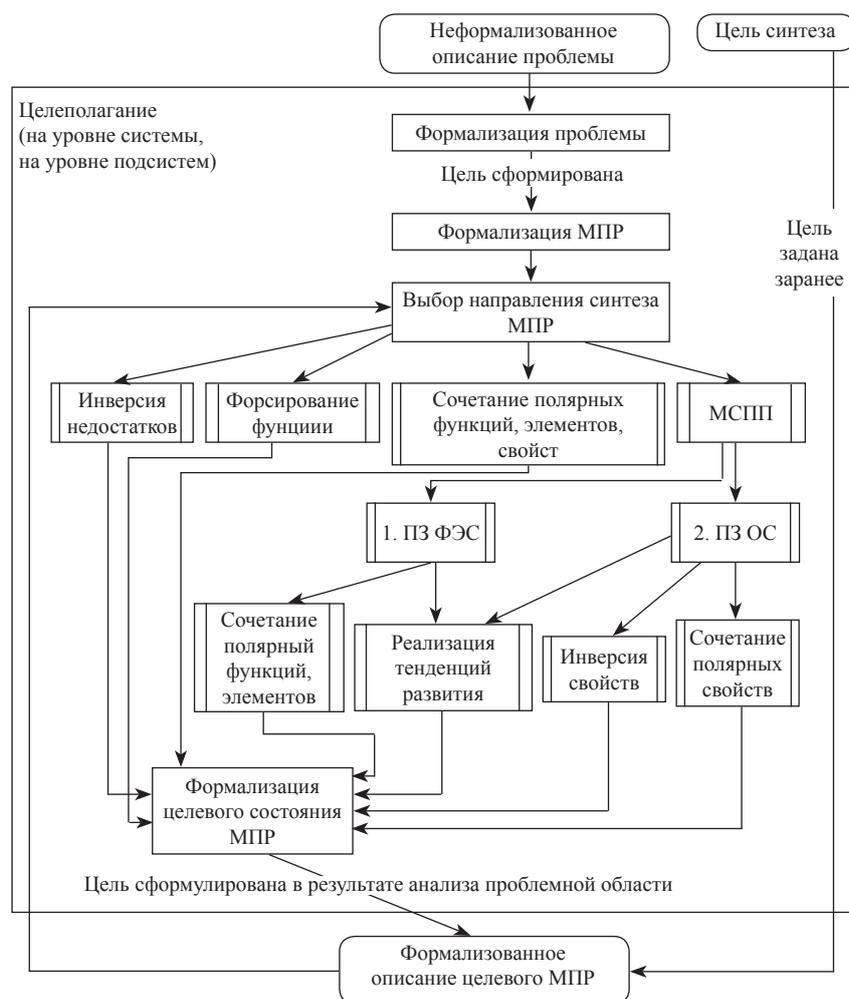


Рис. 1. Этап «Целеполагание»

формацией для группы этапов ЦП является информация, описывающая проблему – несоответствие структуры/функционала МПР состоянию среды принятия решений. Целеполагание состоит из группы этапов, главной задачей которых является создание формализованного описания цели синтеза. ЦД на основе заданной цели синтеза формирует целевой МПР. При этом выполняются задачи по формированию базы синтеза, подсистем и, непосредственно, целевой системы, устраняются противоречия между компонентами целевой системы (в случае необходимости, выполняется ресинтез компонентов).

Этап «Целеполагание»

Этап целеполагания является определяющим в последовательности шагов создания новой системы (рис. 1). Цель может быть задана заранее или может быть сформирована в результате анализа проблемной области. Целью синтеза может являться расширение области применимости существующих МПР, устранение имеющихся недостатков, приспособление к новым условиям среды принятия решений.

На следующем уровне осуществляется выбор стратегий синтеза. Ниже описаны некоторые из вариантов стратегий, которые были использованы при создании МПР.

Инверсия недостатков. Необходимо сопоставить требования среды принятия решений с характеристиками МПР, определить наиболее существенный недостаток МПР (структурного элемента, функции, характеристики) и выполнить операцию инверсии данного недостатка.

Сочетание полярных функций/свойств. Цель синтеза формируется с учетом совместного использования полярных оценок, при этом в базу синтеза в дальнейшем помещаются подсистемы, обладающие данными полярными свойствами.

Форсирование функций – повышение эффективности выполнения функции с целью адаптации МПР к новым условиям среды принятия решения.

Реализация тенденций развития. Для использования данного

подхода необходимо основе анализа МПР выявить тенденции их развития, записать выявленные тенденции в виде последовательности изменения значений признаков фактор-группы и определить целевое состояние в соответствии с выявленными тенденциями развития

Формирование поля знаний. Одним из подходов в ситуации, когда целью является расширение области применимости МПР, является экстраполяция имеющихся знаний в ранее неисследованные области при помощи метода систематического покрытия поля (МСПП) Цвикки. Этот вариант предполагает получение результата вида «открытие», обладающего существенной научной новизной. Существует несколько подходов к формированию направления развития МПР с использованием областей знаний – «полей знаний». Поле знаний может быть сформировано на основе:

- 1) функционально-элементного состава (ПЗ-ФЭС);
- 2) свойств (ПЗ-ОС).

Цель синтеза задается в виде совокупности свойств (функций, структурных элементов), которыми должна обладать целевая система. Основная задача в процессе синтеза – определение совокупности

функциональных/структурных подсистем, свойства которой совпадают с целевыми.

Этап «Целедостижение»

Этап целедостижения состоит в актуализации целей, сформированных на этапе целеполагания. Данный этап выполняется на различных уровнях синтеза МПР (рис. 2). Ниже приведены инвариантные операции, составляющие данный этап.

Формирование базы синтеза (БС) представляет собой процесс, в ходе которого выбираются элементы, составляющие основу синтезируемой целевой системы. Ниже приведены некоторые из способов формирования БС, которые были использованы при создании МПР:

- 1. Формирование БС при помощи сочетания соседних элементов целевой ячейки поля знаний.
- 2. Формирование БС при помощи комбинаторного подхода.
- 3. Формирование БС при помощи процедуры аналогирования.

Компоновка элементов МПР. После определения базы синтеза, которая является «точкой роста» нового МПР, выполняются процедуры по формированию основных подсистем. Ниже перечислены не-

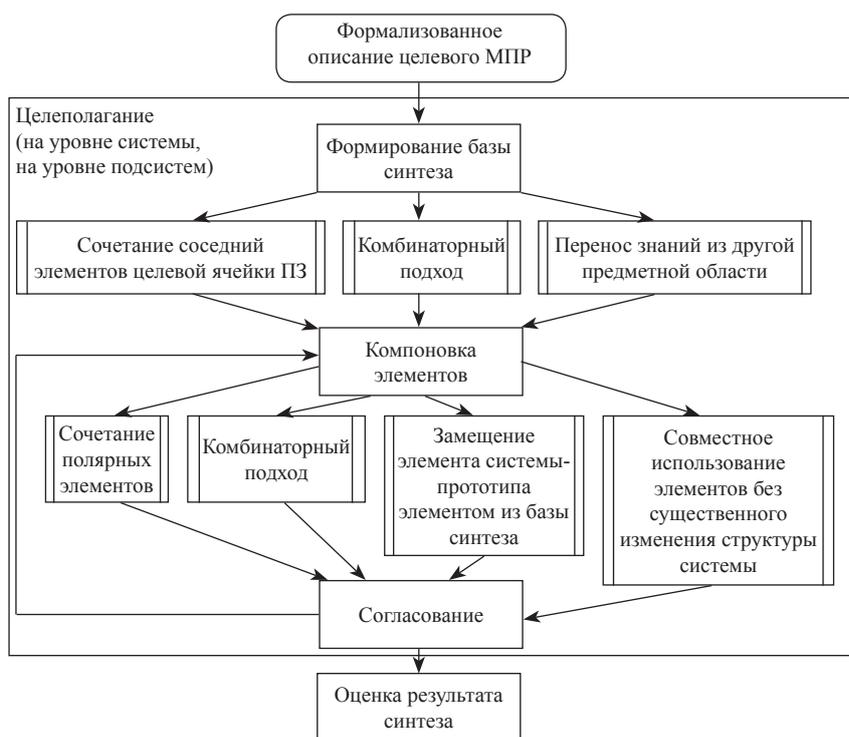


Рис. 2. Этап «Целедостижение»

которые из способов реализации данного этапа, которые были использованы при создании МПР.

1. Компоновка на основе принципа полярности. Необходимо провести парное сравнение элементов – участников. Элементы, находящиеся в отношении инверсии, являются основными кандидатами на включение их во множество, из которого будут сформированы подсистемы целевого МПР.

2. Компоновка на основе комбинаторного подхода. Формируется матрица, содержащая возможные комбинации элементов базы синтеза и элементов подсистем, удовлетворяющих значениям характеристик фактор-группы целевого МПР.

3. Компоновка на основе замещения элемента системы-прототипа элементом из базы синтеза.

4. Совместное использование элементов без существенного изменения структуры системы.

Этап согласования элементов МПР может быть реализован различными способами.

1. Локализация несовместимости.

2. Поиск компромисса между несовместимыми элементами, согласование элементов.

3. Исключение требований, вызвавших несовместимость.

Этап «Вариация целевого МПР»

В общем случае, результатом процесса синтеза является не только целевой МПР, реализующий заданные требования, но и совокупность конструктивных элементов, методов разрешения противоречий и др. результатов, полученных в ходе дан-

ного процесса. Наличие данных результатов позволяет сформировать множество новых МПР при помощи комбинаторного подхода. Для этого необходимо систематизировать полученные результаты, описать условия их применимости, и составить соответствующую морфологическую матрицу. Кроме этого, возможно рекурсивное применение данного подхода, когда методом-прототипом будет являться только что полученный новый метод принятия решений, а также ситуация, когда для получения нового метода используются несколько методов-прототипов. В этом случае, размерность множества результатов многократно увеличивается и имеет смысл использовать автоматизированные средства оценки получаемых решений. Для наглядности имеет смысл изображать процесс этапа вариации в виде графа, вершинами которого являются методы-прототипы, а ребрами – используемые варианты реализации артефактов для получения очередного МПР.

Разрабатываемая методология была апробирована при создании ряда методов принятия решений, одним из которых является ARACE [5]. Данный метод принадлежит к научному направлению «вербальный анализ решений» (ВАР) [6,7].

Об автоматизации процедур методологии системного синтеза

Приведенные примеры использования методологии были выполнены авторами в ходе ког-

нитивных анализа и синтеза без использования средств вычислительной техники, что потребовало существенных временных затрат на выработку приемлемых решений. В соответствии с общесистемными тенденциями развития, деятельность конструктора должна быть заменена функционированием группы систем, реализующих его интеллектуальные функции.

На начальном этапе была проведена работа по выделению вариантов использования создаваемой автоматизированной системы (АС) «Методолог». Целью разработки АС является повышение эффективности процесса создания методов принятия решений за счет автоматизации формирования подхода к синтезу МПР с учетом заданных ограничений. Траектория работы в системе состоит из пяти основных этапов.

На первом этапе необходимо задать условия синтеза (рис. 3). Предпочтительным вариантом задания условий являются оценки на шкалах типовой классификации методов принятия решений [8], которая описывается в виде кортежа $Z = \langle S, DM, DP \rangle$, где $S = \langle DIO, DDS, NO \rangle$ – характеристика решения, $DM = \langle NDM, RDM, WRP \rangle$ – характеристика ЛПР, $DP = \langle R, DS, CI, TI, DCI \rangle$ – характеристика проблемной ситуации.

1. Характеристика решения. Solution (S).

1.1. Степень взаимной зависимости вариантов (The degree of interdependence options) DIO.

1.1.1. Независимые dio_1 .

1.1.2. Зависимые dio_2 .

1.2. Степень зависимости критериев (The degree of dependence criteria) DDC.

1.2.1. Независимые ddc_1 .

1.2.2. Зависимые ddc_2 .

1.3. Количество вариантов (Number of options) NO.

1.3.1. Немного (единицы, десятки) no_1 .

1.3.2. Много (сотни и тысячи) no_2 .

1.3.3. Бесконечно много no_3 .

1.4. Время задания вариантов (Options setting time) OST.

1.4.1. Заранее при формулировке задачи ost_1 .

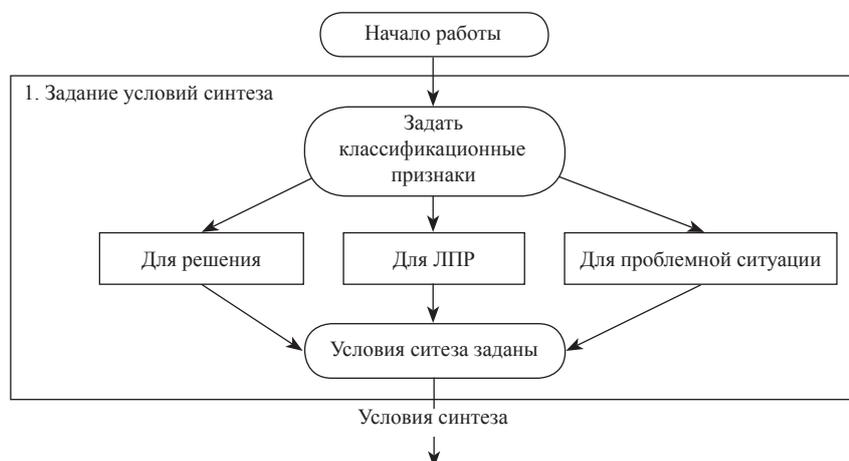


Рис. 3. Задание условий синтеза

1.4.2. Конструируемые в процессе ost_2 .

1.4.3. После окончания процесса решения (после формирования решающего правила) ost_3 .

1.5. Вид результата (Type of results) TR.

1.5.1. Упорядочить все варианты tr_1 .

1.5.2. Распределить варианты по классам решений tr_2 .

1.5.3. Выбор одного или нескольких лучших вариантов tr_3 .

1.6. Длительность реализации решения (The duration of the implementation of solutions) DIS.

1.6.1. Долгосрочные (стратегические) dis_1 .

1.6.2. Среднесрочные (тактические) dis_2 .

1.6.3. Краткосрочные (оперативные) dis_3 .

1.7. Количество критериев (Number of criteria) NC.

1.7.1. Однокритериальные nc_1 .

1.7.2. Многокритериальные nc_2 .

2. Характеристика ЛПП Decision-Maker (DM).

2.1. Количество ЛПП (The number of decision-makers) NDM.

2.1.1. Индивидуальные решения nsm_1 .

2.1.2. Коллективные или групповые решения nsm_2 .

2.1.3. Организационные решения nsm_3 .

2.2. Роль ЛПП (The role of the decision maker) RDM.

2.2.1. Без участия ЛПП rdm_1 .

2.2.2. Участие только на заключительном этапе выбора rdm_2 .

2.2.3. Непосредственное участие на основных этапах rdm_3 .

2.3. Способ представления предпочтений (Way of representing preferences) WRP.

2.3.1. Целостный выбор wrp_1 .

2.3.2. Критериальный выбор wrp_2 .

3. Характеристика проблемной ситуации Decision Problem (DP).

3.1. Регулярность проблемной ситуации (Regularity) R.

3.1.1. Новые, уникальные задачи r_1 .

3.1.2. Повторяющиеся задачи, незначительно отличающиеся друг от друга r_2 .

3.2. Степень структуризации (The degree of structuring) DS.

3.2.1. Хорошо структурированные ds_1 .

3.2.2. Слабо структурированные ds_2 .

3.2.3. Неструктурированные ds_3 .

3.3. Зависимость информации от времени (The dependence of the information on the time) DIT.

3.3.1. Статическая dit_1 .

3.3.2. Динамическая dit_2 .

3.4. Характер информации (Character information) CI.

3.4.1. Объективная ci_1 .

3.4.2. Субъективная ci_2 .

3.4.3. Смешанная ci_3 .

3.5. Вид информации (Type of information) TI.

3.5.1. Количественная ti_1 .

3.5.2. Качественная ti_2 .

3.5.3. Смешанная ti_3 .

3.6. Степень определенности информации (The degree of certainty information) DCI.

3.6.1. Детерминированная (принятие решений в условиях определенности) cdi_1 .

3.6.2. Вероятностная (стохастическая) (принятие решений в условиях вероятностной неопределенности или риска) cdi_2 .

3.6.3. Неопределенная (принятие решений в условиях полной неопределенности) cdi_3 .

На втором этапе, в соответствии с заданными условиями, выполняется поиск по базе фундаментальных знаний о методах принятия решений (рис. 4). В случае успешного завершения поиска, работу в системе можно прекращать.

Если метод не найден, следует или ослабить условия поиска, или перейти к третьему этапу работы

АС – в режим автоматизированного синтеза МПП (рис. 5). Для успешного выполнения автоматизированного синтеза МПП АС должна содержать пополняемую библиотеку реализованных алгоритмов синтеза, а также содержать описание структурных и функциональных элементов МПП, их ограничений. Полезной также является информация об известных способах получения МПП, а также о возможных способах реализации свойств и функций МПП. На рис. 5–7 толстой линией выделены операции, наиболее тяжело поддающиеся формализации и в которых в высокой степени задействованы интеллектуальные возможности конструктора.

В случае, если реализованные подходы не позволили получить МПП в соответствии с заданными условиями синтеза, то АС переходит в четвертый режим функционирования – в режим поиска по незапрограммированным методам синтеза, описание которых содержит алгоритмы (в общем случае – эвристики) операций (рис. 6). Если поиск завершен успехом, то пользователю выдается описание найденного подхода, который следует использовать для неавтоматизированного синтеза МПП.

Если обнаруженные подходы к синтезу не позволяют получить целевой метод, или поиск не был успешным, то АС переходит в пятый режим функционирования – режим разработки подхода к синтезу (рис. 7). Для этого необходима реализованная база знаний, содержа-

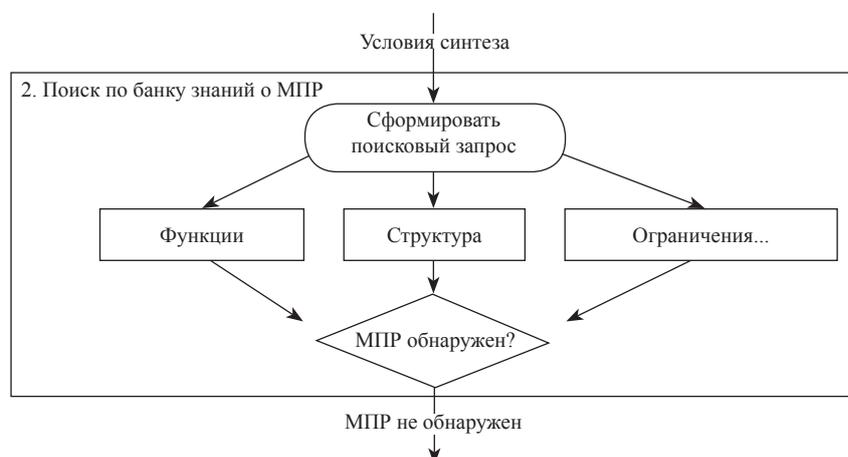


Рис. 4. Поиск по банку знаний о МПП

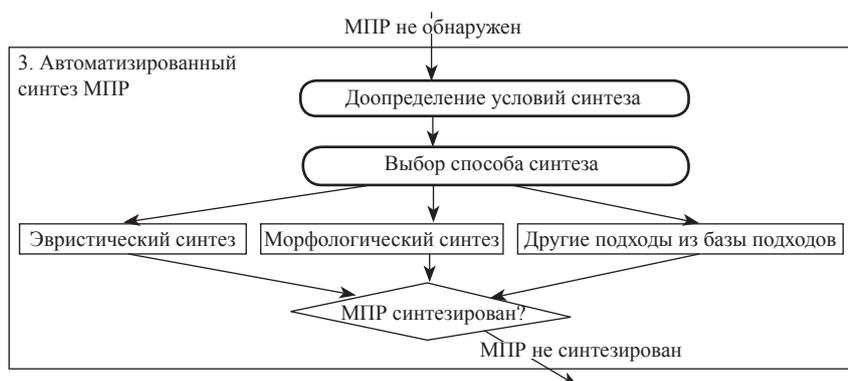


Рис. 5. Режим автоматизированного синтеза МПР

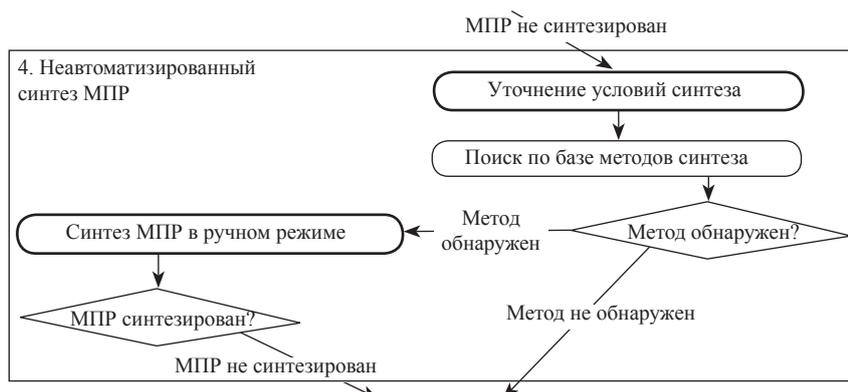


Рис. 6. Режим неавтоматизированного синтеза МПР

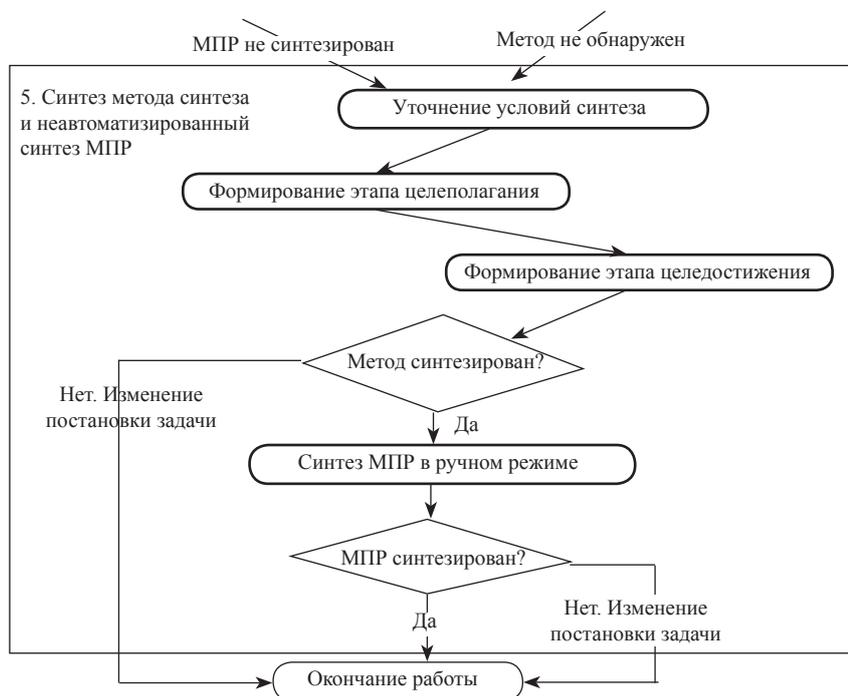


Рис. 7. Режим синтеза метода

щая описание интеллектуальных операций, составляющих методологию системного синтеза. База знаний должна содержать информацию о типовых операциях методологии, об информационных потоках между операциями в рамках подходов

к синтезу МПР, о шаблонах использования операций в известных подходах к синтезу, а также принадлежность операций к этапам целеполагания и целедостижения.

Описание операций предлагается хранить в соответствии с

моделью ADSM, представляющей собой:

1. a атрибут (*attribute*), представляющий собой кортеж $\langle aName, aGroup \rangle$, где $aName$ – наименование атрибута; $aGroup$ – группа, к которой относится атрибут.

2. d – поток данных (*dataflow*), представляющий собой кортеж $\langle dName, A \rangle$, где $dName$ – наименование потока данных; $A = \{a_1, \dots, a_d\}$ – множество атрибутов, описывающих поток данных.

3. S – этап (*step*), представляющий собой кортеж $\langle sName, D_{in}, D_{out}, A \rangle$, где: $sName$ – наименование этапа; $D_{in} = \{d_1, \dots, d_m\}$ – множество входных потоков данных этапа, где m – количество входных потоков данных этапа; $D_{out} = \{d_1, \dots, d_n\}$ – множество выходных потоков данных этапа, где n – количество выходных потоков данных этапа; $A = \{a_1, \dots, a_s\}$ – множество атрибутов, характеризующих этап.

4. m – метод (*method*), представляет упорядоченную собой совокупность этапов $\{s_1, \dots, s_k\}$, преобразующих входной поток данных в выходной поток данных.

Возможно также формирование аналогов библиотек модулей инженерных знаний и методов баз знаний, используемых в САПР [9].

Если в результате формирования подхода к синтезу и последующем синтезе МПР не удалось получить целевой метод, то следует ослабить условия синтеза, или провести пополнение базы знаний о МПР и о подходах к синтезу МПР.

Архитектура автоматизированной системы

В соответствии с выработанными требованиями, архитектура АС должна содержать следующие подсистемы.

1. Подсистема, содержащая описание методологии, т.н. ядро методологии.

2. Подсистема, содержащая описание проблемной области.

3. Поисковая подсистема, которая на основе требований к МПР осуществляет поиск по базе фундаментальных знаний о методах принятия решений.

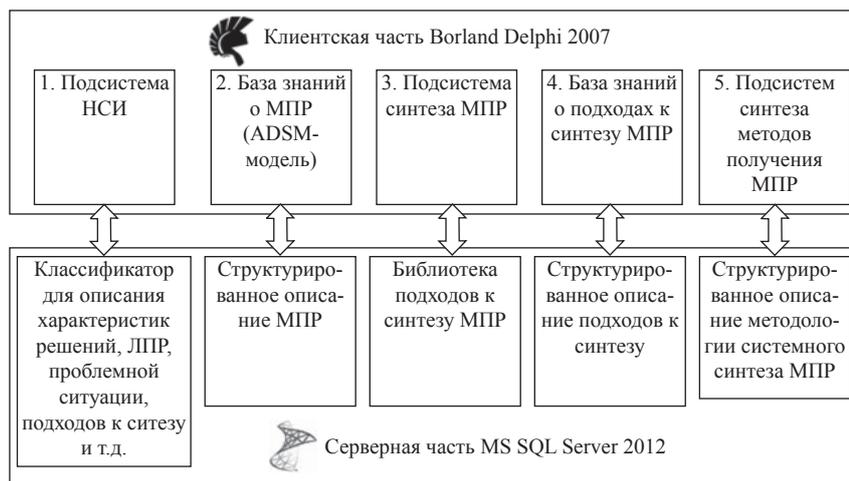


Рис. 8. Архитектура АС Методолог

4. Синтезирующая подсистема, которая на основе требований к МПП осуществляет конструирование метода синтеза, позволяющего создать требуемый метод принятия решений.

Укрупненно, архитектура, содержащая ключевые подсистемы и основные потоки данных, приведена на рис. 8. Автоматизированная система разрабатывается с использованием технологии клиент-сервер, где в качестве сервера базы данных используется СУБД Microsoft SQL Server 2012, а клиентская часть реализована при помощи IDE Borland Delphi 2007.

Доступ к БД осуществляется посредством интерфейса, реали-

зованного при помощи хранимых процедур на языке T-SQL. Данный подход к реализации скрывает избыточную информацию о способе хранения информации в СУБД от клиентской части, что позволит относительно безболезненно проводить модификацию программного кода как на уровне клиента, так и на уровне сервера БД (рис. 9).

Выводы

В работе представлена методология системного синтеза методов принятия решений, обладающая следующими характеристиками.

1. Соответствует тенденции формализации процесса синтеза за

счет автоматизации процедур: формирования базы синтеза, выбора способа синтеза, согласования элементов.

2. Структурирована в виде ориентированной семантической сети подсистем, каждая из которых является ориентированной семантической сетью с вершинами, являющимися инвариантными процедурами синтеза, и связями типа «отношение следования».

3. Процедуры выполняются как на уровне системы, так и на уровне подсистем.

4. Управляемость процесса обеспечивается за счет выполнения процедуры оценки (промежуточных и конечного результата) процесса синтеза и формирования обратных связей для повторного синтеза элементов.

5. Снижение информационной неопределенности процесса синтеза и его вариативность обеспечивается за счет выбора из пополняемого массива возможных реализаций инвариантных процедур, а также за счет изменения аспекта анализа предметной области перед началом синтеза.

6. Методология соответствует перспективной технологии «Искусственный интеллект» в области знаний «Информационные технологии».

Разработанная методология была апробирована при создании семейства методов вербального анализа решений, одним из которых является ARACE.

Системный синтез МПП является сложно-формализуемым процессом, в котором определяющую роль выполняет эксперт-конструктор. Эффективность процесса напрямую зависит от эффективности выполнения им когнитивных операций – области, в которых информационные технологии способны поддержать и улучшить производительность данного процесса: генерации множеств вариантов, оценки и выбора. Разработанная методология отличается введением процесса управления системным синтезом (что отвечает общесистемным тенденциям), способами уменьшения неопределенности, выявления интеллектуальных операций конс-

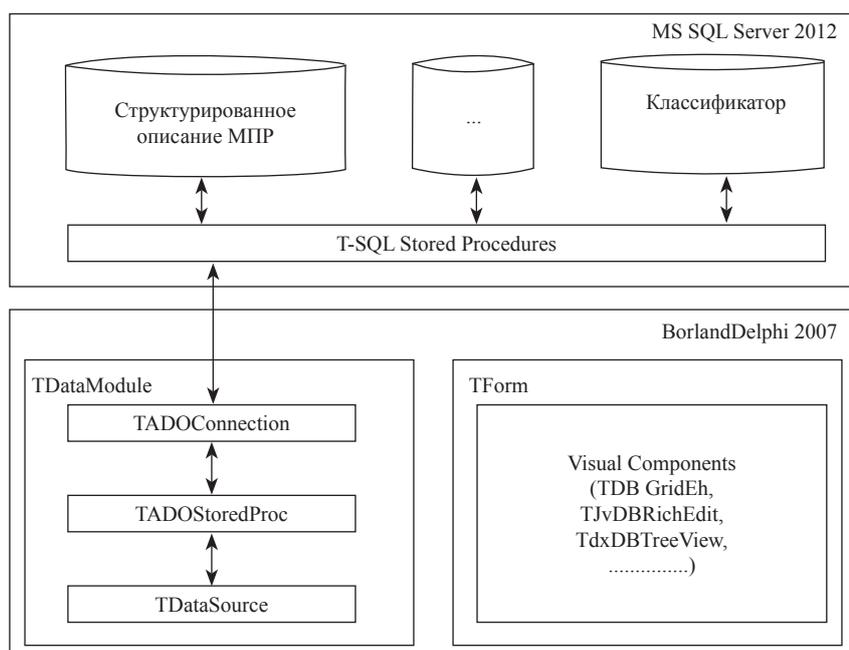


Рис. 9. Техническая архитектура АС Методолог

труктора, а также определения массива стратегий системного синтеза.

Из-за высокой сложности формализации интеллектуальных, творческих, операций методологии, основным направлением ее автома-

тизации является поддержка концептуального анализа предметной области МПР и формирования на его основе банка знаний об интеллектуальных операциях в совокупности с их характеристическими

признаками, направленного комбинирования операций, составляющих различные подходы к созданию МПР, а также реализация функции поиска по признакам в банке знаний об интеллектуальных операциях.

Литература

1. Кондратьев А.Е. Сетцентрический фронт. Боевые действия в едином информационном пространстве // Национальная оборона. – 2011. – №2.
2. Дунаев В., Медведовский Е. Системы автоматического управления и контроля для атомных электростанций // Control Engineering Россия. – 2013. – № 3(45).
3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов/Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш. шк., 2004. – 616 с.
4. Ханк Д.Э., Райтс А.Дж., Уичерн Д.У. Бизнес-прогнозирование. 7 изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 656 с.
5. Oleynikov D.P. et al. ARACE – A New Method for Verbal Decision Analysis // International Journal of Information Technology & Decision Making. 2015. – Vol. 15, – № 1. – P. 115–140. DOI: 10.1142/S0219622014500801
6. Ларичев О.И., Мошкочев Е.М. Качественные методы принятия решений. – М.: Физматлит, 1996. – 208 С.
7. Moshkovich H., Mechitov A., Olson D. Verbal Decision Analysis // Multiple Criteria Decision Analysis State of the Art Surveys. Second Edition. – New York: Springer, 2016. – Vol. 1. – P. 605–636. DOI: 10.1007/978-1-4939-3094-4_15
8. Петровский А.Б. Теория принятия решений: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.
9. Булыгин А.В. и др. Инструментальные средства компьютеризации инженерных знаний в САПР // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2009. № 41. – С. 125–135.

Сведения об авторах

*Денис Петрович Олейников, к.т.н.,
доцент кафедры САПР и ПК Волгоградского
государственного технического университета*

Тел.: (903) 376 35 78

E-mail: denis.oleynikov@gmail.com

Волгоградский государственный технический университет,
www.vstu.ru, Волгоград, Россия

*Людмила Николаевна Бутенко, д.х.н., профессор кафедры
САПР и ПК, Волгоградского государственного технического
университета*

Тел.: (8442) 42 08 30

E-mail: butenko@land.ru

Волгоградский государственный технический университет,
www.vstu.ru, Волгоград, Россия

References

1. Kondrat'ev A.E. Settsentricheskii front. Boevye deistviya v edinom informatsionnom prostranstve // National Defence. – 2011. – №2.
2. Dunaev V., Medvedovskii E. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya i kontrolya dlya atomnykh elektrostantsii // Control Engineering Russia. – 2013. – № 3(45).
3. Sistemnyi analiz i prinyatie reshenii: Slovar'-spravochnik: Ucheb. posobie dlya vuzov/Pod red. V.N. Volkovoi, V.N. Kozlova. – M.: Vyssh. shk., 2004. – 616 p.
4. Hanke J.E., Reitsch A.G., Wichern D.W. Business Forecasting. 7th ed. – M.: Williams Publishing, 2003. – 656 p.
5. Oleynikov D.P. et al. ARACE – A New Method for Verbal Decision Analysis // International Journal of Information Technology & Decision Making. 2015. – Vol. 15, – № 1. – P. 115–140. DOI: 10.1142/S0219622014500801
6. Larichev O.I., Moshkovich E.M. Kachestvennye metody prinyatiya reshenii. – M.: Fizmatlit, 1996. – 208 P.
7. Moshkovich H., Mechitov A., Olson D. Verbal Decision Analysis // Multiple Criteria Decision Analysis State of the Art Surveys. Second Edition. – New York: Springer, 2016. – Vol. 1. – P. 605–636. DOI: 10.1007/978-1-4939-3094-4_15.
8. Petrovskii A.B. Teoriya prinyatiya reshenii: uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenii. – M.: Izdatel'skii tsentr «Akademiya», 2009. – 400 P.
9. Bulygin A.V. i dr. Instrumental'nye sredstva komp'yuterizatsii inzhenernykh znaniy v SAPR // Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii. – 2009. № 41. – S. 125–135.

Information about the authors

*Denis P. Oleynikov, PhD., doctoral student of the CAD/CAE
Systems Department Volgograd State Technical University*

Тел.: (903) 376 35 78

E-mail: denis.oleynikov@gmail.com

Volgograd State Technical University,
www.vstu.ru, Volgograd, Russia

*Lyudmila N. Butenko, Doctor of Chemistry, professor of the
CAD/CAE Systems Department Volgograd State Technical
University*

Тел.: (8442) 42 08 30

E-mail: butenko@land.ru;

Volgograd State Technical University,
www.vstu.ru, Volgograd, Russia