

УДК 004.04

ЛИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ И ГЕНЕРАТИВНЫЕ ПРИНЦИПЫ В ПОСТРОЕНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

С. Г. Маслов

msh.sci@mail.ru

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» (УдГУ)

Поступила в редакцию 20 января 2019 г.

Аннотация. В работе анализируются проблемы, понятия и принципы построения сложных систем различной природы. Центральное место отводится проблемам конвергенции технических и высоко гуманитарных знаний. Внимание уделяется, прежде всего, методам и средствам создания информационных систем, систем целенаправленной механики, а также современного генеративного искусства и динамической графики. Достижение более высокого качества жизни требует более глубокого изучения самой среды формирования жизни и разноуровневых методов и механизмов её построения, управления и самоорганизации. Здесь наблюдается высокодинамичная дивергенция и конвергенция знаний, взаимодействие и взаимопроникновение идеальных сущностей и материальной основы. Кроме того, необходимо обеспечить непрерывность обработки огромных потоков информации, то есть преодолеть технологические разрывы и разрешить возникающие противоречия. Для решения обозначенных проблем в статье формируется концептуальное пространство на основе выделения и конкретизации концептуальных пар: «прошлое – будущее», «идеальное – материальное», «степени свободы – ограничения», «компьютинг – данные», «человек – машина». Значительная роль в построении систем отводится логическим и тензорным формализмам. В противовес стремлению к эффективности вычислений на основе использования всё более мощных компьютеров, предлагается построение вычислений на основе синтеза и «сплава» естественного и искусственного компьютеринга, конкретизируя численные, структурные, размерностные, ограничительные проекции компьютеринга. Раскрывается их либернетическая сущность. Традиционное использование знаний в отчужденной форме (искусственный интеллект, традиционные формы накопления знаний) всё чаще сталкивается с ограниченными возможностями человека. Поэтому развитие систем «человек-машина», «человек - искусственная система» (эргатические системы), физико-антропо-технические системы становится всё актуальнее. Здесь требуются дополнительные исследования для понимания эргатического компьютеринга, эргатического мышления, эргатических интерфейсов и других понятий. Изложенный в статье подход, направлен на сплав науки, инженерии и искусства, создание базы для когнитивных исследований дескриптивно-конструктивного подхода, и, в частности, для построения компьютеринговых («живых») публикаций. Открываются возможности по созданию «умных» тканей, мебели, дорог, и других объектов, а также «живых» интерьеров. Всё это может быть создано на основе не простой композиций различных материалов, а, прежде всего, через встраивание моделирования и компьютеринга в сами материалы и системы.

Ключевые слова: сложная система; степени свободы; либернетика; целенаправленная механика; конвергенция знаний; эргатическая система; ноосферное устойчивое развитие; генеративное искусство; жизненная среда; конструктивизм; компьютеринг.

ВВЕДЕНИЕ

Современная жизненная среда человека характеризуется высоким динамизмом, гетерогенностью, повышением уровня сложности и гибкости, а также надежности и безопасности. Кроме того, тенденции её разви-

тия включают интеллектуализацию, роботизацию, использование композиционных и управляемых материалов, разнообразные средства интеллектуализации и автоматизации, обработку огромных потоков данных в режиме реального времени (Big Data, Extreme Data).

Повышение качества жизненной среды связывают с новыми технологиями (3D-технологии, когнитивные науки, цифровая экономика и т.д.) и инновационным прогрессом. Однако часто забывают об обратной стороне этих процессов, например, об инновационном регрессе [1], истощении некоторых видов ресурсов на планете (нефти, газа, полезных ископаемых, пресной воды и биологических источников пищи), опасном загрязнении окружающей среды и изменении климата. Часто возникает потеря адекватности восприятия из-за вытеснения физической реальности виртуальной в реальной жизни человека. Фактически трудно увидеть не только положительные аспекты, но и негативные, а также ответить на вопрос о том, какая из сторон победит в процессе эволюции.

Поскольку существенным фактором формирования жизненной среды является человек, то важно, в какой роли он себя проявляет: потребителя (лучше пользователя – субъекта, извлекающего пользу не во вред среде существования) или создателя (творца), пассивного или активного фактора. К сожалению, современный человек никак не может найти баланс между природными возможностями, собственной деятельностью и потребностями, между духовным и материальным проявлением жизни. В системе ценностей все больше аккумулируются ложные ценности, формируются ложные цели и технологические разрывы в жизненных процессах. Фактически в процессы мышления и организацию жизненных процессов проникают интеллектуальные вирусы [2], разрушающие иллюзии и дезинформация, имитация жизни.

Жизненная среда включает человека, искусственные системы, естественные (или природные) системы, поэтому при ее формировании используют различные методологии создания сложных систем:

- концептуальный анализ и синтез систем [3],
- теоретико-категорные модели и методы проектирования систем [4–6],
- системология [7, 31, 32],
- полисистемный анализ и синтез [8],

- тензорная методология и тензорный анализ сетей [9–12],
- конструктивная математика [13],
- нечеткое моделирование [14] и др.

Часто складывается ситуация, когда поток исследователей устремляется в очередное «перспективное» направление, в очередной тренд развития, быстро перебирая и комбинируя доступные модули знаний или фрагменты готовых решений. Это в конечном итоге приводит к мнимой конкуренции, излишнему дублированию деятельности, «распылению» ресурсов и уже не обеспечивает необходимый темп и качество развития жизненной среды. Кроме того, как верно было подмечено на конференции Эрго–2016 [15]: «В сложном мире не работают привычные для классической психологии механизмы причинно-следственных связей, что ведет к проблемам в практике планирования и реализации сложных технических и социальных проектов. Особенно ярко проявляются проблемы усложнения техносреды в сетевых структурах глобальных электронных коммуникаций. Возникает противоречие между сложным миром и простыми конструктами, порождаемыми нашим сознанием». Можно также отметить ряд аспектов, которые мешают созданию сложных систем:

- *невидение и непонимание проблем;*
- *неумение конкретизировать и обобщать;*
- *элементарное незнание;*
- *нежелание брать на себя ответственность;*
- *нежелание встать на другую точку зрения;*
- *неумение преодолевать димензиальную недостаточность и недостаточность или ограниченность степеней свобод;*
- *неумение согласовывать личное и коллективное, искусственное и естественное, интересы и решения;*
- *отсутствие меры и чувства меры;*
- *отсутствие или нехватка ресурсов;*
- *чрезмерная увлеченность процессом («раб процесса»);*

- *иллюзия объективности...*

При создании и использовании сложных систем, которые призваны обеспечить качество жизненного процесса и его устойчивое развитие, необходима конвергенция разнородных знаний, а также более глубокое взаимопроникновение идеальных и материальных решений, гармонизации и синтеза субъективных и объективных сторон проявления систем. Всё это ставит новые нетривиальные проблемы конструктивной деятельности при создании сложных систем.

В рамках данной статьи сконцентрируемся на обсуждении концептуальной среды (или пространства) конструктивной деятельности, а также на раскрытии либернетических и генеративных (или порождающих) принципов построения систем.

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ

Рассмотрим некоторые пары взаимодействующих понятий, которые формируют концептуальное пространство для создания систем. Следует заметить, что вместо традиционной морфологической таблицы лучше рассматривать её «аналог» – геометрическое пространство, так как в нем легко перейти от дискретного описания к непрерывному. Кроме того, варианты (или альтернативы) решений формируются в виде геометрических объектов и преобразований [9, 10, 12, 17], позволяют лучше представить переход от качественных описаний к количественным.

Прошлое – Будущее. Когда человек создает новую систему, то он может использовать её прототип, если такой существует, либо может сформировать образ будущего, опираясь на весь свой жизненный опыт. Первый путь, как правило, приводит к медленной жизненной оптимизации и эволюции системы, а второй – к радикальному изменению и к принципиально новым решениям.

При реализации первого пути необходимо как можно раньше понять ограниченность существующего пространства для решения возникшей проблемы. В этом случае естественно решать проблему не путем параметрических или структурно-функциональных изменений и трансформаций, а перейти

к расширению концептуального пространства или к более точному формулированию цели и условий ее достижения.

Второй путь опасен безумными фантазиями и предполагает более эффективные методы обобщения и конкретизации, а также гибкое формирование точек зрения и форм представления информации и знаний, активное использование междисциплинарных методов, теорий и технологий, полисистемного подхода [8].

Важным фактором создания систем является ресурсоемкость решений, которая складывается из затрат самой системы, затрат на ее построение и использование. Учитывая изменение ресурсов во времени и динамику изменения системы (рождение, рост, развитие, стагнация, деградация, смерть), возникают разные периоды существования системы. Сейчас система создается с сокращенным периодом существования, т.е. с запланированной или принудительной смертью (жизненный цикл системы), который учитывает появление новых решений или обстоятельств, когда старое еще способно эффективно функционировать. В будущем запланированный ресурс жизнеспособности системы может закончиться или измениться, а это может потребовать эволюцию системы, переводение её в класс «живых» искусственных систем, способных приспособиваться к новым жизненным условиям, извлекать новые необходимые ресурсы и самоперестраиваться с сохранением основной цели существования. Естественно, такое решение противоречит извлечению максимальной финансовой прибыли – «иллюзорной» ценности современного мира.

Идеальное – Материальное. Любая система содержит в себе идеальные и материальные решения, выраженные в параметрах (интервалах, «коридорах»), структурах (конструкциях), функциях и процессах, которые актуальны в некоторых пределах и ограничениях. Наблюдение позволяет субъекту увидеть проблемы жизненной среды и процессов. Для их разрешения требуется сформулировать цели, условия их достижения в рамках некоторой среды реализации решений. *«Идеальное – материальное»* непосред-

ственно связано с формами отображения информации и знаний («образ – текст», «функция – конструкция», «абстракция – конкретизация», «инвариантность – вариативность»). Процессы идеализации и материализации также связаны с формализацией и деформализацией [16]. Можно выделить ряд подходов и систему их ключевых понятий, которые представляют разные точки зрения на создаваемую систему, но могут совместно использоваться в обсуждаемом процессе:

- *Логический подход* – это концептуальная конструктивная среда, основанная на высказываниях, утверждениях, аксиомах, теоремах, правилах и стратегиях вывода, реализуемости, моделях понимания, глубинных ассоциациях и аналогиях [13, 20, 23, 37–39].

- *Геометрический (тензорный) подход* – это выявление классов инвариантности и групп преобразований, координатных базисов, симметрии, процессов, законов, проекций (точек зрения), функциональные и структурные степени свободы, геометрической (по построению) и физической доказуемости, постулатов обобщения, единого базиса мер (LT-система) [11, 13, 19, 21].

- *Либернетический подход* – «... механизм основан не на ассоциативности и комбинаторных (или комбинационных) методах, а на новых закономерностях организации систем «с точки зрения свобод возможных преобразований элементов и межэлементных отношений... Конструктивная сообразительность связана не столько с поиском и перебором подходящих комбинаций, сколько с построением подходящего способа достижения цели с учетом исходных данных и возможных средств» [18]. Здесь основные понятия – степени свободы, избыточные степени свободы, редукции и генерации, инварианты и синергии, акции и реакции в конструктивном процессе.

- *Аппликативный подход* – это использование объектов с изменяющимися ролями, среда, функции и функторы, аргументы и результаты, редекс и контракт, категории, неклассические логические системы, аппликативные вычислительные системы, операционная семантика [4, 22]. Имеются функциональные языки программирования,

непосредственно поддерживающие этот подход (Haskell [24], Racket).

Современный этап развития этих теорий и технологий позволяет активизировать исследования в области их конвергенции и преодоления функциональных и технологических разрывов на пути материализации идеальных образов (или целевых систем).

В частности, если на основе синтеза этих подходов рассмотреть такой фактор, как масштабирование систем (изменение их размеров, видов и количество связей для формирования гибких структур, разнообразие потоков информации и др.), то значительно расширяются их структурно-функциональные возможности, классы реализуемых свойств, используя переход от простого управления к новым самоорганизующимся системам.

Например, на этой основе могут быть созданы системы:

- искусственная «активная ткань» («живая ткань»), которая может менять свою форму, цвет, прозрачность, запах и силовые воздействия, формируя их в зависимости от среды использования и от форм объекта, который ее использует, а также от целей системы (гибкий экзоскелетон – учитель танцев);

- «умная дорога» – это дорога с самовосстановлением на основе материалов, способных накапливать энергию разрушения от проходящего транспорта и в зависимости от порога накопленной энергии активизировать восстановительные процессы;

- «умная мебель» – это мебель, способная накапливать разнообразную информацию о своем использовании и назначении, которая может быть использована для гармонизации взаимодействия с субъектом (диван или кресло, учитывающий вашу усталость и регулирующие фазы вашей активности и отдыха);

- «живой интерьер» на основе синтеза либернетического подхода и когнитивных наук (интерьер космических станций, комнат реабилитации и жилых помещений) [19].

Важно, что такие системы содержат не только датчики, а имеют встроенные систем-

ные модели построения и использования такого рода систем. Фактически речь идет о более глубокой конвергенции идеального и материального, которая позволит создавать:

- гибкие экзоскелеты и экзоинтеллектны;
- новые эргатические интерфейсы, реализующие невербальные коды и языки взаимодействия человека и машины (или искусственной системы);
- системы совершенствования, усиления, корректировки и реабилитации движений человека.

Здесь не следует забывать о негативном воздействии виртуальной реальности на человека, который может замыкаться внутри себя, часто, превращаясь в асоциального субъекта, потерявшего смысл в жизни.

Степени свободы – Ограничения. В либернетическом описании важно понятие «*степени свободы*» как независимой изменчивости в описании системы, действующей в формуле:

{*свободы, организаторы*} → *управление*,

в которой организаторы фиксируют, редуцируют и генерируют (или порождают) необходимые и достаточные степени свободы, реализуя некоторые целевые акции и реакции (более подробно см. [12, 23, 25]).

С конструктивной точки зрения нужны не только свободы построения и преобразования [12], но и степени свободы разнородных слоев представления объектов, функций и процессов, которые «*сшиваются*» в целостный «*организм*» (систему), способный решить возникшую проблему. Речь идет непосредственно о расслоении описаний, которые имеют собственную операционную семантику, а иерархии могут возникать в зависимости от заданной цели («*расслоение – иерархии*»). В этом случае между слоями могут возникать процессы обобщения и конкретизации.

Рассматривая пару «*построение – управление*», необходимо стремиться к их сбалансированности. Можно говорить об управлении в узком смысле как о параметрическом или функционально-структурном процессе

управления уже готовой системой (или процессах адаптации), а в широком смысле как о конструктивном процессе (построении системы), используя базисный и рефлексивный уровни, расширение концептуального пространства для эволюции системы или создания принципиально новых систем.

Другой важный аспект – это переход от хаоса к самоорганизации, от «ручного» построения к автоматизированному или автоматическому построению. Здесь необходимо развивать так называемые *аттрактивные* и *детрактивные* связи, которые могут включать взаимодействие объектов (агентов), используя магнитные, электрические, световые, инфракрасные, аудио, механические и другие типы воздействия. Если допустить, что объекты и связи могут каким-то образом распознавать сложившуюся обстановку и друг друга, то возникающие при этом «силы» притяжения и отталкивания будут выстраиваться в функционально-структурные образования в соответствии с заданной целью системы. До некоторой степени здесь возможен баланс принципов локального и глобального построения (или управления).

Аттрактивные и детрактивные связи с сильными и слабыми взаимодействиями могут использоваться для реализации систем с нестабильными связями или с возможными значительными временными задержками, с разноуровневыми связями контактного и бесконтактного взаимодействия, с гибкой перестраиваемой структурой.

Здесь связи (или ограничения) выполняют роль организаторов степеней свобод, но они требуют адекватного решаемой проблеме расширения (или порождения, генерации) этого расслоенного пространства степеней свобод.

Компьютинг – Данные. Безумное и стремительное накопление информации деформирует баланс «*компьютинг – данные*». Накопленные данные создают иллюзию всемогущества, безграничных возможностей управления сложными ситуациями. Вместо построения реальных систем основные усилия устремляются на разработку эффективного поиска многократно продублированной

информации и её многократной выдачу вместе с остальным «мусором», отнимая у человека главный ресурс его жизни – время.

Классическое построение систем опирается на процессы комплексирования (сборки), уделяя недостаточное внимание автоматизации процессов обобщения и конкретизации, а также расслоению и слиянию описаний. Это приводит к усложнению восприятия таких описаний человеком и ограничению возможностей распараллеливания и распределения вычислений.

Поскольку концептуальное пространство отражает качественную картину мира, внутри которой скрыта количественная картина (как в ЛТ-системе [17]), то в расслоенном описании естественно ожидать расслоённую семантику компьютеринга.

Анализируя личный опыт реализации моделей целенаправленного движения человека в пространстве и ряд проектов по информатизации научно-исследовательской и образовательной деятельности, можно выделить следующие виды компьютеринга:

- *численный (количественный)* – вычисления, заданные в необходимой параметризации (например, углы Эйлера, вектор Гиббса);
- *символьный (качественный)* – преобразования по правилам, законам и уравнениям;
- *структурный* – преобразования с учетом используемых связей между элементами системы (диакоптика);
- *размерностный (категориальный)* – преобразования на основе согласования размерностей исходных и результирующих объектов (основа, например, ЛТ-система);
- *ограниченный* – учитывающий содержательно, производимые вычисления;
- *синтетический* – сбалансированный компьютеринг на основе синтеза различных видов компьютеринга (*сборки, слияния, генерации и редукции*).

Важный аспект организации вычислений имеется в работах Г. В. Коренева [10], который четко описал систему индексных обозначений для построения систем тензорных уравнений. Применяв принцип «свертка –

развертка», он фактически ввел мост между математическим и алгоритмическим описанием, удобный для человека и компьютера.

Чтобы продемонстрировать применение этого принципа, запишем программу определения пространственного положения многозвенной механической системы на языке индексных обозначений mi [16]. Этот язык также позволяет компактно записывать формирование и преобразование систем тензорных уравнений.

□ **Kinematics**

-
- φ. . – угловые координаты ориентации связанной системы координат $C.z_i$ относительно опорной Ox_k системы координат
- $Z. < .$ – координаты точек связей и центров масс звеньев в связанной системе координат $C.z_i$
- $a.ip$ – матрица ортогонального преобразования $a.ip$ осей $C.z_i$ относительно осей Ox_k
- $D..$ – структура моделируемой механической системы
-
- $x..$ – координаты точек связей и центров масс звеньев в опорной Ox_k

□

$$\begin{aligned}
 & [A \parallel x_{\theta p} = z_{ap < 0 > - (a.ip \ z_{ai < . >})_{\theta} \\
 & [i \ p \parallel I \ 2 \ 3] [\alpha \parallel D_{\gamma 1}] [\theta \parallel D_{\gamma 3}] [\gamma \parallel I \oplus \gamma + I \\
 \Leftarrow D_{\gamma 2} = 0] \\
 & \S \gamma \{ \alpha, \theta \{ p \} \} \\
 & [B \parallel x_{vp} = (x.p + (a.ip \ z_{ai < . >})_{\theta} - (a.ip \ z_{ai < . >})_v \\
 & [i \ p \parallel I \ 2 \ 3] [\alpha \parallel D_{\gamma 1}] [v \parallel D_{\gamma 3}] [\theta \parallel D_{\beta 3}] [\beta \parallel \\
 D_{\gamma 2}] \\
 & [\gamma \parallel I \oplus \gamma + I \Leftarrow (D_{\gamma 2} \geq 0) \& (D_{\gamma 3} \geq 0)] \\
 & \S \gamma \{ \alpha, v, \theta, \beta \{ p \} \} \\
 & \blacksquare
 \end{aligned}$$

Следует также отметить, что в рамках данного подхода был реализован эффективный двухуровневый компьютеринг, устраняющий получение нулевых результатов при вычислениях с сильно разреженными математическими объектами. Другой подход к тензорным вычислениям имеется в работах группы исследователей под руководством Е. Е. Тыртышниковой [11] – это аппроксимационный

подход и распараллеливание вычислений, а также см. [25–30].

Человек – Машина. Анализ систем «человек – машина» приводит к синтезу технических, научных и высокогуманитарных знаний, открывая новые степени свободы конструктивного пространства.

Недостаточно просто реализовать сложную систему, она должна быть понятной пользователю, конструктору, исследователю на необходимых для них уровнях. Кроме того, момент истины (инсайт, метаноя, шедевр) возникает в момент наивысшей концентрации воли и внимания. Этому способствует полисенсорное (мультисенсорное) представление информации и знаний, распределённый компьютеринг, но как это происходит во многом остается дискуссионной темой исследования.

В этом контексте необходимо говорить об эргатических системах и физико-антропно-технических системах, интеллекте, интерфейсах и компьютеринге. Введем некоторые определения:

- *Эргатическая система* – это система, аналог «организма», построенного на естественных и искусственных компонентах. Важным в деятельности таких систем является самосовершенствование интерфейсов между компонентами, структурами и саморазвитие всей системы. В этом случае жизненный процесс – это процесс устойчивого развития системы в условиях интенсивного изменения жизненной среды. Эргатическая система закладывает новые основания контекстов дополненной реальности (не только в визуальном или других сенсорных контекстах, но и в концептуальном и метафорическом окружении).

- *Эргатический интеллект* – это естественный интеллект, реализующий эргатическое мышление и эргатический компьютеринг, позволяющие субъекту (индивиду или коллективу) преодолевать личный предел сложности в процессе понимания, осознания и решения проблем, осуществляющий целеполагание и трансформации идеальных артефактов в новые идеальные или материальные артефакты (результаты и продукты) в своей жизненно важной деятельности.

- *Эргатический интерфейс* – интерфейс, поддерживающий обмен информацией между человеком, искусственной системой и средой жизнедеятельности, обеспечивающий своевременное решение жизненно важных проблем с разумным расходом ресурсов и построенный на оптимальном сочетании вербальных и невербальных форм представления информации и знаний, а также эргатическом интеллекте.

- *Эргатический компьютеринг* – это сплав внутреннего и внешнего компьютеринга, построенный на их синергии и симбиозе в некоторой распределенной компьютеринговой среде.

- *Эргатическое мышление* – это познавательная и конструктивная деятельность человека, организуемая с помощью эргатической системы (или эргатической сети), позволяющей сочетать различные стратегии и тактики, стили (синтетический, аналитический и др.) и виды (эвристическое, критическое и др.) мышления. Эргатическое мышление даёт человеку ритмичность, а в группе – резонансный эффект мышления (консолидацию, концентрацию и т. п.).



Рис. 1. Живая математика
(Dave Whyte “Worm sun”) [20]

Важную роль в восприятии идей и решений играет визуальная форма представления информации. В этой связи необходимо обратить внимание на динамическую живопись (рис. 1 [20, 21]), которая исследует компьютеринговые модели представления реалистичных и абстрактных образов. Основным недостатком ее развития является то, что она никак не связывается с профессиональной

деятельностью и когнитивными исследованиями, оставаясь в зоне эмоциональных впечатлений.

К сожалению, несовершенство печатной формы не позволяет увидеть динамику образа, но этот недостаток можно устранить, посетив сайт разработчиков, увидеть и оценить другие работы.

Еще небольшое замечание – биомеханика движения балерины и эстетические критерии ее движения – это разные связи, которые раскрываются в более «богатой» обстановке.

Перспективный подход связан с генеративным искусством (generative art), который дает более общую базу для построения полисенсорных и полимодальных образов, а также исследование влияния иллюзий [24, 33–36].

Авторский подход изложен в работе [19]. Он раскрывает либернетическую точку зрения на построение полисенсорных и полимодальных образов для абстрактных и материальных объектов. Этот подход направлен на

сплав науки, инженерии и искусства. Кроме того, он создает базу для когнитивных исследований дескриптивно-конструктивного подхода, а также построения компьютеринговых («живых») публикаций.

Визуальные формы могут взаимодействовать между собой. Так, например, организовано взаимодействие схемных представлений и триадного интерфейса с прямым и обратным преобразованием (рис. 2, 3). В качестве триад используются:  – описания данных,  – функций,  – состояний,  – отношений времени,  – отношений видимости и др. Триады позволяют строить проекции и разрезы актуальной части концептуального пространства, а также писать запросы в виде постановок задач в следующем виде:

$$\{?, x, y, z, F, =\} \rightarrow$$

$$? = F(x) \mid y = ?(x) \mid y = F(?) \mid F(x, y) = 0 \mid$$

$$y = F(x) \mid z_{i+1} = F(z_i) \dots$$

Здесь вопросительный знак обозначает неизвестные компоненты триады.

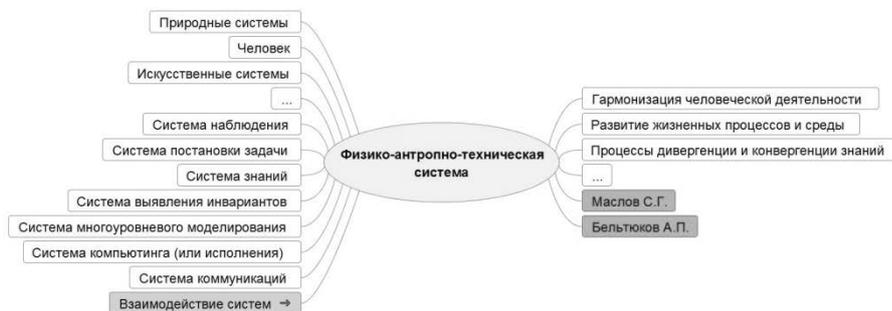


Рис. 2. Схемный интерфейс физико-антропо-технической системы (FreeMind)



Рис. 3. Триадный интерфейс физико-антропо-технической системы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В XXI в., чтобы повысить качество и разнообразие жизни, происходит стремительный процесс взаимопроникновения знаний, идеальных и материальных форм и процессов существования.

В качестве основных результатов можно выделить следующие:

- выявлен потенциал концептуального пространства в процессах конвергенции при создании сложных систем;
- выявлены основные направления развития систем активных знаний и инструментов для создания сложных систем различной природы;
- сплав различных точек зрения должен обеспечить непрерывность процессов построения и управления сложными системами, а также обеспечить устойчивое развитие создаваемых систем в условиях интенсивного изменения жизненной среды.

Закончим работу словами академика РАН Л. И. Пономарёва: «Сначала идеи, потом технологии, а уже затем изделия. И если идеи принять за единицу, то технология – это 10, а конструкция – 100. Но без этой единицы не будет и всего остального».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков Д. А. Методология управления. М.: Librokom, 2011. 128 с. [D. A. Novikov, *Methodology of management*, (in Russian). Moscow: Librokom, 2011.]
2. Непейвода Н. Н. Интеллектуальные вирусы [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-virusy> (дата обращения 01.12.2018). [N. Nepejvoda (2018, Dec. 01). *Intellectual viruses* [Online]. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-virusy>]
3. Никаноров С. П. Теоретико-системные конструкты для концептуального анализа и проектирования. М.: Концепт, 2008. 312 с. [S. P. Nikanorov, *Theoretical system constructs for conceptual analysis and design*, (in Russian). Moscow: Koncept, 2008.]
4. Косиков С. В. Информационные системы: категорный подход. М.: «ЮрИнфоР-Пресс», 2005. 96 с. [S. V. Kosikov, *Information systems: categorical approach.*, (in Russian). Moscow: Koncept, 2008.]
5. Ковалёв С. П. Теоретико-категорный подход к метапрограммированию. М.: ИПУ РАН, 2014. 112 с. [S. P. Kovalyov, *Theoretical - categorical approach to metaprogramming*, (in Russian). Moscow: IPU RAN, 2014.]
6. Антонов В. В. Метод проектирования адаптивного программного комплекса на основе методологии категорной формальной модели открытой предметной области // Вестник УГАТУ. 2015. Т. 19, № 1 (67). С. 258–263. [V. V. Antonov, Method the design of adaptive software system based on the methodology categorical formal model of open subject area, (in Russian), in *Vestnik UGATU*, vol. 19, no. 1 (67), pp. 258–263, 2015.]
7. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990. 534 с. [George J. Klir, *Architecture of systems problem solving*, (in Russian). Moscow: Radio i svyaz, 1990.]
8. Черкашин А. К. Полисистемный анализ и синтез. Приложение в географии. Новосибирск: Наука, 1997. – 502 с. [A.K. Cherkashin, *Polysystem analysis and synthesis. The applications in geography*, (in Russian). Novosibirsk: "Nauka" Sibirskoe predpriyatие RAN, 1997.]
9. Петров А. Е. Тензорный метод двойственных сетей. М.: ООО «Центр информационных технологий в природопользовании», 2007. 496 с. [A. E. Petrov, *The tensor method of dual networks*, (in Russian). Moscow: ООО «Centr informacionny'x tehnologij v prirodopol'zovanii», 2007.]
10. Коренев Г. В. Цель и приспособляемость движения. М.: Наука, 1974. 528 с. [G. V. Korenev, *Purpose and adaptability of the movement*, (in Russian). Moscow: Nauka, 1974.]
11. Тыртышников Е. Е. Матрицы, тензоры, вычисления [Электронный ресурс]. URL: http://www.mat.uniroma2.it/~tvmsscho/Rome-Moscow_School/2012/files/romos-T.E.E.pdf (дата обращения 01.12.2018). [E. E. Tyrtysnikov (2018, Dec. 01). *Matrixes, tensors, calculations* [Online]. Available: http://www.mat.uniroma2.it/~tvmsscho/Rome-Moscow_School/2012/files/romos-T.E.E.pdf]
12. Кутергин В. А. Искусственные объекты и конструктивные процессы. Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2007. 552 с. [V. A. Kutergin, *Artificial objects and design processes*, (in Russian). Izhevsk: IPM UrO RAN, 2007.]
13. Непейвода Н.Н. Конструктивная математика: обзор достижений, недостатков и уроков. Части I, II, III // Логические исследования / Logical Investigations. I:2011, Т. 17. 20 №1. С.191–239; II:2012, Т. 18 № 1. С.157–181; III:2014, Т. № 20 № 1. С. 112–150 [N. N. Nepejvoda, Constructive mathematic: review of progress, lacks and lessons, (in Russian), in // *Logicheskie Issledovaniya / Logical Investigations*, I: vol. 17, no. 1, pp. 191– 39, 2011; II: vol. 18, no 1, pp. 157–181, 2012; III: vol 20, no 1, pp. 112–150, 2014.]
14. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. 801 с. [A. Piegat, *Fuzzy modeling and control*, (in Russian). Moscow: Binom. Laboratoriya znanij, 2015.]
15. Человеческий фактор в сложных технических системах и средах «Эрго 2016» данных / С. Ф. Сергеев [и др.] // Эргономист, 2017, № 48. С. 4–13. . [S. F. Sergeev, et al., "The human factor in complex technical systems and environments "Ergo 2016", (in Russian), in *Ergonomist*, vol. 48, pp. 4–13, 2017.]
16. Маслов С. Г. Алгоритмические аспекты индексных обозначений // Вестник Удмуртского университета. 1993. № 1. С. 149–164. [S. G. Maslov, Algorithmic Aspects of Index Notation, (in Russian), in *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, no. 1, pp. 149–164, 1993.]
17. Кузнецов О. Л., Кузнецов П. Г., Большаков Б. Е. Устойчивое развитие: Научные основы проектирования в системе «природа – общество – человек. Дубна, 2001. 604

с. [O. L. Kuznetsov, P. G. Kuznetsov, B. E. Bolshakov, *The scientific foundations of design in the system "nature - society - human"*, (in Russian). Dubna, 2001.]

18. **Смолянинов В. В.** От инвариантов геометрии к инвариантам управления // Интеллектуальные процессы и их моделирование. М.: Наука, 1987. С. 66-111. [V. V. Smolyaninov From geometry invariants to control invariants // *Intellectual processes and their modeling*, (in Russian). Moscow: Nauka, 2001.]

19. **Маслов С. Г.** О либернетическом подходе в искусстве и дизайне // Всерос. конф. «Знания – Онтологии – Теории» (ЗОТН'2011) Новосибирск, 3–5 октября 2011. Т. 2. С. 74–80. [S. G. Maslov, "About libernetic approach in art and design," in All-Russian conference "Knowledge-Ontology-Theory" (KONT-11), 2011, vol. 1, pp. 74–80.]

20. **Dave Whyte** Worm sun [Электронный ресурс]. URL: <https://dribbble.com/shots/3868342-Worm-Sun>
<https://beesandbombs.tumblr.com/image/166297719784>
<https://www.instagram.com/davebeesbombs/>
(дата обращения 30.09.2019). Dave Whyte Worm sun [Online]. Available:
<https://dribbble.com/shots/3868342-Worm-Sun>
<https://beesandbombs.tumblr.com/image/166297719784>
<https://www.instagram.com/davebeesbombs/>]

21. **San Base** Digital Dynamic Painting: 21st century Art [Электронный ресурс]. URL: www.sanbasestudio.com (дата обращения 01.12.2018). [San Base Digital Dynamic Painting: 21st century Art [Online]. Available: www.sanbasestudio.com

22. **Wolfengagen V. E.** Applicative computing. Its quarks, atoms and molecules /Edited by Dr. L. Yu. Ismailova. Moscow: "Center JurInfoR", 2010. 62 p. [V. E. Wolfengagen, *Applicative computing. Its quarks, atoms and molecules* /Edited by Dr. L. Yu. Ismailova. Moscow: "Center JurInfoR", 2010.]

23. **Beltiukov A. P., Maslov S. G.** Deductive Ergatic Design of Constructive Tasks Solutions // Proc. 17th Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2017, (Baden-Baden, Germany, Oct. 8–10. 2017). Ufa: UGATU, 2017. Vol. 1. P. 233–240. [A. P. Beltiukov and S. G. Maslov, "Deductive Ergatic Design of Constructive Tasks Solutions," in *Proc. 17th Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2017)*, 2017, vol. 1, pp. 233–240.]

24. **Renick Bell** FARM 2016 concert: live music and visuals produced through functional programming // Proc. of the 4th International Workshop on Functional Art, Music, Modelling, and Desig (FARM 2016, Nara, Japan — September 24 - 24, 2016), pp. 61–63 [Renick Bell "FARM 2016 concert: live music and visuals produced through functional programming," in *Proc. of the 4th International Workshop on Functional Art, Music, Modelling, and Desig (FARM 2016)*, 2016, pp. 61–63.]

25. **Adilla Susungi, Norman A. Rink, et al.** Meta-programming for Cross-Domain Tensor Optimizations // Proc. 17th International Conference on Generative Programming: Concepts & Experiences (GPCE 2018, 5 – 6, November 2018 Boston), pp.79–92 [Adilla Susungi, Norman A. Rink, et al. "Meta-programming for Cross-Domain Tensor Optimizations" in *Proc. 17th International Conference on Generative Programming: Concepts & Experiences (GPCE 2018, 5 – 6, November 2018 Boston)*, 2018, pp.79–92.]

26. **Adilla Susungi and Norman A. Rink, et al.** Towards Compositional and Generative Tensor Optimizations // Proc. 16th

International Conference on Generative Programming: Concepts & Experiences (GPCE 2017, October 23–24, 2017, Vancouver, Canada), pp. 169–175 [Adilla Susungi and Norman A. Rink, et al. "Towards Compositional and Generative Tensor Optimizations" in *Proc. 16th International Conference on Generative Programming: Concepts & Experiences (GPCE 2017, October 23–24, 2017, Vancouver, Canada)*, pp. 169–175.]

27. **Venkatesan T. Chakaravarthy and Jee W. Choi et al.** On Optimizing Distributed Tucker Decomposition for Sparse Tensors // Proc. of the 2018 International Conference on Supercomputing (ICS '18, June 12–15, 2018, Beijing, China). pp. 374–384 [Venkatesan T. Chakaravarthy and Jee W. Choi et al. "On Optimizing Distributed Tucker Decomposition for Sparse Tensors" in *Proc. of the 2018 International Conference on Supercomputing (ICS '18, June 12–15, 2018, Beijing, China)*. pp. 374–384.]

28. **Kristian B. Ølgaard and Garth N. Wells** Optimizations for quadrature representations of finite element tensors through automated code generation // ACM Transactions on Mathematical Software, Vol. 37, Issue 1, January 2010 pp. 8:1–8:23 [Kristian B. Ølgaard and Garth N. Wells "Optimizations for quadrature representations of finite element tensors through automated code generation" in *ACM Transactions on Mathematical Software*, Vol. 37, Issue 1, January 2010 pp. 8:1–8:23.]

29. **Martin Abadi, Michael Isard, Derek G. Murray** A computational model for TensorFlow: an introduction // Proc. of the 1st ACM SIGPLAN International Workshop on Machine Learning and Programming Languages (MAPL 2017, Barcelona, Spain — June 18 - 18, 2017), pp. 1–7 [Martin Abadi, Michael Isard, Derek G. Murray "A computational model for TensorFlow: an introduction" in *Proc. of the 1st ACM SIGPLAN International Workshop on Machine Learning and Programming Languages (MAPL 2017, Barcelona, Spain — June 18 - 18, 2017)*, pp. 1–7.]

30. **Mart'in Abadi, Ashish Agarwal et al.** TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems [Электронный ресурс]. URL:<https://www.tensorflow.org/about/bib> (дата обращения 01.12.2018). [Mart'in Abadi, Ashish Agarwal et al. TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems [Online]. Available:<https://www.tensorflow.org/about/bib>]

31. **Systems of Systems (SoS)** [Электронный ресурс]. URL: [https://www.sebokwiki.org/wiki/Systems_of_Systems_\(SoS\)](https://www.sebokwiki.org/wiki/Systems_of_Systems_(SoS)) (дата обращения 01.12.2018). [Systems of Systems (SoS) [Online]. Available: [https://www.sebokwiki.org/wiki/Systems_of_Systems_\(SoS\)](https://www.sebokwiki.org/wiki/Systems_of_Systems_(SoS))

32. **Paolo Salvaneschi** Modeling of Information Systems as Systems of Systems through DSM // Proc. of the 4th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems (SESoS '16, Austin, Texas — May 14 - 22, 2016). pp.8 – 11 [Paolo Salvaneschi "Modeling of Information Systems as Systems of Systems through DSM" in *Proc. of the 4th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems (SESoS '16, Austin, Texas — May 14 - 22, 2016)*. pp.8 – 11]

33. **Christopher Peters, Ginevra Castellano, Sara de Freitas** An exploration of user engagement in HCI // Proc. of the International Workshop on Affective-Aware Virtual Agents and Social Robots (AFFINE '09, Boston, Massachusetts — November 06 - 06, 2009), pp. 9:1–9:3 [Christopher Peters, Ginevra Castellano, Sara de Freitas "An exploration of user engagement in HCI" in *Proc. of the International Workshop on Affective-Aware Virtual Agents and Social Robots (AFFINE '09, Boston, Massachusetts — November 06 - 06, 2009)*, pp. 9:1–9:3.]

34. **Jiaxin Lin, Jie Li** An Effective User Centered Approach: Using Web Design Framework to Support User Experience Design of Interactive Multi-functional Product // Proc. of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '16, San Jose, California, USA — May 07 - 12, 2016), pp. 3129-3135 [Jiaxin Lin, Jie Li "An Effective User Centered Approach: Using Web Design Framework to Support User Experience Design of Interactive Multi-functional Product" in *Proc. of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (CHI EA '16, San Jose, California, USA — May 07 - 12, 2016), pp. 3129–3135.]

35. **Katsumi Watanabe** Explicit and implicit aspects of embodied knowledge // Proc. UbiComp/ISWC'15 Adjunct Proc. of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers (UbiComp/ISWC'15, Osaka, Japan — September 07 - 11, 2015), pp. 911–913 [Katsumi Watanabe "Explicit and implicit aspects of embodied knowledge" in *Proc. UbiComp/ISWC'15 Adjunct Proc. of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers* (UbiComp/ISWC'15, Osaka, Japan — September 07 - 11, 2015), pp. 911–913.]

36. **Valentina Franzoni, Alfredo Milani, Jordi Vallverdú** Emotional affordances in human-machine interactive planning and negotiation // Proc. of the International Conference on Web Intelligence (WI'17, Leipzig, Germany — August 23 - 26, 2017), pp. 924-930 [Valentina Franzoni, Alfredo Milani, Jordi Vallverdú "Emotional affordances in human-machine interactive planning and negotiation" in *Proc. of the International Conference on Web Intelligence* (WI'17, Leipzig, Germany — August 23 - 26, 2017), pp. 924–930.]

37. **Sanjit A. Seshia** Sciduction: combining induction, deduction, and structure for verification and synthesis // Proc. of the 49th Annual Design Automation Conference (DAC '12, San Francisco, California — June 03 - 07, 2012), pp. 356–365 [Sanjit A. Seshia "Sciduction: combining induction, deduction, and structure for verification and synthesis" in *Proc. of the 49th Annual Design Automation Conference* (DAC '12, San Francisco, California — June 03 - 07, 2012), pp. 356–365.]

38. **Benjamin Delaware, Clément Pit-Claudel et al.** Fiat: Deductive Synthesis of Abstract Data Types in a Proof Assistant // Proc. of the 42nd Annual ACM SIGPLAN-SIGACT Symposium on Principles of Programming Languages (POPL '15, Mumbai, India — January 15 - 17, 2015), pp. 689–700 [Benjamin Delaware, Clément Pit-Claudel et al. "Fiat: Deductive Synthesis of Abstract Data Types in a Proof Assistant" in *Proc. of the 42nd Annual ACM SIGPLAN-SIGACT Symposium on Principles of Programming Languages* (POPL'15, Mumbai, India — January 15 - 17, 2015), pp. 689–700.]

39. **Oleksandr Polozov, Sumit Gulwani** FlashMeta: a framework for inductive program synthesis // Proc. of the 2015 ACM SIGPLAN International Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications (OOPSLA 2015, Pittsburgh, PA, USA — October 25 - 30, 2015), pp. 107–126 [Oleksandr Polozov, Sumit Gulwani "FlashMeta: a framework for inductive program synthesis" in *Proc. of the 2015 ACM SIGPLAN International Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications* (OOPSLA 2015, Pittsburgh, PA, USA — October 25 - 30, 2015), pp. 107–126.]

ОБ АВТОРЕ

МАСЛОВ Сергей Геннадьевич, доц. каф. теоретических основ информатики. Дипл. инженер-экономист (Иж. мех. ин-т, 1976). К-т техн. наук (ИжГТУ, 1995). Иссл. в обл. моделирования целенаправленного движения системы «человек-машина».

METADATA

Title: Libernetetic and generative principles in the construction of complex systems.

Authors: S. G. Maslov

Affiliation:

Udmurt State University (UdSU), Russia.

Email: msh.sci@mail.ru.

Language: Russian.

Source: SIIT, no. 1, pp. 51-62, 2019. ISSN 2686-7044 (Online), ISSN 2658-5014 (Print).

Abstract: The paper analyzes the problems, concepts and principles of building complex systems of different nature. The central place is given to the problems of convergence of technical and highly humanitarian knowledge. Attention is paid, first of all, to methods and tools of creating information systems, systems of purposeful mechanics, as well as modern generative art and dynamic graphics.

Achieving a higher quality of life requires deeper studying of the environment of life formation and the multi-level methods and mechanisms of its construction, management and self-organization. Here there is a highly dynamic divergence and convergence of knowledge, interaction and interpenetration of ideal entities and the material basis. Besides, it is necessary to ensure the continuity of processing huge flows of information, that is, to overcome technological gaps and resolve the contradictions that arise. To solve these problems, the article forms a conceptual space based on the allocation and concretization of conceptual pairs: "past - future", "ideal - material", "freedom degrees - constraining", "computing - data", "human - machine".

The significant role in the construction of systems is assigned to the logical and tensor formalisms, for which the original methods of implementing computing were received. In contrast to the desire for efficiency of computing based on the use of more powerful computers, it is proposed to build calculations based on the synthesis and "alloy" of natural and artificial computing, concretizing the numerical, structural, dimensional, restrictive projections of computing. Their libernetetic essence is revealed.

The traditional use of knowledge in an alienated form (artificial intelligence, traditional forms of knowledge accumulation) is increasingly confronted with human disabilities. Therefore, the development of human-machine systems, human-artificial systems (ergatic systems), physical-anthropo-technical systems is becoming increasingly relevant. Additional research is needed here to understand ergatic computing, ergatic thinking, ergatic interfaces, and other concepts.

The approach outlined in the article is aimed to alloy science, engineering and art, creating a base for cognitive research of a descriptive and constructive approach, and, in particular, for creating computable publications ("live"). Opportunities to create "clever" fabrics, furniture, roads, and other objects, as well as "living" interiors, are opening

up. All this can be created on the basis of not simple compositions of various materials, but, above all, through embedding modeling and computing into the materials and systems themselves.

Key words: complex system; degrees of freedom; libernetics; purposeful mechanics; knowledge convergence; ergatic system; noospheric sustainable development; generative art; living environment; constructivism; computing

About author:

MASLOV, Sergey Gennadievich, Associate Prof., Dept. of Theoretical Foundations of Computer Science, Dipl. Engineer-economist (Izhevsk Mech. Ins., 1976). Cand. of Tech. Sci. (IzSTU, 1995).