

УДК 004.023/004.825

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

А.Б. Сорокин

Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия
ab_sorokin@mail.ru

Аннотация

В статье изложена оригинальная методика концептуального проектирования систем поддержки принятия решений для разрешения проблем в динамически сложной среде. Для построения концептуальной модели, предложено исследовать динамически сложную среду в трёх аспектах: системных представлений, деятельностного подхода Г.П. Щедровицкого и ситуационного анализа Л.С. Болотовой. Триада рассматриваемых представлений приводит к построению концептуальной структуры акта деятельности, которая позиционируется как база знаний для проектирования экспертных систем производственного типа. Из реализованной концептуальной структуры выделяются частные представления: функций, процессов, контекста и закономерностей. Это даёт возможность определить необходимую область знаний о предметной области для реализации когнитивных, аналитических, эволюционных и имитационных моделей. Графическое построение концептуальной модели динамически сложной среды и её частных представлений - сложная и нетривиальная задача. Поэтому разработан программный комплекс «Оформитель + Решатель + Интерпретатор», который проверяет концептуальную модель динамически сложной среды на полноту и адекватность, а также генерирует необходимую базу знаний для проектирования интеллектуальных моделей в виде текстовых файлов.

Ключевые слова: система, деятельность, категориальная схема, поле знаний, ситуационный анализ, матрица решений, концептуальные планы, витрина знаний.

Цитирование: Сорокин, А.Б. Концептуальное проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений / А.Б. Сорокин // Онтология проектирования. 2017. – Т. 7, №3(25). - С. 247-269. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269.

Введение

Объективная реальность современного мира такова, что лица, принимающие решения (ЛПР) вынуждены действовать в динамически сложной среде, которая характеризуется следующими особенностями [1]:

- для достижения целей необходимо принимать множество решений, каждое из которых должно рассматриваться в контексте остальных;
- принимаемые решения зависимы друг от друга, обладают стохастическими, косвенными и мнимыми связями;
- среда изменяется как под воздействием определённой совокупности систем, так и вследствие принимаемых решений.

В динамически сложной среде находится множество систем (экономических, социальных, техногенных и др.), в которых центральную роль играет логика человеческих целей и действий. При таких условиях среда определена многомерностью состава и сложностью организации, а знания о ней обладают не структурированностью и трудно формализуемым характером. Очевидно, что для управления такой средой необходимо использовать комплекс взаимосвязанных систем поддержки принятия решений (СППР), которые основаны на синергетических комбинациях моделей, основанных на знаниях. Используя методы искус-

ственного интеллекта (ИИ) для реализации СППР необходимо учитывать, что они не имеют средств углубления понимания предметных областей (ПрО), они лишь мобилизуют уже имеющиеся знания.

Установление структуры какого-либо объекта во многом тождественно его познанию как таковому. Все иные аспекты во многом производны от его структурной организации и определяются ею. Структурная характеристика любого объекта является главной при его раскрытии. Поэтому наибольшее распространение получила так называемая CASE-технология (*Computer-Aided Software Engineering* – Автоматизированная разработка программного обеспечения). Однако для того, чтобы принять взвешенное решение относительно инвестиций в CASE-технологии, пользователи вынуждены производить оценку отдельных CASE-средств, опираясь на неполные и противоречивые данные. Эта проблема зачастую усугубляется недостаточным знанием всех возможных «подводных камней» использования CASE-средств [2]. Таким образом, несмотря на популярность данных технологий, использование их для проектирования СППР сопровождается рядом затруднений для разработчика:

- предлагается множество избыточных или практически неиспользуемых концептуальных конструкций;
- предлагается не единый, а разнородный синтаксис, то есть разнородные правила составления конструкций языка;
- не предлагаются эффективные способы моделирования (ПрО) на ЭВМ.

Эти обстоятельства указывают на существование в области поддержки принятия решений проблемы, состоящей в отсутствии единой концептуальной структуры обоснованных решений относительно управления динамически сложной средой и программном извлечении различных знаний из концептуальной модели для проектирования интеллектуальных СППР. В статье предложена методика разработки СППР, позволяющая построить целостную модель среды с использованием единого графического языка и выделить из неё на программном уровне частные представления (концептуальные планы) баз знаний (БЗ).

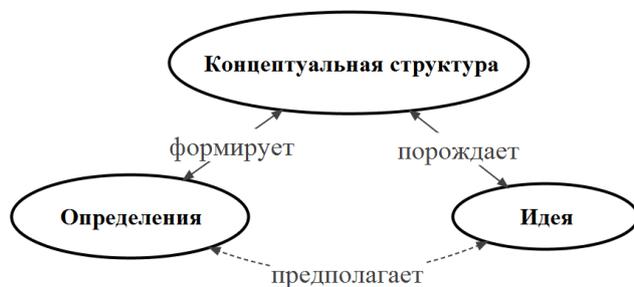


Рисунок 1 – Предназначение концептуальной структуры

С этой целью необходимо сформировать «новые» определения, исходя из родовых связей между понятиями, и идею проектируемой системы, выраженную через интерпретацию понятий. Единицей такой работы выступает концептуальная структура, которая связывает через отношения экстенсионалы понятий в единое представление (см. рисунок 1). Направленность отношений устанавливает, что если существуют дефиниции понятия «система», то можно выдвинуть гипотезу об устройстве системного объекта (динамически сложной среды).

1 Системные исследования

Предложено достаточно большое количество общих и специальных определений понятия «система». Одни из них претендуют на универсальность: система есть совокупность или множество связанных между собой элементов [3]. Практическое применение определений такого класса невелико. Однако свойство универсальности таких определений даёт возможность развернуть знания о динамически сложной среде в любом направлении. Тогда структура строится из множества элементов A , заполняющих пространство системы S . Элементы

системы представляют собой части пространства, между которыми существуют определённые связи Γ (см. рисунок 2).

Примитивный редукционизм сводящий систему к сумме её элементов, почти всегда приводит к ошибочным выводам. Поэтому предлагается рассмотреть динамически сложную среду как большую систему, т.е. систему, которая не может рассматриваться иначе как в качестве совокупности априорно выделенных подсистем [4]. Таким образом, большая система S_b определена мерностью и однородностью состава, которая может быть описана на одном языке моделирования. Это позволяет утверждать, что связи между подсистемами возможны только в том случае, если их объединяет общая основа. В пространстве системы S_b может существовать некоторая подсистема S_1 с множеством элементов $\{Aa, Ab, \dots, Ah\}$ и подобная ей подсистема S_2 , состоящая из связанных друг с другом элементов $\{Ai, Aj, \dots, Ap\}$ (см. рисунок 3).

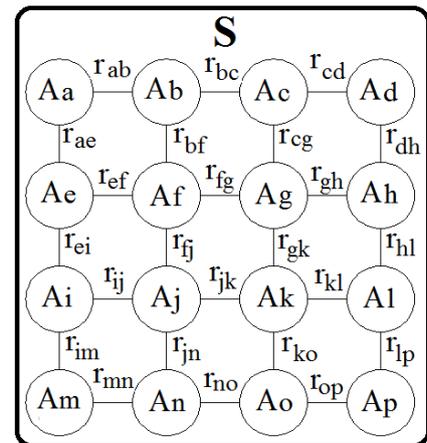


Рисунок 2 – Структура пространства системы

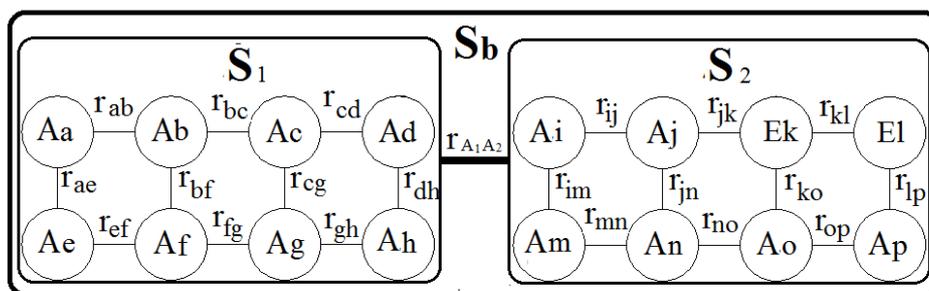


Рисунок 3 – Структура пространства большой системы

При многоуровневом расчленении большой системы необходимо определить термин понятия «подсистема» как элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой [3]. Подсистему согласно данному определению возможно представить как сложный объект, которому может быть приписано столько систем, сколько можно придумать. Каждая такая система выражает лишь определённую грань объекта, т.е. другими словами: сложная система – это система, построенная для решения многоцелевой задачи; система, отражающая разные, несравнимые аспекты характеристики объекта; система, для описания которой необходимо несколько языков; система, включающая взаимосвязанный комплекс разных моделей [4]. Тогда по отношению к пространству большой и сложной системы S_{bc} в подсистемах S_1 и S_2 существуют структуры $(S_1^1, S_1^2, S_1^3, S_1^4)$ и $(S_2^1, S_2^2, S_2^3, S_2^4)$, которые увеличивают мерность состава и сложность организации (см. рисунок 4).

Таким образом, демонстрируется, как можно из одной и той же совокупности элементов строить различные иерархические структурные представления, образующие полиструктуру. При этом структура определяет функцию, так как при одном и том же составе элементов, но при различном взаимодействии между ними меняется функция системы и её возможности. В тоже время одна и та же функция может реализоваться различными структурами, которые находятся в различных средах. Тогда можно утверждать, что динамически сложная среда должна рассматриваться как большая и сложная система, которая не только полиструктурна, но и полифункциональна.

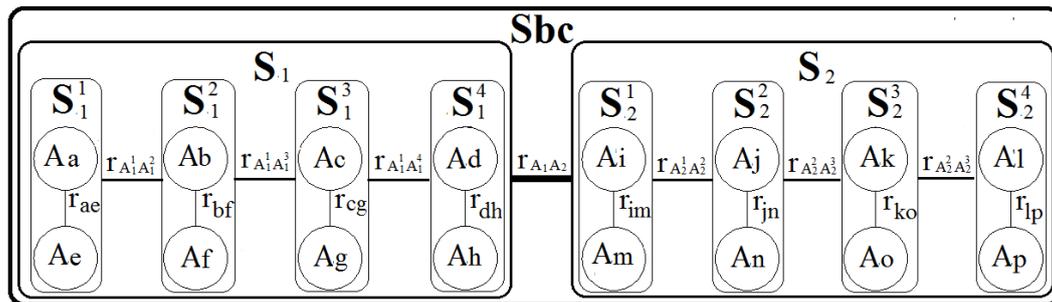


Рисунок 4 – Структура пространства большой и сложной системы

Изменчивость среды определяет высокую активность её элементов, компонентов и систем, т.е. они обладают большой степенью свободы их различных организаций. Однако организация выступает не только как свойство всего сущего, а как некоторая упорядоченность содержания, упорядоченность системы в соответствии с системообразующим фактором. Системообразующий фактор определён объективным явлением и характеризует способность материи обретать и проявлять системность и выступает средством (инструментом) для вычленения системы из среды [5].

Выдвигается гипотеза о том, что главным системообразующим фактором в динамически сложной среде является активное взаимодействие человека с окружающим миром – деятельность. Для доказательства гипотезы необходимо исследовать моделирование динамически сложной среды с позиции деятельностного подхода и реализовать структуру релевантную рисунку 4.

2 Деятельностный подход

Получить конечное рассудочное определение понятия «деятельность» сложно, так как это универсальная общенаучная категория предельной абстракции и используется в форме объяснительного принципа. В мире всё может рассматриваться как деятельность, при этом она носит объясняющий характер того, что происходит в мире, хотя сама в обосновании не нуждается [6].

Деятельность существует в двух формах: внутренняя – мыслительная, невидимая для наблюдателя, как выражение активности сознания, и внешняя – практическая, видимая для наблюдателя, как конечный результат, достижимый в пределах некоторого интервала времени. Внешняя и внутренняя деятельности тесно взаимосвязаны между собой. Однако передать средство, способ выполнения какого-либо процесса невозможно иначе, как во внешней форме. Поэтому в статье рассматривается только внешняя деятельность (далее деятельность), которая выражена в реальном продукте.

Одно из важнейших свойств деятельности – универсальность. Свойство универсальности означает, что деятельность способна учитывать специфические особенности различных ПРО, которые могут быть различны как по функциональному составу, так и по структуре, т.е. универсальность деятельности порождает свойство полифункциональности. Свойство полиструктурности позволяет деятельности развернуться в самые разные структуры и занимать определённое пространство окружающей действительности. При этом деятельность определена границами действительности, которые являются внешними характеристиками пространства. Пространство действительности обладает внутренними характеристиками – целостности и логической однородности. Поэтому существует возможность отделить деятельность от других действительностей, построив её структуру, и логически перейти от любого элемента этой структуры к другому элементу этой же структуры [7].

Тогда в динамически сложной среде может существовать множество деятельностей. При этом деятельность существует в циклах воспроизводства, которые разделяют её на сферы, виды и акты деятельности. Таким образом, реализуется иерархическая структура динамически сложной среды, которая обладает свойством полиструктурности и полифункциональности (см. рисунок 5).



Рисунок 5 – Иерархическая структура динамически сложной среды

Очевидно, что структура пространства большой и сложной системы, изображённая на рисунке 4, релевантна иерархической структуре динамически сложной среды, изображённой на рисунке 5. Выдвинутая гипотеза позволяет предположить, что СППР в динамически сложной среде может быть спроектирована как большая и сложная система.

Акт является элементом деятельности и строится в соответствии с определёнными нормами (правилами), без которых он не существует. Эти правила представляют интерес, когда используются многократно при построении других деятельностей. При этом можно выделить обобщающие нормы, которые будут представлять некий шаблон. Для построения схемы акта деятельности целесообразно рассмотреть «... совсем абстрактные, методические представления деятельности в виде набора блоков» [7]. Тогда существует возможность построить шаблон акта деятельности, которым можно описать любую Про деятельности.

Шаблон Г.П. Щедровицкого представляет собой категориальную схему акта деятельности, каждый элемент которой может «разворачиваться» в выбранном направлении деятельности (см. рисунок 6). Элементы в категориальной схеме акта деятельности представлены в виде различных процессов, трансформаций, последовательностей и соответствий. Каждый акт деятельности направлен на трансформацию *Tran* некоторого объекта *Ob* деятельности, поэтому он представлен двумя состояниями: начальное состояние, которое определено как исходный материал *RM* и конечное – продукт *Pr*.

$$(1) \quad Ob \equiv RM \xrightarrow{Tran} Pr.$$

Исходный материал *RM* наполняет содержанием категорию «средства» деятельности, а категория «цель» определяет стремление к идеальному образу продукта деятельности *Pr*. При этом цель лишена операционального характера, она не содержит ни указаний к деятельности, ни даже потребности в таких указаниях; но если удаётся получить логическое выражение, связывающее цель со средствами и методами, то задача практически всегда решается.

Однако ЛПР сталкиваясь с проблемой, не имеет определённых знаний о методе и средствах её решения, о последовательности действий для построения собственной деятельности,

не может уверенно опираться на опыт прошлых или подобных решений. Тогда в категориальной схеме акта деятельности обрываются связи между проблемой и методами, а также между проблемой и средствами (см. рисунок 7).

Для разрешения проблемы в категориальной схеме акта деятельности предлагается:

- цель выразить в виде требований к продукту акта деятельности;
- нехватку знаний по элементам категориальной схемы, содержащей проблему, восполнить из результатов (продуктов) других категориальных схем актов деятельности, содержащих задачу.

Таким образом, проблема оказывается замкнутой различными задачей-содержащими актами деятельности, которые входят в проблему в виде решений её элементов, создаётся поле знаний о проблеме (см. рисунок 7). Соответственно, для решения проблем в динамически сложной среде необходимо участие экспертов различных областей знаний, которые должны чётко взаимодействовать между собой, что само по себе не просто. Но, если они даже справятся со своими задачами, возникают вопросы согласования полученных знаний, их представления, визуализации, структурирования.

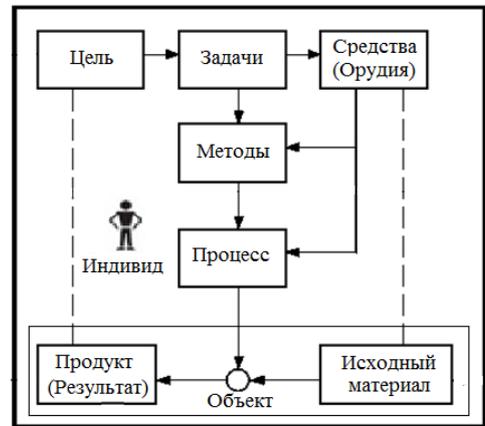


Рисунок 6 – Категориальная схема акта деятельности

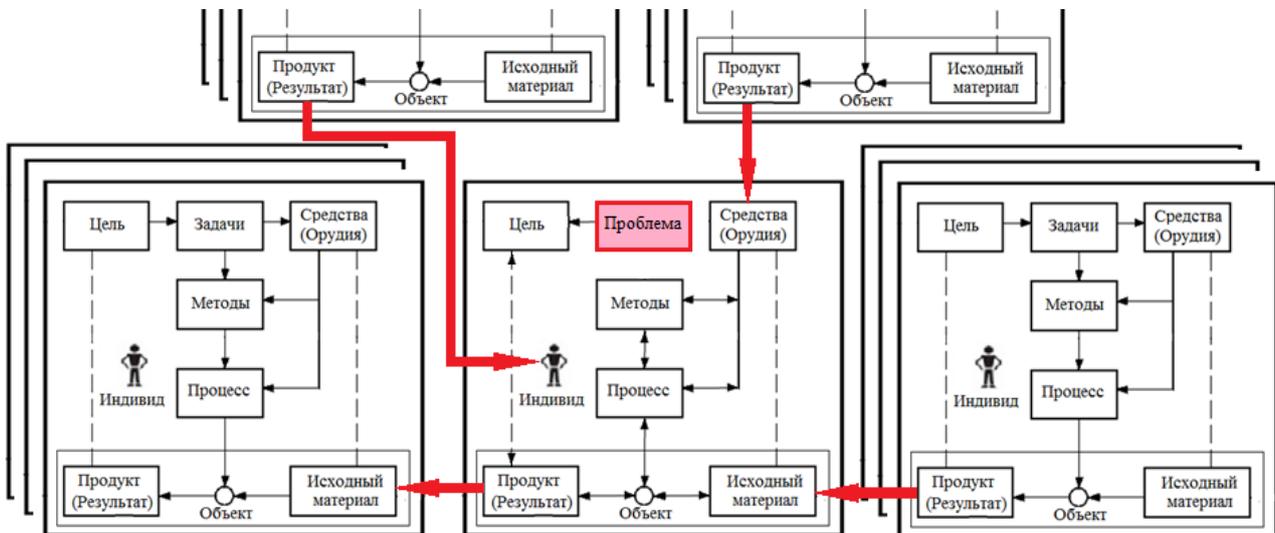


Рисунок 7 – Поле знаний о проблеме

Очевидно, это должен быть специальный метод, методика, соответствующие программные средства, которые будут увязывать всё в единое целое: процессы работы с экспертом при выполнении всех типов анализов, фиксацию получаемых знаний, их обработку, выдачу на выходе результатов в виде готовой к использованию модели ПрО, БЗ. Однако деятельностный подход не может поддерживать данные требования, так как не учитывает роль ситуативности при разрешении проблемы, вследствие этого не может быть сформирована адекватная база допустимых решений. Поэтому предлагается исследовать возможность проектирования СППР через ситуационный контекст.

3 Метод ситуационного анализа

Под ситуационным управлением (анализом) понимается процесс между ЛПР на основе общего понимания ситуации, вырабатываемого в процессе их взаимодействия, в темпе развития ситуации [8]. При этом в соответствии с принципами ситуационного анализа Л.С. Болотовой необходимо действие отождествлять с определённым единичным решением d . Единичное решение рассматривается как связанная структура следующих элементов X : субъект действия Xas , действие Xa , объект действия Xao и компоненты действия $\{Xac_1, Xac_2, \dots, Xac_N\}$, влияющие на решение. При этом действие образует структуру из трёх возможных типов связующих звеньев L : СД (Las) – связь между субъектом действия Xas и действием Xa , ОД (Lao) – связь между объектом действия Xao и действием Xa , КД $\{Lac_1, Lac_2, \dots, Lac_N\}$ – связь между компонентами действия ($\{Xac_1, Xac_2, \dots, Xac_N\}$) и действием Xa [9].

Тогда в решении выделяются две части: функционально-целевая (субъект – действие – объект) и обеспечивающая (субъект – действие – (компонента_1, компонента_2, ..., компонента_N)), образующие единую структуру. При этом функционально-целевая часть называется задачей управления Z , а обеспечивающую обозначим как Q . Тогда вся структура является их объединением [9]:

$$(2) \quad D = Z \cup Q.$$

Содержание функционально-целевой части выражено формулой:

$$(3) \quad Z = Las(Xas, Xa) \cup Lao(Xa, Xao).$$

Представим содержание обеспечивающей части в виде формулы:

$$(4) \quad Q = Lac_1(Xa, Xac_1) \cup \dots \cup Lac_N(Xa, Xac_N).$$

Очевидно, что вершины структурной схемы могут быть связаны между собой различными взаимоотношениями, которые являются выражением связи в сознании эксперта. Тогда связующие звенья (связи) между элементами – первичны, а субъективные оценки эксперта (отношения) – вторичны.

Выделяется два типа двунаправленных бинарных семантических отношений:

- взаимодействие – это вертикальные опосредованные отношения, которые выражаются через действие Xa и связующие звенья $Las, Lao, \{Lac_1, \dots, Lac_N\}$. Таким образом, реализуются следующие типы конструкторов: субъект – объект Rso или объект – субъект Ros , субъект – компонент $\{Rsc_1, \dots, Rsc_N\}$ или компонент – субъект $\{Rcs_1, \dots, Rcs_N\}$.
- отношение – есть эмпирическое выявление зависимости между объектами и обусловлено следующими конструкторами: объект – компонент $\{Roc_1, \dots, Roc_N\}$ или компонент – объект $\{Rco_1, \dots, Rco_N\}$, компонент_1 – компонент_N (Rcc_{1N}) или наоборот. Данные горизонтальные отношения, как правило, осуществляют функции координации, пространственной или логической связанности и т.д.

Результатом таких семантических выражений может быть либо правда (1), либо ложь (0).

Каждое горизонтальное отношение или вертикальное взаимодействие вследствие виртуальной или реальной связанности приводит к активности взаимосвязанных элементов, т.е. изменению их свойств. При этом элементы, вступая в структурную связь через действие, утрачивают часть своих свойств, которыми они потенциально обладали в свободном состоянии. Иными словами, функционально-целевая часть через действие обеспечивает перенос вещества, энергии и информации. Поэтому необходимо учитывать структурную связь между элементами и их свойствами P , которая представлена связующими звеньями: ОС (L^Pao, L^Pas, L^Pac) – связь между объектом (субъектом или компонентами) действия и их свойствами (Pas, Pao, Pac). Свойства имеют строковые, логические или числовые значения [9], формируется концептуальная структура единичного решения (см. рисунок 8).

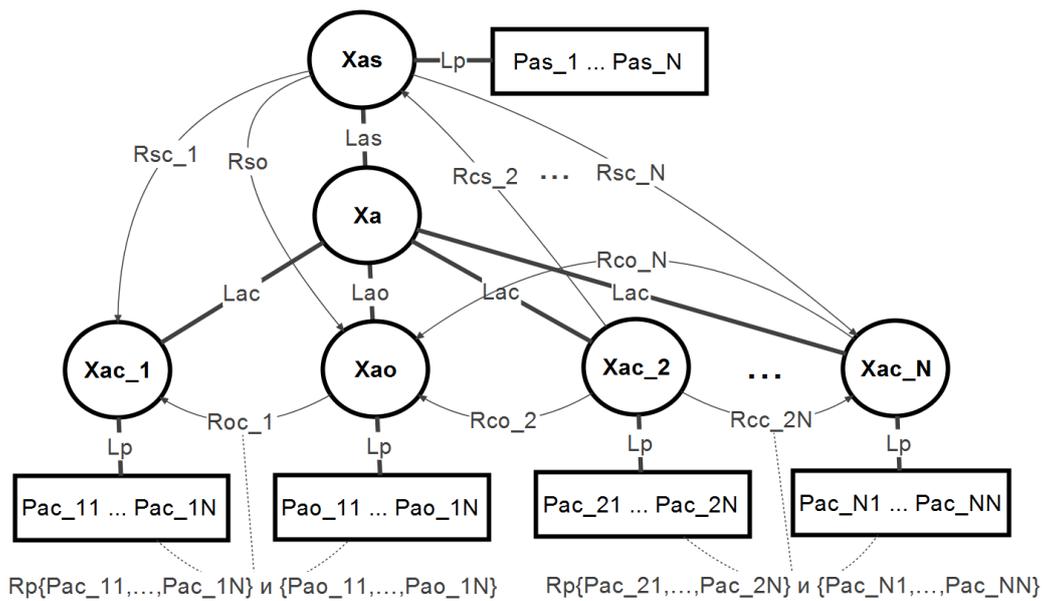


Рисунок 8. – Концептуальная структура единичного решения

Все элементы структуры единичного решения d_i обладают набором свойств $P(d_i)$, образующих множество её концептов – $C(d_i)$. Соответственно между свойствами могут существовать свои отношения – соотношения $Rp(d_i)$, которые выражены математическими или логическими символами.

Тогда множество концептуальных структур единичного решения (D) в формальном виде будет представлено следующим образом [9]:

$$(5) \quad D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}, d_i = z_i \cup q_i, i = \overline{1, m}.$$

Вершины d_i задают границы каждого действия, определяют операциональное (процедурное) содержание выделенных элементов, которые обладают набором свойств $P(d_i)$, образующих множество концептов $C(d_i)$, представленное формулой:

$$(6) \quad C(d_i) = \{X(d_i), L(d_i), P(d_i), R(d_i)\}.$$

Концептуальная модель ПрО является результатом логического объединения концептуальных структур:

$$(7) \quad C(D) = \bigcup_{i=1}^n C(d_i).$$

Для объединения $C(d_i)$ необходимо выполнить ряд операций, аналогичных теоретико-множественным: пересечения, включения, дополнения, разности, объединения и др. Между концептуальными структурами единичных решений может существовать отношение части и целого в случаях, когда единичное решение может быть развёрнуто в дерево решений. Таким образом, на основе совокупности единичных решений реализуется БЗ для экспертного моделирования. Однако широкий диапазон деятельности в сложной среде усложняет определение направления движения к цели (требований к результату). Каждый эксперт видит только цель своей деятельности в ПрО, и в результате может быть не сформирована модель принятия решений.

Проведённым анализом выявлено следующее противоречие: с одной стороны, деятельностный подход не учитывает ситуативный аспект, с другой - ситуативный анализ не даёт чёткого понимания результата деятельности. Для снятия этих недостатков предложено синтезировать данные аспекты в единое представление – концептуальную структуру акта деятельности.

4 Концептуальная структура акта деятельности

Для разработки концептуальной структуры предлагается [10]:

- концептуальную модель динамически сложной среды представить актами деятельности, состоящими из совокупности концептуальных структур единичных решений;
- элементы концептуальной структуры единичного решения описать терминами деятельностного подхода.

Для реализации данных требований необходимо спроецировать вершины схемы акта деятельности на вершины концептуальной структуры единичного решения (см. рисунок 9). При этом необходимо учитывать, что структура единичного решения существует в двух состояниях: до действия как задача, после действия как метод решения задачи. Из рисунка 9 видно, что проекция вершин категориальной схемы акта деятельности на вершины концептуальной структуры единичного решения является биективным (взаимно-однозначным) отображением. Данная проекция позволяет естественным образом формировать концептуальную структуру акта деятельности, которая представлена на рисунке 10 в упрощённом виде (на уровне процессов).



Рисунок 9 – Проекция вершин

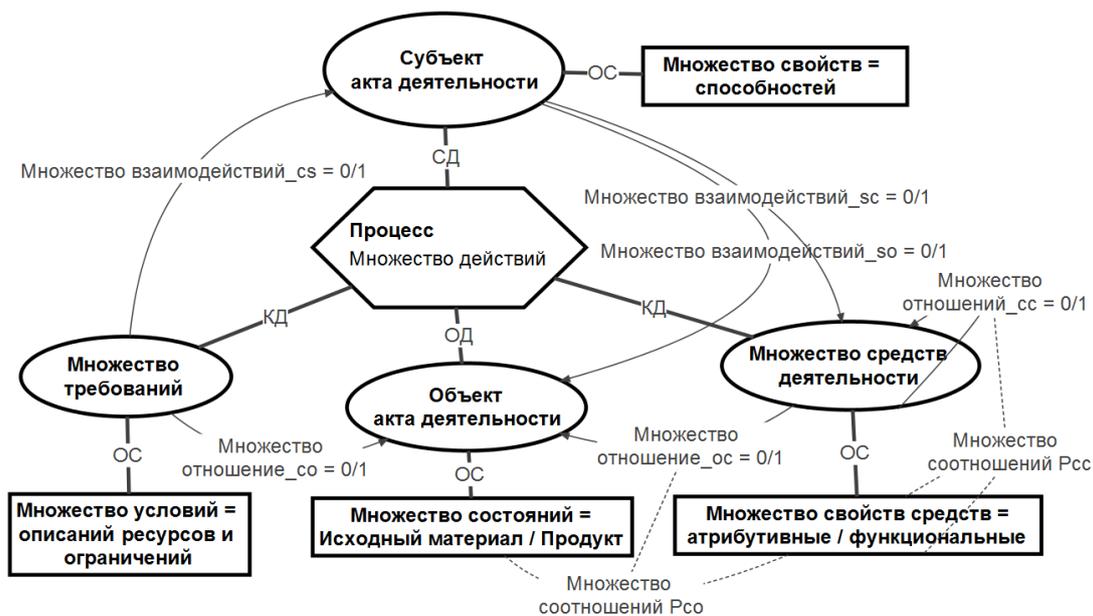


Рисунок 10 – Концептуальная структура акта деятельности

Согласно полю знаний о проблемной ситуации (см. рисунок 7) между концептуальными структурами выполняются на уровне процессов операции пересечения.

- По объекту процесса (см. рисунок 11). Объект участвует в двух или нескольких процессах, которые различны по своему содержанию. При этом продукт одного процесса служит исходным материалом для другого.
- По субъекту процесса. Субъект участвует в двух или нескольких процессах, которые различны по своему содержанию.
- По субъекту и объекту процесса. В данном пересечении выполняются два разных процесса, при этом «Субъект акта деятельности_1» в «Процессе_2» представлен как «Объект акта деятельности_2».
- По объекту и компонентам процесса (средства и требования). Функциональные свойства «Средства акта деятельности_1» являются продуктом «Объекта акта деятельности_2». Аналогично можно построить пересечение с компонентом акта деятельности «Требование_1» и «Объектом акта деятельности_2».

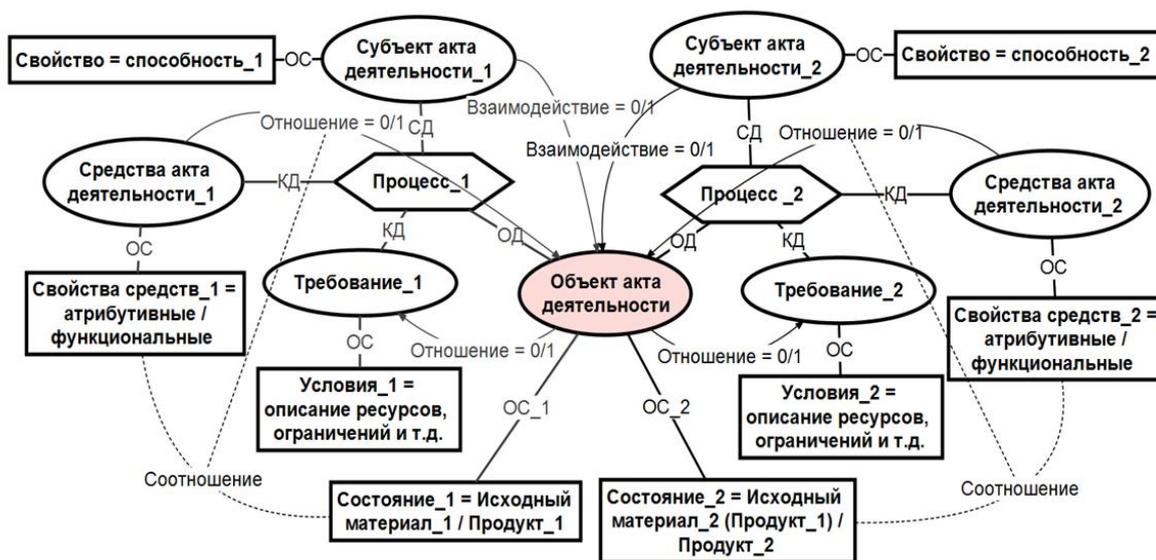


Рисунок 11 – Пересечение концептуальных структур актов деятельности по объекту процесса.

Выявленные пересечения на уровне процессов сопоставимы с пересечениями на уровне действий. Это приводит к возможности построения целостной концептуальной модели принятия решений, которая представлена как матрица единичных решений (на рисунке 12 КСЕР - аббревиатура словосочетания «концептуальная структура единичного решения»).

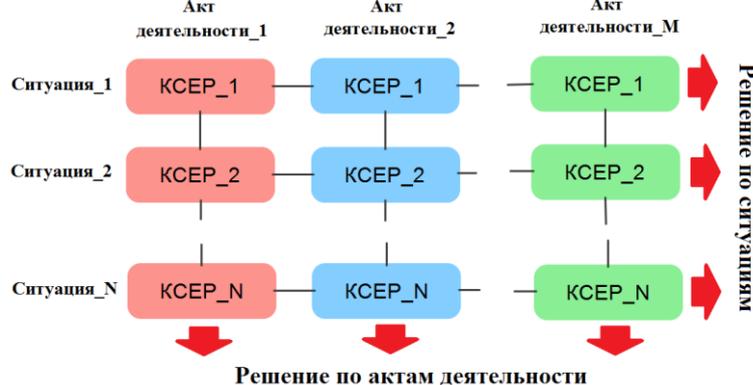


Рисунок 12 – Матрица единичных решений

Матрица решений рассматривается как БЗ для проектирования экспертных систем, в которой может быть проведена проверка на полноту (решения по актам деятельности) и адекватность (решения по ситуациям). Решения по актам деятельности формируют функциональные свойства модели, а решения по ситуациям - структурные.

5 Концептуальные планы акта деятельности

Под концептуальным планом акта деятельности понимается определённая часть концептуальной структуры акта деятельности, которая рассматривается как проект для разработки моделей, основанных на знаниях (см. рисунок 13).



Рисунок 13 – Планы акта деятельности

Для построения концептуальных планов предложено выделять динамические и статические представления структуры акта деятельности. Динамические представления определены планами функций и процессов, а статические - планами контекста и закономерностей. Функциональный план позволяет проектировать дискретно-событийные модели. План процессов позволяет разрабатывать диаграмму потоков и уровней для имитационно-динамических моделей. План закономерностей позволяет проектировать аналитические модели в виде простейших математических уравнений. План контекста позволяет разрабатывать различные модели, основанные на идеях когнитивного подхода.

5.1. Функциональный план

Дискретно-событийная модель рассматривается как глобальная схема обслуживания заявок. Аналитические результаты для большого количества частных случаев таких моделей рассматриваются в теории массового обслуживания. Этот подход используется для описания перехода функционирования системы из одного состояния в другое дискретным образом в виде события [11].

Для проектирования сложных дискретно-событийных систем используют SADT-диаграммы (*Structured Analysis and Design Technique* – Метод структурного анализа и проектирования), которые дают промежуточное представление и помогают разработчику избежать ошибок при проектировании [12].

Методология SADT представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной структуры сложных иерархических систем в виде блочной модели [2]. Основной концептуальный принцип методологии SADT – представление любой изучаемой системы в виде набора взаимодействующих и взаимосвязанных блоков, отображающих процессы, операции, действия, происходящие в изучаемой системе (см. рисунок 14). Семантика языка методологии обусловлена соответствием между блоком и стрелками с одной стороны, функцией и их интерфейсами – с другой. В рамках методологии все, что происходит в системе и её элементах, принято называть функциями, которые соответствуют определённому блоку. Функция F

представлена процессом или действием Xa , в зависимости от рассматриваемого уровня иерархии, и объектом Xa_o , на которое воздействует данная активность.

$$(8) \quad F = \langle Xa, Xa_o \rangle$$

При этом каждая сторона функционального блока (см. рисунок 14) имеет стандартное значение [6]: входная и выходная стрелки отображают данные или материальные объекты, управляющая стрелка отображает условия и стрелка механизма отображает средства, используемые для выполнения функции. По аналогии функциональный план акта деятельности должен быть представлен: входными характеристиками, которые определены исходным материалом; выходными – продуктом; управлением – требованием; механизмом – орудием акта деятельности (см. рисунок 15).

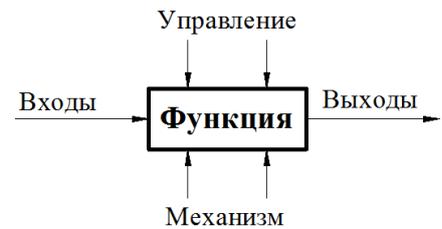


Рисунок 14 – Контекстная диаграмма SADT-модели

План функциональной структуры акта деятельности на рисунке 15 описывает функцию верхнего уровня, которая редуцирована на частные планы функциональных структур единичных решений. Важный момент при разбиении - точная согласованность типов связей между функциями. Введена типизация связей между функциями по аналогии с методологией SADT.

- Пересечение по исходному материалу (входному состоянию), который является входной характеристикой нескольких функций. Функции группируются вследствие того, что они используют одни и те же входные данные (см. рисунок 16).
- Пересечение по продукту и исходному материалу. Выход одной функции служит входными данными для следующей функции с меньшим доминированием. При последовательной связности имеет место обратная связь, когда выход функции становится входом другой с большим доминированием. Данная связь используется для описания циклов.
- Пересечение по продукту и свойству одного из компонентов. Выход одной функции служат свойством компоненты для другой, менее доминирующей. При этом функции направлены на достижения одной цели. Поэтому реализуется полная зависимость одной функции от другой.

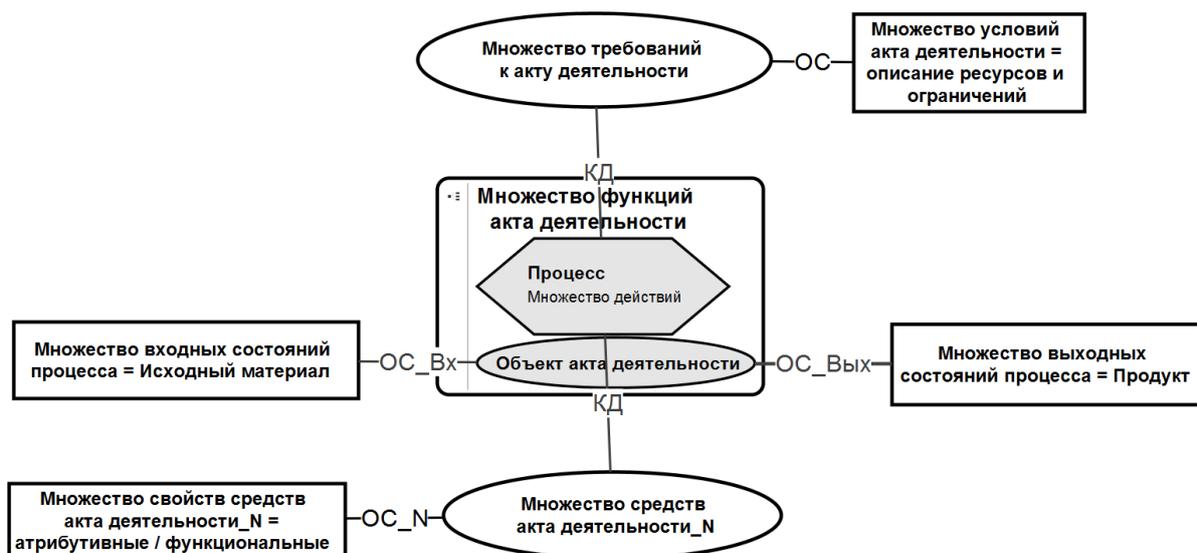


Рисунок 15 – Функциональный план акта деятельности

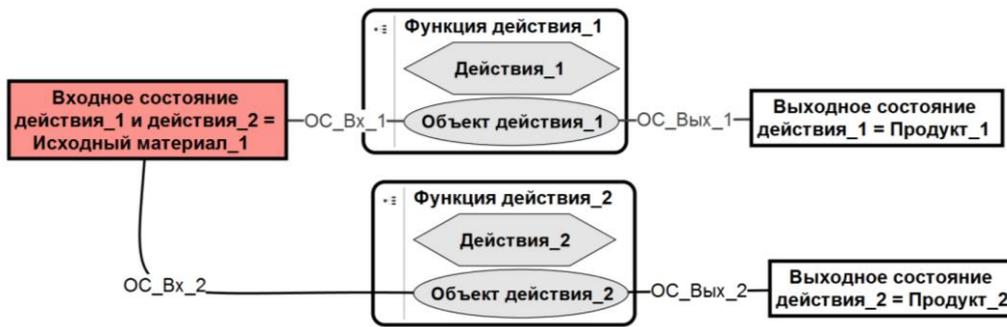


Рисунок 16 – Пересечение по входному состоянию

5.2. План процесса

Методология имитационно-динамического моделирования включает качественную и количественную стадии. Базовая структура количественной стадии содержит четыре элемента: уровень (накопитель), функция решения, материальные и информационные потоки [3] (см. рисунок 17).

Уровни представлены количественными показателями исследуемого объекта и характеризуют возникающие накопления внутри системы, представляют собой те значения переменных в данный момент, которые они имеют в результате накопления из-за разности между входящими и исходящими потоками. Содержимое накопителей может иметь любую природу. Материальный поток, вливаясь в уровень или вытекая из него, определяет изменение уровня [13]. Кроме того, различают информационные потоки, с помощью которых принимается решение по управляющим воздействиям (функция решений).

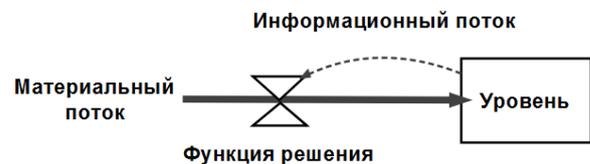


Рисунок 17 – Базовая структура количественной стадии

Для реализации базовой структуры количественной стадии предлагается использовать процессный план акта деятельности, который обусловлен: процессом как совокупностью действий, объектом акта деятельности, его состояниями – исходные материалы и продукты, средствами достижения цели и их свойствами (см. рисунок 18).



Рисунок 18 – Процессный план акта деятельности

Процессный план акта деятельности описывает процессы верхнего уровня, которые могут быть редуцированы на частные планы единичных решений. При этом одним из важных моментов при разбиении - точная согласованность типов связей между действиями. Введена типизация связей между процессными планами структур единичных решений:

- Тип последовательной связности (см. рисунок 19) – это когда исходное действие должно полностью завершиться, прежде чем начнется выполнение другого действия. Данный тип связи моделирует причинно-следственные зависимости трансформации исходного материала.
- Тип последовательной связности с обратной связью – реализует цикл процесса.
- Тип логической связности. Возможна ситуация, когда завершение одного действия может инициировать начало выполнения сразу нескольких других действий. Данный тип связи моделирует логические зависимости.
- Тип обратной логической связности. Определенное действие может требовать завершения нескольких других действий для начала своего выполнения.

Процессный план оперирует множеством действий, определяется в какое количественное состояние перейдет в будущем объект из заданного текущего состояния. В таблице 1 приведено сравнение графических нотаций плана процессов и диаграммы потоков и уровней (базовой структуры количественной стадии).

Уровень накопителя представлен как объект действия Хао, определённый через связь Lp (OC) одним из количественных состояний: исходный материал или продукт. Поток определён непрерывной активностью Ха, которая представлена действием, перемещающим содержимое между накопителями. Используя гидродинамическую метафору, функция решений есть вентиль, управляющий потоком, который обусловлен средствами акта деятельности {Хас_1, Хас_2, ..., Хас_N} и связью Lp (OC) с его функциональными свойствами Р. Функции решений есть уравнение темпов, отражающее влияние факторов, определяющих действия, которые будут совершаться непосредственно в следующий момент времени.

На основе плана процессов разрабатывается диаграмма потоков и уровней для имитационных динамических моделей [14].

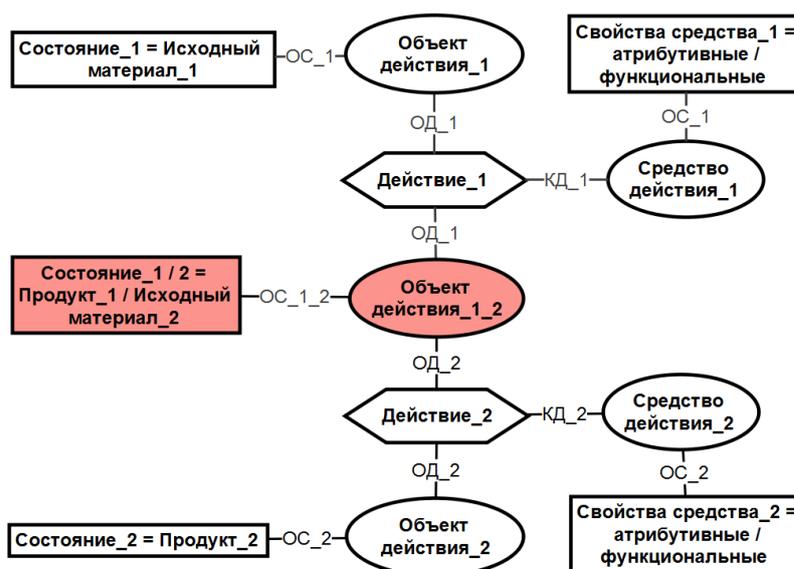
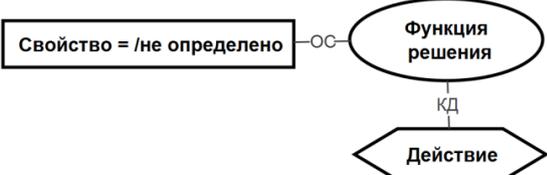


Рисунок 19 – Последовательная связность

Таблица 1 – Сравнение графических нотаций

Графическая нотация диаграммы потоков и уровней	Графическая нотация плана процессов
<p>Уровень накопителя</p> 	
<p>Поток</p> 	
<p>Вентиль</p> 	

5.3. План закономерностей

Статические аспекты описывают концептуальную структуру акта деятельности в определённый момент времени (до или после действия). При этом отношения и соотношения являются основными связующими строительными элементами таких концептуальных структур.

Аналитические модели представляют собой уравнения или системы уравнений, записанные в виде алгебраических, интегральных, дифференциальных, конечно-разностных и иных соотношений и логических условий. Эти модели математически верно отражают связь между входными и выходными переменными и параметрами. Но их структура не отражает внутреннюю структуру объекта [15]. Соответственно, такая модель на концептуальном уровне должна иметь статическое представление, которое подходит лишь для очень простых и идеализированных задач и объектов.

План закономерностей определяется множественностью проявляемых свойств объектов концептуальной структуры, которые характеризуются определёнными отношениями ($R_{oc} = 1$, $R_{sc} = 1$) и соотношениями (R_p), тем самым фиксируются закономерности преобразования исходного материала в продукт. При построении плана закономерностей единичного решения необходимо учитывать следующие правила.

- Аналитическая закономерность может быть выявлена объектной частью концептуальной структурой единичного решения. При этом компонент «Требование к объекту действия» в плане закономерностей не учитывается.
- Состояние объекта действия (продукт) ассоциируется с решением, а средства действий с внутренними параметрами уравнения.
- Отношения в плане закономерностей однонаправлены и единичны, т.е. из одного элемента может выходить или входить одно отношение (см. рисунок 20).
- Отношение между объектом и средством действия R_{oc} и отношения между средствами R_{sc} представлены отношениями зависимостей и обусловлены типами «увеличивает» или «уменьшает», отношение R_{oc} – типом «определяет» (см. таблицу 2).
- Соотношения являются ассоциациями отношений зависимостей, которые определены следующими типами: «больше на», «меньше на», «больше в» и «меньше в». Соотноше-

ния ассоциаций в свою очередь могут быть отображены как арифметические действия (см. таблицу 2). Отношение Ros, определённое типом «определяет», отображается как знак равенства.

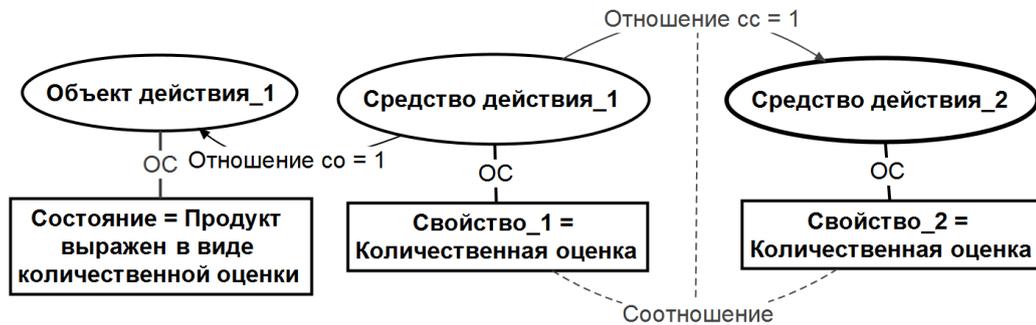


Рисунок 20 – План закономерностей единичного решения

На основе плана закономерностей могут определяться различные аналитические представления, в том числе функции решений (интенсивность потока) для имитационно-динамической модели [14].

Таблица 2 – Ассоциативные правила

ЕСЛИ	ТО	ТО
Тип отношения	Тип соотношения	Тип арифметического действия
увеличивает	больше на	сложение
	больше в	умножение
уменьшает	меньше на	вычитание
	меньше в	деление

5.4. План контекста

Когнитивное моделирование основано на активизации интеллектуальных процессов субъекта и помощи управленцу фиксировать своё представление о проблемной ситуации в виде формальной модели. В качестве такой модели обычно используется так называемая когнитивная карта ситуации (см. рисунок 21), которая представляет известные субъекту основные законы и закономерности наблюдаемой ситуации в виде ориентированного знакового графа, в котором вершины графа – это факторы (признаки, характеристики ситуации), а дуги между факторами – причинно-следственные связи между факторами [9].

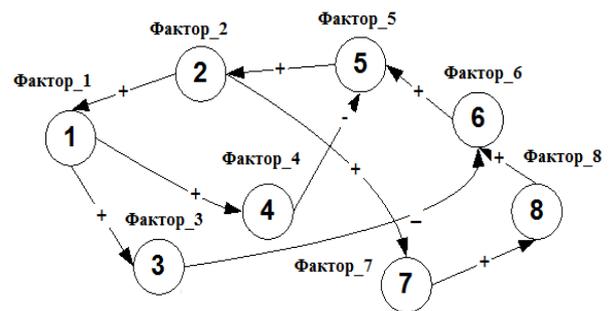


Рисунок 21 – Пример когнитивной карты

В когнитивной карте выделяют два типа причинно-следственных связей: положительные и отрицательные. При положительной связи увеличение значения фактора-причины приводит к увеличению значения фактора-следствия, а при отрицательной связи - к уменьшению значения фактора-следствия. При этом под понятием «фактор» понимается движущая сила, причина какого-нибудь процесса, определяющая его характер или отдельные его черты. Отсюда, когнитивная структуризация ПрО – это выявление будущих

целевых и нежелательных состояний объекта управления и наиболее существенных (базисных) факторов управления и внешней среды, влияющих на переход объекта в эти состояния, а также установление на качественном уровне причинно-следственных связей между ними, с учётом взаимовлияния факторов [9].

Таким образом, в плане контекста должны быть определены следующие элементы: субъект акта деятельности X_{as} , который взаимодействует с объектом действия R_{so} и различными компонентами действий $\{R_{sc_1}, R_{sc_2}, \dots, R_{sc_N}\}$; объект акта деятельности X_{ao} , который существует во взаимодействии с субъектом R_{os} и с различными отношениями с компонентами $\{R_{oc_1}, R_{oc_2}, \dots, R_{oc_N}\}$; компоненты действия в виде требований и средств акта деятельности $\{X_{ac_1}, X_{ac_2}, \dots, X_{ac_N}\}$, которые взаимодействуют с субъектом $\{R_{cs_1}, R_{cs_2}, \dots, R_{cs_N}\}$ и существуют в отношениях между собой R_{cc_jN} (рисунок 22).

В данном случае под термином «контекст» понимается структура внешней среды, в пределах которой выявляются факторы управления. Статистическое представление плана контекста определено взаимодействиями и отношениями, равными 1, и типами «увеличивает» или «уменьшает».



Рисунок 22 – Контекстный план акта деятельности

На уровне концептуальных структур единичных решений возможны следующие виды пересечений.

- По субъекту акта деятельности. Когда субъект взаимодействует с различными объектами действия как в одном акте деятельности, так и в разных актах.
- По объекту акта деятельности. Когда один и тот же объект в одном акте деятельности представлен как «Продукт_1», а в другом как «Продукт_2».
- По одной из компонент действия (требованию или средствам акта деятельности). Когда один и тот же компонент используется в различных актах деятельности.

Соответственно, возможны различные сочетания данных пересечений. Например, по субъекту и средствам, по субъекту и объектам акта деятельности и т.д.

План контекста предназначен не только для проектирования когнитивных моделей, но для лучшего осмысления определённой деятельности и как дополнение к остальным концептуальным планам. Например, для определения качественной стадии в имитационном динамическом моделировании.

6 Программный комплекс для проектирования систем поддержки принятия решений

Построение концептуальных моделей – нетривиальная задача, требующая понимания методики деятельностного подхода, ситуационного анализа и системных особенностей ПрО. При этом возникают задачи, которые могут быть быстро и эффективно решены только на программном уровне:

- 1) визуализация концептуальных структур;
- 2) проверка концептуальной модели на полноту и адекватность;
- 3) генерация БЗ для экспертного моделирования;
- 4) генерация БЗ для когнитивного, имитационного и аналитического моделирования.

Для решения первой задачи реализовано программное обеспечение (ПО) «Оформитель», которое определено следующим инструментарием:

Инструмент узлов – позволяет создавать различные узлы, которые реализуют функционально-целевую часть (см. формулу 3) и обеспечивающую часть (см. формула 4);

Инструмент связей – позволяет создавать различные связи, отношения и соотношения между вершинами концептуальных структур;

Инструмент текста – позволяет изменять текстовое содержимое элементов концептуальных структур;

Инструмент масштабирования – позволяет увеличить рассматриваемый узел до полноэкранный масштаб для детального изучения его содержимого.

Изображённые в ПО «Оформитель» концептуальные структуры представляются как XML-документ, который представлен виде дерева узлов – это позволяет получить доступ к любому элементу концептуальной структуры. Следовательно, можно изменять и обрабатывать их содержание на программном уровне.

Вторая и третья задачи решаются ПО «Решатель», которое разработано в рамках ситуационного анализа и поддерживает следующий набор функций [16]:

- создание, хранение, модификация, тестирование целостности, слияние пользовательских БЗ продукционного типа;
- организация проведения и оптимизация прямого логического вывода;
- генерация отчётов с текстовыми описаниями БЗ и результатами анализа проблемных ситуаций.

Выполнение данных функций обусловлено взаимодействием основных компонентов модуля интеграции и управления ПО «Решатель»:

- блок формализации знаний (редактор условия задачи + редактор объектов + редактор отношений + редактор базы правил + редактор моделей ситуаций);
- блок доступа к модели ситуации (модель проблемной ситуации + модель текущей ситуации + модель целевой ситуации + модель БЗ);
- блок организации и проведения логического вывода (редактор управления правилами + модуль проведения прямого логического вывода + анализатор ситуаций).

Таким образом, в ПО «Решатель» происходит чтение XML-файла, сохранённого ПО «Оформитель», выделение из него необходимых фрагментов и построение первичной логической структуры, описывающей концептуальные схемы как размеченные ориентированные графы. В случае обнаружения каких-либо синтаксических ошибок в концептуальных структурах, пользователю выдаются соответствующие сообщения.

Также происходит проверка БЗ на полноту и адекватность. Всё множество фактов делится на следующие группы [3]:

- факты, описывающие начальную (или проблемную) ситуацию;
- факты, описывающие целевую ситуацию;
- факты, не включённые в начальную или целевую ситуации, не рассматриваются.

Анализ совокупности концептуальных структур единичных решений на адекватность начинается с установления значений фактов проблемной и целевой ситуации. Если путём логических выводов будет достигнута целевая ситуация, то на основании содержания сгенерированного текстового отчёта устанавливается факт об адекватности и полноте вырабатываемых рекомендаций для соответствующей БЗ. Для концептуальной модели

динамически сложной среды исследование на полноту и адекватность осуществляется путём проверки логических выводов по актам деятельности и по ситуациям (см. рисунок 12). Полнота проверяется по классам ситуаций. При этом если логический вывод прерывается по причине невозможности применения правил к начальной ситуации, то БЗ не полна либо неверно настроена стратегия управления правилами. Проверка на адекватность обусловлена логическими выводами по классам актов деятельности. Полученный отчёт о результатах вывода должен соответствовать логике моделируемого процесса акта деятельности. При обнаружении неполноты или неадекватности следует доработать БЗ, или попытаться применить другие стратегии управления правилами.

БЗ продукционных правил реализуется в текстовом файле, в котором указываются:

- основные элементы концептуальной модели;
- имя правила <Субъект Действие Объект>;
- содержание правила в виде следующего конструкта: ЕСЛИ <Условия до действия>, ТО ВЫПОЛНИТЬ ДЕЙСТВИЕ <Условия после действия>.

Продукционные правила описывают предусловия, которым должны удовлетворять состояния участвующих в действии объектов, и правила изменения состояний объектов в конце соответствующего действия.

Четвертая задача решается ПО «Интерпретатор», которое разделяется на два блока динамических и статических знаний.

В отчёте динамической БЗ функционального плана определяются следующие элементы:

- функция – [Действие_N Объект_N];
- входное свойство функции – [Свойство объекта_N до действия_N];
- выходное свойство функции – [Свойство объекта_N после действия_N];
- механизмы функции – [Средства действия_N];
- инструкции по управлению функцией – [Требования к акту деятельности_N].

В текстовом файле функционального плана указываются выявленные пересечения и предлагаются рекомендации по его построению в виде различных конструктов. Например: Вход <Свойство объекта_N до действия_N> → Функция <Действие_N Объект_N> → Выход <Свойство объекта_N после действия_N>.

В отчёте основными элементами БЗ процессуального плана являются:

- уровень – [Объект_N Количество: = <Свойство объекта до действия>] и [Объект_N Количество: = <Свойство объекта после действия>];
- поток – [Действие_N].

В текстовом файле процессного плана указываются выявленные пересечения, предлагаются рекомендации по его построению в виде следующего конструкта: Уровень_1 <Объект_N Количество: = 'Свойство объекта_N до действия_N' → Поток <Действие_N> → Уровень_1 <Объект_N Количество: = 'Свойство объекта_N после действия_N'.

В отчёте основными элементами БЗ плана закономерностей являются:

- уравнение – [Объект_N];
- параметр – [Объект_N Свойство средства_N после действия_N];
- математический знак – [Соотношение];
- знак равенства – [Отношение <Определяет>].

В текстовом файле плана закономерностей предлагаются рекомендации по его построению в виде следующего конструкта: Уравнение <Объект_N> Знак равенства <Отношение 'Определяет'> Параметр <Объект_1 Свойство средства_1 после действия_1> Математический знак <Соотношение> Параметр <Объект_2 Свойство средства_2 после действия_2> и т.д.

В отчёте основными элементами БЗ контекстного плана являются:

- факт взаимодействия – [Субъект Взаимодействие Объект_N], [Субъект Взаимодействие Средство_N] и [Субъект Взаимодействие Тредование_N];
- факт отношения – [Средство_N-1 Отношение Средство_N], [Требование_N-1 Отношение Тредование_N] и [Средство_N Отношение Тредование_N];
- факт появления продукта – [Объект_N Свойство объекта_N после действия_N].

В текстовом файле контекстного плана указываются выявленные пересечения. Установление фактов является рекомендациями к разработке когнитивных моделей.

Совокупность взаимодействующего ПО создаёт программный комплекс (ПК) «Оформитель + Решатель + Интерпретатор», который позиционируется как интеллектуальная надстройка для проектирования интеллектуальных моделей (см. рисунок 23).

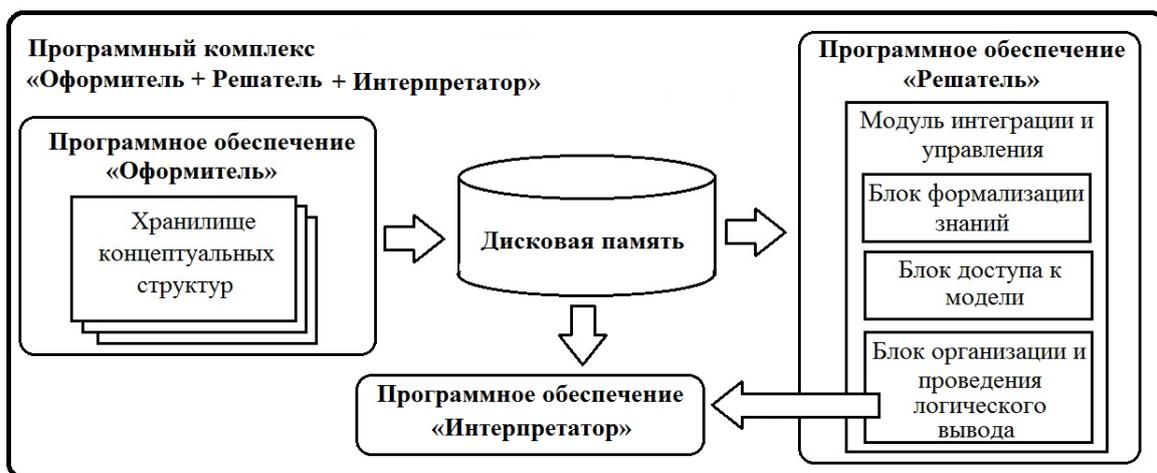


Рисунок 23 – Программный комплекс «Оформитель + Решатель + Интерпретатор»

Реализованная интеллектуальная надстройка (ПК «Оформитель + Решатель + Интерпретатор») проектирования моделей СППР представлена «витриной знаний» о динамически сложной среде. Работа ПК определена следующим алгоритмом.

- 1) Эксперт устанавливает направление цели по трансформации динамически сложной среды, согласно своему взгляду на проблемную ситуацию. Выделяет деятельности, которые способствуют и препятствуют движению трансформации, тем самым определяются границы ПрО. В каждой деятельности определяются её акты. Данные умозаключения реализуются в ПО «Оформитель» как иерархическая структура со всевозможными вложениями уровней деятельности.
- 2) После определения актов деятельности в ПО «Оформитель» реализуются их концептуальные структуры и разбиваются на множество концептуальных структур единичных решений, которое определено как целостная концептуальная модель принятия решений.
- 3) В ПО «Решатель» целостная концептуальная модель принятия решений проверяется на полноту и адекватность. При необходимости генерируется отчёт о БЗ в виде производственных правил.
- 4) После подтверждения полноты и адекватности модели в ПО «Интерпретатор» генерируются отчёты о БЗ концептуальных планов. Синтез БЗ соответствует имитационным, аналитическим, эволюционным и когнитивным моделям, а также их комбинациям.

Заключение

Предложенная методика концептуального проектирования на основе синтеза деятельностного подхода и ситуационного анализа позволяет рассматривать проблемные ситуации через «призму» построения концептуальных структур актов деятельности. Концептуальная структура акта деятельности представлена как совокупность единичных решений. В концептуальной модели реализуется верхний уровень (процессов) и нижний уровень (действий). При этом совокупность концептуальных структур единичных решений создаёт целостную модель принимаемых решений для проектирования БЗ для СППР.

Разбиение концептуальной структуры акта деятельности на частные представления даёт возможность реализовать иные аспекты БЗ моделей ИИ. Объединение ситуационных, имитационных, экспертных и эволюционных моделей осуществляется на основе единого языка графического описания. На программном уровне создана «витрина знаний» для проектирования БЗ интеллектуальных СППР.

Список источников

- [1] *Brehmer, B.* Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica*. 1992; 81(3): 211-241.
- [2] *Вендров, А.М.* CASE–технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем / А.М. Вендров. - М.: Финансы и статистика, 1998. - 176 с.
- [3] Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. - М.: Финансы и статистика, 2006. - 848 с.
- [4] *Черняк, Ю.И.* Системный анализ в управлении экономикой / Ю.И. Черняк. - М.: Экономика, 1975. - 191 с.
- [5] *Анохин, П.К.* Философские аспекты теории функциональной системы: избранные труды / П.К. Анохин. - М.: Наука, 1978. - 399 с.
- [6] *Юдин, Э.Г.* Системный подход и принцип деятельности: Методологические проблемы современной науки / Э.Г. Юдин. - М.: Наука, 1978. - 391 с.
- [7] *Щедровицкий, Г.П.* Избранные труды / Г.П. Щедровицкий // М.: Шк.Культ.Полит. 1995. - 800 с.
- [8] *Скобелев, П.О.* Онтологии деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени / П.О. Скобелев // Онтология проектирования, №1(3), 2012, - С. 6-38.
- [9] *Болотова, Л.С.* Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях / Л.С. Болотова // М.: Финансы и статистика. 2012. - 663 с.
- [10] *Сорокин, А.Б.* От системных представлений к концептуальному моделированию / А.Б. Сорокин // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды XX Международной конф. (29 июня – 1 июля 2016 г., Санкт-Петербург, Россия) СПб: СПб политех. универ, 2016, Ч. 1. - С. 137 - 149.
- [11] *Боев, В.Д.* Компьютерное моделирование / В.Д.Боев, Р.П. Сыпченко // М.: ИНТУИТ.РУ, 2010. - 349 с.
- [12] *Емельянов В.В.* Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов / В.В. Емельянов, С.И. Ясиновский // М.: «АНВИК», 1998. – 427 с.
- [13] *Forrester, Jay W.* *Industrial Dynamics*; Cambridge, Mass, The MIT Press. 1961.
- [14] *Sorokin, A.B.* The evolutionary model as the projection methodology situationally - activity analysis and its realization on the example of the model against the development of infectious diseases // Collection of scientific papers «Interactive systems: Problems of Human-Computer Interaction» (10-12 September, Ulyanovsk, Russia) / A.B. Sorokin, L.S. Bolotova // Ulyanovsk: 2015. pp. 120–130.
- [15] *Васильев, К.К.* Математическое моделирование систем связи / К.К. Васильев, М.Н. Служивый // Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 170 с.
- [16] *Болотова, Л.С.* Концептуальное проектирование модели предметной области при помощи программных систем поддержки принятия решений / Л.С. Болотова, В.А. Смольянинова, С.С. Смирнов // Научно-технические технологии, 2009. Т. 10. № 8. - С. 23 - 28.

CONCEPTUAL DESIGN OF INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS

A.B. Sorokin

Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia
ab_sorokin@mail.ru

Abstract

In article the original technique of conceptual design of decision support systems for solving of problems in dynamically difficult environment is explained. For creation of conceptual model, it is offered to research dynamically difficult environment in three aspects: system views, activity approach (G.P. Shhedrovickij) and situation analysis (L.S. Bolotova). The triad of the considered representations leads to the construction of the conceptual structure of the act of activity, which is positioned as a knowledge base for the design of expert systems of the production type. From the realized conceptual structure, particular representations are distinguished: functions, processes, context and regularities. This makes it possible to determine the necessary field of knowledge about the subject area for the implementation of cognitive, analytical, evolutionary and simulation models. However the graphic construction of the conceptual model of a dynamically complex environment and its particular representations is a complex and nontrivial task. Therefore, the program complex "Designer + Solver + Interpreter" is developed, which verifies the conceptual model of a dynamically complex environment on completeness and adequacy, and also generates the necessary knowledge base for the design of intelligent models in the form of text files.

Key words: system, activity, categorical scheme, field of knowledge, situational analysis, matrix of decisions, conceptual plans, show-window of knowledge.

Citation: Sorokin AB. Conceptual design of intelligent decision support systems. *Ontology of designing*. 2017; 7(3): 247-269. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269.

References

- [1] **Brehmer B.** Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica*.1992. 81(3). pp. 211 – 241.
- [2] **Vendrov AM.** CASE-technologies. Contemporary Methods and Means of Information System Design [In Russian] Moscow: Finansy Statistika, 1998.
- [3] **Volkova VN., Emel'janov AA. (Eds).** Theory of Systems and System Analysis in Management of Organizations: A Handbook and Tutorial [In Russian] Moscow: Finansy&Statistika, 2006.
- [4] **Chernjak JuI.** System analysis in economic management [In Russian] Moscow: Economy, 1975.
- [5] **Anohin PK.** Philosophical aspects of the theory of a functional system: selected works [In Russian] Moscow: Nauka, 1978.
- [6] **Judin JeG.** System approach and principle of activity: Methodological problems of modern science [In Russian] Moscow: Nauka, 1978. – 391 p.
- [7] **Shhedrovitskii GP.** Selected Works [In Russian] Moscow: Publisher "School of Cultural Policy", 1995. - 800 p.
- [8] **Skobelev PO.** Activity ontology for situational management of enterprises in real time [In Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 1(3): 6-38.
- [9] **Bolotova LS.** Artificial Intellect Systems: Models and Technologies, Based on Knowledge [In Russian] Moscow: Finansy&Statistika, 2012.
- [10] **Sorokin AB.** From system representations to conceptual modeling [In Russian]. System analysis in design and management: Proc. of the XX Int. Conf. (St. Petersburg, Russia, 2016, June 29 - July 1). St. Petersburg: St.Petersburg Polytechnic University, 2016, P.1: pp. 137–149.
- [11] **Boev VD., Sypchenko RP.** Computer Modelling [In Russian] Moscow: INTUIT.RU, 2010. - 349 p.
- [12] **Emel'janov VV., Jasinovskij SI.** Introduction to intelligent simulation of complex discrete systems and processes [In Russian] Moscow: «ANVIK», 1998. – 427 p.
- [13] **Forrester JW.** Industrial Dynamics. Cambridge, Mass, The MIT Press. 1961.
- [14] **Sorokin AB., Bolotova LS.** The evolutionary model as the projection methodology situationally - activity analysis and its realization on the example of the model against the development of infectious diseases [In Russian]. Col-

lection of scientific papers «Interactive systems: Problems of Human-Computer Interaction» (10-12 September, Ulyanovsk, Russia) Ulyanovsk: 2015. pp.120–130.

- [15] **Vasil'ev KK., Sluzhivyy MN.** Mathematical modeling of communication systems [In Russian]. Ulyanovsk: UIG-TU, 2008.
- [16] **Bolotova LS., Smol'janinova VA., Smirnov SS.** Conceptual design of the domain model using software decision support systems [In Russian]. Naukoemkie tehnologii. 2009; 10(8): 23-28.
-

Сведения об авторе



Сорокин Алексей Борисович, 1963 г. рождения. Окончил Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана в 1991 г, Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (магистратура, 2012), к.т.н. (2015). Доцент кафедры вычислительной техники Московского технологического университета (МИРЭА). В списке научных трудов более 20 работ в области создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Sorokin Aleksej Borisovich (b. 1963) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 1991, Moscow State University of Radioengineering, Electronics and Automation in 2012 (magistracy), PhD (2015). He is associate professor of the Department of Computing Technology of the Moscow Technological University (MIREA). He is co-author more than 20 scientific articles and abstracts in the field development of intelligent decision support systems.