

Языки программирования нового уровня

В.П. Сизиков

Омский государственный университет путей сообщения

e-mail: v_p_sizikov@mail.ru

Описаны динамическая информационная система (ДИС) как рабочий объект ДИС-технологии, а также основные этапы и особенности работы ДИС-технологии как аппарата имитационного моделирования. Даны представления о ДИС-технологии как о языке программирования нового уровня, а также как об оболочке экспертных систем. Приведены серия закономерностей, характерных для функционирования ДИС, и их интерпретации биологической направленности.

Введение. Одна из главных проблем у языков программирования (Я*Пм) – универсализация, которая затрагивает представление знаний и функционирование [1]. Попытки решить эту проблему, исходя из традиционных представлений о формальных грамматиках и их языках [2], к успеху не привели.

Следует признать, что основной преградой на этом пути является изначально прописанный линейный характер формирования текстов в грамматиках, препятствующий синтезу различных языков. Необходимы грамматики, работающие с гипертекстами, включающими в себя элементы, характерные для образного мышления. Здесь неизбежно требование, что смысл несут лишь серии связей, объединённых в циклы. Именно потенциал смысловых серий должен быть положен в основу грамматик и языков нового уровня. А общность и проработка до автоматизированного воплощения таких грамматик позволяют заговорить о Я*Пм нового уровня.

Указанный момент уже обрёл определённую практическую реализацию в рамках ДИС-технологии [3–9], развитой на базе теории динамических информационных систем (ДИС, ТДИС) [10]. Пример этого даёт комплекс "Когнитивный ассистент" [11] по работе с системами знаний. В перспективе выход на интерактивную смысловую экспертную систему, которая будет работать не только со знаниями, но и с процессами информационного функционирования (ПИФ) ДИС.

Вместе с тем, анализ поведения ПИФ даже на простейшем примере ДИС в форме триады с внутренним взаимодействием выявил необычайно важные особенности. Во-первых, таким системам, в принципе, присуще качество эффективного функционирования [4; 10], максимального перераспределения ресурса, так что можно решать задачи эффективности сразу на глобальном уровне. Во-вторых, важными оказываются не знания сами по себе, а их имитация [3]. Таким образом, в ДИС-технологии как Я*Пм обеспечивается взаимная поддержка между представлением знаний и функционированием.

Напомним, что из себя представляет ДИС – рабочий объект ДИС-технологии.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1. ДИС D есть пара (G, PIF_G) , где G – орграф [2] с двумя типами ребер, а $PIF_G = \{A(k) | k \in Z\}$ – ПИФ на нём как последовательность из трёх типов

актов перераспределения информации (ресурса) по вершинам орграфа:

$$\begin{aligned}
& G = (V, R_d, R_c), \text{ где} \\
& V \subset \mathfrak{R}, |V| < \infty, (R_d \cup R_c) \subseteq (V^2 \setminus I), \\
& A(k) : FS(k) \rightarrow FS(k+1), FS(k) = (S(k), \lambda_k, f_{kd}, f_{kc}), S(k) = (r_k, q_k), \\
& r_k : V \rightarrow R^+, q_k : V \rightarrow R^+, \lambda_k : V \rightarrow R^+, f_{kd} : R_d \rightarrow [0, 1], f_{kc} : R_c \rightarrow [0, 1], \\
& (\forall k \in Z)(\forall v \in V)((f_{kd}^-(v) \leq 1) \& (f_{kc}^-(v) \leq 1)) \text{ и} \\
& \text{либо акт } A_c \text{ – сбора актива в пассив по контролирующим рёбрам ДИС:} \\
& \quad r_{k+1}(v) = (1 - f_{kc}^-(v))r_k(v), q_{k+1}(v) = q_k(v) + q_k^*(v), \\
& \text{либо акт } A_t \text{ – трансформации пассива в актив в некоторых вершинах ДИС:} \\
& \quad r_{k+1}(v) = r_k(v) \text{ для } q_k(v) < \lambda_k(v) \text{ и } = r_k(v) + q_k(v) \text{ для } q_k(v) \geq \lambda_k(v), \\
& \quad q_{k+1}(v) = q_k(v) \text{ для } q_k(v) < \lambda_k(v) \text{ и } = 0 \text{ для } q_k(v) \geq \lambda_k(v), \\
& \text{либо акт } A_d \text{ – перераспределения актива по ведущим рёбрам ДИС:} \\
& \quad r_{k+1}(v) = (1 - f_{kd}^-(v))r_k(v) + r_k^*(v), q_{k+1}(v) = q_k(v), \\
& \text{где } f_{kd}^-(v) = \sum\{f_{kd}(v, v_1) | (v_1 \in V) \& ((v, v_1) \in R_d)\}, \\
& f_{kc}^-(v) = \sum\{f_{kc}(v_1, v) | (v_1 \in V) \& ((v_1, v) \in R_c)\}, \\
& r_k^*(v) = \sum\{f_{kd}(v_1, v)r_k(v_1) | (v_1 \in V) \& ((v_1, v) \in R_d)\}, \\
& q_k^*(v) = \sum\{f_{kc}(v, v_1)r_k(v_1) | (v_1 \in V) \& ((v, v_1) \in R_c)\}.
\end{aligned}$$

Здесь обозначено: Z – множество целых чисел; \mathfrak{R} – множество всех кластеров знаний как философских категорий; V, R_d, R_c – множества вершин, ведущих и контролирующих рёбер орграфа G ; $|V|$ – мощность множества V ; $V^2 = V \times V$ – декартов квадрат; I – тождественное отображение (на V); $R^+ = [0, \infty)$; $A(k)$ – акт ПИФ; $S(k), FS(k)$ – просто состояние и полное состояние ДИС в начале $A(k)$; $r_k(v), q_k(v), \lambda_k(v)$ – значения количеств активной и пассивной информации и уровня трансформации второго типа информации в первый в $v \in V$; $f_{kd}(w_d), f_{kc}(w_c)$ – значения относительных проводимостей ведущего w_d и контролирующего w_c рёбер. Характеристики орграфа G есть структурные параметры, значения уровней трансформации и относительных проводимостей – функциональные параметры, а последовательность $\{S(k) | k \in Z\}$ – график ПИФ ДИС D . Минимальный онтологически осмысленный набор, объединяющий работу тройки актов A_c, A_t, A_d , именуется компонентом ПИФ ДИС.

Приступим теперь к изложению проработок по ДИС-технологии в последовательности указанных этапов – от основ Я*Пм нового уровня до особенностей поведения ПИФ триады с внутренним взаимодействием с их интерпретациями.

От линейных языков к смысловым. Считаем, что Я*Пм представляют особый класс языков формальных грамматик. Хотя речь пойдёт о Я*Пм более высокого, в определённом смысле, субъектного уровня по сравнению с традиционными машинными Я*Пм, конкретная реализация на компьютерах (*К) этих субъектных языков остаётся на традиционных машинных языках.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2. Формальная грамматика это четвёрка объектов: $G = (V, W, I, P)$, где [2]: V – алфавит (словарь) основных символов; W – алфавит вспомогательных символов, $V \cap W = \emptyset$; I – набор начальных комбинаций (аксиомы) из символов объединённого алфавита $V \cup W$; P – конечное множество правил вывода, имеющих вид $\chi \rightarrow \eta$, где χ, η – цепочки (комбинации символов) в $V \cup W$. Считается, что цепочка β выводима из цепочки α в грамматике G : $\alpha \Rightarrow \beta$, если $\alpha = \gamma\chi\delta$, $\beta = \gamma\eta\delta$ и $\chi \rightarrow \eta$ – правило в G . А языком $L(G)$, порождаемым грамматикой G , называется множество всех цепочек в алфавите V , выводимых из I .

В целом, применительно к тематике научных исследований, каждой предметной области X можно сопоставить свою формальную грамматику G_X , а цель исследований связать с построением языка $L(G_X)$ этой грамматики. Не малую роль при этом для X представляют проблемы полноты, адекватности, а также ценности, полезности её грамматики G_X . Проблема определённости с перспективностью языков $L(G_X)$ делает актуальным переход на автоматизацию проработки грамматик G_X . Это и означает выход на Я*Пм субъектного уровня.

Но оценка перспективности языка $L(G_X)$ невозможна без выхода за пределы области X на масштабы науки в целом. Задача, имеющая высокую оценку в самой области X , может оказаться бесперспективной в целом, если таковым явится язык $L(G_X)$. Оценки могут меняться со временем, и внимание к предметным областям должно носить динамичный характер. Но сочетание высоких фрагментарности и консерватизма в современной науке свидетельствует об отсутствии методов оценивания перспективности языков $L(G_X)$, а вслед за этим и потребностей к адекватной корректировке грамматик G_X и формируемых на их основе моделей систем. Как правило, вместо корректировки грамматики G_X появляются новые предметная область Y и грамматика G_Y , которые, по сути, призваны описывать то же, что X и G_X , но с выдачей иных результатов, когда в целом не находится даже математического согласования между языками $L(G_X)$ и $L(G_Y)$. Развитие науки нацелено, главным образом, на расширение алфавитов V, W объединяющей грамматики G , тогда как её аксиоматика, включающая наборы аксиом I и правил вывода P , остаётся практически без внимания. Но аксиоматика выступает аналогом операционной системы в *К, и без должного её усовершенствования становится невозможно потянуть работу с разрастающимися алфавитами, базами данных и объёмами памяти.

Итак, наука нуждается в более полной и совершенной аксиоматике, увязывающей, прежде всего, предметные области. Тогда могут претерпеть сокращение алфавиты объединённой грамматики и, что более важно, возникнуть база для языка субъектного уровня, позволяющего формировать на *К модели систем. Искомая аксиоматика может предстать как объединённый алфавит грамматики $H = (V_H, W_H, I_H, P_H)$ нового уровня, где основной алфавит V_H состоит из аксиом аксиоматики, а вспомогательный W_H – из её правил вывода. Доопределив I_H, P_H , получим грамматику H , язык $L(H)$ которой будет отвечать за моделирование.

Какими же следует выбрать V_H, W_H, I_H, P_H ? Первое естественное требование – все компоненты имеют общенаучный статус, так как они должны годиться для описания и увязывания любых предметных областей. С учётом приведённых выше замечаний о V_H, W_H , нет на их роль ничего лучше базовых инструментов категориального аппарата [12] – категорий на месте V_H и связей между категориями на месте W_H . Приходим к представлению на базе ТДИС многообразия моделей-прототипов объектов в ранге ДИС [10] как цепочек в грамматике H . Правда, цепочки эти должны выступать в формате гипертекста, включающего орграфы, а не обычного линейного текста, привычного для формальных грамматик.

Далее, выбор I_H, P_H определяется вторым естественным требованием – элементы языка $L(H)$ должны быть вполне осмысленными, содержательными и адекватными моделями систем. Это удовлетворяется тем, что каждая система есть эквивалент генетически обусловленной структуры (ГО-СТ), и язык $L(H)$ должен быть, с точностью до изоморфизма, частью многообразия Γ ГО-СТ [3–5]. Это и есть язык нового, субъектного уровня. Добавка к конкретному элементу из $L(H)$ представления на одном из тради-

ционных Я*Пм даст реализацию имитационного моделирования на *К. Приходим к ДИС-технологии [3–9].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 3. ГО-СТ – это тройка объектов: $G_0 = (U, P_0, s) \in \Gamma$, где U – базовое множество, носитель структуры G_0 , P_0 – класс операций на U , а s – некое свойство для элементов из U , и выполнен момент:

$$\begin{aligned} ((\{u_1, \dots, u_n\} \in U) \& (p \in P) \& (u = p(u_1, \dots, u_n) \in U) \& (u \in s)) \Rightarrow \\ \Rightarrow ((u_1 \in s) \& \dots \& (u_n \in s)), \end{aligned}$$

где $u \in s$ обозначает, что элемент u обладает свойством s . Если все операции из P_0 дают в результате элементы, не обладающие свойством s или вовсе не принадлежащие носителю U , структура G_0 считается вырожденной.

Применительно к искомой грамматике H , в роли U выступит класс объектов типа ДИС, а P_0 должно содержать минимум онтологически значимых операций над ДИС. Это даёт в роли языка $L(H)$ подмножество $\Gamma_0 \subset \Gamma$, представляющее сеть ДИС-*К как систему знаний, выражающую объекты одновременно на структурном и на функциональном уровне [3]. И по каждому из этих уровней сеть ДИС-*К уже доказала свою причастность к многообразию Γ ГО-СТ [3].

Если для Я*Пм, формируемых на основе обычных формальных (контекстных) грамматик, характерны ”деревья выводов” как ациклические графы [2], то в Я*Пм $L(H)$, наоборот, вполне осмысленными являются связные части, изоморфные ДИС-*К того или иного уровня дешифровки, начиная от триад как ДИС-*К с уровнем дешифровки 1. При этом осмысленными становятся и сами вершины ДИС-*К, которые тоже относятся к ДИС-*К с уровнем дешифровки 0. Осмысленные единицы типа ДИС-*К и выступают как элементы Я*Пм $L(H)$, они же являются и единицами системы знаний. А одной из ведущих задач в ДИС-технологии является автоматизация работы с такими осмысленными единицами.

К смысловой экспертной системе. Фактически каждый ДИС-*К уровня дешифровки $n > 0$ является результатом последовательной n -кратной триадной дешифровки одиночной категории, фиксируясь в виде некой канонической развёртки. Все категории, возникающие в этом последовательном процессе, обретают смысл, который запечатлевается в их именах, причём естественно считать, что триада, а далее и ДИС-*К уровня > 1 , дешифрующие определённую категорию, наследуют имя этой категории. Для обслуживания автоматизированных процедур над структурами ДИС-*К очень полезна каноническая нумерация из цифр 0, 1, 2 возникающих в канонической развёртке категорий, а далее и ДИС-*К уровня > 1 , строящаяся по индуктивному правилу: если категория с уже имеющимся k -значным номером N ($k \geq 0$ и первичная категория имеет пустой номер с $k = 0$) дешифруется в тройку новых категорий, то эти новые категории обретают $(k + 1)$ -значные номера, получающиеся припиской к N справа соответственно цифр 0, 1, 2. В итоге у ДИС-*К уровня дешифровки $n > 0$ вершины обретут n -значные номера из цифр 0, 1, 2 в системе счисления с основанием 3 [1]. С опорой на факт существования такой нумерации можно дать следующее аналитическое определение ДИС-*К произвольного уровня $n > 0$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 4. ДИС-*К уровня $n \geq 0$ есть ДИС с 3^n вершинами, для которой существует такая n -значная нумерация её вершин из цифр 0, 1, 2 в системе счисления с основанием 3, что имеется ведущее ребро, идущее из вершины с номером N_1 в вершину с номером N_2 , (соответственно, контролирующее ребро – в обратном направлении) в

точности тогда, когда $\Sigma_2 - \Sigma_1 \equiv 1 \pmod{3}$ (см. определение понятия "вычет" в кн.: [13]), где Σ_i – сумма цифр номера N_i ($i = 1, 2$).

В принципе, для конкретных реализаций ДИС-технологии как Я*Пм нет необходимости обращаться ко всей, неограниченной в целом, сети ДИС-*К. Актуально ограничить уровень дешифровки ДИС-*К подходящим числом $n_0 > 0$. Для этого надо оценить, сколько всего осмысленных единиц содержит ДИС-*К уровня $n > 0$. Конечно, одна каноническая развёртка ДИС-*К уровня $n > 0$ порождает всего $0,5 \cdot (3^{n+1} - 1)$ различных осмысленных единиц. Но следует принять во внимание, что любая перестановка вершин ДИС-*К, не меняющая вычетов по модулю 3 у суммы цифр их канонических номеров, не меняет и самого ДИС-*К как математического объекта, но приводит к другой его канонической развёртке, которая может давать новые осмысленные единицы. Каждая каноническая развёртка носит название связной мутации [3] или просто проекции ДИС-*К, и все такие мутации (проекции) можно объединить в алгебраическую группу, отводя какой-то канонической развёртке (мутации, проекции) роль единицы такой группы. Новые осмысленные единицы возникают уже для ДИС-*К уровня $n \geq 2$, а всего различных перестановок указанного типа насчитывается, очевидно, $((3^{n-1})!)^3$ штук.

Если осмысленную единицу воспринимать исключительно по набору содержащихся в ней вершин, то в ДИС-*К уровня n будет иметься ровно $(C_{3^{n-1}}^{3^{m-1}})^3$ различных по содержанию ДИС-*К уровня m ($0 < m \leq n$), где C_k^l обозначает число сочетаний из k элементов по l [13]. Простой расчёт показывает, что ДИС-*К уровня 3 допускает $27 + 729 + 592704 + 1 = 593461$ осмысленных единиц, а у ДИС-*К уровня 4 таких будет уже свыше 10^{22} штук. Если информационная ёмкость ДИС-*К уровня 3 может показаться недостаточной, то такого нельзя сказать о ДИС-*К уровня 4.

На деле, конечно, имеет значение воспринимать осмысленную единицу не только по набору содержащихся в них вершин, но и по тому, в какой канонической развёртке (мутации, проекции) она воспринимается как ДИС-*К. Из таких же соображений имеет значение и такая перестановка категорий в ДИС-*К, при которой происходит циклическая переменна вычетов по модулю 3 у сумм номеров категорий на каждом фиксированном месте развёртки. Так что в целом уместно каждую осмысленную единицу представлять как вектор, в котором в строго определённом порядке прописаны имена самой канонической развёртки и всех входящих в неё содержательных единиц. С учётом этих моментов каждая осмысленная единица у ДИС-*К уровня n будет вектором, имеющим $1 + 0,5 \cdot (3^{n+1} - 1)$ координат, а количество таких единиц, как и количество различных канонических развёрток, окажется равным $3 \cdot ((3^{n-1})!)^3$. В частности, ДИС-*К уровня 3 уже допускает $3 \cdot 51840^3$, т.е. свыше 10^{14} , осмысленных единиц, каждая из которых включает по 41 имени. Получается, что для ДИС-*К уровня 3 нужна таблица, вмещающая свыше 10^{16} имён, а для ДИС-*К уровня 4 – уже свыше 10^{322} имён.

Таким образом, в любом случае для искомого Я*Пм достаточно ограничиться базой знаний в объёме ёмкости ДИС-*К уровня 4. Однако значительная часть исследований вполне может ограничиваться ёмкостью ДИС-*К уровня 3. Значит, актуально формировать смысловую экспертную систему для работы со знаниями в объёме ДИС-*К уровня 4, откуда почти всегда придётся выбирать части знаний, объём которых не больше, чем у ДИС-*К уровня 3.

Одновременно есть основания говорить о существовании некой фундаментальной базы знаний, все осмысленные единицы которой несут статус универсальных категорий, буквально насыщенных содержанием. И уж в параллель ей имеет смысл формировать множество её интерпретаций, каждая из которых ориентирует на потребности и спе-

цифику соответствующей предметной области. На роль фундаментальной базы знаний вполне годятся осмысленные единицы ДИС-*К уровня 4, выражающего развёртку информационных основ синтеза систем [3–5]. К тому же для этого ДИС-*К имеется максимум определившихся канонических развёрток и осмысленных единиц.

Тем не менее, ждать полной определённости фундаментальной базы знаний, включающей практически непостижимое количество единиц, бессмысленно. Поэтому реальная работа смысловой экспертной системы возможна лишь в интерактивном режиме. Некоторые фундаментальные данные могут проистекать из рекомендаций, поступающих от исследований в предметных областях. В принципе, нельзя исключить и возможностей замены уже имеющихся данных на новые, более адекватные. Однако основа программистской базы у экспертной системы останется за работой с канонической нумерацией в ДИС-*К. Определённый опыт в этом направлении уже заложен в комплексе "Когнитивный ассистент" [11].

Основные составляющие ДИС-технологии. С учётом указанных системных представлений ДИС-технология становится вполне конструктивной. Она включает три этапа моделирования.

1-й этап. Построение (поиск) качественной модели \mathcal{G}_0 объекта (процесса). Эта модель выражает системную сущность объекта, представляя некую ГО-СТ. Универсальной средой для качественных моделей в ДИС-технологии служит сеть ДИС-*К в виде системы знаний со свойствами ГО-СТ, использующей операции дешифровки и мутаций [3]. Выработана указанная выше стратегия развития программной базы по формированию, совершенствованию и использованию системы знаний через проработку смыслов [11].

2-й этап. Построение (формирование) алгоритмической модели D объекта (процесса). Это, по сути, качественная модель, но дополненная ПИФ на ней, тоже имеющим системное осмысление как ГО-СТ. Здесь надо определять не только начальное состояние ПИФ на ДИС, включающее распределение актива и пассива по вершинам ДИС, но и функциональные параметры, т.е. показатели проводимости рёбер ДИС и уровней трансформации пассива в актив в её вершинах. Надо предусматривать и изменчивость этих показателей. Что и как предопределяет их изменчивость? – главная проблема раскрытия законов Природы. Наряду со стационарными показателями проводимости рёбер, когда количество передаваемого по ребру ресурса зависит только от объёма ресурса в источнике, допустим вариант взаимодействия, когда проводимость зависит также и от объёма ресурса в приёмнике. Для задач принятия решений, управления, мониторинга, изучения открытых систем нужен синтез этих вариантов [7–9].

3-й этап. Анализ и синтез структурных и функциональных особенностей сформированной модели D . Необходимы подходы к анализу и регулированию ПИФ ДИС с интерпретациями выявляемых закономерностей. Выделены следующие подходы:

- (а) ориентир на классы предельных режимов ПИФ ДИС [3; 8–10];
- (б) место и особенности ПИФ специальных типов ДИС, например когнитивных ячеек, проявляющих свойства осцилляторов [4; 10];
- (в) аддитивные составляющие ПИФ ДИС, понятия натуральных дифференциалов [8–9] и ДИС-фазового пространства [4];
- (г) обеспечение самопрогноза в ДИС-*К [3; 10]. Подход (а) даёт пример того, что "... и малое таит в себе всю Вселенную". Подход (б) раскрывает место и роль инфраструктуры, ритмичности и других феноменов. В подходе (в) осуществляется работа и синтез с натуральными дифференциалами вместо бесконечно малых дифференциалов.

А подход (г) использует свойство самоподобия ДИС-*К и системный характер упаковки в нём ПИФ.

При этом всегда можно выбрать $D = \mathcal{G}_0 \in \Gamma_0 = L(H)$, а 3-й этап нацелить на изучение и регулирование функционирования модели D как ДИС-*К. В зависимости от целей 3-го этапа не исключены случаи, когда \mathcal{G}_0 отвечает требованиям 1-го и 2-го этапов, но не столь детально, чтобы осуществлять на ней цели 3-го этапа. И тогда актуальным становится выбрать модель D как результат дополнительного проведения одной или более процедур дешифровки структуры \mathcal{G}_0 . Кроме того, задачи имитации требуют добиваться синтеза всех этапов ДИС-технологии в работе единой модели, т.е. важно, чтобы модель D объекта (процесса) и вычислительные технологии на 3-ем этапе выступали независимыми частями единой алгоритмической модели $D_0 \in \Gamma_0 = L(H)$ как прототипа живой системы [14]. Здесь одновременно актуализируется и обретает объективное, автоматизированное выражение во времени феномен принятия решений, и это вполне укладывается в язык $L(H)$. В частности, ДИС-технология предстаёт сразу и как оболочка экспертных систем [1].

И, конечно, предусматривается, что смысловая экспертная система будет осуществлять работу не только по 1-му, но также по 2-му и 3-му этапам ДИС-технологии. Здесь специально остановимся на некоторых примерах поведения ПИФ ДИС и интерпретациях получающихся при этом результатов.

О режимах ПИФ ДИС со стационарно действующими рёбрами. Вопреки традиции, когда принятие решений зиждется на оптимизации функционала, немало встречается ситуаций, когда, например, диагноз в медицине ставится по режиму, по графику функционирования. Да и вряд ли Природа высчитывает какие-то оптимумы. Скорее, в ней, как в организме, работает некая система клапанов по аналогии с актами накопления A_c и трансформации A_t в ПИФ ДИС, а ориентиры берутся на особенности поведения ПИФ, прописанные ниже в теоремах 1 и 2.

Пусть дана ДИС D , которую предполагаем связной по распределению ресурса в целом (как связный орграф по рёбрам смешанного типа [10]). Пусть V – набор всех вершин у D , $\lambda(v)$ – величина уровня трансформации пассива в актив в вершине $v \in V$, $\Lambda = \Sigma\{\lambda(v)|v \in V\}$, F – полный объём ресурса в D , а S_k – вектор распределения ресурса по вершинам ДИС D по окончании акта A_d в компоненте с номером k её ПИФ. Назовём ДИС D стационарной, если у неё не меняются величины относительных проводимостей всех рёбер и все $\lambda(v)$. Проследим за вектором S_k при нарастании k от 0.

ТЕОРЕМА 1. Для стационарной и связной по распределению ресурса ДИС D характерны следующие предельные режимы её ПИФ:

(i) *стационарный*, когда вектор S_k стабилизируется при $k \rightarrow \infty$, сосредотачиваясь полностью в активе, это имеет место: всегда, если ДИС D не есть эволюционная модель [4; 10] и $\Lambda = 0$; у некоторых эволюционных ДИС D ; при достаточно малых $\Lambda > 0$, когда скоро прекращаются задержки трансформации пассива в актив в вершинах ДИС D ;

(ii) *флуктуаций*, имеющий место при $0 < \Lambda < F$, когда не прекращаются задержки трансформации пассива в актив в некоторых вершинах ДИС D ;

(iii) *вакуума*, когда весь ресурс уходит в пассив, а ДИС становится, по сути, обречённой, это имеет место почти всегда при $\Lambda > F$;

(iv) *ритма* в остальных случаях, в том числе почти всегда, когда ДИС D представляет эволюционную модель.

В общем случае в ДИС D как орграфе выделим блоки связности [2], включая одинокие вершины. Ясно, что изолированные друг от друга блоки уместно изучать

раздельно. Иначе же в ДИС D есть такие блоки связности, что будут получать ресурс от других блоков, ничего не выдавая от себя. В пределе весь ресурс у D распределится в этих особых и, очевидно, изолированных друг от друга блоках, а также в пассивах обречённых остальных блоков. ПИФ сохранит активность лишь на особых блоках связности, а режим на них определится теоремой 1. Правда, вряд ли можно заранее узнать предельные объёмы ресурса в особых блоках связности, чтобы сразу применить теорему 1. Но в любом случае обречённость ДИС D в целом менее вероятна. Ведь разность $\Lambda - F$ для всей ДИС D складывается из таких же разностей для её связных блоков. В пределе у обречённых блоков $\Lambda - F \geq 0$, а на части особых блоков разность $\Lambda - F$, наоборот, уменьшится. И даже при условии $\Lambda > F$ на всей D может найтись особый блок, на котором окажется $\Lambda \leq F$. А если изначально $\Lambda \leq F$ на всей D , то найдётся особый блок, в котором отношение Λ/F будет меньше такового на всей D .

ТЕОРЕМА 2. В несвязной по ресурсу ДИС D всегда есть блок связности, режим ПИФ на котором оказывается больше приближен к стационарному, чем это было бы в расчёте на всю ДИС D при условии её ресурсной связности.

Относительно универсальный характер результатов в ДИС-технологии делает очень важными процедуры их интерпретации, ориентированные на различные предметные области. Фактически эти интерпретации определяются спецификой задачи, которую планируется решить средствами ДИС-технологии.

Результаты теоремы 1 явно указывают на ведущую роль параметра Λ по влиянию на режим ПИФ ДИС. Так, величина $\lambda(v)$ выражает характерный объём присутствующего в вершине v ресурса как некоего используемого этой вершиной знания при оценивании ситуаций для принятия решений. С одной стороны, считается хорошим признаком иметь относительно большой объём знаний как некий потенциал. И этот момент проявляется в том, что многообразие режимов ПИФ в варианте (ii) теоремы 1 намного богаче, чем в варианте (i). Но с другой стороны, высокая потребность в знаниях тормозит переходы к принятию решений, указывает на низкий уровень интеллектуальной производительности [4; 10]. И, по сути, вариант (iii) указывает, что в случае зазнайства систему ждёт коллапс.

Таким образом, не является ли слабость использования уже имеющегося в системе потенциала одной из причин обречённости этой системы, а вслед за этим и эволюционно значимого поиска ею перемен? Ведь в таких условиях система часто намерена копить другие потенциалы в надежде, что они будут эффективно использоваться. Но это поднимает величину Λ , что в связной по ресурсу системе, ввиду теоремы 1, должно не в меньшей мере требовать роста величины F и усиленного выхода за пределы самой системы, привлекая идеологию несвязной по ресурсу ДИС. Но и несвязная ДИС не безгранична по объёму ресурса, не всегда может удовлетворить рост величины F , востребованный её компонентом связности. В итоге исходной системе остаётся лишь такой вариант спасения, как самой стать несвязной и делать, в согласии с теоремой 2, обречённым всё, кроме избранных особых компонентов связности. В частности, здесь может работать и распад системы на независимые блоки. И не фактор ли ослабления в системе (в частности, в живой клетке) контроля за накопившимся в ней потенциалом даёт пусковой механизм для её деления на две и более частей?

Как вывод, системе, заинтересованной в стабильности, необходимо быть эффективно работающей экспертной системой, осваивать управление, приобретать адаптивные качества. Стратегия жить отдельными, разовыми актами принятия решений скоро приведёт систему к обречённости, причём риск такого исхода растёт вслед за величиной

накопленного, но слабо используемого потенциала. В частности, имеем явное указание на то, что лучше пользоваться единой упакованной информационной базой данных [11] и единым компактным Я*Пм, как оно и обстоит в рамках ДИС-технологии.

И всё же стационарные связи далеко не характерны для реальных систем. Не очень согласуются они и с потребностями эффективной работы в ПИФ ДИС, так как для этого ДИС обязана предстать в ранге эволюционной модели [4; 10], заведомо лишённой адаптивных качеств. Совсем другое дело, когда связи призваны обеспечивать взаимодействие между частями системы.

О режимах ПИФ триады с внутренним взаимодействием. Пусть теперь все рёбра ДИС работают на поддержку взаимодействия. С учётом обозначений из определения ДИС это можно выразить в виде формул:

$$f_{kd}(v_i, v_j) = a \cdot r_k(v_j), \quad f_{kc}(v_j, v_i) = b \cdot r_k(v_j),$$

где $a > 0$, $b > 0$ – некие постоянные взаимодействия, а $r_k(v_j)$ обозначает полный объём ресурса в вершине v_j . Указанные соотношения автоматически снимают отмеченную выше на втором этапе реализации ДИС-технологии проблему изменчивости значений относительных проводимостей рёбер в ДИС, так как позволяют определяться этим значениям в текущем режиме. Правда, постоянные a и b , в принципе, тоже могут изменяться от компонента к компоненту ПИФ, но пока ограничимся случаем их неизменности. Другое дело, что значения постоянных a и b должны быть ограниченными сверху, чтобы удовлетворялись ограничения в определении ДИС для значений $f_{kd}(v_i, v_j)$, $f_{kc}(v_j, v_i)$. Для этого уместно заранее договариваться, что полный объём F ресурса в ДИС составляет условную единицу и считается численно равным 1. Тогда естественными становятся ограничения $a \leq 1$, $b \leq 1$, при которых противоречий с ограничениями заведомо не возникнет.

Если через стационарную связь ресурс может поступить и в лишённую ресурса область, то это невозможно через связь, обеспечивающую взаимодействие. При варианте взаимодействия в ДИС, в принципе, не должны встречаться вершины, полностью лишённые ресурса. Более того, если в ПИФ ДИС складывается тенденция к неограниченному уменьшению величины ресурса (актива и пассива вместе) в некоторой вершине $v \in V$, то в пределе эта вершина окажется исчезнувшей из ДИС, своего рода, поглотившейся другими её вершинами. Ясно, однако, что у такой особой вершины обязано быть $\lambda(v) = 0$, т.е. эта вершина должна демонстрировать проявления сверхинтеллекта, бездумного принятия решений, теплового движения, поведение странствующего фотона. Однако указанная тенденция складывается не так уж и часто.

Остановимся на примере ПИФ триады с рёбрами, обеспечивающие в ней взаимодействие. Пусть v_0 , v_1 , v_2 представляют её вершины, а ресурс в ней перемещается по кругу $v_0 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_0$. Тогда многочисленные серии экспериментов приводят к результатам, которые выразим в теореме-гипотезе.

ТЕОРЕМА-ГИПОТЕЗА 3. Для триады с вершинами v_0 , v_1 , v_2 и внутренним взаимодействием характерны следующие режимы её ПИФ:

(i) *посменный*, когда для каждой из вершин триады выпадают периоды в ПИФ, на протяжении которых практически весь актив сосредоточен именно в этой вершине, а другие две вершины триады предстают аналогами обречённых; это имеет место почти всегда при условиях, близких к $\lambda(v_0) = \lambda(v_1) = \lambda(v_2) = 0$, т.е. при достаточно малых значениях $\lambda(v_0)$, $\lambda(v_1)$, $\lambda(v_2)$;

(ii) *переизлучения*, когда в пределе весь ресурс сосредоточивается в пассиве какой-то вершины и активе следующей за ней вершины, так что первая из этих вершин и третья вершина триады предстают обречёнными; это имеет место, когда у первой из отмеченных вершин уровень трансформации существенно > 0 , а у второй и третьей он равен 0; например, при $\lambda(v_1) = \lambda(v_2) = 0$, $\lambda(v_0) > 0$ обречёнными вместе могут предстать вершины v_0 и v_2 ;

(iii) *резервный*, отличающийся от посменного тем, что теперь в некоторые периоды практически весь ресурс сосредоточивается в пассиве какой-то вершины и активе следующей за ней вершины, так что первая из этих вершин и третья вершина триады предстают аналогами обречённых; это имеет место, когда у первой из отмеченных вершин уровень трансформации существенно > 0 , у третьей он равен 0, а у второй – близок к 0; например, при $\lambda(v_1) = 0$, $\lambda(v_0) > 0$, $\lambda(v_2) \geq 0$, где $\lambda(v_2)/\lambda(v_0)$ мало, обречёнными вместе могут предстать вершины v_0 и v_2 , но теперь они после достаточно большого числа компонентов ПИФ начнут поочерёдно представлять пиками активности в системе;

(iv) *возрождающий*, когда любая из вершин триады может на протяжении многих компонентов оставаться практически полностью без актива, а то и вообще без ресурса, но затем она снова и довольно быстро обретает значительную часть актива; это имеет место почти всегда, когда у одной из вершин триады уровень трансформации равен 0, а у двух других он существенно > 0 ; например, при условиях $\lambda(v_0) > 0 < \lambda(v_1)$ и $\lambda(v_2) = 0$ вероятны ситуации, когда почти весь ресурс надолго стабилизируется в пассивах вершин v_0 , v_1 и активе вершины v_1 , а вершина v_2 предстаёт аналогом поглощённой вершинами v_0 , v_1 , хотя такое состояние в ПИФ длится не очень долго, и вершина v_2 , пусть и не скоро, но обретёт активность;

(v) *обычный*, когда закономерных особых выделений в режиме ПИФ не прослеживается; это случаи, когда все уровни трансформации существенно > 0 , но, тем не менее, остаются удовлетворяющими условию $\lambda(v_0) + \lambda(v_1) + \lambda(v_2) < 1$; поведение ПИФ при этом может иметь неплохие согласования с закономерностями, прописанными в теореме 1, но почти всегда будет наблюдаться режим флуктуаций;

(vi) *выживания*, когда вероятны такие ситуации, что даже малые перемены в системе могут вести её к обречённости и обратно; это случаи, когда $\lambda(v_0) + \lambda(v_1) + \lambda(v_2) \geq 1$, причём, ситуации с выходом ПИФ на режим ритма здесь менее вероятны, чем в случае со стационарно действующими рёбрами.

Разумеется, требования "существенно > 0 " и "близко к 0" следует понимать в сравнении участвующих при этом величин.

Для образца приведём четыре серии интерпретаций, ориентированных на физические, планетарные, биосферные и социальные системы. При этом примем во внимание, что, согласно онтологии взаимодействия [3; 10], в триаде взаимодействующими будут именно два тела, представляемые вершинами v_1 и v_2 , тогда как вершина v_0 должна представлять инфраструктуру. Обычно роль инфраструктуры исполняет среда, в которой взаимодействуют тела. Кроме того, тело v_1 здесь запускает, а тело v_2 принимает взаимодействие.

Сразу весьма поразительным в теореме-гипотезе 3 представляется случай (i). На первый взгляд, в соответствии с теоремой 1, следовало бы здесь ожидать обычного стационарного режима. На деле, однако, проявляется как бы волновой аналог стационарности, когда единая система взаимодействия поочерёдно и вполне полноценно "показывает" каждую из своих составляющих, "упрятывая" при этом другие составля-

ющие. Это оригинальнее примеров из [15] с чередованием проявлений активности и пассивности в растворах. И такое поведение ПИФ триады невозможно объяснить в рамках классических распределений вероятностей, волей-неволей необходимо обращаться к квазигиперболическим распределениям [16].

При ориентации на физические ассоциации, режим (i) может служить основным в факте существования физических систем. Вполне вероятно, что именно волновой аналог стационарности является характерным для функционирования физических систем – не вся система сразу предстаёт активной или пассивной, но, скорее, актив ”бродит” по системе, высвечивая её части поочередно. При этом, несмотря на привычку увязывать взаимодействия с проявлениями сил, никаких сил, согласно представлениям о ДИС-фазовом пространстве [4], в данном режиме не проявляется. Сами части здесь предстают аналогами фотонов, и появляются основания для понимания, почему именно фотоны или их прототипы служат главным средством обмена информацией в физическом мире. Кроме того, взаимодействующие части, несмотря на законы типа ”действие равно противодействию”, как правило, не оказываются активными в один момент времени. Причём, этот сдвиг активности по фазе может приводить к феномену открытости системы на внутреннем уровне, когда её поведение не подчинится общеизвестному закону роста энтропии [17]. Одновременно это даёт основания разделять два тела на запускающее и принимающее взаимодействие.

Далее, случай (ii) в теореме-гипотезе 3 представляет факт поглощения частицей v_0 одного, предшествующего ей, фотона v_2 и излучения ею другого фотона v_1 . При этом излучаемый фотон может оказаться как слабее, так и мощнее поглощаемого. Случаи (iii) и (iv) в теореме-гипотезе 3 дают ситуацию с подчинением вершине v_0 вершины v_2 как некоего спутника. Правда, подчинение это хоть и продолжительное, но, отнюдь, не вечное. Каждый участник взаимодействия в триаде регулярно получает возможность приобрести приличную долю актива. Кроме того, величина такой доли актива оказывается большей у тех участников, которые имеют малый уровень трансформации пассива в актив, т.е. представляют более лёгкую частицу. И, кстати, этот момент больше соответствует известным закономерностям переходов кинетической и потенциальной энергий при взаимодействии физических систем. В частности, при одном и том же запасе энергии более лёгкие частицы имеют больше шансов разогнаться до свечения, чем тяжёлые частицы. Хотя обычно, в том числе и в рамках теоремы 1, создаются впечатления, что победа всегда остаётся за более массивной частицей.

Наконец, случаи (v) и (vi) в теореме-гипотезе 3 дают аналоги обычных режимов ПИФ ДИС, когда трудно отличить факт взаимодействия от стационарного варианта работы рёбер ДИС, прописанного в теореме 1. Тем не менее, нельзя пройти мимо особенностей случая (vi). Этот случай необычайно специфичен тем, что при его условиях ПИФ триады на отдельных продолжительных этапах может представлять в очень разных режимах. Эти особенности вызывали восторг, например, в работе [8] при обсуждении там теоремы-гипотезы 2. Ясно, что краткосрочные наблюдения за таким ПИФ могут приводить к ошибочным заключениям. И это как раз соответствует известным ситуациям с неопределённостями из области квантовой механики, в которых не приносят спасения даже вероятностные методы, так как требуются квазигиперболические распределения [16].

Обратимся теперь к интерпретациям в рамках отношений между неживой и живой Природой. Здесь, во-первых, уместно элементы неживой Природы прописывать вершинами с малым значением уровня трансформации, а элементы живой Природы – с

относительно высоким. Как-никак, но живая Природа использует, прежде всего, относительно быстрые процессы из неживой Природы. Во-вторых, в ранге инфраструктуры уместно взять планету Землю, которая локально по территории и время от времени может проявлять себя как с малым, так и с большим значением уровня трансформации.

И результаты теоремы-гипотезы 3 говорят, что живая Природа может существовать лишь на условиях здоровых отношений с неживой Природой. В принципе, режимы (v) и (vi) позволяют обходиться и без дум о неживой Природе, зато в таких условиях эти режимы полны хаоса или, наоборот, резких затяжных перемен, обрекая живую Природу на мучительные испытания. Степень мучений убывает по мере уменьшения значения уровня трансформации хотя бы у одной из вершин, т.е. с приближением хотя бы одного элемента триады к статусу неживой Природы. В частности, это может побуждать животных к использованию растительности не только в целях питания, но также в целях защиты и организации многих других жизненно важных процедур.

Ситуация для живой Природы явно облегчается в режиме (iv), где есть элемент с уровнем трансформации, равным 0. Если этот элемент представлен вершиной v_2 , как оно и приведено в примере теоремы-гипотезы 3, т.е. он является элементом от неживой Природы, то, согласно режиму (iv), этот элемент будет, по сути, обеспечивать спасение элементу живой Природы, представленному вершиной v_1 , в условиях, когда Земля, представляемая вершиной v_0 , надолго "замерла" на неприятной ситуации. И, естественно, инициатива для спасения здесь исходит от элемента живой Природы. Если же элемент от неживой Природы будет представлен вершиной v_1 , то элемент живой Природы, представляемый вершиной v_2 , наоборот, будет обречён на долгие спячки и относительно короткие периоды бодрствования в условиях, когда ситуация на Земле угрожает серьёзными контрастами. Впрочем, в этой ситуации элемент живой Природы инициатив вовсе и не проявляет.

Далее, считать нулевым уровень трансформации у вершины v_0 , представляющей Землю, нереально. И здесь уместно будет обратиться к режиму (iii). Если, как приведено в примере теоремы-гипотезы 3, элемент живой Природы остаётся намного слабее Земли, и они представляются соответственно вершинами v_2 и v_0 , то, согласно режиму (iii), элемент живой Природы вынужден будет проводить в спячке значительную часть времени. Если же посчитать в режиме (iii) малым значение $\lambda(v_0)$, а не $\lambda(v_2)$, то элемент живой Природы представится вершиной v_1 , неживой Природы – вершиной v_2 , однако судьба элемента живой Природы останется прежней. Получается, что элемент живой Природы не сможет занять пользы и от своих инициатив, как только он начнёт в мощах сравниваться или даже превосходить Землю.

Таким образом, куда более здоровым оказывается режим (i), в котором могут быть допустимы и не очень малые значения уровней трансформации, характерные для Земли и тем более для элементов живой Природы.

Более жёсткие интерпретации результатов теоремы-гипотезы 3 получатся при рассмотрении отношений у флоры и фауны. Здесь тоже в роли инфраструктуры уместно взять планету Землю. Кроме того, для флоры характерны малые, но всё же > 0 , значения уровней трансформации, а для фауны – относительно большие такие значения. Так что здесь сразу теряет смысл обращаться к режимам (ii), (iii), (iv), в которых присутствует элемент с уровнем трансформации, равным 0.

Актуальными для фауны являются режимы (v) и (vi). Хотя, в принципе, эти режимы и позволяют обходиться без дум о флоре, они на таких условиях полны хаоса или, наоборот, резких затяжных перемен, обрекая фауну на мучительные испытания. Сте-

пень мучений убывает по мере уменьшения значения уровня трансформации хотя бы у одной из вершин, т.е. с приближением хотя бы одного элемента триады к статусу флоры. В частности, это может способствовать развитию хищничества.

Таким образом, более здоровым вновь оказывается режим (i), в котором могут быть допустимы и не очень малые значения уровней трансформации, характерные для Земли и тем более для элементов фауны. У флоры жизнь по режиму (i) намного более вероятна, чем у фауны. Однако и здесь могут возникать вынужденные переходы к режиму (v) или даже к режиму (vi) при созревании и свершении катастрофических явлений у Земли.

Если же обратиться к интерпретациям результатов теоремы-гипотезы 3 в применении к взаимодействию субъектов, то вершины с высоким значением уровня трансформации пассива в актив уместно интерпретировать представляющими субъектов-чиновников, а с близкими к 0 значениями – субъектов-интеллектуалов, способных принимать решения на базе достаточно малых объёмов информации. И, очевидно, результаты теоремы-гипотезы 3 говорят не в пользу чиновников.

Если, например, среди участников взаимодействия нет интеллектуала, то счастливая жизнь не может светить даже умеренным чиновникам. Момент обречения зазнавшегося чиновника явно прописан в случае (ii) теоремы-гипотезы 3, когда чиновник низводит одного из интеллектуалов, но за это и сам вынужден поплатиться, полностью отдавая свой актив другому интеллектуалу. Здесь актуально проанализировать три случая, когда в роли зазнавшегося чиновника выступает инфраструктура v_0 , запускающее взаимодействие лицо v_1 , принимающее взаимодействие лицо v_2 . Так, в первом случае запускающее лицо v_1 будет всегда побеждать принимающее лицо v_2 , т.е. в зазнавшемся обществе всегда правда будет за первым словом. Во втором случае принимающее лицо v_2 будет побеждать инфраструктуру v_0 , т.е. зазнавшийся руководитель может готовить интеллектуалов, лишь нанося раны обществу. Наконец, в третьем случае инфраструктура v_0 будет побеждать запускающее лицо v_1 , т.е. к зазнавшемуся собеседнику обращаться всегда рискованно. Так что зазнавшийся чиновник всегда приносит искажения и разрушения в жизнь.

А для умеренного чиновника в любом случае желательно, чтобы весь его актив, в том числе и после трансформации большого объёма пассива в актив, быстрее уходил к следующим за чиновником по кругу участникам взаимодействия. Иначе этому чиновнику слишком долго придётся ждать накопления своего пассива до очередного акта его трансформации, обрекая себя на ещё более долгое пассивное существование. И, наоборот, скорость передачи ресурса интеллектуалом в какой-то момент определяется величиной имеющегося у него на этот момент актива, так что системе в целом оказывается "выгоднее" доводить указанный объём актива до максимума. Если следующий участник тоже является интеллектуалом, то далее уместно быстрее переключиться на такую же цель для него, а если следующий участник является чиновником, требующим накопления пассива, то уместно продержат максимум актива у данного интеллектуала подольше.

Таким образом, при взаимодействии в триаде срабатывает феномен эффективной производительности в ПИФ [4; 10], оптимального перераспределения ресурса. И нормальный чиновник должен мириться с тем, чтобы время от времени почти весь ресурс оказывался в распоряжении интеллектуалов, а при отсутствии интеллектуалов он и вовсе должен быть готов жить в непредсказуемом хаосе. Надёжный порядок с качеством толерантности возможен лишь в интеллектуальном мире. Именно имитационные по-

тенциалы общества и знания несут защиту для интеллектуалов, а далее и для жизни, культуры, среды.

Заключение. Итак, ДИС-технология даёт выход на автоматизированное формирование языков в соответствии с запросами инновационных стратегий развития. При этом в стороне не остаются юридические и многие другие языки субъектного уровня. Фактически поставлены задачи по формированию многоуровневой стратегии для формирования Я*Пм нового поколения, основанных на синтезе и имитации. Определённая реализация этой стратегии уже осуществлена на уровне проработки смыслов через проект "Когнитивный ассистент" [11]. Имеется соответствующий комплекс программ, который может быть приобретён и использован в автономном режиме. Дальнейшее развитие стратегии имеет целью проект по формированию смысловой экспертной системы с интерактивным режимом работы.

Наряду с формированием информационной базы данных и программной базы для смысловой обработкой понятий, готовится также программная база по анализу и регулированию режимов ПИФ ДИС, позволяющая проводить в рамках Excel численные эксперименты с выдачей графиков ПИФ ДИС. Определённая серия таких программ уже включена в рабочие программы нескольких дисциплин, предназначенных студентам всех курсов и магистрантам. Результаты, прописанные в теоремах 1 и 2 и теореме-гипотезе 3, и особенно их интерпретации свидетельствуют о предсказательной силе и надёжности ДИС-технологии. Вместе с тем, находятся моменты, требующие обобщения традиционных представлений, вывода их на новый уровень понимания.

В завершение можно сделать вывод, что обществу нужна не столько экономика, определяемая прибыльным бизнес-процессом, сколько когнитивная экономика, база которой уже формируется [18–19]. Ведь адекватным ДИС-моделям взаимодействия автоматически присуще качество эффективного функционирования [4; 10], и бессмысленно стараться выжимать из системы больше максимально возможного, не производя подходящих изменений её параметров в сторону роста имитации.

Список литературы

- [1] ОСТРЕЙКОВСКИЙ В.А. Информатика: учеб. пособие для студ. сред. проф. учеб. заведений / В.А. Острейковский. 2-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2005. 319 с.
- [2] КУЗНЕЦОВ О.П. Дискретная математика для инженера. 3-е изд., перераб. и доп. / О.П. Кузнецов. СПб.: Лань, 2004. 400 с.
- [3] РАЗУМОВ В.И. Информационные основы синтеза систем. В 3 ч. Ч. I. Информационные основы системы знаний / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2007. 266 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.php?id=2594.
- [4] РАЗУМОВ В.И. Информационные основы синтеза систем. В 3 ч. Ч. II. Информационные основы синтеза / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2008. 340 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.php?id=4265.
- [5] РАЗУМОВ В.И. Информационные основы синтеза систем. В 3 ч. Ч. III. Информационные основы имитации / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2011. 628 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.asp?id=6759 (part1); www.omsu.ru/file.asp?id=6760 (part2).

- [6] АГАФОНОВ А.Л. Язык имитационного моделирования на базе ТДИС в обеспечении качества автоматизации / А.Л. Агафонов, В.И. Разумов, В.П. Сизиков // Омский научный вестник. 2009. № 3 (83).
- [7] СИЗИКОВ В.П. ДИС-технология мониторинга – основные подходы / В.П. Сизиков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. Т. 18. № 12.
- [8] СИЗИКОВ В.П. Применение ДИС-технологии в изучении эволюции / В.П. Сизиков // Журнал проблем эволюции открытых систем. 2009. Вып. 11. Т. 1.
- [9] СИЗИКОВ В.П. К имитационному моделированию на базе ДИС-технологии / В.П. Сизиков // Омский научный вестник. 2010. № 1 (87).
- [10] РАЗУМОВ В.И. Основы теории динамических информационных систем / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2005. 212 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.php?id=4264.
- [11] ПОЛЕЩЕНКО К.Н. Междисциплинарные основания процедур упаковки информационного пространства с использованием теории динамических информационных систем / К.Н. Полещенко, В.И. Разумов, Л.И. Рыженко, В.П. Сизиков // Вестник ОмГУ. 2010. № 2 (56).
- [12] РАЗУМОВ В.И. Категориально-системная методология в подготовке учёных: учеб. пособие / В.И. Разумов; вст. ст. А.Г. Теслинова. Омск: ОмГУ, 2004. 277 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.php?id=3365.
- [13] ГАНТМАХЕР Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. М.: Наука, 1988. 556 с.
- [14] СИЗИКОВ В.П. Информационно-логическое понимание жизни [Электронный ресурс] / В.П. Сизиков, В.И. Разумов // Идентификация систем и задачи управления: Тр. IV Междунар. конф. М.: ИПУ, 2005. Режим доступа: www.sicpro.org.
- [15] ПРИГОЖИН И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
- [16] ЧАЙКОВСКИЙ Ю. Юбилей Ламарка – Дарвина и революция в иммунологии. Ч. 3. Иммунитет как упорядоченность / Ю. Чайковский // Наука и жизнь. 2009. № 4.
- [17] ПЕРЕГУДОВ Ф.И. Основы системного анализа / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. Томск: Изд-во НТЛ, 1997. 396 с.
- [18] СУХАРЕВ М.В. Эволюционное управление социально-экономическими системами / М.В. Сухарев. Петрозаводск: КарНИЦ РАН, 2008. 258 с.
- [19] АБДИКЕЕВ Н.М. Когнитивная экономика: методологические основы / Н.М. Абдикеев, А.Н. Аверкин, Н.А. Ефремова // Четвёртая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов: В 2 т. Томск: ТГУ, 2010. Т. 1. С. 115–116.