Операции унифицированной технологии построения цифровых пространств знаний

Пространства знаний

Концептуальные пространства знаний **– общие модели отражающие разнообразные представления о многообразиях знаний в предметных областях и средствах работы со знаниями.**

Абстрактные пространства знаний **– формальные модели, позволяющие изучать свойства многообразий идеальных знаний с помощью математических инструментов.**

Цифровые пространства знаний **- информационные системы, содержащие в структурированном и связном виде знания предметных областей, поддерживающие процессы их приобретения и практического использования.**

ПРОБЛЕМАТИКА И ЦЕЛИ РАБОТЫ

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

Создание научных основ для современных моделей многообразий знаний исследование информационных технологий и методов работы со знаниями

ЦЕЛИ

1. **Разработка унифицированного, универсального, теоретически обоснованного формализма абстрактного пространства знаний.**

2. **Построение языка и эффективной технологии построения моделей пространств знаний и их трансформации в программно реализуемые модели.**

АБСТРАКТНОЕ ПРОСТРАНСТВО ЗНАНИЙ

ОСНОВЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ

1. ***Множество объектов, представляющих отдельные абстрактные знания, бесконечное и вычислимое*.**

2. ***Абстрактным знаниям эффективно сопоставляются их структурные представления*.**

3. ***На множестве абстрактных знаний определяются разрешимые отношения, позволяющие оценивать сходство и различие структурных представлений знаний*.**

4. ***Операции над знаниями, а также процессы пространств знаний моделируются специальными классами вычислимых отображений (морфизмов) и процессов*.**

1. Семантическое пространство

Пусть M - бесконечное вычислимое множество конфигураций, содержащее пустую конфигурацию Λ.

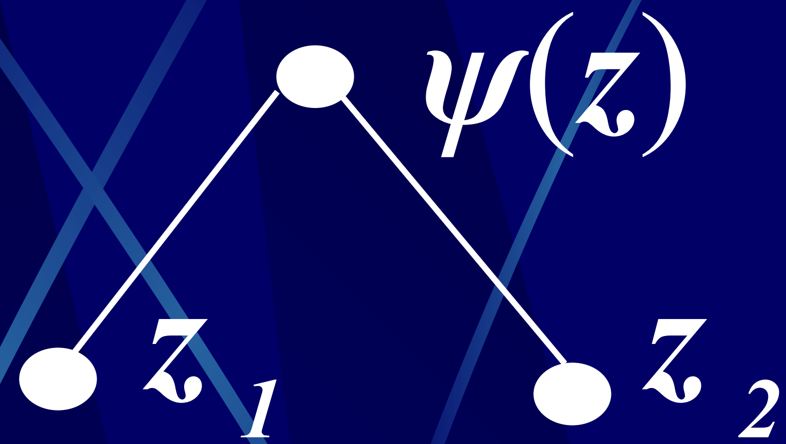
Семантическое пространство **- алгебраическая система**

$\Re$ = (R , O , C) , где :

1. **R − бесконечное вычислимое множество разрешимых бинарных отношений на M , содержащее отношения** $E = \varnothing$ и T = **R × R.**
2. **O − множество операций на, включающее объединение, пересечение, обращение, произведение и композицию**
3. **C − множество логических операций, для которого отношение ρ_1 − вложения элементов R является разрешимым.**

2. Пространства конфигураций

$$z \xrightarrow{\varepsilon\ ,\psi}$$



ε : **M** → **M** ×**M** - *декомпозиция*

ψ : : **M** → **R** - *связывание*

$$\varepsilon\,(z) = (z_1, z_2)$$

Определение **Декомпозицией конфигураций из M называется пара d = (ε , ψ), где ε и ψ являются отображениями разложения и связывания конфигураций.**

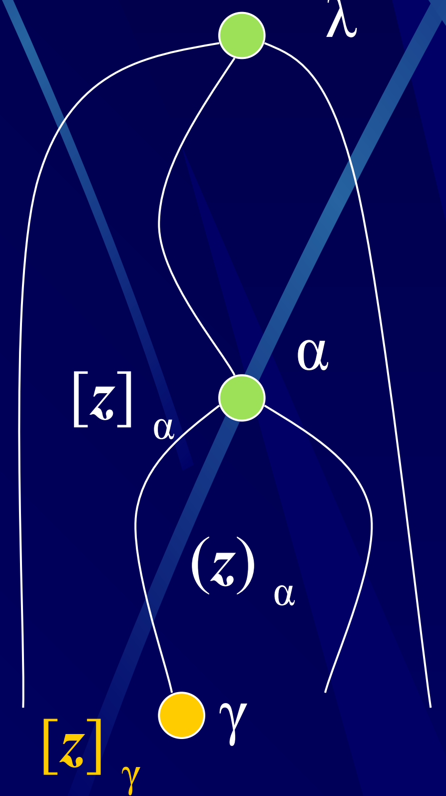
Определение **Пространством конфигураций называется всякая пара M = (M , d), для которой**

1. M – бесконечное вычислимое множество конфигураций;

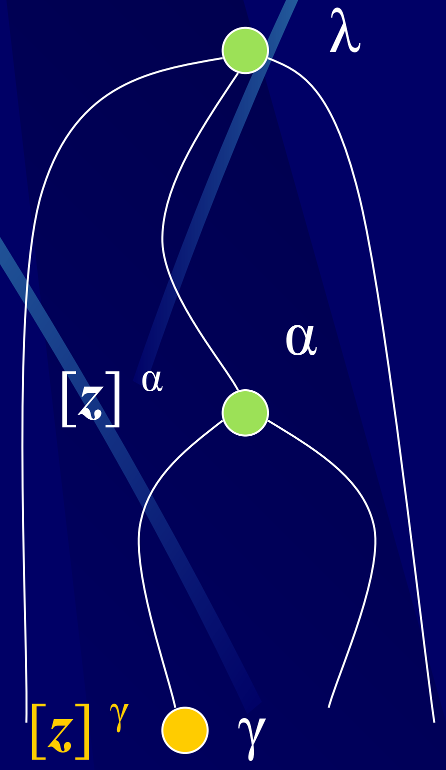
2. d – декомпозиция элементов M.

Структурные представления конфигураций

ПСП конфигураций



ПАП конфигураций



D(*z*) – все вершины
O(*z*) – **все** висячие вершины дерева

$$[z]_\alpha = \begin{cases} \psi((z_\alpha)), \text{ если } \alpha \in D(z) \setminus O(z) \\ (z)_\alpha, \text{ если } \alpha \in O(z) \end{cases}$$

$$\varepsilon((z)_\alpha) = (z_1, z_2) \begin{cases} \eta^{d}_{z_1, z_2}([z]^\alpha) = [z]_\alpha \\ \eta_0([z]^\gamma) = [z]_\gamma \end{cases}$$

3. Сравнения конфигураций

Определение **Изотонное отображение $\xi : I \to I$ называется трассированием конфигурации z_1 в конфигурацию z_2, если:**

1. $\forall\ \alpha \in \mathbf{D}(z_1)\ (\alpha \in \mathbf{D}(z_1) \setminus \mathbf{O}(z_1) \leftrightarrow \xi(\alpha) \in \mathbf{D}(z_2) \setminus \mathbf{O}(z_2))$;

2. $\forall\ \alpha, \alpha\sigma \in \mathbf{D}(z_1),\ \sigma \in \{0, 1\}\ \exists\ \beta, \gamma \in \mathbf{I}$

$$((\xi(\alpha) \subset \xi(\alpha\sigma)) \to \xi(\alpha\sigma) \subseteq \xi(\alpha)\beta\sigma\gamma).$$

Трассирования

c **- трассирования ($\beta = \gamma = \lambda$)** ***p*** **- трассирования**

Определение. Конфигурация z_1 I-трассируется в конфигурацию z_2 ($z_1 \leq_I z_2$, $I \in \{$ о, p, c, $\}$), если существует такое I трассирование $\xi : I \to I$, z_1 в z_2, что:

1. $\forall\ \alpha \in O(z_1)\ ((z_1)_\alpha\ \rho_0\ (z_2)_{\xi(\alpha)})$;
2. $\forall\ \alpha \in D(z_1) \setminus O(z_1)\ ([z_1]_\alpha\ \rho_1\ [z_2]_{\xi(\alpha)})$.

Определение. Конфигурация z_1 I–вложена, $I \in \{$ о, p, c, к $\}$, в конфигурацию z_2 ($z_1 \subseteq_I z_2$)), если

$$\exists\ z_1 \in \Delta(z_1),\ z_2 \in \Delta(z_2)\ (z_1 \leq_I z_2).$$

Определение. Конфигурации z_1 и z_2 эквивалентные в отношении I - вложения, если $z_1 \subseteq_I z_2$ и $z_2 \subseteq_I z_1$.

4. Морфизмы пространств знаний

Операции над формализованными знаниями моделируют универсальную систему этапов жизненных циклов знаний.

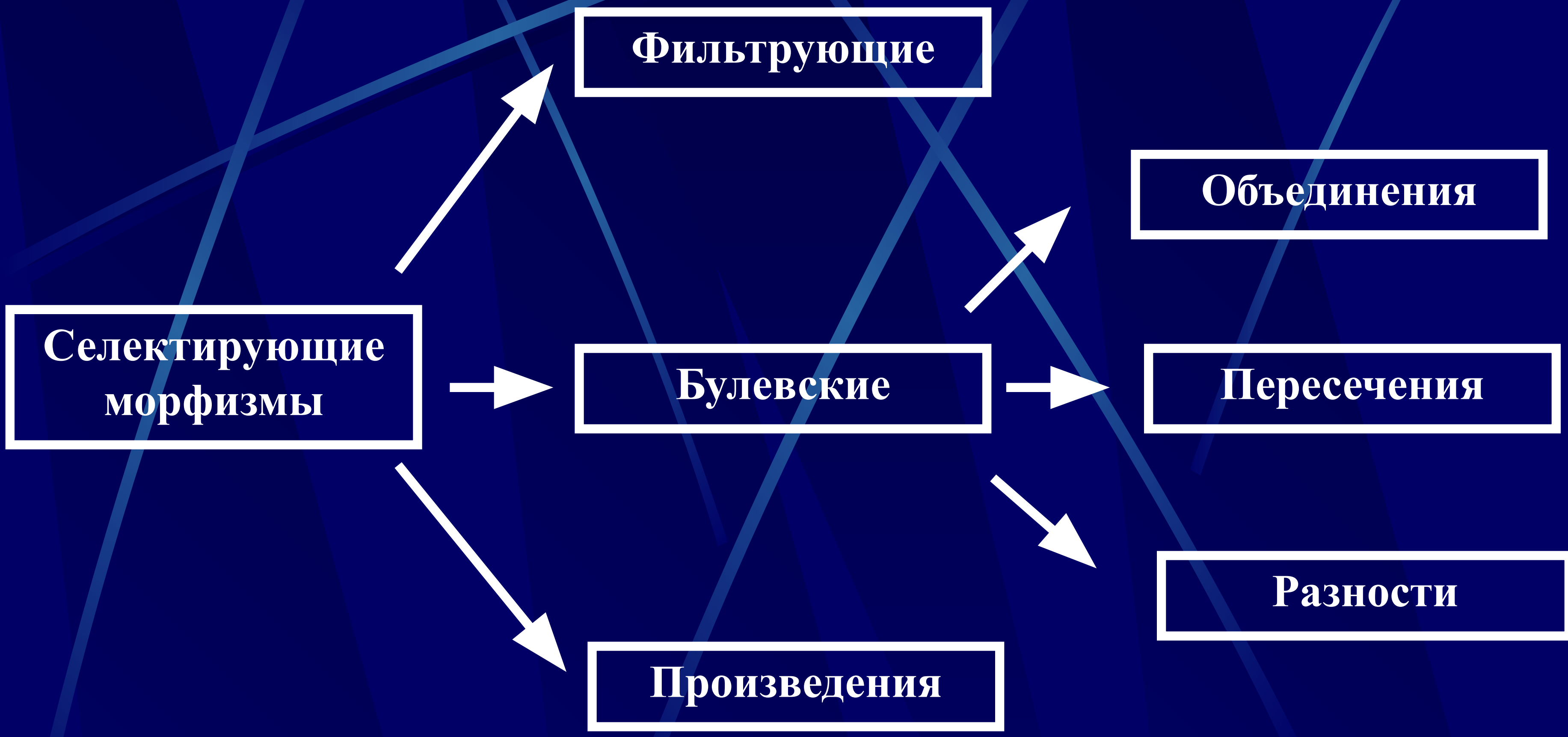
Универсальность системы операций для пространств знаний может рассматриваться в содержательном и точном смыслах. Во втором случае используются формальные критерии, позволяющие определять полную систему классов операций, согласованную с содержательными представлениями.

Одним из таких критериев является монотонность относительно трассирований или вложений.

Основные форматы операций:

$f: M^* \times M^* \to M^*$; $f: M \to M$; $f: M \to M^*$; $f: M^* \to R$

Селектирующие морфизмы



Данный класс составляют аналоги теоретико-множественных операций: морфизмы пересечения, объединения и разности, произведения и фильтры.

Морфизм μ : M* → M* называется **фильтром** , если

$\forall V_1, V_2 \in M^*(\mu(V_1 \cup V_2) = \mu(V_1) \cup \mu(V_2))$ и $\forall V \in M^*(\mu(V) \subseteq V)$

1. Морфизм μ : M*×M* → M* называется **пересечением** , если

$\forall V_1, V_2 \in M^* \; \forall V \in M^* (V \subseteq V_1 \;\&\; V \subseteq V_2 \to V \subseteq \mu(V_1, V_2))$.

2. Морфизм μ : M*×M* → M* называется **объединением** , если

$\forall V_1, V_2 \in M^* \; \forall V \in M^* ((V \subseteq V_1 \vee V \subseteq V_2) \to V \subseteq \mu(V_1, V_2))$.

3. Морфизм μ : M*×M ^{fin} → M* называется **разностью** , если

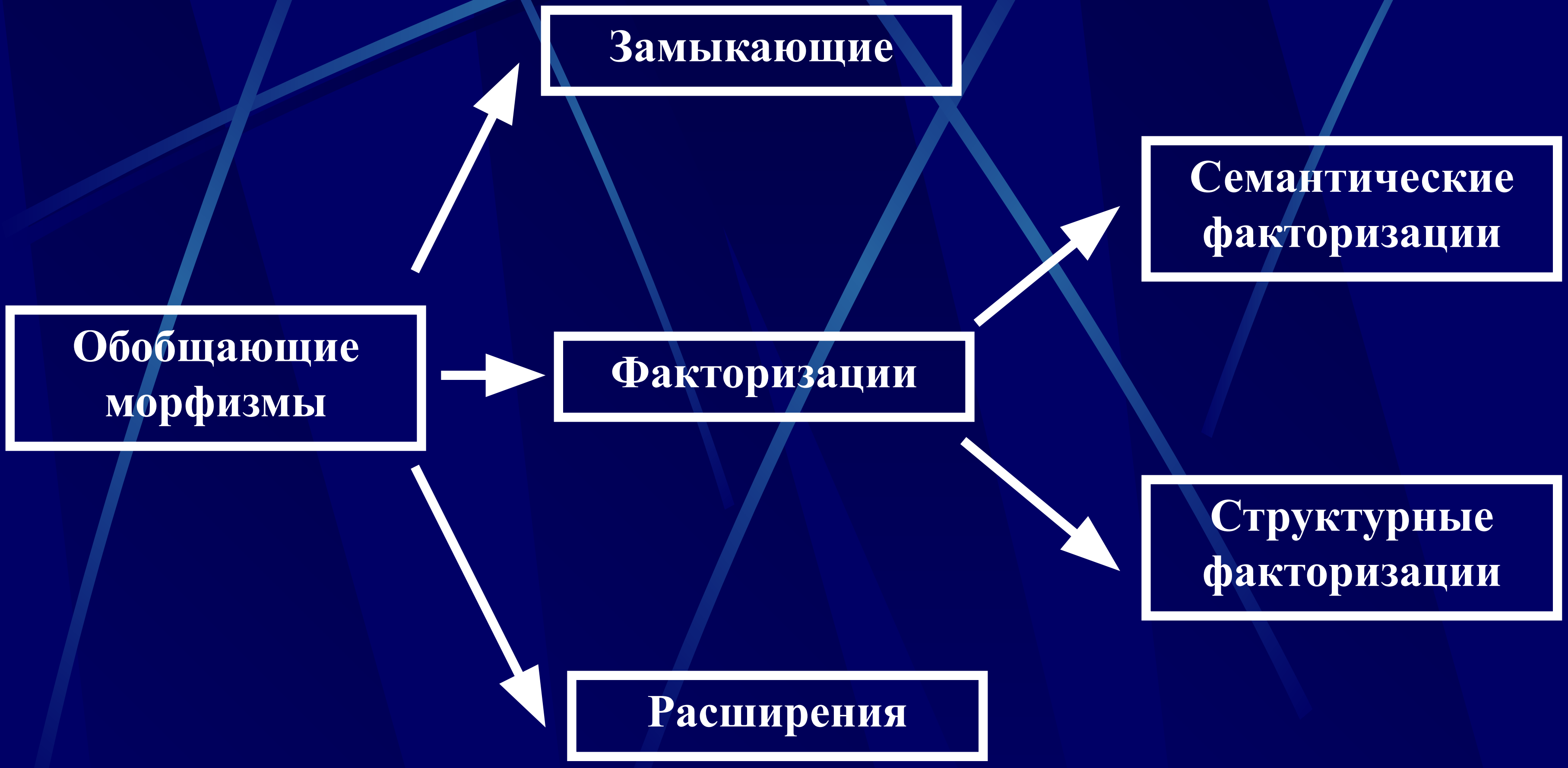
$\forall V_1, V_2 \in M^*(\mu(V_1, V_2) = \{ z \mid z \in M \;\&\; \{z\} \subseteq V_1 \;\&\; \{z\} \not\subseteq V_2 \})$

Морфизм μ : M*×M* → M* называется **произведением** , если

$\forall V_1, V_2 \in M^* \; \forall z_1 \in V_1, z_2 \in V_2 \; \exists z \in \mu(V_1, V_2) (z_1 \subseteq z \;\&\; z_2 \subseteq z)$;

$\forall V_1, V_2 \in M^* \; \exists z \in \mu(V_1, V_2) \; \exists z_1 \in V_1, z_2 \in V_2 \; (z_1 \subseteq z \;\&\; z_2 \subseteq z$

Обобщающие морфизмы



Если $V \in$ M*, то $[V]$ – множество конфигураций, к которым сходятся вычислимые подмножества V

Морфизм μ : M* → M* называется замыкающим , если

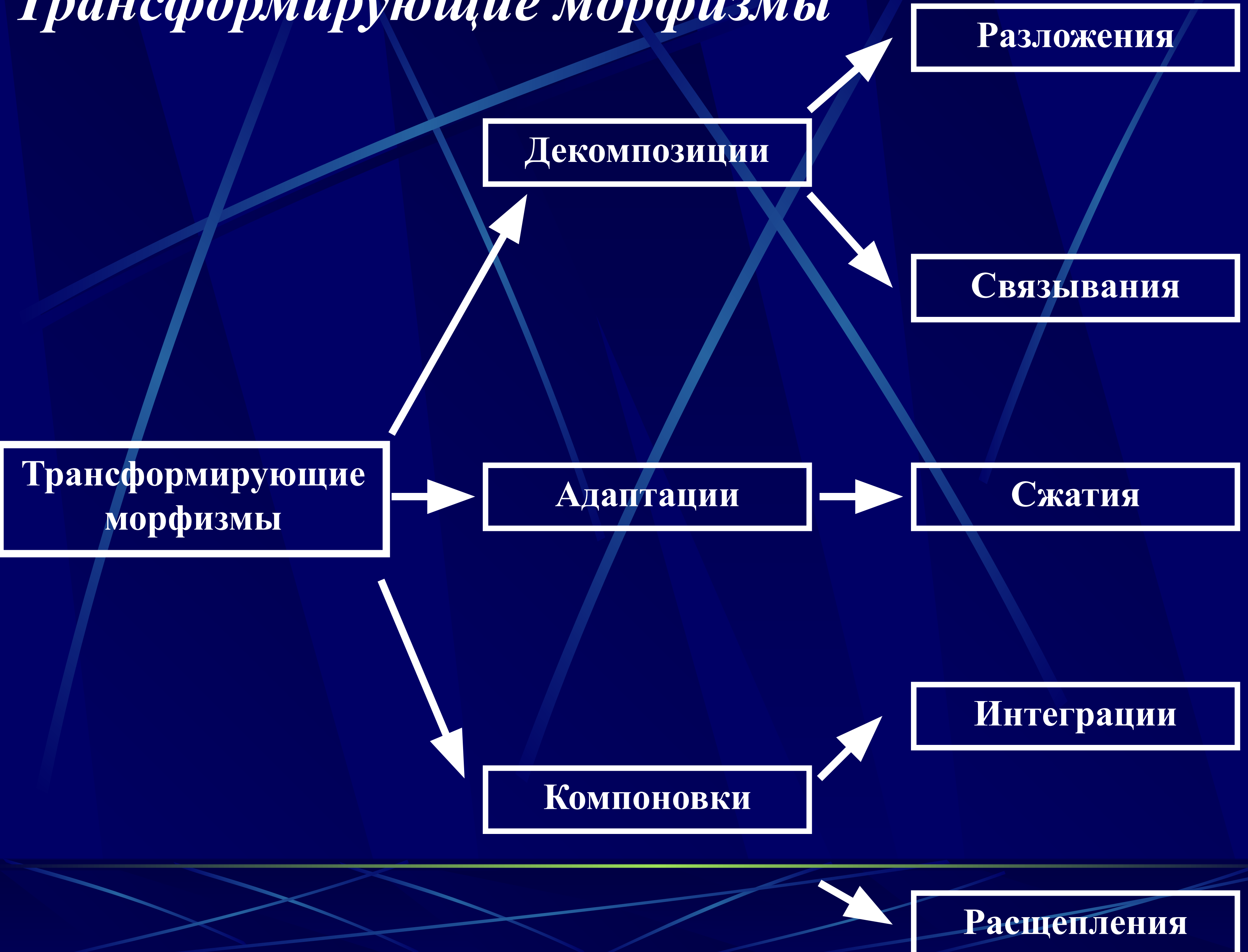
$$\forall\ V \in \mathrm{M}^*(\mu(V) \subseteq [V] \setminus V\ )$$

Морфизм μ : M* → M* называется факторизацией, если

$$\forall V \in \mathrm{M}^*\ \forall\ z \in V\ \exists\ z_1 \in \mu(V)\ (z = (z_1)_0)\ \&$$
$$\&\ \forall\ z_1 \in \mu(V)\ \exists\ z \in V\ (z = (z_1)_0)$$

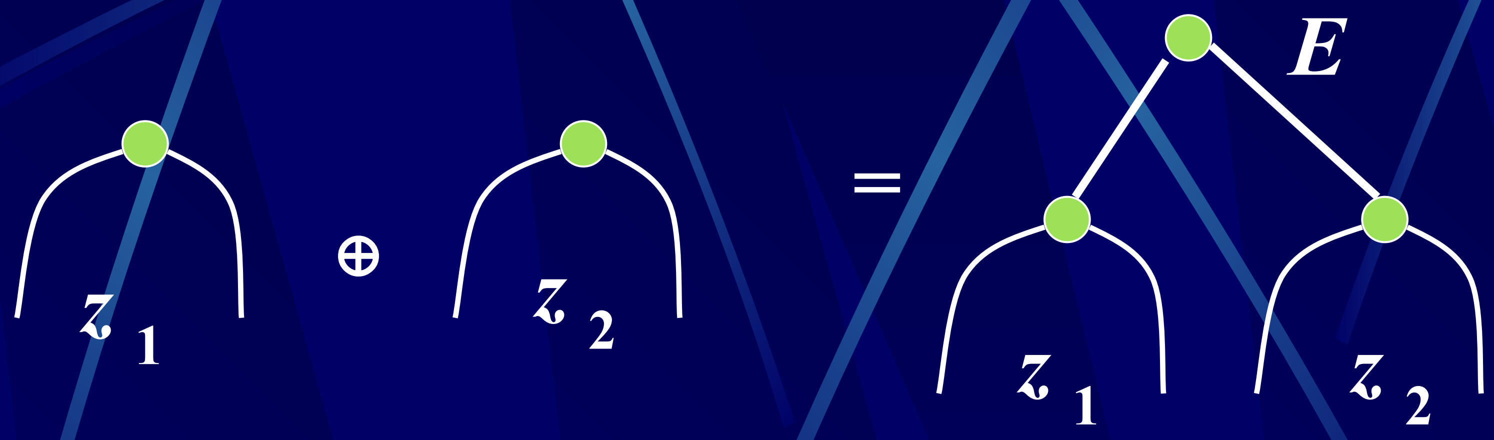
Расширением $V \in$ M* называется множество , образованное всеми такими конфигурациями, для которых существуют разбиения, составленные из конфигураций множества V.

Трансформирующие морфизмы



Биморфизмы конфигураций

Прямая сумма конфигураций $z_1 \oplus z_2$



Теорема

Если $z_1 \subseteq_o z$ **и** $z_2 \subseteq_o z$ **и** z **- неэлементарная, то** $z_1 \oplus z_2 \subseteq_o z$.

Унифицирующие биморфизмы

Определение. **Биморфизм μ называется унифицирующим, если: $\forall\, z_1, z_2 \in M\ (\mu(z_1, z_2) \subseteq_o z_1\ \&\ (\mu(z_1, z_2) \subseteq_o z_2))$.**

Отношение $\leq$ на множестве унифицирующих биморфизмов $\forall \mu_1, \mu_2\ (\mu_1 \leq \mu_2 \leftrightarrow \forall\, z_1, z_2 \in M\ (\mu_1(z_1, z_2) \subseteq_o \mu_2(z_1, z_2)))$.

Определим подкласс *s* – морфизмов.

1. **отображения трассирования тождественные для внутренних вершин ПСП конфигураций.**
2. $z_1 \subseteq_o z_2 \leftrightarrow z_1 \leq_o z_2$.

Определение. **Биморфизм $\mu : M^2 \rightarrow M$ называется *s* – биморфизмом, если**

$\forall\, z_0 \in M\ (\mu(z_0, z)$ и $\mu(z, z_0))$ - это *s* – морфизмы).

μSU – множество простых биморфизмов.

Теорема. **μms является наибольшим элементом множества (μSU, $\leq_s$).**

$R(\xi, z) = \{\alpha \mid \exists \beta \in Q(\xi, z)\ (\alpha = \xi(\beta))\}$

Эндоморфизмы конфигураций

Пусть $\xi : \mathrm{I} \rightarrow \mathrm{I}$ изотонное и выполняются условия

1. $\forall\ \alpha \in \mathrm{I}\ (\xi(\alpha) \in \mathrm{D}(z))$
2. **Если** $\{\alpha_i \mid i \in \mathrm{N}\ \&\ \alpha_1 = \lambda\ \&\ \forall j\ (|\alpha_{j+1}| = |\alpha_j| + 1)\}$ – **бесконечная последовательность, то** $\exists\ i\ (\xi(\alpha_i) \in \mathrm{O}(z))$

Определим множества:

$$\mathrm{R}(\xi, z) = \{\alpha \mid \exists\ \beta \in \mathrm{Q}(\xi, z)\ (\alpha = \xi(\beta))\};$$

$$\mathrm{Q}(\xi, z) = \{\ \alpha \mid \xi(\alpha) \in \mathrm{D}(z)\ \&\ \alpha = \beta\sigma\ \&\ \xi(\alpha) \in \mathrm{O}(z)\ \&$$
$$\xi(\alpha) \in \mathrm{D}(z) \rightarrow \xi(\beta) \in \mathrm{D}(z) \setminus \mathrm{O}(z)\ \}$$

$\mathrm{T}_p(z)$, $z \in \mathrm{M}$, **- множество изотонных отображений соответствующих определению** p **– трассирования**
$\mathrm{R}_\xi(z)$, **нагруженное бинарное дерево с вершинами создаваемое из вершин ПСП** z **области значений** ξ **.**

Теорема. **Если** $\xi \in \mathrm{T}_p(z)$ **транзитивное отображение, то** $\mathrm{R}_\xi(z)$ **образует ПСП некоторой конфигурации.**

5. Топологические свойства пространств знаний

Определение. **Вычмслмое множество конфигураций $\omega = \{ z_i \}$, $i \in$ N, s-сходится к конфигурации z если:**

1. $\forall\, i \in \mathrm{N}\ (z_i \le_o z)$;

2. $\forall\, z' \in \mathbf{M}\ (\forall\, i \in \mathrm{N}\ (z_i \le_o z') \to z \le_o z')$;

3. $\forall\, \alpha \in \mathrm{O}(z)\ ([z]_\alpha \in \mathbf{M}\,(\omega) \cup \{ \Lambda \})$;

4. $\forall\, \alpha \in \mathrm{D}(z) \setminus \mathrm{O}(z)\ ([z]_\alpha \in \mathbf{R}\,(\omega) \cup \{ E \})$.

Теорема. **Пусть $\omega_1 = \{ z^1_i \}$, $i \in$ N, и $\omega_2 = \{ z^2_i \}$, $i \in$ N, - это s-сходящиеся вычислимые множества конфигураций. Тогда вычислимые множество конфигураций $\omega_3 = \omega_1 \cup \omega_2$ также является сходящимся.**

Следствие. **Если непустое вычислимое множество $M' \subseteq \mathbf{M}$ имеет конечную верхнюю грань, то M' является s-сходящимся.**

6. Эволюции конфигураций

1. *Предназначены для моделирования процессов и жизненных циклов в пространствах знаний*;

2. *Отличаются от морфизмов зависимостью результатов от времени и порядка поступления начальных данных*;

3. *Выполняются в неограниченном дискретном времени*;

4. Группируются в системы процессов с общими механизмами построения процессов и определения их значений.

Представления процессов и их значений

$\mathbf{F} = \{ (T_\alpha, S_\alpha) \mid \alpha \in \mathbf{I}_0 \}$

T_α - оператор **перехода**

S_α **- оператор остановки**

1. Начальное данное процесса: вычислимая последовательность
$\omega = (z^*_0, t_0), \ldots, (z^*_j, t_j), \ldots$

2. Процесс для начального данного ω - последовательность пар W $= (z_0, 0), \ldots, (z_i, i), \ldots$

3. Шаг процесса $z_i \Rightarrow z_{i+1}$

$T_\alpha(z_i \oplus z^*_j) = [z_{i+1}]_\alpha$,

$S_\alpha(z_i \oplus z^*_j) \in \{0, 1, \varnothing\}$, $\alpha \in \mathbf{I}_0$, $i = 0, 1, \ldots$

4. Значение процесса W в компоненте $\alpha \in \mathbf{I}_0$

$F_\alpha(\mathbf{W}) = \{((z_i)_\alpha, i) \mid S_\alpha(z_i \oplus z^*_j) = 0 \}$,

где z^*_j **- конфигурация в** $\mathbf{I}_1$ **в момент** i

Универсальные пространства эволюций конфигураций

Определение. **Вычислимое отображение $\mu : \Omega \to \Omega$ является морфизмом эволюций конфигураций, если**

$$\forall \omega', \omega'' \in \Omega \ \forall t\, (\omega' \mid t = \omega'' \to \exists \tau\, (L(\mu(\omega'')) = L(\mu(\omega' \mid \tau))).$$

1. Θ - множество всех морфизмов эволюций конфигураций.

2. Ξ - множество всюду определённых вычислимых отображений $\xi : I_0 \to I_0$.

Определение. **Пространство эволюций конфигураций с базисом $F^u = \oplus(T^u_\alpha, S^u_\alpha)$ называется универсальным, если**

$$\forall F = (T_\alpha, S_\alpha)\ \exists \mu_F \in \Theta\ \exists \xi \in \Xi\ \forall \omega \in \Omega\ \forall \alpha \in I_0$$
$$(L(F_\alpha(\omega)) = L(F^u(\mu(\omega))_{\xi(\alpha)})).$$

Теорема. **Существует универсальное пространство эволюций конфигураций.**

Абстрактное пространство знаний

Семантическое пространство

– Алгебраическая система $\mathfrak{R} = (R, O, C)$

R – бесконечное вычислимое множество разрешимых бинарных отношений на **M**.

O, C - множества вычислимых алгебраических и логических операций на R

Пространство конфигураций

– пара $\mathsf{M} = (M, d)$, M – бесконечное вычислимое множество конфигураций

d – вычислимая декомпозиция элементов M

$d = (\varepsilon, \psi)$, $\varepsilon : M \to M \times M$ и $\psi : M \to R$ – вычислимые отображения разложения и связывания конфигураций

Пространство эволюций конфигураций

- Вычислимое семейство последовательностей конфигураций, порождаемых операторами перехода и остановки некоторого базиса

$$F = \bigoplus_{\alpha \in I_0} (T_\alpha, S_\alpha)$$

Пространство структур эволюций конфигураций

Пространство структур конфигураций

- Алгебраическая система $\Sigma = (\Omega, O)$

Ω - множество структур

O - множество вычислимых операций формирования структур

7. Язык и Технология пространств знаний

a. Операции конструирования и трансформации моделей пространств знаний

b. Форматы описаний компонентов пространств знаний

Элементы языка моделирования пространств знаний *KML*

Операции конструирования и трансформации пространств знаний

Модели компонентов пространств знаний представляются формальными системами вида $\Sigma = (T, F, P)$

T, F, P - системы классов данных, морфизмов и предикатов структурированных отношениями вложения и агрегирования

Свойства классов представляются формализованными описаниями специальной структуры.

***Базовые операции на множестве формальных моделей*:**

1. Интеграция – расщепление

2 Гомоморфное расширение – гомоморфное вложение

Унифицированная формальная модель

Σ

Формальная модель

$=$

$$T = \{t_1, \ldots, t_m, \ldots\}$$

Множество данных

$$F = \{f_i^j(x_1, \ldots, x_j) \mid i, j \in \mathbf{N}\}$$

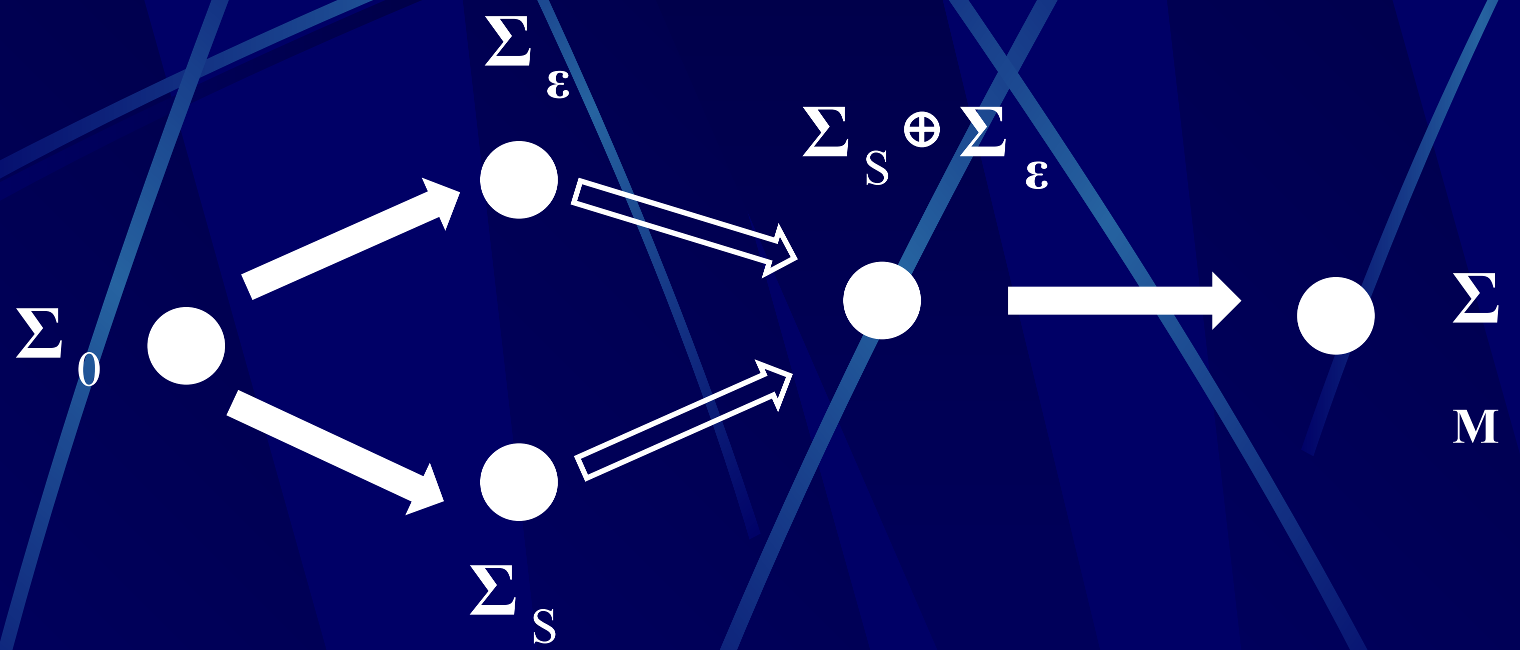
Множество морфизмов

$$P = \{p_i^j(x_1, \ldots, x_j) \mid i, j \in N\}$$

Множество предикатов

На множествах T, F и P определены вычислимые семейства классов CT, CF и CP, содержащих все элементы данных множеств. Такие семейства структурированы разрешимыми отношениями вложения и агрегирования классов, обозначаемыми в виде $\subseteq$ и [illegible].

Диаграмма процесса построения формальной модели абстрактного пространства знаний



Σ_0 – базовая модель

Σ_S – семантическое пространство

Σ_ε – множество конфигураций с операцией разложения

Σ_M – пространство конфигураций

Гомоморфные вложения формальных моделей

1. Соответствие классов (данных, морфизмов, предикатов)

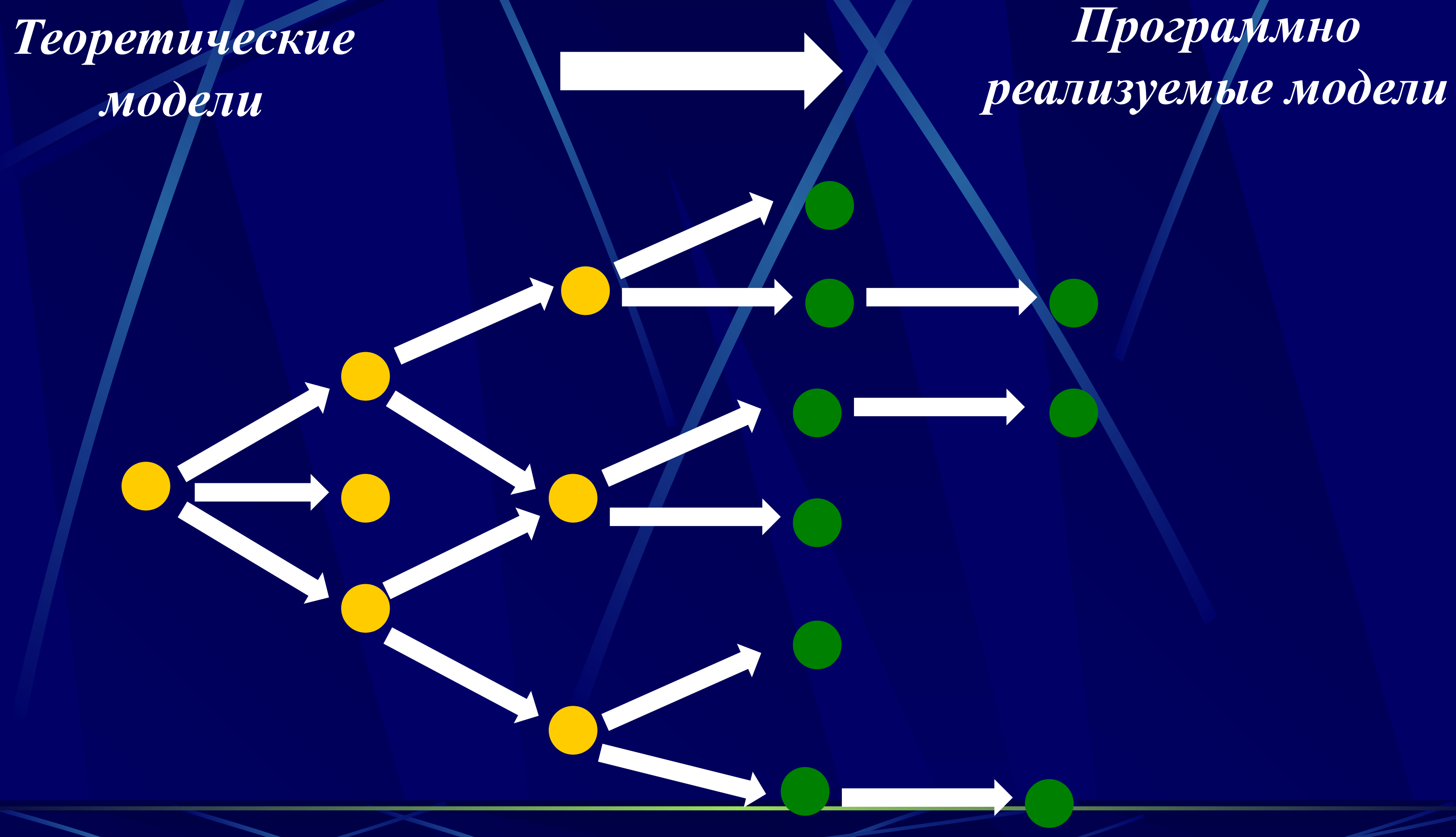
$$\begin{tikzcd} p(x_1, \ldots, x_n) & & & f(x_1, \ldots, x_n) \\ \pi(y_1, \ldots, y_m) \arrow[u] & & & \phi(y_1, \ldots, y_m) \arrow[u] \end{tikzcd}$$

2. Сохранение значений

$$h_f f(x_1, \ldots, x_n) = \phi(\xi_1(x_1, \ldots, x_n), \ldots, \xi_m(x_1, \ldots, x_n))$$

$$p(x_1, \ldots, x_n) = \pi(\eta_1(x_1, \ldots, x_n), \ldots, \eta_m(x_1, \ldots, x_n))$$

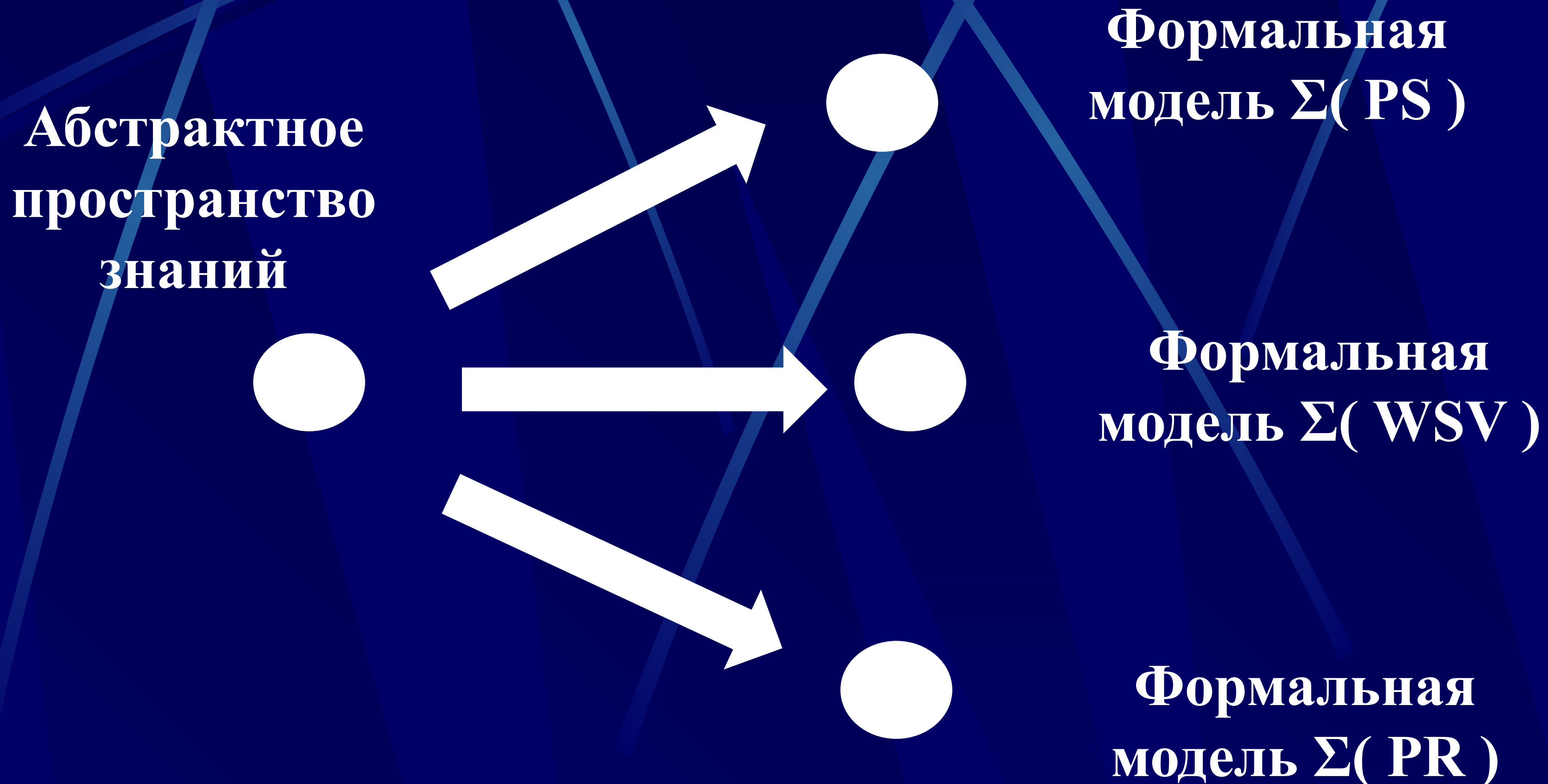
Диаграмма трансформаций моделей интеллектуальных систем и их программных реализаций



Язык моделирования пространств знаний

KML

Модели апробации, расширения и уточнения языка



Диаграммы классов объектов абстрактного пространства знаний

1

$$\mathbf{M}_1 \qquad \{\bot\}$$

$$\mathbf{M}^{fin} \subseteq \mathbf{M}^* \rhd \mathbf{M} \quad \lhd [\mathbf{M}] \rhd \mathbf{R} \quad \lhd \mathbf{R}^* \; \{\lambda\} \subseteq \mathbf{I} \quad \mathbf{N}$$

$$\triangle \qquad \mathbf{M}_0 \supseteq \{\Lambda\} \qquad \{\mathrm{T}\}$$

$$\mathbf{M} \times \mathbf{M}$$

2

$$\mathbf{F}_{Gen}.Fact \qquad \mathbf{F}_{Gen}.Cl \qquad \mathbf{F}_{Gen}.Ex$$

$$\mathbf{F}_{Gen}$$

$$\{\mathbf{d}\} \quad \rhd \{\varepsilon\} \quad \rhd \{\psi\} \qquad \mathbf{F}_{M} \subseteq \mathbf{F}_{Tr} \supset \quad \mathbf{F}_{Tr}.Adapt \quad \mathbf{F}_{Tr}.DeComp \quad \mathbf{F}_{Tr}.Comp$$

$$\mathbf{F}_{Sel}$$

$$\mathbf{F}_{S}.Filtr \qquad \mathbf{F}_{S}.Boolean \qquad \mathbf{F}_{S}.Prod$$

3

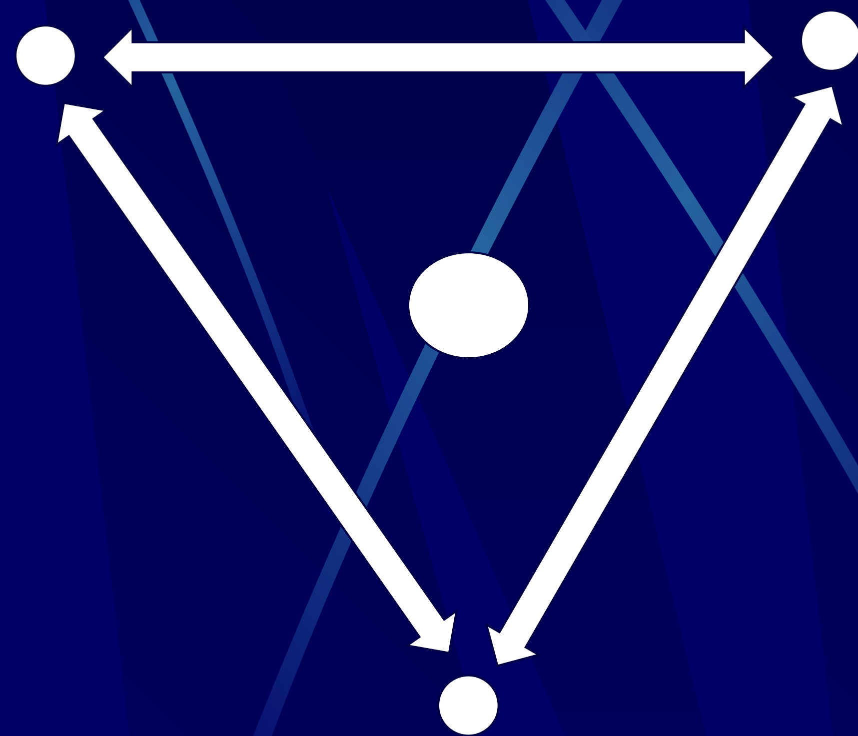
$$\{\subseteq\} \qquad \{PTr\} \qquad \mathbf{PConv} \qquad \mathbf{Part}$$

$$\{\rho_0\} \qquad \{Tr\} \qquad \{CTr\} \qquad \triangle$$

$$\{\rho_1\} \qquad \{OTr\} \qquad \mathbf{PSConv} \qquad \mathbf{ITrass}$$

Унифицированная структура определений элементов абстрактного пространства знаний

DF-section



DP-section

1. Диаграмма классов
2. Описания классов

DT-section

Описание класса:

(● ; ● ; ● ; ●)

имя формати свойства алгоритмы

Примеры описаний классов

1. **Класс данных Класс конфигураций**

   $(M;\ \{z_i \mid i \in N\};\ \Lambda \in M;\ G(M),\ D(M))$.

2. **Класс данных Семантическое пространство**

   $(R;\{r_i \mid i \in N\ \&\ r_i \in (M \times M)^*\};\ E \in R,\ T \in R;\ G(R),\ D(R))$.

3. **Класс данных Семейство параметризованных классов вершин ПСП конфигураций**

   $(D(z);\ \{\alpha \mid z \in M\ \&\ \alpha = \lambda \vee \alpha = \beta\sigma\ \&\ \beta \in I\ \&\ \sigma \in \{0,1\}\ \&\ \varepsilon((z)_\beta) \neq (\Lambda, \Lambda)\};$

   $G(D(z)),\ D(D(z)))$.

4. **Класс морфизмов Каноническое разложение конфигураций**

   $(\{\varepsilon\};\ \varepsilon: M \to M \times M;\ \varepsilon(\Lambda) = (\Lambda, \Lambda);\ G(\{\varepsilon\})$.

5. **Класс морфизмов Каноническое семантическое связывание}**

   $(\{\psi\};\ \varepsilon: M \to R;\ \forall z \in M\ (\varepsilon(z) = (z_1, z_2)\ \&\ z_1 \neq \Lambda \vee z_2 \neq \Lambda) \to \varepsilon(z) \in \psi(z)),$

   $\forall r \in R\ \forall z_1, z_2 \in M\ \exists!\ z \in M(\varepsilon(z) = (z_1, z_2)\ \&\ \varepsilon(z) \in \psi(z))$

   $;G(\{\psi\})$.

6. **Класс Предикатов Вложение двоичных наборов**

Общая структура описаний

Section <*имя раздела*> begin
Subsection *Basic* begin

Subsection *Basic* end
Subsection *Special* begin

Subsection *Special* end
Subsection *Universal* begin

Subsection *Universal* end
Section <*имя раздела* > end

Разделы описаний:
Section DT – *классы данных*
Section DF – *классы морфизмов*
Section DP – *классы предикатов*

XML –структура пространства знаний (1)

```
<ksml version="0.1" date="01.11.2011" name="...">

<metadata>
  <kslink xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"/>
  <kstypes>
    <kstype type="base" id="1">Данные</kstype>
    <kstype type="base" id="2">Морфизмы</kstype>
    <kstype type="base" id="3">Предикаты</kstype>
    <kstype type="role" id="4">Общие</kstype>
    <kstype type="role" id="5">Специальные</kstype>
  <kstypes/>
  <ksrelations>
    <ksrelation type="base" id="1" img="...">Включение</ksrelation>
    <ksrelation type="base" id="1" img="...">Агрегирование</ksrelation>
  </ksrelations>
  <ksinfo>
    <author>...</author>
    <comment>...</comment>
    ...
  </ksinfo>
  <ksstat sect_cnt="..." class_cnt="..." dia_cnt="..."/>
</metadata>
```

XML –структура пространства знаний (2)

```
  <section id='...' name='...' type='...'>
    <section id='...' name='...' type='...'>
      ...
    </section>
    <section id='...' name='...' type='...'>
      ...
    </section>
    <!--определения классов...-->
    <class id='...'>
      <classnames>
        <classname>...</classname>
        ...
      </classnames>
      <classformats>
        <classformat type='...'>
          ...
        </classformat>
        ...
      </classformats>
      <classprops>
        <classproperty type='...'>
          ...
        </classproperty>
        ...
      </classprops>
      <classalgs>
        <classalgorithm type='...'>
          ...
        </classalgorithm>
      </classalgs>
    </class>
  </section>
</structure>
```

```
<diagrams>
  <diag id='...' type='...' name='...'>
    <diaglinks>
      <diaglink id1='...' id2='...' type='...'/>
      ...
    </diaglinks>
    <diagvisual type='...'>
      ...
    </diagvisual>
    <subdiags>
      <subdiag classid='...' diagid='...'/>
    </subdiags>
  </diag>
</diagrams>
```

Элементы языка описания компонентов цифрового пространства знаний

<Раздел> = "section" <Имя раздела> "begin"
{ <Определение класса> | <Подраздел> }
"section" <Имя раздела> "end" .

<Подраздел> = "subsection" <Имя подраздела> "begin"
{ <Определение класса> | <Подраздел> }
"subsection" <Имя подраздела> "end" .

<Определение класса> = <Идентификатор класса>
"{" <Описание класса> "}"
"(" <Ns> [";" <Fs>] [";" <Ps>] [";" <As>] ")." .

Классы модели пространства знаний

<Ns> = <Имя класса> { "=" <Имя класса> } .

<Имя класса> = (<Имя> { "×" <Имя> })

| <Имя с параметром>

| <Имя одноэлементного класса> .

- < Имя > = $\langle\text{Слово}\rangle^{[\ \langle\text{Слово}\rangle\ |\ \text{"*"}\ |\ \langle\text{Число}\rangle\ ]}_{[\ \langle\text{Слово}\rangle\ |\ \langle\text{Число}\rangle\ ]}$.
- <Имя с параметром> = <Имя> "(" < Имя переменной> { "," < Имя переменной> } ")" .
- <Имя одноэлементного класса> = "{" <Имя> "}" | "{" <Специальное имя> "}" .

Область форматов

<Формат множества> = <Формат множества_Перечисление>
| <Формат множества_Характеристический предикат> .

<Формат множества_ Перечисление> =
"{" <Имя переменной> { (","<Имя переменной>) | ",…" } "}" .

<Формат множества_ Характеристический предикат> =
"{" <Имя переменной> (":" | "|") <Формула> "}".

<Формат морфизма> = <Имя морфизма> ":"
<Имя класса> { "×" <Имя класса> } "→ "
<Имя класса> { "×" <Имя класса> } .

<Формат предиката> = <Имя предиката >
"(" <Имя класса> { "," <Имя класса> } ")" .

Область имен формального определения класса

<Ns> = <Имя класса> { "=" <Имя класса> } .

<Имя класса> = (<Имя> { "×" <Имя> })

| <Имя с параметром>

| <Имя одноэлементного класса> .

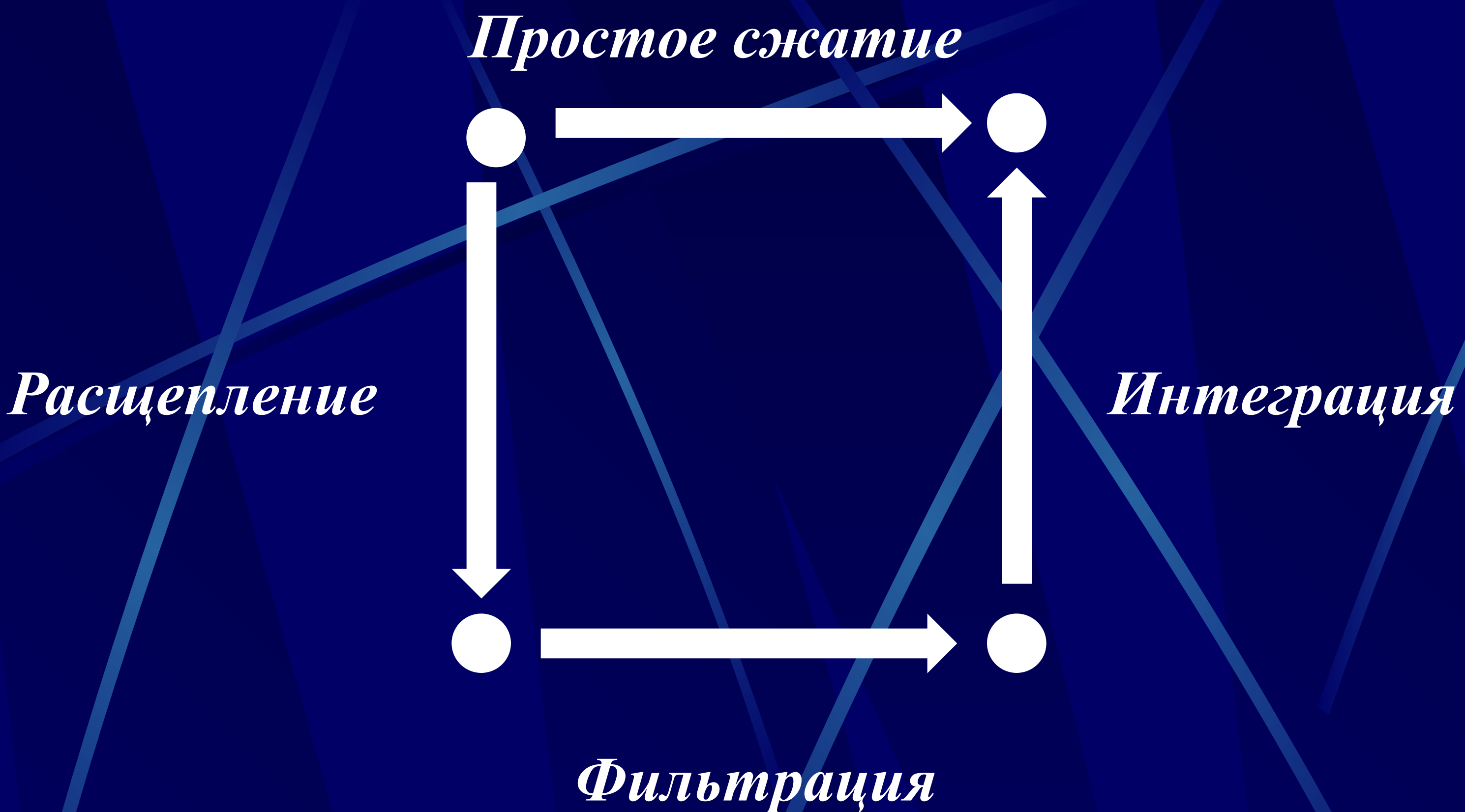
< Имя > = <Слово> $^{[\ \langle \text{Слово} \rangle\ |\ "*"\ |\ \langle \text{Число} \rangle\ ]}_{[\ \langle \text{Слово} \rangle\ |\ \langle \text{Число} \rangle\ ]}$.

<Имя с параметром> = <Имя>

"(" < Имя переменной> { "," < Имя переменной> } ")" .

<Имя одноэлементного класса> = "{" <Имя> "}"

| "{" <Специальное имя> "}" .



Операции унифицированной технологии построения цифровых пространств знаний

Костенко Константин Иванович

Кубанский государственный университет

kostenko@kubsu.ru