

УДК 678.028

## **ПРОЕКТИВНЫЕ МОРФОЛОГИИ В ЗАДАЧЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕРОПЕРАБИЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ВУЗА**

**В. С. Белов**

**Псковский государственный политехнический институт**

Получена 13 июля 2011 г.

**Аннотация.** Описан формализм проективной морфологии информатизации, позволяющий с единых позиций описывать и разрабатывать базовые аспекты информатизации вузовского учебного процесса в соответствии с предписаниями образовательных стандартов высшего профессионального образования. Рассмотрены алгебраические основы проективного формализма. Определены схемы морфологического разложения предписания на информатизацию по структурному базису его примитивов или по базису ресурсных примитивов интероперабельной инфраструктуры. Изложены методы построения проективного векторного пространства разложений предписаний на информатизацию, позволяющего максимально эффективизировать процесс структурного сравнения предписания и его проекции на множестве инфраструктур.

**Ключевые слова:** учебный процесс, информатизация, образовательные стандарты, предписание на информатизацию, интероперабельная инфраструктура информатизации, проективная морфология информатизации, проектор, морфологическое разложение, коэффициент морфологической корреляции, морфологическая эквивалентность.

**Abstract.** The formalism of projective morphology of the information is described, allowing from uniform positions to describe and develop base aspects of information of high school educational process according to the instruction of educational standards of the higher vocational training. Algebraic bases of a projective formalism are considered. Schemes of morphological decomposition of the instruction on informa-

tion on structural basis of its primitive things or on basis of resource primitive things interoperable infrastructures are defined. Methods of construction of projective vector space of decomposition of instructions on the information are stated, allowing as much as possible to improve efficiency of process of structural comparison of the instruction and its projection on set of infrastructures.

**Key words:** educational process, information, educational standards, the instruction on information, interoperable an information infrastructure, projective morphology of information, a projector, morphological decomposition, factor of morphological correlation, morphological equivalence.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Традиционная техника определения состава и способов объединения технических средств, системно-операционных и программно-технологических компонентов в информационно-образовательную среду вуза основана на классических схемах проектирования корпоративных предметно-ориентированных информационных систем. Подобные механизмы используют методы *СТРУКТУРИЗАЦИИ (ДЕКОМПОЗИЦИИ)* [1,2,3], позволяющие расчлнить большую начальную неопределенность на более обозримые части; методики *ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА* [1,4,5], обеспечивающие получение оценок степени влияния проекта или его компонент на реализацию требований заказчика; а также способы *КОМПЛЕКТОВАНИЯ, АГРЕГИРОВАНИЯ, ИНТЕГРИРОВАНИЯ, КООПЕРИРОВАНИЯ* [3,6,7] составных частей системы в комплексное многокомпонентное разнородное образование, обладающее требуемыми информационными, системными, техническими, организационными и иными свойствами. Такая техника получила название «*СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ*» [6,8,9] и в настоящее время она является наиболее изученной и используемой практически во всех областях науки и техники.

Системное проектирование является, по сути своей, методологией разработки сложных систем, исповедующей *АКСИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД* [10]

конструирования объекта по схеме «*СВЕРХУ-ВНИЗ*», при котором сначала определяются цели его создания, дается содержательное описание разрабатываемого объекта, далее осуществляется формализация задачи проектирования, проводится исследование ее разрешимости, устанавливаются способы и алгоритмы решения проектной задачи, наконец, выполняется реализация проекта, анализ и использование полученных результатов. Однако применительно к разработке корпоративных интероперабельных информационно-образовательных сред вузов, ориентированных на скоординированную и согласованную организацию информационного обеспечения и поддержки вузовского учебного процесса, методология системного проектирования информационных инфраструктур, обладая рядом несомненных достоинств, тем не менее, оказывается чрезмерно *ДЕТАЛИЗИРОВАННОЙ, МАТЕРИАЛЬНО-ЗАТРАТНОЙ* и «*ВРЕМЯЕМКОЙ*». Кроме того, большинство реализованных проектов по информатизации высшего образования, как правило, рассматривали вопросы информационного обеспечения и поддержки образовательной деятельности как часть более общей задачи автоматизации и информатизации процесса функционирования высшего учебного заведения в целом, не акцентируя при этом в явном виде соблюдение требований Государственных (Федеральных государственных) образовательных стандартов высшего профессионального образования (ГОС ВПО или ФГОС ВПО) в инфраструктуре информатизации учебного процесса.

Существующие методики сопоставления исходных предписаний заказчика на информатизацию конкретных функций и видов деятельности в организации с реальными возможностями, предоставляемыми информационной инфраструктурой ее корпоративной информационной системы, отражают, как правило, *АПОСТЕРИОРНЫЕ КРИТЕРИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ* решения задач сравнения, используя при этом в качестве критериев разнообразные показатели прагматической, технико-эксплуатационной, экономической эффективности [11]. Все это в полной мере следует отнести и к выполнению процедур содержательного сравнения предписаний на информатизацию учебного

процесса вуза и реальной *ДИДАКТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ* [12,13] информационной инфраструктуры поддержки и обеспечения вузовского учебного процесса.

Заметим, что обобщенно процедуру синтеза интероперабельной в учебно-методическом, учебно-организационном, функционально-семантическом, административно-процессуальном плане инфраструктуры информатизации процесса обучения студентов можно трактовать как операцию отображения предписания ГОС (ФГОС) ВПО на совокупность инфраструктурных вариантов информатизации учебного процесса. Подобное отображение представляет собой задачу преобразования входной информации, в качестве которой уместно рассматривать некоторые параметры, характеристики или признаки образа информационной инфраструктуры, изложенные в предписании, в выходную, представляющую собой заключение о том, какой вариант интероперабельной инфраструктуры информатизации соответствует исходному ее образу. В таком толковании множество предписаний на информатизацию есть *МНОЖЕСТВО ИСХОДНЫХ ОБРАЗОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ*, множество инфраструктурных альтернатив – *МНОЖЕСТВО МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНФРАСТРУКТУР* или просто *МНОЖЕСТВО ИНФРАСТРУКТУР*, а процесс проецирования предписания на это множество имеет смысл *ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗА НА МОДЕЛЬ*.

В данной статье приведены основы математического формализма *ПРОЕКТИВНОЙ МОРФОЛОГИИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ*, позволяющей с единых позиций описывать и разрабатывать такие базовые аспекты информатизации учебного процесса вуза как проецирование предписаний на информатизацию на множество информационных инфраструктур, разложение предписания по базису предписания или инфраструктуры, структурное сравнение предписаний и инфраструктурных отображений, классификация предписаний на информатизацию, установление эквивалентности вариантов инфраструктур и т.д.

## 2. ПРОЕКТИВНОЕ ПРОСТРАНСТВО ПРЕДПИСАНИЙ НА ИНФОРМАТИЗАЦИЮ

Положим, что на основании ГОС (ФГОС) ВПО сформировано множество требований  $\bar{\Omega}$  на информатизацию учебного процесса по реализуемым в вузе образовательным программам ВПО. Зададим на множестве  $\bar{\Omega}$  два сорта элементов: *СКАЛЯРЫ*  $\psi_S \in \Omega_\Psi$  и *ПРЕДПИСАНИЯ*  $S_{ГОС}^{(i)} \in \Omega_S$ . На множестве скаляров  $\Omega_\Psi \subseteq \bar{\Omega}$  определим две операции – умножение ( $\bullet$ ) и объединение ( $\cup$ ). Умножение определяет на  $\Omega_\Psi$  группу с 1, объединение – полугруппу с 0. Предписания принимают значения на множестве *ИСХОДНЫХ ПРЕДПИСАНИЙ*  $\Omega_S \subseteq \bar{\Omega}$  – *ИСХОДНЫХ ОБРАЗОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ*, на котором также определим следующие операции: сложение ( $+$ ), обратную ей операцию вычитания (взятия разности ( $-$ )) и объединения ( $\cup$ ), задающую на  $\Omega_S$  полугруппу с «нулевым образом»  $\emptyset$ . Кроме того, на множестве  $\Omega_S$  определим норму предписания  $\|S_{ГОС}^{(i)}\|$ , причем норма разности двух образов обладает свойствами *расстояния*:

$$\begin{aligned} \forall S_{ГОС}^{(A)}, S_{ГОС}^{(B)}, S_{ГОС}^{(C)} \in \Omega_S: \|S_{ГОС}^{(A)} - S_{ГОС}^{(B)}\| \geq 0, \|S_{ГОС}^{(A)} - S_{ГОС}^{(A)}\| = 0, \\ \|S_{ГОС}^{(A)} - S_{ГОС}^{(B)}\| + \|S_{ГОС}^{(B)} - S_{ГОС}^{(C)}\| \geq \|S_{ГОС}^{(A)} - S_{ГОС}^{(C)}\|. \end{aligned} \quad (1)$$

Пусть теперь операция умножения предписания на скаляр определена таким образом, что выполняются следующие свойства линейной комбинации образов [14]:

$$\begin{aligned} aS_{ГОС}^{(A)} = S_{ГОС}^{(A)}a \in \Omega_S, (ab)S_{ГОС}^{(A)} = a(bS_{ГОС}^{(A)}), S_{ГОС}^{(A)} \bullet 1 = S_{ГОС}^{(A)}, \\ S_{ГОС}^{(A)} \bullet 0 = \emptyset, a \bullet \emptyset = \emptyset, \|aS_{ГОС}^{(A)}\| = |a| \bullet \|S_{ГОС}^{(A)}\|, \\ S_{ГОС}^{(A)}(b \cup c) = (S_{ГОС}^{(A)}b) \cup (S_{ГОС}^{(A)}c), a(S_{ГОС}^{(B)} \cup S_{ГОС}^{(C)}) = (aS_{ГОС}^{(B)}) \cup (aS_{ГОС}^{(C)}), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $0, 1, a, b, c \in \Omega_\Psi; S_{ГОС}^{(A)}, S_{ГОС}^{(B)}, S_{ГОС}^{(C)}, \emptyset \in \Omega_S$ .

Введем на  $\Omega_S$  *ОПЕРАТОР ПРОЕКЦИИ ПРЕДПИСАНИЯ*  $Pr^S$  такой, что:

$$\forall S_{ГОС}^{(A)} \in \Omega_S: Pr^S(S_{ГОС}^{(A)}) \in \Omega_S, Pr^S(\emptyset) = \emptyset, Pr^S(S_{ГОС}^{(A)}) = Pr^S(Pr^S(S_{ГОС}^{(A)})). \quad (3)$$

Положим, что операция проектирования  $\text{Pr}^S$  выполняется на  $\Omega_S$ . Тогда в силу свойств (2) и определения (3) оператор  $\text{Pr}^S$  ставит любому предписанию из  $\Omega_S$  в соответствие другое предписание из  $\Omega_S$ , т.е.  $\text{Pr}^S$  имеет смысл

**ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПИСАНИЯ НА ПРЕДПИСАНИЕ:**

$$\text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Omega_S) = \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \quad (4)$$

которое обладает следующими свойствами:

$$\begin{aligned} \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) &\in \Omega_S, \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = \text{Pr}^S(\text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \\ \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) &= \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \emptyset) = \emptyset, \text{Pr}^S(\emptyset, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = \emptyset, \\ \text{Pr}^S(a \bullet \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) &= a \bullet \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \forall a \neq 0: \\ \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, a \bullet \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) &= \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \end{aligned} \quad (5)$$

при этом  $a \in \Omega_\Psi; \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \emptyset \in \Omega_S$ .

В общем случае оператор  $\text{Pr}^S$  асимметричен, т.к. в нем  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \not\cong \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}$ .

Для решения задачи сопоставления исходного предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  с его отображением на  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}$ , заданным неявно при помощи оператора  $\text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)})$ , определим проектор  $\text{Pr}^S$  как:

$$\text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) \bullet \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \quad (6)$$

где  $r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)})$  – коэффициент **СТРУКТУРНО-ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ИСХОДНОГО ПРЕДПИСАНИЯ И ЕГО ПРОЕКЦИИ**, удовлетворяющий свойствам:

$$\begin{aligned} r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) &= 1, r^S(\emptyset, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = 0, r^S(\alpha \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = \alpha \bullet r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \\ r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \alpha \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) &= r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) / \alpha, \end{aligned} \quad (7)$$

при этом  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \emptyset \in \Omega_S; r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \alpha \in \Omega_\Psi$ .

Здесь **СТРУКТУРНО-КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ**

$$r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}): \Omega_S \times \Omega_S \rightarrow \Omega_\Psi, \quad (8)$$

задает в явном виде систему парных отношений *СТРУКТУРНОГО СХОДСТВА* или *СТРУКТУРНОЙ БЛИЗОСТИ* предписаний, которая отражает в каждом конкретном случае *СЕМАНТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА* предписаний на информатизацию учебного процесса вуза. Тогда в качестве *МЕРЫ БЛИЗОСТИ* двух предписаний можно ввести стандартную характеристику, инвариантную к линейному преобразованию вида «умножение на скаляр», – *НОРМИРОВАННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ИСХОДНОГО ПРЕДПИСАНИЯ С ЕГО ОТОБРАЖЕНИЕМ*:

$$K_s(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = \frac{\|\text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)})\|}{\|\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}\| \cdot \|\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}\|} = \frac{\|r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)})\|}{\|\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}\|}, \quad (9)$$

со следующими стандартными свойствами:

$$\forall \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_s: 0 \leq K_s(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) \leq 1, K_s(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = 1,$$

$$K_s(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = 0 \Leftrightarrow \text{Pr}^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = \emptyset.$$

Таким образом, множество  $\bar{\Omega} = \langle \Omega_\Psi, \Omega_s \rangle$  можно охарактеризовать как замкнутое относительно перечисленных операций с предписаниями и скалярами *НОРМИРОВАННОЕ ПРОСТРАНСТВО*, на котором определен проектор  $\text{Pr}^S$  предписаний на информатизацию. Такое пространство можно назвать *ПРОЕКТИВНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ПРЕДПИСАНИЙ НА ИНФОРМАТИЗАЦИЮ*  $\bar{\Omega}$ .

### 3. ПРОСТРАНСТВО РАЗЛОЖЕНИЙ ПРОЕКТИВНОЙ МОРФОЛОГИИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Зададим некоторое произвольное множество  $\Theta_s = \{\theta_{s,1}, \theta_{s,2}, \dots, \theta_{s,n}\} \subseteq \Omega_s$  компонентов, из которых создается затем предписание на информатизацию. Благодаря свойствам линейной комбинации образов (2) операции объединения образов и умножения на скаляр образуют над этим множеством замкнутое линейное подпространство  $\Theta_s \subseteq \Omega_s$ , причем такое, что любое предписание, принадлежащее этому подпространству, можно представить в форме

$$\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} = \bigcup_{k=1}^n (a_{s,k} \theta_{s,k}), \quad (10)$$

где  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  – описываемое структурированное предписание;  $\Theta_s = \{\theta_{s,k}\}$  – множество входящих в предписание *СТРУКТУРНЫХ ПРИМИТИВОВ*;  $a_s = \{a_{s,k}\}$  – вектор *ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОМПОНЕНТОВ ПРЕДПИСАНИЯ*, характеризующих степень связи или способ вхождения примитивов из  $\Theta_s$  в предписание  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$ ;  $n$  – число компонент, входящих в данную модель предписания.

Если любые два примитива из подмножества  $\Theta_s$  являются линейно независимыми, т.е.

$$\forall \theta_{s,i}, \theta_{s,j} \in \Theta_s, i \neq j: \forall \alpha \in \Omega_\Psi: \theta_{s,i} \neq \alpha \theta_{s,j}, \quad (11)$$

то множество  $\Theta_s$  есть *СТРУКТУРНЫЙ БАЗИС ПРЕДПИСАНИЯ*, его элементы  $\langle \theta_{s,1}, \theta_{s,2}, \dots, \theta_{s,n} \rangle$  – *СТРУКТУРНЫЕ ПРИМИТИВЫ*, а количество структурных примитивов  $n$  – *РАЗМЕРНОСТЬ БАЗИСА*.

Определим теперь *ПРОЕКЦИЮ ПРЕДПИСАНИЯ НА ПОДПРОСТРАНСТВО*  $\Theta_s \subseteq \Omega_s$ :

$$\begin{aligned} \Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Theta_s) \in \Theta_s, \Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Theta_s) &= \Pr^S(\Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Theta_s), \Theta_s), \\ \Pr^S(\emptyset, \Theta_s) &= \emptyset, \Pr^S(a \bullet \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Theta_s) &= a \bullet \Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Theta_s), \end{aligned} \quad (12)$$

где  $a \in \Omega_\Psi; \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \emptyset \in \Omega_s; \Theta_s \subseteq \Omega_s$ .

Введем далее такой базис примитивов предписания  $\mathbf{Z}_s = \{\zeta_{s,k}\}$  размерности  $n$ , что проекция любого предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_s$  на  $\mathbf{Z}_s$  удовлетворяет следующему *УСЛОВИЮ РАЗЛОЖИМОСТИ*:

$$\Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{Z}_s) = \bigcup_{k=1}^n (\Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \zeta_{s,k})) = \bigcup_{k=1}^n (r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \zeta_{s,k}) \bullet \zeta_{s,k}). \quad (13)$$

Отсюда легко сделать вывод, что *ПРОЕКЦИЯ ПРЕДПИСАНИЯ НА БАЗИС ПРИМИТИВОВ ПРЕДПИСАНИЯ ЕСТЬ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ БАЗИСА*.

Сопоставление (13) и (10) показывает, что любому  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_S$  можно поставить в соответствие структурный вектор признаков  $\mathbf{a}_S = \left\{ r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \zeta_{S,k}) \right\}$ , каждый элемент которого есть коэффициент структурной корреляции предписания с одним из примитивов базиса  $\mathbf{Z}_S$ . Это позволяет определить операцию **МОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПРЕДПИСАНИЯ ПО БАЗИСУ** как операцию отображения из пространства  $\Omega_S$  в пространство векторов  $\mathbf{a}_S$  размерности  $n$ :

$$\text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = \mathbf{a}_S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{Z}_S) : \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_S \rightarrow (\Omega_\Psi)^n. \quad (14)$$

В этом случае алгебраическая система, для которой справедливо (14), есть не что иное как **ПРОЕКТИВНАЯ МОРФОЛОГИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ** на пространстве  $\bar{\Omega}$ , а базис  $\mathbf{Z}_S$  здесь является **БАЗИСОМ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПРЕДПИСАНИЯ**.

Пространство векторов  $\{\mathbf{a}_S\} \in \Upsilon_a = (\Omega_\Psi)^n$  есть **ПРОЕКТИВНОЕ ВЕКТОРНОЕ ПРОСТРАНСТВО РАЗЛОЖЕНИЙ ПРЕДПИСАНИЙ**, на котором определены операции объединения векторов ( $\cup$ ), умножения вектора на скаляр ( $\bullet$ ), проекции вектора на вектор ( $\text{Pr}^a$ ) и задана норма вектора ( $\|\cdot\|$ ):

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_S \cup \mathbf{b}_S &= \{a_{S,1}, a_{S,2}, \dots, a_{S,n}\} \cup \{b_{S,1}, b_{S,2}, \dots, b_{S,n}\} = \\ &= \{a_{S,1} \cup b_{S,1}, a_{S,2} \cup b_{S,2}, \dots, a_{S,n} \cup b_{S,n}\}, \\ \mathbf{a} \bullet \mathbf{b}_S &= \mathbf{a} \bullet \{b_{S,1}, b_{S,2}, \dots, b_{S,n}\} = \{a_{S,1} \bullet b_{S,1}, a_{S,2} \bullet b_{S,2}, \dots, a_{S,n} \bullet b_{S,n}\}, \\ \text{Pr}^a(\mathbf{a}_S, \mathbf{b}_S) &= \alpha(\mathbf{a}_S, \mathbf{b}_S) \bullet \mathbf{b}_S, \|\mathbf{a}_S\| \geq 0, \|0\| = 0, \\ \|\mathbf{a}_S \cup \mathbf{b}_S\| &\leq \|\mathbf{a}_S\| + \|\mathbf{b}_S\|, \|\mathbf{a} \bullet \mathbf{b}_S\| = |a| \bullet \|\mathbf{b}_S\|, \end{aligned} \quad (15)$$

где  $a, \alpha \in \Omega_\Psi; \mathbf{a}_S, \mathbf{b}_S \in \Upsilon_a$ .

На пространстве векторов  $\Upsilon_a$  в силу справедливости (5)...(7) и существования разложения  $\text{dec}_Z$ , описываемого свойствами (13)...(15), может быть однозначно задана операция **ПРОЕКЦИИ ВЕКТОРА РАЗЛОЖЕНИЯ ПРЕДПИСАНИЯ НА ВЕКТОР РАЗЛОЖЕНИЯ**:

$$\Pr^a(a_s, b_s) = r^a(a_s, b_s) \bullet b_s, \quad (16)$$

которая удовлетворяет условиям (2), (5), (6) и обеспечивает выполнение следующего **УСЛОВИЯ СООТВЕТСТВИЯ** [14]:

$$\begin{aligned} \forall \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(C)} \in \mathbf{Z}_S : \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(C)} &= \Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) \bullet \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \\ a_s &= \text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}), b_s = \text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), c_s = \text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(C)}), \\ c_s &= \Pr^a(a_s, b_s) = r^a(a_s, b_s) \bullet b_s, \\ \text{dec}_Z(\Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)})) &= r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) \bullet \text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}), \\ r^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) &= r^a(a_s, b_s), \end{aligned} \quad (17)$$

т.е. **ЛИНЕЙНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ВЕКТОРОВ РАЗЛОЖЕНИЙ ОКАЗЫВАЕТСЯ РАВНА ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ИСХОДНЫХ ПРЕДПИСАНИЙ**. Следовательно, для оценки степени близости двух предписаний  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  и  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}$  в пространстве векторов  $\Upsilon_a$  разложений предписаний может быть использован **НОРМИРОВАННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ РАЗЛОЖЕНИЙ ПРЕДПИСАНИЙ**

$$K_a(a_s, b_s) = \frac{\|\Pr^a(a_s, b_s)\|}{\|a_s\| \bullet \|b_s\|} = \frac{\|r^a(a_s, b_s)\|}{\|a_s\|}, \quad (18)$$

где  $a_s = \text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}), b_s = \text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) \in \Upsilon_a$ ; со следующими свойствами:

$$0 \leq K_a(a_s, b_s) \leq 1, K_a(a_s, a_s) = 1, K_a(a_s, b_s) = 0 \Leftrightarrow \Pr^S(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = \emptyset.$$

Таким образом, векторы разложений из  $\Upsilon_a$  адекватно описывают структурные отношения предписаний из  $\Omega_S$ , что позволяет сравнивать предписания и их отображения, опираясь на их признаковые описания в виде векторов морфологических разложений предписаний.

#### 4. ПРОЕКТИВНАЯ АЛГЕБРА НА ПРОСТРАНСТВЕ ИНФРАСТРУКТУР ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Рассмотрим теперь задачу проектирования предписания на множество инфраструктур информатизации, т.е. операцию проекции исходного

предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_s$  на модельное множество  $\Lambda_I = \{\lambda_I\}$  вариантов инфраструктур.

Положим, что выполняется операция проектирования  $\text{Pr}^\Lambda$  предписания из множества  $\Omega_s$  на множество инфраструктур  $\Lambda_I$ . Тогда в силу свойств (1) и определения (3) оператор проекции  $\text{Pr}^\Lambda$  ставит любому предписанию из  $\Omega_s$  соответствие вариант инфраструктуры  $\lambda_I^{(A)} \in \Lambda_I$ , т.е. проектор  $\text{Pr}^\Lambda$  имеет смысл

**ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПИСАНИЯ НА ИНФРАСТРУКТУРУ**

$$\text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I), \quad (19)$$

которое обладает следующими свойствами:

$$\begin{aligned} \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I) &\in \Omega_s, \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I) = \text{Pr}^\Lambda(\text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I), \Lambda_I), \\ \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) &= \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \emptyset) = \emptyset, \text{Pr}^\Lambda(\emptyset, \Lambda_I) = \emptyset, \\ \text{Pr}^\Lambda(a \bullet \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I) &= a \bullet \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I), \forall a \neq 0: \\ \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, a \bullet \Lambda_I) &= \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I), \end{aligned} \quad (20)$$

при этом  $a \in \Omega_\Psi; \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \emptyset \in \Omega_s$ .

Для установления степени соответствия предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  и его инфраструктурного отображения  $\lambda_I^{(A)}$  на  $\Lambda_I$  воспользуемся коэффициентом линейной корреляции (8), который в данном случае принимает вид:

$$K_\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I) = \frac{\|\text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I)\|}{\|\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}\| \bullet \|\Lambda_I\|} = \frac{\|r^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I)\|}{\|\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}\|}, \quad (21)$$

со стандартными свойствами:

$$\begin{aligned} \forall \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_s: 0 \leq K_\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I) &\leq 1, K_\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = 1, \\ K_\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I) = 0 &\Leftrightarrow \text{Pr}^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Lambda_I) = \emptyset. \end{aligned}$$

Пусть теперь имеется предписание  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)} \in \Omega_s$  такое, что для него известна модель информационной инфраструктуры  $\lambda_I^{(B)}$ , т.е. имеется однозначное

соответствие вида  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)} \Leftrightarrow \lambda_{\text{I}}^{(B)}$ .

Зададим *ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЙ БАЗИС* предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}$  в следующем виде:

$$\Theta_{\text{S}}^{\chi}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}) = \{\chi(b_{\text{S},k}) \bullet \Theta_{\text{S},k}, \Theta_{\text{S},k} \in \Theta_{\text{S}}\}, \quad (22)$$

в котором *ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ* или *ИНДИКАТОР СТРУКТУРНОЙ СВЯЗИ*

$$\text{есть } \chi(b_{\text{S},k}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \|b_{\text{S},k}\| = 0 \\ 1 & \text{- в противном случае} \end{cases}.$$

Тогда проекцию предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  на  $\lambda_{\text{I}}^{(B)}$  можно определить как:

$$\lambda_{\text{I}}^{(A/B)} = \text{Pr}^{\Lambda}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_{\text{I}}^{(B)}) = \bigcup_{k=1}^n (a_{\text{S},k} \bullet \chi(b_{\text{S},k}) \bullet \Theta_{\text{S},k}) = \text{Pr}^{\Lambda}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Theta_{\text{S}}^{\chi}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)})). \quad (23)$$

Соответствующая для рассматриваемого случая операция проектирования векторов разложения будет иметь вид:

$$\text{Pr}^a(\mathbf{a}_{\text{S}}, \mathbf{b}_{\lambda}) = \text{Pr}^a(\{a_{\text{S},k}\}, \{b_{\lambda,k}\}) = \{a_{\text{S},k} \bullet \chi(b_{\lambda,k})\}. \quad (24)$$

Т.к. для любых двух ненулевых векторов из пространства  $\Upsilon_a$  справедливо

$$\forall k : a_{\text{S},k} \geq b_{\lambda,k} \Rightarrow \|\mathbf{a}_{\text{S}}\| \geq \|\mathbf{b}_{\lambda}\|, \|\text{Pr}^a(\mathbf{a}_{\text{S}}, \mathbf{b}_{\lambda})\| \leq \|\mathbf{a}_{\text{S}}\|, \quad (25)$$

то эту меру соответствия предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  и его проекции определим через *НОРМИРОВАННЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ ПРЕДПИСАНИЯ И ЕГО ПРОЕКЦИИ НА ИНФРАСТРУКТУРЕ*

$$K_{\lambda}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_{\text{I}}^{(B)}) = \frac{\|\text{Pr}^a(\mathbf{a}_{\text{S}}, \mathbf{b}_{\lambda})\|}{\|\mathbf{a}_{\text{S}}\|}, \quad (26)$$

со следующими свойствами:

$$0 \leq K_{\lambda}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_{\text{I}}^{(B)}) \leq 1, K_{\lambda}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}) = 1, \\ K_{\lambda}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_{\text{I}}^{(B)}) = 0 \Leftrightarrow \text{Pr}^{\text{S}}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_{\text{I}}^{(B)}) = \emptyset,$$

где  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_{\text{S}}; \lambda_{\text{I}}^{(B)} \in \Lambda_{\text{I}}; \mathbf{a}_{\text{S}} = \text{dec}_{\text{Z}}(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}), \mathbf{b}_{\lambda} = \text{dec}_{\text{Z}}(\lambda_{\text{I}}^{(B)}) \in \Upsilon_a$ .

Коэффициент корреляции  $K_\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_I^{(B)})$  позволяет сравнивать структурно-однородные предписания с точностью до класса *МОРФОЛОГИЧЕСКИ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ (ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПО ИНФРАСТРУКТУРЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ)* структур. Действительно, если при проектировании двух разных исходных предписаний  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)} \in \Omega_S$  на инфраструктуру  $\lambda_I^{(C)}$ , для которой установлено

исходное предписание  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(C)} \Leftrightarrow \lambda_I^{(C)}$  имеем

$$\Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_I^{(C)}) = \Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Theta_S^\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(C)})) \text{ и } \Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \lambda_I^{(C)}) = \Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \Theta_S^\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(C)}))$$
 с

коэффициентами корреляции  $K_\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_I^{(C)}) = \frac{\|\Pr^a(\mathbf{a}_S, \mathbf{c}_\lambda)\|}{\|\mathbf{a}_S\|}$  и

$$K_\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \lambda_I^{(C)}) = \frac{\|\Pr^a(\mathbf{b}_S, \mathbf{c}_\lambda)\|}{\|\mathbf{b}_S\|},$$

то из равенства  $K_\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_I^{(C)}) = K_\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}, \lambda_I^{(C)})$  и

одинаковости проекций  $\Pr^a(\mathbf{a}_S, \mathbf{c}_\lambda) = \Pr^a(\mathbf{b}_S, \mathbf{c}_\lambda)$  следует эквивалентность векторов  $\mathbf{a}_S \sim \mathbf{b}_S$  и, как следствие, эквивалентность исходных предписаний

$$\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \stackrel{\text{Pr}}{\sim} \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(B)}$$

по их проекциям.

Коэффициент корреляции  $K_\lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \lambda_I^{(B)})$  позволяет также сравнивать между собой варианты инфраструктур. Пусть имеются два варианта инфраструктур  $\lambda_I^{(A)}, \lambda_I^{(B)} \in \Lambda_I$  такие, что

$$\lambda_I^{(A)} \supseteq \lambda_I^{(B)}. \tag{27}$$

Тогда инфраструктура  $\lambda_I^{(A)}$  по отношению к  $\lambda_I^{(B)}$  является более общей, а  $\lambda_I^{(B)}$  по отношению к  $\lambda_I^{(A)}$  – соответственно менее общей. То же самое отношение можно трактовать и как *ОТНОСИТЕЛЬНУЮ МОРФОЛОГИЧЕСКУЮ СЛОЖНОСТЬ ИНФРАСТРУКТУР*.

Пусть инфраструктура информатизации задается в виде некоторого набора условий, накладываемых на исходное предписание. Чем больше будет таких условий, тем соответственно сложнее инфраструктура, и тем меньшее

число исходных предписаний могут ей удовлетворять. Следовательно, чем сложнее инфраструктура, тем менее общей она является, и наоборот – чем инфраструктура проще, тем более общей ее можно считать. Обобщая (27) на случай, когда  $\{\lambda_I^{(A)}\} = \Lambda_I^{(A)}, \{\lambda_I^{(B)}\} = \Lambda_I^{(B)}$ , в терминах морфологических коэффициентов корреляции (30) можно записать:

$$\forall \lambda_I^{(C)} \in \Lambda_I^{(B)} : K_\lambda(\lambda_I^{(C)}, \Lambda_I^{(A)}) = 1; \exists \lambda_I^{(D)} \in \Lambda_I^{(A)} : K_\lambda(\lambda_I^{(D)}, \Lambda_I^{(B)}) < 1. \quad (28)$$

Положим теперь, что на множестве инфраструктур  $\Lambda_I$  определено замкнутое линейное подпространство  $\Phi_I \subseteq \Lambda_I$ , причем такое, что любую информационную инфраструктуру, принадлежащую этому подпространству, можно представить в форме

$$\lambda_I^{(A)} = \bigcup_{g=1}^m (h_{I,g} \Pi_{I,g}), \quad (29)$$

где  $\lambda_I^{(A)}$  – описываемая структурированная инфраструктура информатизации;  $\Pi_I = \{\pi_{I,g}\}$  – множество входящих в инфраструктуру **БАЗОВЫХ РЕСУРСНЫХ ПРИМИТИВОВ** или **КОМПОНЕНТОВ (БАЗОВЫХ РЕСУРСОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ)**;  $h_I = \{h_{I,g}\}$  – составной вектор **ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ БАЗОВЫХ РЕСУРСОВ**, характеризующих степень связи или способ вхождения ресурсных примитивов в инфраструктуру  $\lambda_I^{(A)}$ ;  $m$  – число ресурсных компонентов, образующих инфраструктуру информатизации  $\lambda_I^{(A)}$ .

Заметим, что любая инфраструктура информатизации содержит следующие базовые ресурсы [16]: технические компоненты  $\tau_I$ , телекоммуникационные средства  $w_I$ , системное программное обеспечение  $q_I$ , прикладные программы и информационные технологии  $p_I$ , организационно-учебные ресурсы  $o_I$ . Технические компоненты  $\tau_I$  включают комплекс технических средств вычислительного назначения (персональные компьютеры, рабочие станции, серверы, принтеры, сканеры и др. периферийный устройства)

и организационно-техническое оборудование (ксероксы, факс-модемы, офисные телефоны, офисные мини-АТС и проч.). Телекоммуникационные средства  $\mathbf{w}_I$  – это совокупность всех каналов связи, сетевого оборудования, телекоммуникационных средств обеспечения процессов информационного обмена данными и сведениями между всеми участниками учебного процесса (студентами, преподавателями, инженерно-техническим персоналом) и информационно-обеспечивающими системами, образующими информационную инфраструктуру. Системное программное обеспечение  $\mathbf{q}_I$  образуют локальные и сетевые операционные системы, системные и служебные утилиты сетевого и локального назначения, программные средства обеспечения системной безопасности и сохранности данных, программы системно-технической диагностики и управления компонентами инфраструктуры и др. Прикладные программы и информационные технологии  $\mathbf{p}_I$  включают соответствующие программные комплексы (офисные, универсальные, обучающие, предметно-ориентированные, специализированные, инструментальные и др.), реализующие пользовательские функции и услуги учебного, консультационного, справочного назначения. Организационно-учебные ресурсы  $\mathbf{o}_I$  предусматривают наличие требуемого числа аудиторий, оборудованных мультимедийным оборудованием и интерактивными досками, компьютерных классов с достаточным количеством ПЭВМ, а также достаточные объемы их временной загрузки, необходимых для реализации конкретных процессов обучения студентов в соответствии с предписаниями ГОС на информатизацию подготовки. Следовательно, множество  $\mathbf{\Pi}_I$  есть совокупность

$$\mathbf{\Pi}_I = \{ \pi_{I,g} \} = \{ \tau_I, \mathbf{w}_I, \mathbf{q}_I, \mathbf{p}_I, \mathbf{o}_I \}; \tau_I, \mathbf{w}_I, \mathbf{q}_I, \mathbf{p}_I, \mathbf{o}_I \in \Phi_I. \quad (30)$$

Пусть любые базовые примитивы из  $\Phi_I$  линейно независимы друг от друга. Тогда

$$\forall \pi_{I,i}, \pi_{I,j} \in \Phi_I; i, j \in \langle \tau, w, q, p, o \rangle; i \neq j: \forall \alpha \in \Omega_{\Psi}: \pi_{I,i} \neq \alpha \pi_{I,j}, \quad (31)$$

откуда следует, что множество  $\Phi_I$  можно считать **СТРУКТУРНЫМ БАЗИСОМ СОСТАВНЫХ ИНФРАСТРУКТУР**, компоненты этого множества  $\langle \tau_I, w_I, q_I, p_I, o_I \rangle$  – **БАЗОВЫМИ СТРУКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (БАЗОВЫМИ РЕСУРСНЫМИ ПРИМИТИВАМИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ)**, а их количество  $m=5$  – **РАЗМЕРНОСТЬЮ БАЗИСА РЕСУРСНЫХ ПРИМИТИВОВ**.

Определим **ПРОЕКЦИЮ ПРЕДПИСАНИЯ НА ПОДПРОСТРАНСТВО СОСТАВНЫХ ИНФРАСТРУКТУР**:

$$\begin{aligned} \Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Phi_I) \in \Phi_I, \Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Phi_I) &= \Pr^\Lambda(\Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Phi_I), \Phi_I), \\ \Pr^\Lambda(\emptyset, \Phi_I) &= \emptyset, \Pr^\Lambda(a \bullet \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Phi_I) = a \bullet \Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Phi_I), \end{aligned} \quad (32)$$

где  $a \in \Omega_\Psi; \mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \emptyset \in \Omega_S; \Phi_I \subseteq \Lambda_I$ .

Пусть проекция предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_S$  на  $\Phi_I$  удовлетворяет условию разложимости:

$$\begin{aligned} \Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Phi_I) &= \bigcup_{g=1}^{m=5} (\Pr^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \pi_{I.g})) = \bigcup_{g=1}^{m=5} (r^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \pi_{I.g}) \bullet \pi_{I.g}) = \\ &= (r^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \tau_I) \bullet \tau_I) \cup (r^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, w_I) \bullet w_I) \cup \\ &\cup (r^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, q_I) \bullet q_I) \cup (r^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, p_I) \bullet p_I) \cup (r^\Lambda(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}, o_I) \bullet o_I), \end{aligned} \quad (33)$$

откуда следует, что **ПРОЕКЦИЯ ПРЕДПИСАНИЯ НА БАЗИС СОСТАВНЫХ ИНФРАСТРУКТУР ЕСТЬ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ БАЗИС РЕСУРСНЫХ ПРИМИТИВОВ**  $\langle \tau_I, w_I, q_I, p_I, o_I \rangle$ .

Соответствующая операция проектирования векторов разложения будет иметь вид:

$$\Pr^a(a_S, \pi_I) = r^a(a_S, \pi_I) \bullet \pi_I, \quad (34)$$

где  $a_S = \text{dec}_Z(\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}), \pi_I = \text{dec}_Z(\Pi_I) \in \Upsilon_a$ .

Следовательно, для сопоставления предписания  $\mathbf{S}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  и его проекции на  $\Phi_I$  можно применить **НОРМИРОВАННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ РАЗЛОЖЕНИЙ**, подобный (19):

$$K_a(\mathbf{a}_S, \boldsymbol{\pi}_I) = \frac{\|r^a(\mathbf{a}_S, \boldsymbol{\pi}_I)\|}{\|\mathbf{a}_S\|}. \quad (35)$$

Положим теперь, что и предписание и его проекция на пространство инфраструктур  $\Lambda_I$  являются составными, т.е. справедливы композитные представления (13) для предписания и (35) для инфраструктур. В этом случае операцию проектирования составного предписания  $\bar{\mathbf{S}}_{\text{ГОС}}^{(A)} \in \Omega_S$  на составной базис инфраструктур  $\Phi_I \subseteq \Lambda_I$  реализует проектор следующего вида:

$$\begin{aligned} \text{Pr}^\Lambda(\bar{\mathbf{S}}_{\text{ГОС}}^{(A)}, \Phi_I) &= \bigcup_{g=1}^{m=5} \left( \text{Pr}^\Lambda \left( \left( \bigcup_{k=1}^n (\mathbf{S}_{\text{ГОС},k}^{(A)}, \zeta_{S,k}) \right), \boldsymbol{\pi}_{I,g} \right) \right) = \\ &= \bigcup_{g=1}^{m=5} \left( r^\Lambda \left( \left( \bigcup_{k=1}^n (\mathbf{S}_{\text{ГОС},k}^{(A)}, \zeta_{S,k}) \right), \boldsymbol{\pi}_{I,g} \right) \bullet \boldsymbol{\pi}_{I,g} \right), \end{aligned} \quad (36)$$

при этом для соотнесения проекции на  $\Phi_I$  с предписанием  $\bar{\mathbf{S}}_{\text{ГОС}}^{(A)}$  можно применить ранее изложенный аппарат морфологической корреляции с поправкой на анализируемую ситуацию.

Таким образом, можно утверждать, что векторы разложений из пространства  $\Upsilon_a$  **АДЕКВАТНО** описывают структурные отношения предписаний из пространства  $\Omega_S$  и их проекций на базис составных инфраструктур  $\Phi_I$ , что позволяет сравнивать предписания и их составные отображения (проекции), опираясь на их признаковое описание в виде векторов морфологических разложений предписаний и проекций.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье изложены формальные основы проективной морфологии информатизации, представляющей собой алгебру структур, позволяющую

**ФОРМАЛЬНО ОПИСЫВАТЬ** и **СРАВНИВАТЬ** **НАПРЯМУЮ НЕ СРАВНИМЫЕ** **ПРЕДПИСАНИЯ** ГОС (ФГОС) ВПО **НА ИНФОРМАТИЗАЦИЮ** учебного процесса и **ИНФРАСТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ** реализации процесса обучения студентов.

Базовым понятием данного формализма является проективный оператор отображения предписания на информатизацию на некоторое модельное множество, в качестве которого могут выступать само множество исходных предписаний, множество примитивов предписания, множество инфраструктур информатизации, множество базовых ресурсов-примитивов инфраструктуры. Для сравнения исходного предписания с проективным отображением определены в качестве меры «сходства» или «близости» нормированные морфологические коэффициенты корреляции, которые позволяют не только оценивать степень соответствия предписания и его отображения, но и устанавливать степень эквивалентности различных исходных предписаний, различных информационных инфраструктур.

Описан обобщенный формализм морфологического разложения предписания на информатизацию по структурному базису примитивов предписания и построения проективного векторного пространства разложений предписаний, позволяющий максимально эффективизировать процесс сравнения предписания и его проекции на множестве информационных инфраструктур. Также рассмотрен формализм морфологического разложения предписания по структурному базису основных ресурсов-примитивов инфраструктуры информатизации.

Особенностью рассмотренного морфологического проективного формализма является то, что он по сути своей является **ФОРМАЛЬНЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ РЕГЛАМЕНТОМ**, обеспечивающим совместимость информации, задаваемой предписаниями на информатизацию, с данными, характеризующими информационные инфраструктуры обеспечения и поддержки учебного процесса, что можно в широком смысле трактовать как **СЕМАНТИЧЕСКУЮ ИНТЕРОПЕРАБИЛЬНОСТЬ** информационно-образовательной среды вуза, которая к

тому же обладает свойством **ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ИНТЕРОПЕРАБИЛЬНОСТИ** в плане дидактической и учебно-методической согласованности предписаний на информатизацию ГОС (ФГОС) ВПО с учебно-организационным, функционально-семантическим и административно-процессуальным содержанием и возможностями информационных инфраструктур поддержки и сопровождения учебного процесса вуза.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 годы)», проекты 3.2.3/7168 и 3.2.3/10259.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 512с.
2. Джонс Дж.К. Методы проектирования. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 326с.
3. Антонов А.В. Системный анализ. – М.: Высш.шк., 2004. – 454с.
4. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 276с.
5. Широкова С.В. Разработка информационных моделей системного анализа проектов сложных технических комплексов. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 24с.
6. Орлов С.А. Технологии разработки программного обеспечения: Разработка сложных программных систем. – СПб.: Питер, 2002. – 464с.
7. Информационные системы. Под ред. В.Н.Волковой, Б.И.Кузина – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 224с.
8. Смирнов Ю.М. Системное проектирование комплексов управления летательными аппаратами. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1996. – 120с.

9. Гололобов Л.И. Применение теории системного структурного синтеза в проектировании системы «Оператор – ЭВМ»//Сб.трудов VI международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002.– С. 407-410.

10. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник/Под ред. В.Н.Волковой, В.Н.Козлова. – М.: Высш.шк.,2004. – 616с.

11. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. – СПб.: Питер, 2002. – 688с.

12. Белов В.С., Белова О.П. О метриках дидактической эффективности использования в учебном процессе современных информационных технологий// Материалы XII Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах». – СПб.: СПбГПУ, 2008. – С.357-359.

13. Образцов П.И. Психолого-педагогические аспекты разработки и применения в вузе информационных технологий обучения. – Орел: Изд. ОГТУ, 2000. – 145с.

14. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. Сравнение и локализация фрагментов изображений с использованием проективных морфологий.// Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2008, № 2. – С.14-22.

15. Визильтер Ю.В. Обобщенная проективная морфология.// Компьютерная оптика. – 2008, т.32, № 4. – С.384-399.

16. Белов В.С., Яндола В.Д. Системная информатизация деятельности общеобразовательных учреждений: Модели, принципы, технологии реализации. – Псков, Изд-во ППИ, 2006. – 316с.