АРХИТЕКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ ПОДСИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И КООРДИНАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ЭРГАСИСТЕМЕ

Ловцов Д.А.*

Ключевые слова: *иерархическая эргасистема, база данных и знаний, информационно-математическая модель, информационные процессы, технологические процессы переработки информации, ситуационное планирование и координация, автоматизированная подсистема планирования и координации, фреймовая модель, фрейм-прототип, фрейм-образец, фрейм-сценарий, информационно-функциональная структура, принципы, требования.*

Аннотация.

Цель работы: *совершенствование научно-методической базы теории правовой информатики.*

Метод: *системный анализ, концептуально-логическое и логико-лингвистическое моделирование базы данных и знаний (БДЗ) и информационного процесса ситуационного планирования и координации технологических процессов переработки информации в иерархической эргасистеме.*

Результаты: *определены методологические принципы новой информационной технологии автоматизации управления на основе совокупности функциональных БДЗ, а также методологическая диаграмма их разработки; определены требования к формализованному представлению знаний в функциональной БДЗ; обоснованы стратегия ситуационного планирования и координации информационных процессов в иерархической эргасистеме и информационно-функциональная структура БДЗ автоматизированной подсистемы планирования и координации; разработана соответствующая фреймовая модель информационного процесса ситуационного планирования и координации технологических процессов переработки информации.*

DOI: 10.21681/1994-1404-2020-4-04-19

Введение

Повышение эффективности существующих эргасистем связано главным образом с внедрением новой (нетрадиционной) информационной технологии (НИТ) автоматизации на основе создания и развития проблемно-ориентированной внутримашинной информационной базы [9].

Сущность НИТ автоматизации управления сложным динамическим объектом (СДО) заключается в следующем. Любая (традиционная или новаторская — «новая») технология автоматизации управления СДО связана с двумя типами информационных массивов: «данными» и «программами», причём традиционно в последних определяется порядок использования данных, а задачи разделения информационных массивов (ИМ) на данные и программы решают системные аналитики и прикладные (профессиональные) программисты. В итоге, кстати, значительное развитие получили методы упрощения манипулирования данными, что выразилось в концепции системы управления базами данных (СУБД)[1].

Такая односторонность приводит к необходимости создания эргасистем для управления конкретными СДО, так как данные (фактография), описывающие каждый СДО, естественно, различны. При этом для разработки частных эргасистем (в частности, АСУ как управляющего объекта-подсистемы) требуются свои системные аналитики и прикладные программисты, которые после разработки комплекса прикладных программ вынуждены сопровождать их длительное время. В результате в области применения *комплексов средств автоматизации* (КСА) возникла кризисная ситуация, связанная со значительной потребностью в прикладных программистах и «долгостроем» в раз-

[1] Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. М.: Мир, 1980. 662 с.

* ***Ловцов Дмитрий Анатольевич,*** *доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заместитель по научной работе директора Института точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева Российской академии наук, заведующий кафедрой информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, г. Москва, Российская Федерация.*

E-mail: dal-1206@mail.ru

работке специального *информационно-программного обеспечения* (ИПО) для автоматизации функций эргасистем. Разрешение кризиса возможно путём перехода к НИТ, сущность которой заключается в привлечении парапрограммистов (операторов эргасистемы, не являющихся профессиональными программистами) к процессам алгоритмизации функций (задач) эргасистем, сопровождения ИПО и даже разработки ИПО на основе использования языков программирования сверхвысокого уровня, специальных языков запросов к информационной базе и языков формирования спецификаций[2].

Проблемно-ориентированная внутримашинная информационная база эргасистемы — это взаимосвязанный комплекс специализированных баз данных и знаний (БДЗ) функциональных подсистем эргасистемы, обеспечивающий решение целевых и функциональных задач эргасистемы [1, 3—5, 9].

Специализированная (функциональная) БДЗ — это информационно-математическая модель предметной области, основанная на знаниях (о предметной области) и содержащая в качестве базисной логико-лингвистическую модель представления знаний (тезаурус функциональной подсистемы), предназначенная для создания прикладной интеллектуальной человеко-машинной системы (вопросно-ответной, расчётно-логической, экспертной, поддержки принятия решений и пр.) [7, 9].

Методологические принципы НИТ

Основными методологическими принципами НИТ, необходимыми при исследовании, разработке и применении информационной базы эргасистемы, являются следующие:

1. *Принцип проблемной ориентации* ИПО: эргасистема рассматривается как система конечного числа взаимосвязанных автоматизированных информационных процессов или *технологических процессов переработки информации* (ТППИ) — предметных областей, видов деятельности по переработке информации, представленных системой понятий (начальных, промежуточных, целевых) и функций перехода между ними, отражающих сущность переработки информации в данном виде деятельности [14]. Следовательно, структуры данных должны описывать систему понятий ТППИ, а программировать нужно функции перехода, т. е. создавать программы-функции.

2. *Принцип кооперации разработчиков* ИПО: разработку специального ИПО видов деятельности (программ-функций) и обеспечение их эффективности целесообразно осуществлять системным аналитикам и прикладным программистам, а сопровождение — операторам-парапрограммистам, так как сопровождение при НИТ сводится к совершенствованию и пополнению системы понятий и функций предметной области по результатам анализа потребностей операторов эргасистемы, что предполагает наличие у них качеств системных аналитиков. При этом, поскольку понятия, формализованные в структурах данных (фреймах и др. [2, 9]) эксплицированы из предметных областей, то операторы эргасистемы получают возможность, заполняя (модифицируя, удаляя) данные, изменять взаимосвязанную работу программ-функций (по сути, создавать новые программы), т. е. «автоформализовать» свои профессиональные знания [13].

3. *Принцип унификации* ИПО: прикладные программы (т. е. ТППИ) в эргасистеме при НИТ определяются соответствующими перерабатываемыми данными. Таким образом, осуществляется переход от баз данных к БДЗ, отличающимся наличием специального процедурного компонента — *комплекса программ-функций*, представляющего собой знания о том, как использовать имеющиеся данные для достижения целей предметной области. Следовательно, ИПО необходимо разрабатывать не для частных эргасистем (АСУ СДО), а для предметных областей (функциональных подсистем) эргасистемы. При этом настройка созданных функциональных проблемно-ориентированных БДЗ для конкретных типов СДО заключается в заполнении структур данных соответствующей фактографией.

Данная НИТ позволяет решить проблему морального старения («долгостроя») ИПО эргасистемы в процессе его разработки (когда сроки создания ИПО по традиционной технологии превышают сроки эксплуатации СДО). Преимущества НИТ автоматизации основываются на том, что постановка задачи вида деятельности в эргасистеме, выраженная в соответствующей системе понятий предметной области, рассматривается в НИТ одновременно и как система понятий формальной модели, используемая для автоматизации, тогда как в традиционной информационной технологии системы понятий предметной области и формальной модели, как правило, не совпадают. Это различие и является *основной причиной* затруднений, возникающих при взаимодействии оператора с КСА (ЭВМ) в процессе решения функциональных задач эргасистемы.

Требования к формализованному представлению знаний в функциональной БДЗ

Способ формализованного представления знаний о предметной области (информационном процессе) в эргасистеме (АСУ СДО) отражает определённый способ преобразования знаний для достижения целей информационного процесса (ТППИ), который определяется выбранными математическими методами решения соответствующих задач и моделью функционирования управляемого СДО.

Управление СДО представляет собой организацию множества физических процессов функционирования, протекающих в бортовых (встроенных) подсистемах (БПС) управляемых СДО, и изменения пространственно-временного положения объекта.

[2] Представление и использование знаний / Под ред. Х. Уэно. М. Исидзука. М.: Мир, 1989. 220 с.

При этом организация процессов обеспечивается отработкой БПС алгоритмов $A_у(T)$ управления в виде временно́й (на интервале) последовательности управляющих воздействий (УВ), формируемых устройством управления (УУ) СДО. Тогда любой *алгоритм функционирования* БПС можно представить реализацией соответствующего $A_у(T)$ и совокупностью процессов функционирования СДО, порождаемых данным $A_у(T)$. Совокупность алгоритмов функционирования для всех БПС СДО от момента его выхода из некоторого начального (дежурного) состояния до заданного момента достижения целей управления представляет временну́ю программу управления (ВПУ) СДО. Причём изменение пространственно-временного положения СДО может влиять на некоторые процессы, протекающие в его БПС[3].

Поэтому формализованное представление знаний Φ_Q о процессах функционирования СДО [10] должно ***интегрировать*** массивы контрольно-измерительной информации (КИИ) о текущих алгоритмах управления $M[A_у(T)]$ и значениях навигационных параметров $M[H(T)]$ на интервале T наблюдения функционирования СДО, т. е.:

$$\Phi_Q: \{M[A_у(T)], M[H(T)]\} \rightarrow \rightarrow \{Q[Y_п(T)], Q[Y_D(T)]\}, \quad (1)$$

где $Q[Y_п(T)$ — знания, позволяющие проверить по КИИ соответствие наблюдаемых процессов $Y_н(T)$ процессам $Y_п(T)$ правильного функционирования СДО; $Q[Y_D(T)]$ — знания, позволяющие получить оценку проявляющегося дестабилизирующего фактора (ДФ) $\delta \in D(T)$, нарушающего соответствие процессов $Y_н(T)$ и $Y_п(T)$.

Традиционно для каждого конкретного СДО разрабатывается свое Φ_Q и свое ИМО (ИПО) функциональных подсистем эргасистемы (например, подсистем координации и планирования, диагностирования, навигационных определений[4]), за исключением функций сбора и преобразования измерительной информации. Это требует больших экономических и временны́х затрат. Поэтому возникает необходимость разработки инвариантного Φ_Q к различным СДО, так как именно инвариантное представление знаний о предметной области является основой для разработки инвариантных алгоритмов, применяющих эти знания, т. е. предполагается выполнение следующего условия:

$$A_i(\Phi_{Qi}) = A_j(\Phi_{Qj}) \mid i, j = \overline{1, m};\ i \neq j, \quad (2)$$

где m — количество различных СДО, обслуживаемых Φ_Q; A_i, A_j — множества алгоритмов применения знаний для выполнения специальной задачи управления i-м и j-м СДО, соответственно.

Особенностью автоматизации процессов контроля состояния СДО является принципиальная неполнота и неточность знаний $Q(Y_П)$ и $Q(Y_D)$, так как в процессе стендовых и производственных испытаний образца СДО во многих случаях невозможно создать реальные условия применения БПС СДО и их функций, предусмотреть все возможные проявления ДФ, которые появятся в процессе применения СДО. Поэтому возникает необходимость, чтобы Φ_Q обеспечивалось интеллектуальным интерфейсом, который позволял бы операторам-парапрограммистам пополнять и уточнять $Q(Y_П)$ и $Q(Y_D)$ на различных этапах «жизненного цикла» СДО: наземные комплексные испытания $(T_н)$, лётные испытания $(T_л)$, штатная эксплуатация $(T_ш)$ и др., т. е.:

$$E(\Phi_Q): \left\{\widetilde{\widetilde{Q}}\,[Y_п(T)],\ \widetilde{\widetilde{Q}}\,[Y_D(T)]\right\} \rightarrow \left\{\widetilde{Q}\,[Y_п(T)],\ \widetilde{Q}\,[Y_D(T)]\right\} \mid T\{T_н, T_л, T_ш\}, \quad (3)$$

где $E(\Phi_Q)$ — интеллектуальный интерфейс, позволяющий оператору осуществлять отображение неполных и неточных знаний (две волнистые линии) в более полные и точные (одна волнистая линия).

Использование известных предложений по формализованному представлению знаний (исчисление предикатов первого порядка, реляционное исчисление, формальные грамматики и др.) предполагает наличие у разработчика функциональной БДЗ серьёзных навыков и логической культуры мышления. По некоторым оценкам[5], количество специалистов в мире, способных к эффективному конструированию *базы знаний* в среде формально-логических исчислений, составляет несколько сот человек. Поэтому в качестве средства формализации знаний для эргасистем часто используется нотация какого-либо языка программирования, а в результате не выполняются требования (2), (3).

В определённой мере адекватность условиям (1) — (3) формально-логический подход к представлению знаний получил в современных инструментальных средствах *продукционных экспертных систем* (ЭС). Простота, наглядность и удобство модификации продукционных правил обеспечиваются в традиционных ЭС фрагментарностью представления знаний (в виде отдельных правил «если ... то ...») и коэффициентом доверия. Однако использование традиционных продукционных ЭС в предметной области управления СДО находит существенные ограничения по следующим причинам [13]:

– представляет значительную сложность создание системы правил для базы знаний функциональных подсистем по эксплуатационной документации на конкретный СДО и по результатам анкетирования операторов;

– не обеспечивается требуемая оперативность манипулирования тем количеством правил, которое необходимо для управления СДО на каждом цикле сбора

[3] См.: *Калашников Ю.В.* Представление и использование знаний для автоматизированного контроля функционирования сложных динамических объектов в реальном времени // Зарубежная радиоэлектроника, 1992. № 7. С. 3—23.

[4] См.: *Ловцов Д.А.* Введение в информационную теорию АСУ : монография. М. : ВА им. Петра Великого, 1996. 434 с.

[5] Фурсин Г. И. Теория и практика создания банков данных. К.: Вища школа, 1987. 192 с.

КИИ из-за примитивных, не учитывающих специфику предметной области стратегий перебора при выработке результатов контроля;

– отсутствует возможность представления знаний, связанных со временем, сложных математических зависимостей значений атрибутов, входящих в правила, использования информации о времени в процессе логического вывода результатов ситуационного контроля состояния СДО;

– не учитывается значительная частота запросов на логический вывод результатов контроля состояния СДО, которую создают поступающие на вход ЭС результаты измерений параметров процессов функционирования СДО и др.

Таким образом, для БДЗ функциональных подсистем необходимо разрабатывать *специальное* формализованное представление знаний, отвечающее требованиям (1) — (3), выполнение которых возможно только при переходе от субъективного восприятия (включающего предметные концепты, которые непосредственно связаны с практикой управления конкретными СДО) к восприятию на основе модели функционирования СДО, воспроизводящей сущность процессов функционирования объекта безотносительно к их фактографии у конкретных СДО. Данный подход к формализации представления знаний в настоящее время развивается в рамках НИТ, выделяющей в качестве основных элементов знания не суждения, а *понятия* предметной области и *структуру* их совокупности (системы).

В качестве базисного средства представления знаний о понятиях согласно всем обоснованным требованиям наиболее приемлем для информационной базы эргасистемы аппарат *теории фреймов* [2, 6, 12]. Кроме того, фреймовое представление знаний позволяет эффективно применять для ведения БДЗ пакеты программ (типа *dBASE*[6] для ПЭВМ), поддерживающие реляционную модель данных (в виде совокупности таблиц). Пакет *dBASE*, в частности, ориентирован на парапрограммиста и имеет собственные диалоговые средства взаимодействия с ним, которые поддерживают меню-ориентированный режим для начинающих операторов и командный режим для опытного оператора с развитыми средствами подсказок на каждом уровне диалога. К преимуществам пакета относится возможность корректировать структурные недостатки фреймовой модели в процессе применения БДЗ, подготовленных средствами *dBASE*. Пакет *dBASE* имеет достаточные средства как для описания структур фреймов, так и по созданию требуемого количества экземпляров фреймов для функциональных БДЗ. Таким образом, обеспечивается интеллектуальный интерфейс $E\left(\Phi_Q\right)$ в соответствии с требованием (3).

Преимущества фреймового представления знаний о процессах функционирования СДО основываются на том, что эксплицируется структура системы понятий процессов функционирования СДО, которая рассматривается одновременно и как формализованное представление знаний для автоматизации управления СДО, тогда как в традиционной технологии переработки данных структура системы понятий предметной области и формально-логического исчисления, положенного в основу формализации знаний, не совпадали, а задаче экспликации структуры системы понятий предметной области не придавалось особого значения.

В результате применения методологической диаграммы (рис. 1) последовательности разработки функциональной БДЗ эргасистемы (ЭС) с учетом современной технологии Data science [15] будет сформирована и реализована в программном виде БДЗ как информационно-математическая модель ФПС [7, 8], качество которой будет зависеть в первую очередь от того, насколько хорошо реализована первоначальная стадия составления концептуальной модели. При формировании концептуальной модели ФПС и приложении перечисленных методов выявления фактов первоочередными вопросами, как показала практика[7], являются:

– анализ и декомпозиция архитектуры ФПС; анализ топологической структуры, технических и программных возможностей КСА ФПС, наличие и математическая основа алгоритмов функционирования ФПС;

– конкретизация уровней, целей, этапов и форм процесса переработки информации в ФПС;

– представление обобщённого ТППИ от СДО в виде информационно-связанной частично упорядоченной совокупности (композиции) частных задач переработки информации (ЗПИ) отдельных фаз процесса переработки;

– определение непересекающихся множеств ЗПИ, реализуемых строго на определённых уровнях иерархии эргасистемы, и выявление множества ЗПИ, которые могут быть реализованы на различных уровнях;

– изображение композиции ЗПИ в виде *оперограммы* (графика процесса переработки), используя условные обозначения соответствующих ЗПИ операций (условные обозначения целесообразно дополнять лаконичными пояснениями на поле оперограммы);

– преобразование полученной оперограммы в структурную информационно-временную схему путём введения временной оси по горизонтали и N зон, соответствующих N уровням иерархии эргасистемы, — по вертикали;

– определение количественных характеристик информационных потоков;

– определение рациональных (возможных) показателей и критериев эффективности функционирования ФПС;

[6] Берещанский Д. Г. Практическое программирование на *dBASE*. М. : Финансы и статистика, 1989. 192 с.

[7] Ловцов Д. А., Семеряко И. И. Имитационное моделирование выработки решений в АСУ. М. : ВА им. Петра Великого, 1989. 235 с.; Мамиконов А. Г., Цвиркун А. Д., Кульба В. В. Автоматизация проектирования АСУ. М. : Энергоиздат, 1981. 328 с.

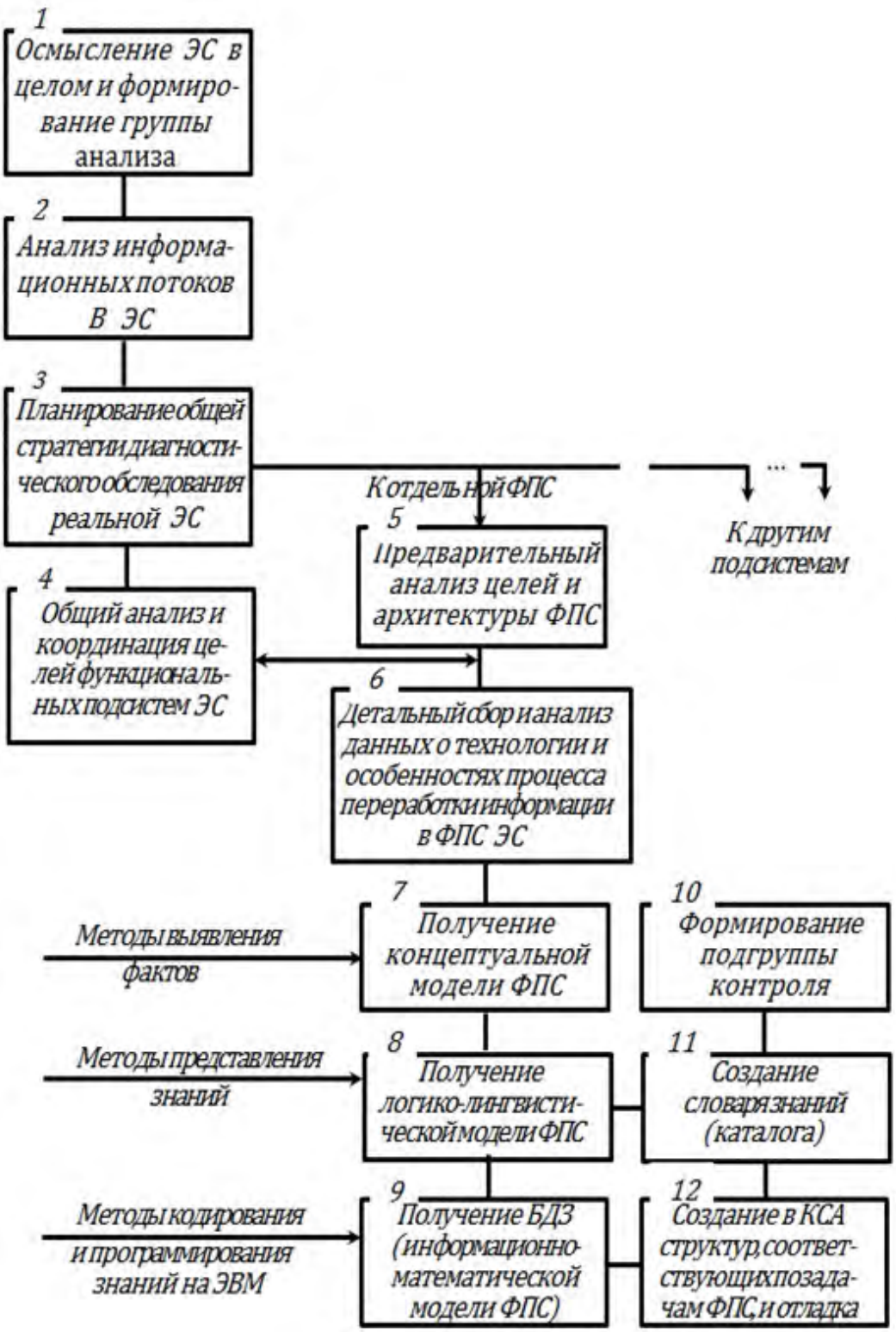

Рис. 1. Методологическая диаграмма последовательности разработки БДЗ функциональной подсистемы

– оценка степени важности для практики разработки автоматизированной ФПС (методом экспертных оценок, например), т. е. оптимизация процесса функционирования ФПС;

– оценка реализуемости автоматизированной ФПС и её информационно-математической модели, т. е. БДЗ, в информационной базе эргасистемы (АСУ СДО) с экономической и оперативной (эксплуатационной) точек зрения.

Стратегия ситуационного планирования и координации информационных процессов

В реальных эргасистемах *оперативность* решения задач ситуационного планирования и координации (СПК) множества ТППИ от группировок СДО остается низкой, что обусловлено большими объёмами перерабатываемой контрольно-измерительной информации и частичной автоматизацией процесса СПК. В основном автоматизированы операции долгосрочного планирования и планового диспетчирования ЗПИ. Ситуационное планирование и координация ТППИ часто осуществляются вручную на основе так называемой «бумажной технологии». Это значительно снижает оперативность (своевременность), *достоверность* и временну́ю *устойчивость* переработки информации в эргасистеме. Поэтому актуальной и перспективной является *комплексная автоматизация* процесса СПК ТППИ на основе новой информационной технологии, реализованной с применением специализированной базы данных и знаний, что позволит обеспечить оперативное параллельное выполнение множества ТППИ от группировок СДО в иерархической сети эргасистемы. Основу такой автоматизации составляют формализованные знания о процессе СПК — информационно-математическая модель предметной области СПК ТППИ от группировок СДО.

Последовательность применения в эргасистеме алгоритмов оптимизации ситуационного планирования и координации (СПК) ТППИ определяется главным образом технологией ситуационного планирования ТППИ, но, кроме того, зависит от структурно-функциональных особенностей реальных эргасистем и ТППИ, а также наличия данных об опыте решения задач СПК (а именно: базовых оптимальных значений $F_x^*, x = \overline{1,n}$ локальных целевых функций (ЛЦФ) и пропорций σ_x или других данных, позволяющих сформулировать правила предпочтений ЛЦФ и закон их изменения) [11].

Поскольку выработка рационального решения $< W^{o*}, W^* >$ по СПК ТППИ в эргасистеме разнесена в пространстве, т. е. производится итерационно в периферийных и центральном элементах (ПЭ, ЦЭ), решающих различные функциональные подзадачи автоматизированной подсистемы координации и планирования (АПКП), центральный и периферийные элементы реализуют свои специфические диалоговые алгоритмы оптимизации СПК в информационно-распределительной сети (ИРС) эргасистемы. Так, согласно математической модели [11] ситуации принятия организационно-технических решений по планированию ТППИ в иерархической сети эргасистемы, элементы *второго* эшелона иерархии, т. е. периферийные элементы, полномочны принимать основные решения по выбору рациональных комбинаторных альтернатив $W_x \in \Delta_{x\alpha\beta}(\omega_x), x = \overline{1,n}$ (вариантов, планов-расписаний выполнения ЗПИ) и в своем выборе независимы по отношению друг к другу; элемент *третьего* эшелона иерархии, т. е. ЦЭ, выполняет функции распределения экзогенного сетевого ресурса $W^o \in \Delta^{o*}(\omega_0)$ на основе формирования соответствующего кортежа координирующих сигналов $< W_x^o, x = 1, n >$.

Отсюда, в качестве стратегии W^* многоэшелонного многоэтапного оперативного СПК ТППИ целесообразно использовать стратегию, рациональность которой состоит в способности вырабатывать наиболее оперативные сетевые (n-канальные) расписания выполнения ТППИ (информационно-связанной частично упорядоченной совокупности G ЗПИ от СДО p-го приоритета) в условиях реально возникающих ситуаций, характеризуемых возмущающими факторами $\omega_0, \omega_x \in \Omega, x = 1, n$, и соответствующими рациональными (приемлемыми) решениями W^{o*} и $W^*, x = \overline{1,n}$, с учётом структурно-функциональных ограничений (S,R,C,Φ) [11] сети эргасистемы, определяющих множество Δ допустимых планов W.

Математическое выражение стратегии имеет вид:

$$W^* := F_0 \left\{ \begin{array}{c} \Theta =< E =< S, R >, C, \Phi, G >, \\ W^{o*}, W_x^*, \omega_0, \omega_x, \lambda_p, \lambda_x;\ x = \overline{1,n};\ p = \\ = \overline{1,m} \end{array} \right\} = \min_{W \in \Delta} \quad (4)$$

где λ_x, λ_p — весовые коэффициенты.

Рациональность такой стратегии обеспечивается правилами предпочтений ЛЦФ, реализованных в алгоритмах координации решений ПЭ, продукционными правилами выбора (построения) рациональных глобальных целевых функций (ГЦФ) и численного метода поиска оптимальных решений, критериями выбора оптимальных решений в алгоритмах оптимизации упорядочения ЗПИ.

Фреймовая модель информационного процесса ситуационного планирования и координации ТППИ

Способ формализованного представления знаний о предметной области ситуационного планирования и координации ТППИ отражает определённый способ преобразования знаний для достижения целей процесса планирования, который в данном случае определяется разработанным методом оптимизации ситуационного планирования и выбранными граф-моделями ТППИ. Для реализации диалоговых процедур переработки качественной (представленной в лингвистической форме) информации о возникающих в реальной обстановке ситуациях и подготовки ситуационных исходных данных для решения задач СПК на КСА (ЭВМ) требуется наличие фреймовой *логико-лингвистической модели* диалогового процесса оперативной математической формулировки задач СПК.

Формализация любого процесса с использованием фреймовых описаний распадается на *два основных этапа*: выделение того минимально необходимого, без чего не может быть организован процесс; представление обобщённой информации о процессе в виде сети

(графа). Формализованное представление процесса с использованием фреймовых описаний составляет его фреймовую логико-лингвистическую модель.

С учётом стратегии оперативного ситуационного планирования и координации ТППИ, а также структурно-функциональных особенностей реальных ИРС эргасистем разработана фреймовая информационная модель (тезаурус) АПКП, включающая структурированную совокупность следующих фреймов (рис. 2):

Φ_1 — состав типовых обобщённых ТППИ; Φ_2 — фрейм-сценарий (типовая структура действий, состоящих из операций) формирования базовых множеств задачи (ЦЭ) координации взаимодействий ПЭ; Φ_3 — технико-топологическая структура АПКП; Φ_4 — состав математических зависимостей информационных условий наблюдаемости и управляемости СДО; Φ_5 — временны́е циклограммы взаимодействия ПЭ с различными приоритетными СДО; Φ_6 — фрейм-сценарий формирования базовых множеств задачи (ПЭ) упорядочения и разбиения ЗПИ и выбора ЛЦФ; $\Phi_{8,j} = \{e_{ik}\}, i = 1{,}5;\ k = \overline{1,n};\ j = 1{,}2, \ldots$ — комплекс терминальных (готовых) фреймов-образцов конкретных ГЦФ; Φ_9 — внешнее представление (результаты интегрируемых данных о ТППИ на интервале T; $\Phi_{10,j} = \{e_i\}, i = \overline{1{,}7}; j = 1{,}2, \ldots$ — комплекс терминальных фреймов-образцов численных методов оптимизации;

Φ_7 — многоуровневый концептуальный (настраиваемый) фрейм-прототип «Вид Главной целевой функции» в виде графа, фиксирующего общее продукционное правило «И/ИЛИ/И, ИЛИ/И», с присоединенной диалоговой процедурой выбора рациональной ГЦФ (свёртки ЛЦФ);

Φ_{11} — концептуальный фрейм-прототип «Метод поиска экстремума» в виде графа, фиксирующего продукционное правило «И/ИЛИ», с присоединённой диалоговой процедурой выбора рационального метода.

Фрейм-прототип Φ_7 «Вид Главной целевой функции» имеет следующую математическую структуру и соответствующую присоединённую процедуру (рис. 3):

$$\Phi_7 := \begin{cases} \{\,[(n) \vee ((i < n) \wedge (i \in [1,n])) \vee 0] \wedge [\overline{\vartheta} \vee (\vartheta \wedge \vartheta_x) \vee 0] \wedge \left[\overline{\lambda} \vee (\lambda \wedge \lambda_x) \vee 0\right] \\ \wedge \left[r \vee \left(r \wedge \overline{N}\left(\overline{N} \wedge (j \in [1,z])\right)\right) \vee 0\right] \wedge [s \vee (\overline{s} \wedge [(i \in [1,n]) \wedge (x \in [1,n])] \vee 0], \\ i, x = \overline{1,n}; i \neq x, j = \overline{1,z}\}, \\ < 11 \text{ слот (сколько ЛЦФ учитывается?)} >:= < 111(n) > \vee < 112(i < n \\ [< 21 \text{ слот (какие номера?)} >:= < 211(\text{первый}) > \wedge \ldots \\ < 21i(i - \text{й} > \wedge \ldots < 21n(n - \text{й}) >]) > \vee < 113(\text{ЗО}) >; \\ < 12 \text{ слот}(\vartheta_x \text{ назначены?}) >:= < 121(\text{нет}) > \vee < 122(\text{да}[< 22 \text{ слот} \\ (\text{какие значения?}) >:= < 221(\vartheta_1) > \wedge \ldots < 22x(\vartheta_x) > \wedge \ldots \\ < 22n(\vartheta_n) >]) > \vee < 123(\text{ЗО}) >; \\ < 13 \text{ слот (ЛЦФ однородны?)} >:= < 131(\text{да}) > \vee < 132(\text{нет}\ \{< 23 \text{ слот} \\ (\text{требуется нормализация?}) >:= < 231(\text{нет}) > \vee < 232\ (\text{да} \\ [< 33 \text{ слот (способ нормализации?)} >:= < 331\ (\text{первый}) > \\ \vee < 332(\text{второй}) > \vee \ldots < 33z(z - \text{й}) >]) > \vee < 233(\text{ЗО}) >\}) > \\ \vee < 133(\text{ЗО}) >; \\ < 14 \text{ слот } (\lambda_x \text{ назначены?}) >:= < 141(\text{нет}) > \vee < 142(\text{да}[< 24 \text{ слот} \\ (\text{какие значения?}) >:= < 241(\lambda_1) > \cdots < 24x(\lambda_x) > \wedge \ldots \\ < 24n(\lambda_n) >]) > \vee < 143(\text{ЗО}) >; \\ < 15 \text{ слот (ЛЦФ независимы?)} >:= < 151(\text{да}) > \vee < 152(\text{нет}\ [< 25 \text{ слот} \\ (\text{какие ЛЦФ зависят от каждой?}) >:= < 251(i, n, \ldots) > \\ \wedge \ldots < 25i(1, n, \ldots) > \wedge \ldots < 25n(1, i, \ldots) >]) > \vee < 153(\text{ЗО}) >, \end{cases} \quad (5)$$

где в круглых скобках приведены вопросы-ответы; цифрами обозначены номера: *первая* цифра — номер уровня иерархии фрейма; *вторая* — номер слота (от англ. *slot* — щель); *третья* — номер задания (ответа); $\vee$ ($\wedge$) — логические операции «ИЛИ» («И»); ЗО — «задание-отсутствие» — ответ оператора-исследователя в случае недостатка информации для однозначного заполнения задания.

В результате активизации концептуального фрейма «Вид Главной целевой функции» с учётом особенностей решаемой задачи ситуационного планирования и координации будет получена соответствующая терминальная структура (фрейм) конкретной ГЦФ (рис. 4), узлы которой заполнены ответами — заданиями оператора-исследователя.

Выбор ГЦФ зависит от опыта их применения, свойств и взаимосвязи ЛЦФ, ситуационных задач (целей) функционирования эргасистемы.

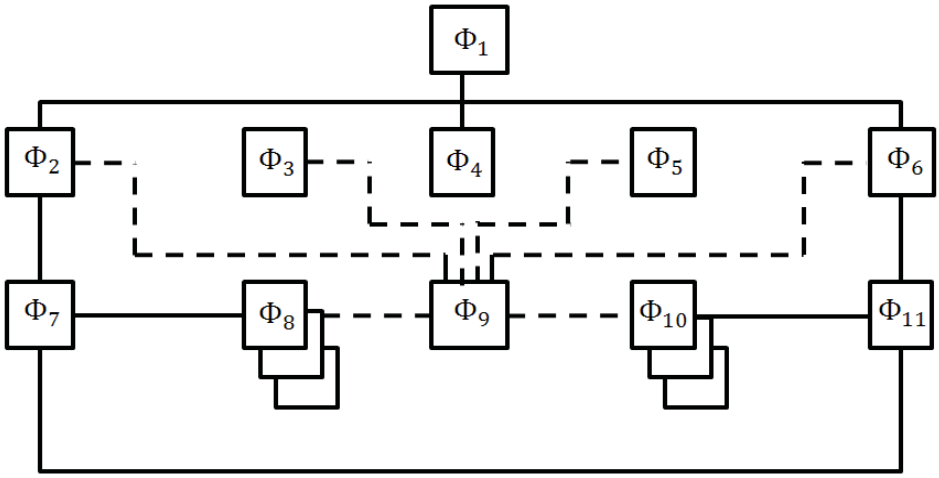

Рис. 2. Информационно-алгоритмическая структура фреймовой модели (тезауруса) информационного процесса СПК ТППИ

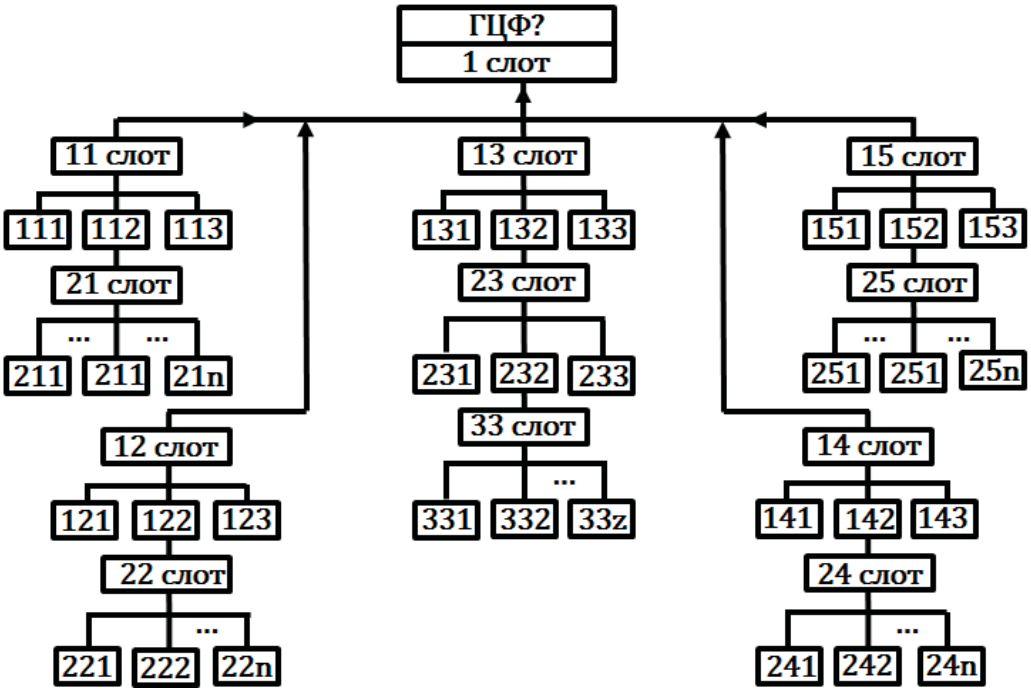

Рис. 3. Структура концептуального фрейма-прототипа «Вид Главной целевой функции»

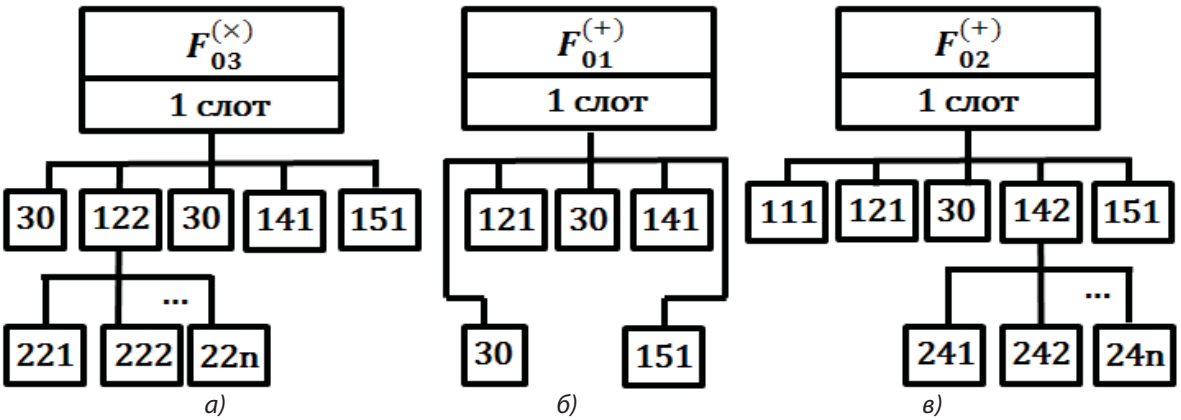

Рис. 4. Терминальные фреймы-образцы различных ГЦФ

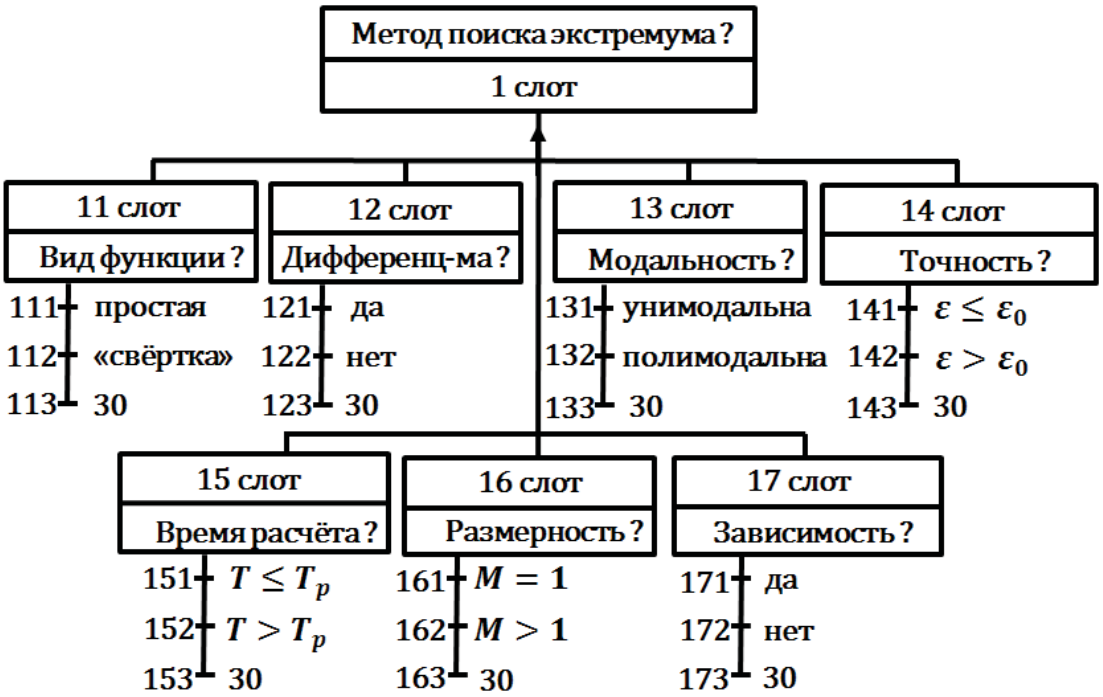

Рис. 5. Структура концептуального фрейма-прототипа «Метод поиска экстремума» целевой функции

Фрейм-прототип Φ_{11} «Метод поиска экстремума» имеет следующие математическую структуру и соответствующую присоединённую процедуру (рис. 5 [10]):

$$\Phi_{11} := \begin{cases} (f_i \vee F_{0k} \vee 0) \wedge \left(d \vee \overline{d} \vee 0\right) \wedge [(n = 1) \vee (n > 1) \vee 0] \wedge [(\varepsilon \le \varepsilon_0) \vee (\varepsilon > \varepsilon_0) \vee 0] \\ \wedge [(T \ll T_p) \vee (T \ge T_p) \vee 0] \wedge [(I(W^0 \vee W) = 1) \vee (I(W^0 \vee W) > 1) \vee 0] \wedge \\ [s(W_j^0) \vee \overline{s}(W_j^0) \vee 0], \qquad i, k = 1,2, \dots; i \ne k, j = \overline{1,n}\}, \\ < 11 \text{ слот (вид ЦФ } F\text{?)} >:=< 111\left(F = F_x^{(1)} \vee F_x^{(2)} \vee \dots\right) > \vee < 112 \\ \left(F = F_{01}^{(+)} \vee F_{02}^{(+)} \vee F_{03}^{(\times)} \vee F_{04}^{(+)} \vee \dots\right) > \vee < 113(\text{ЗО}) >; \\ < 12 \text{ слот (ЦФ } F \text{ дифференцируема?)} >:=< 121(\text{да}) > \vee < 122(\text{нет}) > \\ \vee < 123(\text{ЗО}) >; \\ < 13 \text{ слот (сколько экстремумов имеет } F\text{?)} >:=< 131\ (F - \text{унимо} - \\ \text{дальна}) > \vee < 132(F - \text{полимодальна}) > \vee < 133(\text{ЗО}) >; \\ < 14 \text{ слот (какова точность } \varepsilon \text{ расчёта } F\text{?)} >:=< 141(\varepsilon \le \varepsilon_0) > \\ \vee < 142(\varepsilon > \varepsilon_0) \vee < 143(\text{ЗО}) >; \\ < 15 \text{ слот (каково время } T \text{ расчёта } F\text{?)} >:=< 151(T \ll T_p) > \vee \\ < 152(T > T_p) > \vee < 153(\text{ЗО}) >; \\ < 16 \text{ слот (какова размерность } I \text{ аргумента} < W^0 > \vee < W > \text{?)} := \\ < 161\ (I = 1) \vee < 162\ (I > 1) \vee 163(\text{ЗО}) >; \\ < 17 \text{ слот (зависимы ли элементы аргументов } W^0 =< W_1^0, \dots, \\ W_n^0 > \text{?)} >:=< 171(\text{да}) > \vee < 172(\text{нет}) > \vee < 173(\text{ЗО}) >, \end{cases} \tag{6}$$

где ε_0 — заданный уровень погрешности; T_p — время принятия решения.

В результате активизации концептуального фрейма «Метод поиска экстремума» в соответствии с особенностями решаемой задачи ситуационного распределения будет получена терминальная структура (фрейм) конкретного численного метода оптимизации (рис. 6). Выбор численного метода зависит от свойств целевых

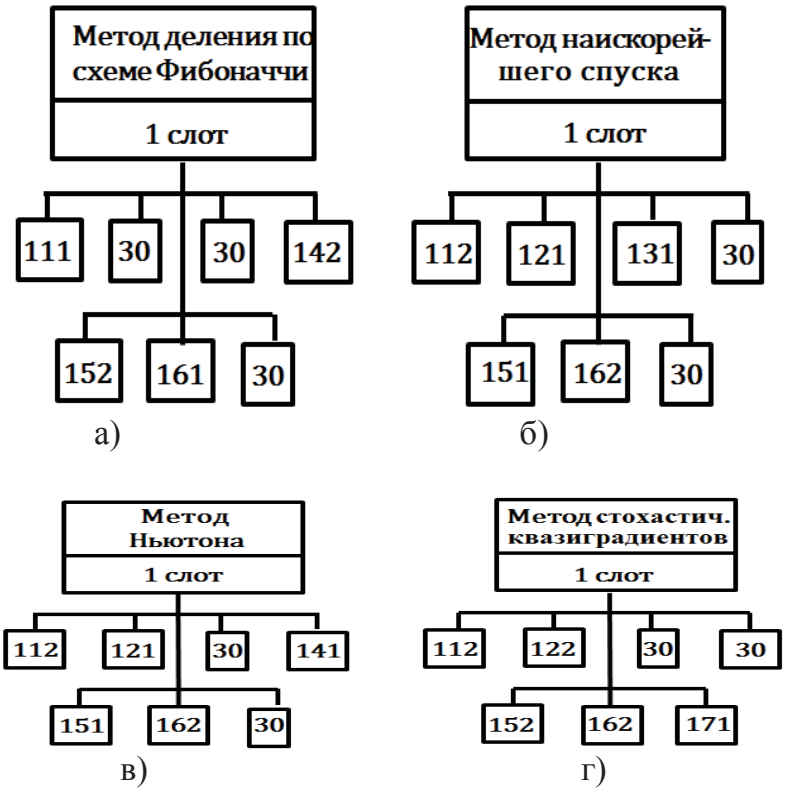

Рис. 6. Терминальные фреймы-образцы численных методов оптимизации

функций $F_0[W(W_0)], F_x[W_x, W_x^0], x = \overline{1,n}$; особенностей искомых решений (аргументов) ; оперативности метода.

Следовательно, для реализации процедур построения ГЦФ и выбора рационального численного метода оптимизации необходимо иметь в БДЗ АПКП набор программно-обеспеченных терминальных структур, соответствующих определённым свёрткам ЛЦФ и численным методам. При этом указанные процедуры заключаются в сравнении настроенной на решение конкретной задачи ситуационного планирования концептуальной структуры с имеющимися терминальными и определении наиболее подходящей из них.

Для реализации фрейм-сценариев Φ_2, Φ_6 предлагается отождествить слоты фреймов операций с наиболее характерными вопросами, связанными с формированием базовых множеств задач СПК. Тем самым фрейм-сценарии становятся собранием вопросов, которые необходимо КСА «задать» оператору-исследователю относительно решаемой задачи СПК в процессе приспособления фреймовых описаний к особенностям конкретной задачи. Причём условия, которым должны отвечать задания слотов, определяются рекомендациями, как надо отвечать на вопросы, чтобы определить задание слота.

Этим требованиям удовлетворяет схема (рис. 7) формирования базовых множеств задач ситуационного планирования ТППИ и выбора целевых функций [11] (за исключением построения ГЦФ), следовательно, её можно рассматривать как фрейм-сценарий, представляющий типовую структуру формирования указанных множеств и выбора ЛЦФ.

Таким образом, в результате активизации концептуальной фреймовой сети обобщенного процесса СПК будут сформированы базовые множества задачи [11] $A^{(p)}, S, R, \Delta^{0*}, \Delta_{x\alpha\beta}$ $(x = \overline{1,n})$, выбраны ЛЦФ $F_0(W, \omega), x = \overline{1,n}$, построена ГЦФ $F_0(W, \omega)$ и выбраны численные методы оптимизации. Поэтому процесс активизации *концептуальной фреймовой сети* интерпретируется как процесс оперативной постановки (математической формулировки) задач СПК ТППИ в эргасистеме. Терминальная фреймовая сеть при этом описывает возможности программного обеспечения АПКП и позволяет существенно упростить процесс его наращивания (накопления) за счёт объединения в БДЗ АПКП алгоритмов оптимизации, представленных на разных языках программирования.

Влияние факторов неопределённости как в постановке многокритериальной задачи координации, решаемой в центральном элементе, так и в складывающихся ситуациях принятия решений в эргасистеме в целом, приводит к неоднозначности выбора ГЦФ и численного метода оптимизации, неустойчивости получаемых рациональных решений в требуемом диапазоне изменений исходных данных, невозможности вообще обратиться к терминальной фреймовой сети вследствие недостатка исходной информации и др. Для обеспечения принятия решений в таких условиях необходимо разработать специальные *правила перехода*

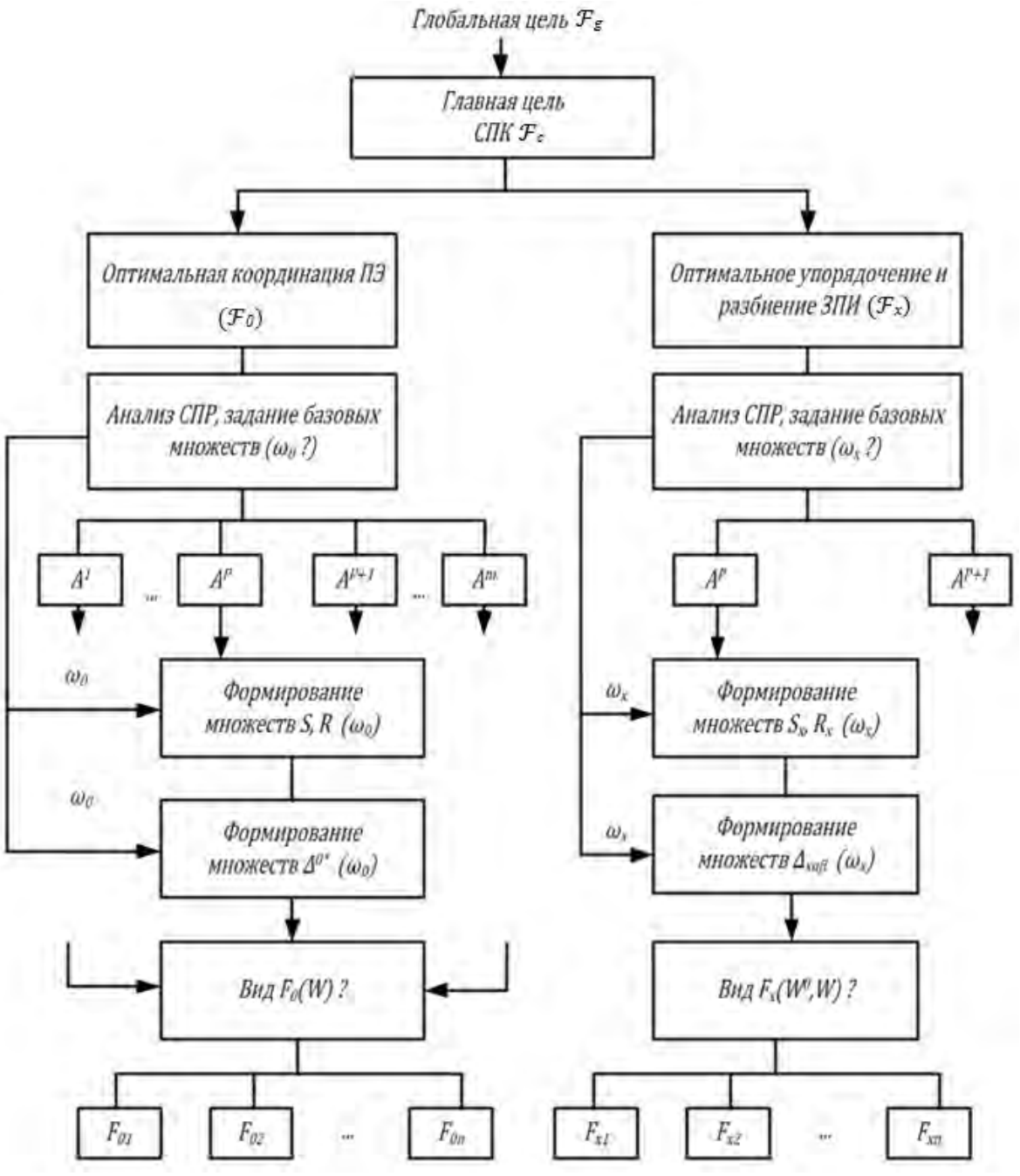

Рис. 7. Схема формирования базовых множеств задачи ситуационного планирования ТППИ

(инструкции), с помощью которых операторы-исследователи смогут в диалоговом режиме с КСА выработать сатисфакционное (приемлемое) решение.

Для обеспечения практической реализации (в элементе эргасистемы) процедур оперативной постановки и для решения задач СПК на основе диалоговых режимов взаимодействия «оператор — КСА» фреймовая модель описывается средствами языков (*например*, языков *KRL*, *FRL*, *GUS*, *OWL* теории искусственного интеллекта[8]), обеспечивающих:

– возможность формирования, модификации и анализа фреймовой модели с целью удовлетворения практических потребностей процесса СПК в эргасистеме; представляющих собой описание стереотипных ситуаций (случаев);

– возможность лингвистического преобразования на язык модели каждого решения (ответа) оператора-исследователя на запрос КСА;

– возможность машинной реализации на языках программирования штатных КСА.

Выполнение указанных *требований* (методических принципов) и реализация фреймовой модели позволит создать развивающееся ИПО оперативного

[8] См.: *Кузин Л. Т.* Основы кибернетики: В 2-х т. Т. 1. Математические основы кибернетики. М. : Энергия, 1973;

автоматизированного (диалогового) решения задач рационального ситуационного планирования ТППИ в иерархической эргасистеме и обеспечить выполнение системного требования непрерывного развития его информационно-математического и программного обеспечения, а также позволит рационально использовать возможности ИПО КСА и способность людей-операторов компенсировать имеющуюся неопределённость описания ситуационных исходных данных, осмысливая последовательно получаемые в ходе диалога с КСА результаты (решения).

Основное назначение рассмотренной фреймовой модели — обеспечить технологическую последовательность оперативной (в режиме диалога с КСА) реализации процессов рационального планирования ТППИ.

Информационно-функциональная структура БДЗ подсистемы планирования и координации

Диалоговые процедуры активизации концептуальной фреймовой сети обобщённого процесса СПК ТППИ интерпретируются как процедуры (алгоритмы) диалогового процесса оперативной постановки (математической формулировки) задач ситуационного планирования. Математическая формулировка таких задач включает задание (выбор) [11]:

– совокупности ситуационных базовых множеств в ЦЭ: $A^{(p)}, S, R, \underline{\Delta^{o*}}(\omega_0)$ и в ПЭ: $A_x^{(p)}, S_x, R_x, \Delta_{x\alpha\beta}(\omega_x), x = \overline{1,n}$;

– главной целевой функции в ЦЭ $F_0[W(W^o), \omega]$ и локальных целевых функций в ПЭ $F_x[W(W^o), \omega], x = \overline{1,n}$:

– численных методов (алгоритмов) поиска экстремумов целевых функций в ЦЭ и в ПЭ, соответственно:

$$W^{o*} = \text{Arg} \min_{W^o} F_0\,[W(W^o), \omega]; \quad (7)$$

$$W_x^* = \text{Arg} \min_{W(W^o)} F_x[W(W^o), \omega]. \quad (8)$$

Для осуществления соответствующего выбора на основе фрейм-сценариев определения базовых множеств, целевых функций, численных методов и с учётом логико-лингвистической структуры фреймовой модели процесса СПК ТППИ *требуется* реализовать соответствующие *присоединенные процедуры* (см. (5), (6) и рис. 7) в виде диалоговых алгоритмов, предназначенных для применения на КСА типового элемента эргасистемы, содержащего интеллектуальную (обеспечивающую хранение и использование фреймовых моделей) БДЗ АПКП (рис. 8), структура которой соответствует структуре базисной информационно-функциональной БДЗ [7].

Диалоговые алгоритмы формирования базовых множеств, реализуемые в ПЭ и ЦЭ, объединяют неформальные шаги анализа оператором-исследователем ситуации принятия решения, коррекции исходных данных и машинный поиск требуемой информации в БДЗ типового элемента эргасистемы. Процедура формирования базовых множеств планирования и выбора локальных целевых функций в ПЭ состоит в следующем [11]:

Шаг 1. Ввод исходных данных $\mathcal{F}_x, \omega_x, p_x$ и выбор в БДЗ ПЭ моделей технологического процесса и АПКП: $A_x^{(p)}, S_x, R_x$.

Шаг 2. Отображение исходных данных и моделей, анализ ситуации (ω, исходных данных) принятия решений.

Шаг 3. Проверка условий принадлежности реализации ω_x, возмущающих воздействий множествам $\Omega_{x\alpha}$, $\Omega_{x\beta}$, $\Omega_{x\alpha} \cap \Omega_{x\beta}$ неопределённостей, задаваемым α-, β-ограничениями. Задание соответствующих множеств допустимых комбинаторных альтернатив (МДКА) $\Delta_{x\alpha}$, $\Delta_{x\beta}$, $\Delta_{x\alpha} \cap \Delta_{x\beta}$ с учетом условий, определяющих допустимость плана W^* [11]:

$$\Delta_{x\alpha} = \{W \mid \forall\left(0 \le t < D^{(Px)}\right) \mid A_w^{(Px)}(t) \le L_x; \quad (9)$$
$$\left[\forall\left(0 \le t < D^{(Px)}\right)\right] \wedge [\forall k] \mid \sum_{i \in A_w(t)} r_i^{(k)} \le R^{(k)}\};$$

$$\Delta_{x\beta} = \{W \mid \forall(i \in A^{(Px)}) \mid t_i^{(w)} + \tau_i \le D^{(Px)}; \quad (10)$$
$$\forall(i < j) \mid t_i^{(w)} + \tau_i \le t_j\};$$

$$\Delta_{x\alpha\beta} = \Delta_{x\alpha} \cap \Delta_{x\beta}. \quad (11)$$

Шаг 4. Выбор в БДЗ ЛЦФ F_x, соответствующей ($\triangleq$) цели $\mathcal{F}_x$.

Шаг 5. Отображение базовых множеств планирования $G_x, S_x, R_x, \Delta_{x\alpha\beta}$ и ЛЦФ F_x.

Диалоговая процедура формирования базовых множеств планирования в ЦЭ отличается от предыдущей, в частности, тем, что оператор-исследователь ЦЭ дополнительно анализирует классы СДО и назначает соответствующие приоритеты (веса) локальным целевым функциям:

Шаг 1. Ввод исходных данных: $p_x, \lambda_x, x = \overline{1,n}$; ω_0 и выбор в БДЗ моделей технологического процесса и АПКП: $A_x^{(p)}, x = \overline{1,n}; S, R$.

Шаг 2. Отображение исходных данных и моделей, анализ ситуации (ω_0, исходных данных) принятия решений.

Шаг 3. Проверка условий принадлежности реализации ω_0 возмущающих воздействий множествам $\Omega_{0\alpha}$, $\Omega_{0\beta}$, $\Omega_{0\alpha} \cap \Omega_{0\beta}$ неопределённостей, задаваемым α-, β-ограничениями и приоритетами объектов. Задание соответствующих множеств допустимых комбинаторных альтернатив $\Delta_{0\alpha}$, $\Delta_{0\beta}$, $\Delta_{0\alpha} \cap \Delta_{0\beta}$ и множеств допустимых координирующих сигналов Δ^{o*}, $\Delta^{o*} \cap \Delta_{0\alpha} \cap \Delta_{0\beta}$:

$$\Delta_{0\alpha} = \{W \mid \forall\left(0 \le t < D^{(Px)}\right) \mid A_w^{(Px)}(t) \le L;$$
$$\left[\forall\left(0 \le t < D^{(Px)}\right)\right] \wedge [\forall k] \mid \sum_{i \in A_w(t)} r_i^{(k)} \le R^{(k)}; \quad (12)$$
$$x = \overline{1,n}\};$$

$$\Delta_{0\beta} = \{\Delta_{x\beta}\};\ \Delta_{0\alpha\beta} = \Delta_{0\alpha} \cap \Delta_{0\beta}, \qquad x = \overline{1,n}; \quad (13)$$

$$\Delta^{o*} = \{\lambda_x\}, \sum_{x=1} \lambda_x = 1;\ \lambda_x \ge 0;\ x = \overline{1,n}. \quad (14)$$

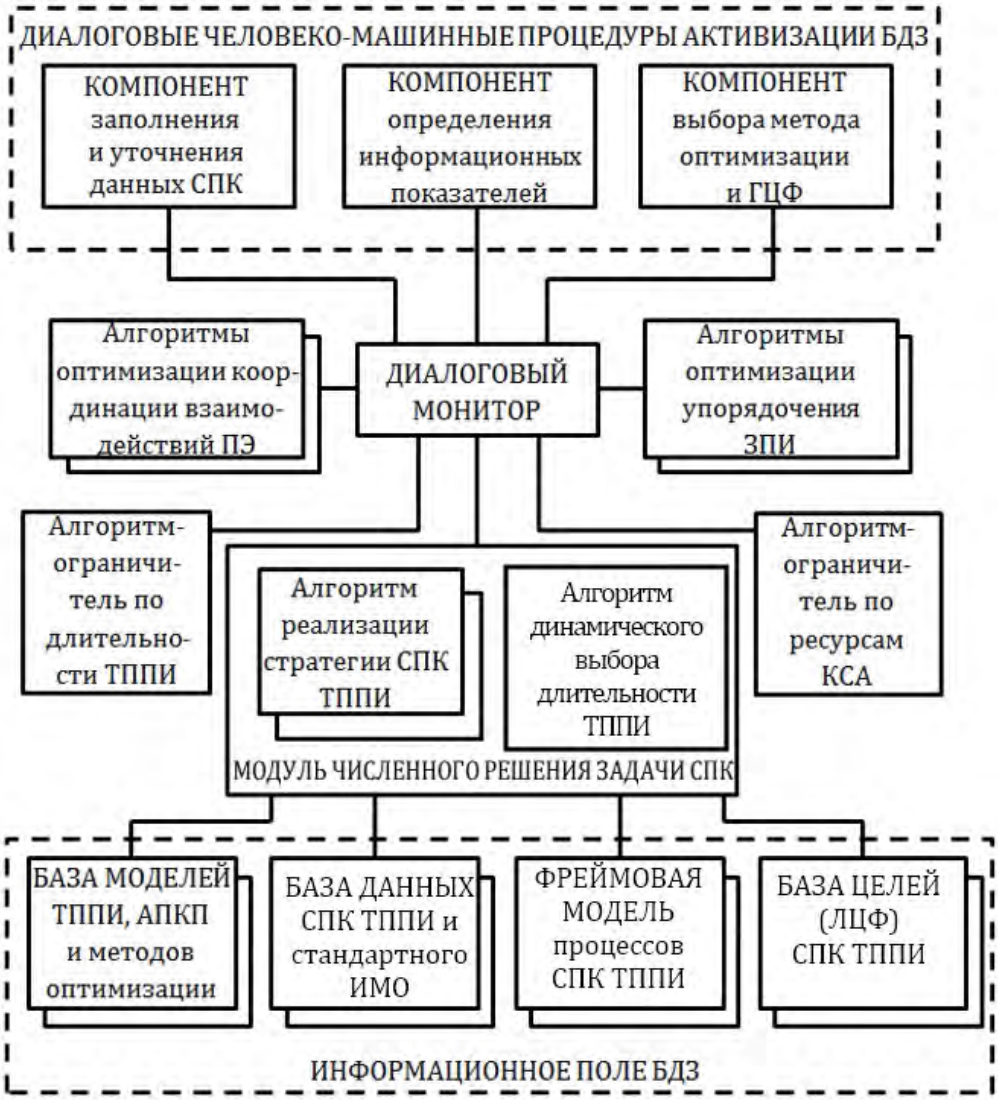

Рис. 8. Информационно-функциональная структура БДЗ автоматизированной подсистемы планирования и координации информационных процессов

Шаг 4. Отображение базовых множеств распределения $G_x, x = 1, n;\ S, R, \Delta^{o*}, \Delta_{\alpha\beta}$.

Диалоговый алгоритм построения главной целевой функции реализуется в ЦЭ. Соответствующая диалоговая процедура объединяет неформальные шаги анализа оператором-исследователем характеристик (однородности, взаимозависимости и др.) совокупности агрегируемых ЛЦФ и машинный поиск ГЦФ (свёртки ЛЦФ) соответствующего вида:

Шаг 1. Анализ оператором-исследователем ЦЭ соответствия концептуальной фреймовой сети «ГЦФ» цели $\mathcal{F}_0$ планирования ТППИ. Если поиск вида ГЦФ $F_0 \triangleq \mathcal{F}_0$ в БДЗ ЦЭ имеет смысл — переход к *Шагу* 2, иначе — конец алгоритма.

Шаг 2. Анализ количества x ЛЦФ. В случае если $x < n$ — ввод номеров ЛЦФ $F_x, x = k, l; 1 \le k < l;\ l \le n$ с целью выбора в БДЗ ЦЭ F_x, соответствующих целям $\mathcal{F}_x$ планирования ТППИ в ПЭ, иначе — выбор в БДЗ ЦЭ n F_x.

Шаг 3. Анализ однородности выбранных ЛЦФ F_x. В случае их неоднородности принятие решения о выборе способа их нормализации из множества способов (см. [11], формула (34), обеспеченных в БДЗ ЦЭ.

Шаг 4. Анализ приоритетных коэффициентов λ_x и показателей ϑ_x, соответствующих ЛЦФ F_x, и при их наличии ввод значений коэффициентов λ_x (показателей ϑ_x).

Шаг 5. Анализ взаимной зависимости ЛЦФ F_x. В случае зависимости отдельных (или всех) F_x, задание (ввод) номеров ЛЦФ, зависимых от каждой ЛЦФ, начиная с $x = 1$.

Шаг 6. Формирование ситуационного концептуального фрейма «ГЦФ». Машинный поиск и выбор терминального фрейма-образца ГЦФ $F_{0j}, j = 1,2, \ldots$, соответствующего ситуационному (актуализированному) концептуальному фрейму «ГЦФ».

Шаг 7. Отображение вида ГЦФ $F_0 = F_{0j}, j = 1,2, \ldots$, соответствующей терминальному фрейму-образцу ГЦФ.

Диалоговый алгоритм выбора численного метода оптимизации, реализуемый в ЦЭ и ПЭ, объединяет неформальные шаги анализа операторами-исследователями признаков (*дифференцируемости, модальности, количества аргументов* и др.) выбранной целевой функции и требований к *точности* и *оперативности* численного метода.

Соответствующая диалоговая процедура аналогична предыдущей и содержит, в частности, вопросы анализа требований по *оперативности* численного метода и учёта «*каталогизированности*» в БДЗ выбираемых целевых функций:

Шаг 1. Ввод и отображение исходных данных: целевой функции (F_0 или F_x), предельных значений ε_0, T_p — погрешности и оперативности решения задачи, соответственно.

Шаг 2. Проверка наличия целевой функции (ЦФ) в каталоге БДЗ. Если целевая функция каталогизирована — ввод номера соответствующей ЦФ. Иначе — переход к *Шагу* 3.

Шаг 3. Проверка дифференцируемости ЦФ и ввод признака в случае положительного результата. Иначе — переход к *Шагу* 4.

Шаг 4. Проверка модальности ЦФ. Если ЦФ унимодальна — ввод признака, иначе — переход к *Шагу* 5.

Шаг 5. Задание требования к точности численного метода. Если требуется обеспечить точность $\varepsilon' \leq \varepsilon_0$ решения задачи — ввод значения ε'. Иначе — переход к *Шагу* 6.

Шаг 6. Задание требования к оперативности численного метода. Если требуемая оперативность $T' \leq T_p$ решения задачи — ввод значения T'. Иначе — переход к *Шагу* 7.

Шаг 7. Определение количества аргументов I ЦФ и (в случае $I > 1$) их зависимости, при наличии которой вводится закон зависимости аргументов. Иначе — переход к *Шагу* 8.

Шаг 8. Формирование ситуационного концептуального фрейма «МПЭ» и машинный поиск (выбор) соответствующего терминального фрейма-образца «Численный метод оптимизации».

Шаг 9. Отображение номера и названия численного метода оптимизации поиска оптимального плана ТППИ.

Рассмотренные диалоговые алгоритмы характеризуются *детерминированностью* (определённостью последовательности шагов и действий на каждом шаге), *массовостью* (применимостью алгоритмов для различных исходных данных, размеры диапазонов изменения которых определяются мощностью БДЗ), *сходимостью* (обеспечиваемой использованием конечных множеств исходных данных и вариантов выбора).

Предлагаемые диалоговые алгоритмы определяют содержание *фреймовой информационной модели* автоматизированного процесса ситуационного планирования и координации ТППИ и представляют возможность операторам-исследователям типовых элементов эргасистемы автоматизированно (в диалоговом режиме с КСА) формулировать задачи СПК ТППИ на основе неформального анализа складывающихся в реальной обстановке ситуаций.

Литература

1. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. М. : Вильямс, 2005. 1328 с. ISBN 5-8459-0788-8.
2. Дьяконов В. П., Борисов А. В. Основы искусственного интеллекта. Смоленск : СГУ, 2007. 129 с.
3. Карпова И. П. Базы данных. СПб. : Питер, 2013. 240 с. ISBN 978-5-49600-546-3.
4. Кириллов В. В., Громов Г. Ю. Введение в реляционные базы данных. СПб. : БХВ-Петербург, 2012. 451 с. ISBN 978-5-94157-770-5.
5. Королёв В. Т., Контарёв Е. А., Черных А.М. Технология ведения баз данных. М. : Рос. Гос. ун-т правосудия, 2015. 108 с.
6. Кузнецов С. Д. Базы данных. Модели и языки. М. : Бином-Пресс, 2008. 720 с. ISBN 978-9-5180-132-6.
7. Ловцов Д. А. Основные методологические понятия, концептуальные принципы и теоретико-прикладные положения правовой информатики // Правовая информатика. 2018. № 3. С. 4—15. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-3-4-15.
8. Ловцов Д. А. Теоретические основы системной информатизации правового регулирования // Правовая информатика. 2019. № 4. С. 12—28. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-4-12-28.
9. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. М. : Наука, 2005. 248 с. ISBN 5-02-033779-X.
10. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: основные положения // Правовая информатика. 2019. № 3. С. 4—20. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-3-04-20.
11. Ловцов Д. А. Моделирование организации процессов переработки информации в иерархической эргасистеме // Правовая информатика. 2019. № 3. С. 4—18. DOI: 10.21681/1994-1404-2020-3-04-18.
12. Новиков Ф. А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний. М. : Юрайт, 2016. 278 с. ISBN 978-5-99167-969-5.
13. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии. М. : Наука, 1988. 280 с.
14. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. М. : Высшая школа, 2007. 343 с. ISBN 978-0-6003-860-6.
15. Федосеев С. В. Применение современных технологий больших данных в правовой сфере // Правовая информатика. 2018. № 4. С. 50—58. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-4-50-58.

Рецензент: ***Омельченко Виктор Валентинович,*** *доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, государственный советник Российской Федерации 1-го класса, советник секретариата научно-технического совета АО «ВПК «НПО машиностроения», Российская Федерация, г. Москва.*
E-mail: omvv@yandex.ru

ARCHITECTURE OF THE DATA AND KNOWLEDGE BASE FOR THE INFORMATION PROCESSES PLANNING AND COORDINATION SUBSYSTEM IN A HIERARCHICAL ERGASYSTEM

Dmitrii Lovtsov, *Dr.Sc. (Technology), Professor, Meritorious Scientist of the Russian Federation, Deputy Director for Research of Lebedev Institute of Precision Mechanics and Computer Engineering of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Information Technology Law, Informatics and Mathematics of the Russian State University of Justice, Russian Federation, Moscow.*
E-mail: *dal-1206@mail.ru*

Keywords: *hierarchical ergasystem, data and knowledge base, information and mathematical model, information processes, technological processes of information processing, situational planning and coordination, automated planning and coordination subsystem, frame model, frame prototype, frame sample, frame script, information and functional structure, principles, requirements.*

Abstract.
Purpose of the paper: *improving the methodological basis of the legal informatics theory.*
Methods used: *system analysis, logical conceptual and logical linguistical modelling of the data and knowledge base (DKB) and information process of situational planning and coordination of technological processes of information processing in a hierarchical ergasystem.*
Results obtained: *methodological principles are identified for a new control automation information technology based on an array of functional DKBs and a methodological diagram for their development is presented. Requirements for formalised knowledge representation in a functional DKB are identified. A justification is given for the strategy of situational planning and coordination of information processes in a hierarchical ergasystem as well as the information and functional structure of the DKB for the automated planning and coordination subsystem. A corresponding frame model for the information process of situational planning and coordination of technological processes of information processing is developed.*

References

1. Deit K. Dzh. Vvedenie v sistemy baz dannykh. M. : Vil'iams, 2005, 1328 pp. ISBN 5-8459-0788-8.
2. D'iakonov V. P., Borisov A. V. Osnovy iskusstvennogo intellekta. Smolensk : SGU, 2007, 129 pp.
3. Karpova I. P. Bazy dannykh. SPb. : Piter, 2013, 240 pp. ISBN 978-5-49600-546-3.
4. Kirillov V. V., Gromov G. Iu. Vvedenie v reliatsionnye bazy dannykh. SPb. : BKhV-Peterburg, 2012, 451 pp. ISBN 978-5-94157-770-5.
5. Korolev V. T., Kontarev E. A., Chernykh A.M. Tekhnologiia vedeniia baz dannykh. M. : Ros. Gos. un-t pravosudiia, 2015, 108 pp.
6. Kuznetsov S. D. Bazy dannykh. Modeli i iazyki. M. : Binom-Press, 2008, 720 pp. ISBN 978-9-5180-132-6.
7. Lovtsov D. A. Osnovnye metodologicheskie poniatiia, kontseptual'nye printsipy i teoretiko-prikladnye polozheniia pravovoi informatiki. Pravovaia informatika, 2018, No. 3, pp. 4-15. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-3-4-15.
8. Lovtsov D. A. Teoreticheskie osnovy sistemnoi informatizatsii pravovogo regulirovaniia. Pravovaia informatika, 2019, No. 4, pp. 12-28. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-4-12-28.
9. Lovtsov D. A. Informatsionnaia teoriia ergasistem: Tezaurus. M. : Nauka, 2005, 248 pp. ISBN 5-02-033779-X.
10. Lovtsov D. A. Informatsionnaia teoriia ergasistem: osnovnye polozheniia. Pravovaia informatika, 2019, No. 3, pp. 4-20. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-3-04-20.
11. Lovtsov D. A. Modelirovanie organizatsii protsessov pererabotki informatsii v ierarkhicheskoi ergasisteme. Pravovaia informatika, 2019, No. 3, pp. 4-18. DOI: 10.21681/1994-1404-2020-3-04-18.
12. Novikov F. A. Simvolicheskii iskusstvennyi intellekt: matematicheskie osnovy predstavleniia znanii. M. : Iurait, 2016, 278 pp. ISBN 978-5-99167-969-5.

13. Pospelov G. S. Iskusstvennyi intellekt -– osnova novoi informatsionnoi tekhnologii. M. : Nauka, 1988, 280 pp.
14. Sovetov B. Ia., Iakovlev S. A. Modelirovanie sistem. M. : Vysshaia shkola, 2007, 343 pp. ISBN 978-0-6003-860-6.
15. Fedoseev S. V. Primenenie sovremennykh tekhnologii bol'shikh dannykh v pravovoi sfere. Pravovaia informatika, 2018, No. 4, pp. 50-58. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-4-50-58.