

Визуальная поддержка принятия решений при разработке учебных планов с помощью метода UGVA

В. А. Углев

Сибирский федеральный университет, Железногорск, Россия

Аннотация. В статье поднимается вопрос о необходимости иметь методологический подход к сравнению, оценке и принятию решений для актуализации учебных планов при подготовке специалистов. Предложена модель параметризации учебного плана относительно ключевых умений. В качестве подхода по концентрации данных и визуализации выбран метод Unified Graphic Visualization of Activity (UGVA). В качестве объекта для иллюстрации взята специальность «Системный анализ и управление», преподаваемая в университетах Российской Федерации. Проанализированы 36 учебных планов. На их графических образах выявлены особенности подготовки студентов и лучшие практики. Опираясь на сравнение выбранного учебного плана с другими, представленными в виде образов в нотации UGVA, предложен ряд рекомендаций, относящийся к изменению структуры вклада дисциплин, развивающих ключевые профессиональные умения. Даны общие рекомендации по применению метода при принятии решений.

Ключевые слова: учебный план, принятие решений, визуализация, когнитивная графика, Лица Чернова, метод UGVA.

DOI 10.14357/20718594220205

Введение

Массовая подготовка специалистов высшей категории предполагает постоянный пересмотр учебных планов и их актуализацию. В связи с достаточно большим числом параметров и высокой вариативностью для обучаемых, компактное представление и анализ совокупности таких данных помогает эффективно применять средства когнитивной визуализации. Особенно это актуально в случае, когда первичное обследование образовательного ландшафта сопряжено со сложностями на доступ к первичной информации, ограничиваясь нормативными документами самого общего уровня, т.е. учебными планами. В России основные учебные программы должны размещаться в открытом

доступе на сайте университета. Рассмотрим в качестве объекта анализа и актуализации содержание учебных планов по специальности «Системный анализ и управление» на примере 36 программ подготовки с целью оценки их структурного баланса, сравнения и выявления фрагментов для принятия решений по актуализации содержания документа.

Задача автоматизации анализа компонентов учебных планов базируется на том, что отдельные дисциплины включают в себя массивы дидактического материала, которые соотносятся с раскрываемыми в них знаниями и аффилированными с ними компетенциями или профессиональными умениями (skills). Каждая дисциплина характеризуется набором параметров, такими как часы (зачетные единицы/кредиты),

✉ Углев Виктор Александрович. E-mail: uglev-v@yandex.ru

форма контроля (зачет/экзамен), принадлежность семестру и пр. Кроме того, важно учитывать обязательность изучения дисциплины, так как она может принадлежать базовой и вариативной части или быть факультативной. Нормативными основаниями для формирования содержания учебного плана являются требования Минобрнауки к соответствующему направлению подготовки и описание требований к профессиям от Министерства труда, а также запросы региональных отраслевых работодателей. Если лицо, принимающее решение, попытается оценить такой план на предмет баланса учебной нагрузки или сравнить два и более планов, то получится, что публичных данных для принятия решений имеется ограниченный объем, при том, что между планами имеется существенное различие. Следовательно, нужны методы обобщения, сравнения и оценки, дающие основание для принятия решений. Под *балансом* здесь и далее будем понимать определенное соотношение (степень соизмеримости) вклада учебных дисциплин, отражающее вклад в специальным образом выделенные характеристики (ключевые профессиональные умения) будущей профессии.

1. Существующие подходы

Подходы к анализу учебных планов в области информационных технологий рассмотрены в работах [1-4] и многих других. Их особенность заключается в том, что они базируются на достаточно подробной компетентностной модели [5, 6] (включая подход CDIO [7]), детальной информации из цифрового образовательного следа (например, [8]), сводов знаний BoKs (например, PMBOOK, SEBOK и пр.), стандартов curriculums (например, IS2020, DS-2021, CC202 [9]) или данных о запросах рынка труда [10]. Но если посмотреть массивы имеющихся учебных планов, данные о которых недостаточно информативны, то требуется сравнивать их «как есть», ограничиваясь общими данными. Особенно это важно для проведения первичного анализа учебного плана в сравнении с конкурирующими планами в образовательном поле.

Сравнение массива учебных планов, концентрируя данные о них в многофакторном пространстве, можно с помощью методов Graph Mining [11] (например, используя методы

кластеризации и картирования [12]). Но представление целого учебного плана в виде точки факторного пространства не позволяет судить о балансе его содержимого или иметь интерпретируемое основание для сравнения разных документов. Поэтому обратимся к такому подходу, как Лица Чернова [13].

Суть метода Лиц Чернова, заключается в том, чтобы вектор разнородных характеризующих количественных и качественных оценок признаков, представить в виде параметров для графических фигур-примитивов (координат, углов, длин и пр.), составляющих в совокупности цельный образ. Закодировав таким образом данные об объекте (бионический подход), удастся его визуализировать и, за счет этого, решать задачи диагностики и сравнения. Герман Чернов взял за основу своего подхода лицо человека, выделив 18 признаков и добиваясь некоторой «эмоциональности» и симметрии образа. В последующих работах число кодирующих признаков выросло (например, в [14] их уже 36). В [15, 16] осуществлено преобразование к отображению эмоции, в [17] отдельные показатели кодируются цветом, а в [18] предложено использование анимации. Одним из направлений модификации Лиц Чернова стала идея В. А. Филимонова [19], по которой вместо лица используется упрощенная фигура человека. У данного подхода есть ряд достоинств:

- появляется больше направлений для симметрирования [20];
- на образ можно наносить дополнительные артефакты (предметы);
- появляется возможность отделить интегральную оценочную зону (например, выражение лица), от зон непосредственного отображения значений сравниваемых признаков.

Не маловажным фактором является и эстетичность итогового образа: далеко не каждый специалист (состоявшийся, ибо еще обучающийся) позитивно воспринимает свой образ в виде сильно искаженного лица [21], а диспропорции в фигуре воспринимаются терпимее. В [22] была предложена модификация подхода Чернова, названная методом *Unified Graphic Visualization of Activity* (UGVA), которую рассмотрим далее в контексте принятия решений при сравнении учебных планов [23]. Целью такого сравнения будут оценка сбалансированности учебной нагрузки и обоснование специфики подготовки, т.е. ответ на вопрос: как и за

счет чего прийти к компромиссу между отраслевой специализацией и фундаментальной подготовкой?

2. Метод UGVA

UGVA – это метод визуального представления сложного многопараметрического объекта, выраженного в виде антропоморфного образа, с целью показать особенности его структурно-функциональных параметров и быстро сравнивать такие профили между собой [23]. Исходными данными для визуализации в данном исследовании является структура дисциплин учебного плана и экспертные мнения, данные по отношению к предварительно выделенным группам *профессиональных умений* (S_p) для конкретной профессии.

Базовый образ в нотации UGVA имеет семь зон и объединяет в себе ретроспективные данные (нижнюю страту), текущие показатели (среднюю страту) и оценочную зону (верхнюю страту), т.е. образ нацелен на комплексное объединение категорий прошлого, настоящего и будущего. При переходе от базового образа к частному (в контексте выбранной специальности) для каждой группы профессиональных умений из S_p на образе ставится в соответствие зона или ее часть (параметры размера конкретных частей фигур), где отдельно выводятся оценки вклада K_{pm} соответствующих групп дисциплин для базовой и вариативной (включая факультативную) частей плана. Нижняя часть (страта) показывает образовательный опыт на предыдущих ступенях подготовки; средняя - на текущей ступени. Верхняя страта (голова) показывает общую оценку баланса нагрузки (выражение лица) и блок отраслевого профилирования (головной убор).

Выбор того, с какой частью образа соотносится значение той или иной компоненты S_p , выбирает лицо, принимающее решение (исследователь), руководствуясь рекомендациями экспертов. Представляет интерес раздельная визуализация фрагментов базовой и вариативной компонент ключевых показателей K_{pm} . Каждому блоку в средней страте ставится в соответствие блок в нижней страте (как правило, находящийся в той же части образа по вертикали) для того, чтобы визуально их было легче сопоставлять в динамике (от прошлого образовательного опыта к текущему). Параметры бло-

ка (высота, ширина, радиус или иное свойство), кодирует значение оценки вклада соответствующих дисциплин в S_p . По горизонтали образ имеет симметрию право-центр-лево. Головной убор, как показатель отраслевой региональной специализации, вынесен из нижней и средней страт, так как далеко не у всех программ подготовки есть целевое предприятие-заказчик, явно диктующее требования к будущей квалификации выпускников. При адаптации базового профиля к специфике конкретной профессии, образ может быть дополнен какими-либо артефактами (символами, значками, изображениями предметов), чьи габариты и цвет кодируют выделенные детали подготовки. В случае, если какой-либо показатель K_{pm} равен 0, то он либо не отрисовывается на образе, либо закрашивается красным цветом. Каждому блоку в средней страте ставится в соответствие блок в нижней страте (как правило, находящийся в той же части образа по вертикали) для того, чтобы визуально их было легче сопоставлять в динамике (от прошлого образовательного опыта к текущему).

Преобразование исходных данных об учебном плане и текущих показателях обучения осуществляются в следующей последовательности (укрупненно):

1. Оценка доли вклада отдельных дисциплин x_{pj} в интегральный показатель K_{pm} для каждого элемента нагрузки j , относящегося к базовой части учебного плана ($m=0$), вариативной ($m=1$) или факультативной ($m=2$):

$$K_{pm} = \sum_j (x_{pj} \prod_i \beta_{ij}), \quad (1)$$

где β_{ij} - множество весовых коэффициентов, характеризующих дисциплину j (формы контроля β_1 , объемы аудиторных часов в процентах β_2 и пр.); значения x_{pj} принадлежат интервалу от 0 (дисциплина не участвует в развитии профессионального умения S_p) до 1 (дисциплина нацелена на развитие соответствующего умения).

2. Расчет интегральной оценки K_p по каждому из p умений:

$$K_p = \sum_p K_{ps} \alpha_m, \quad (2)$$

где $\alpha_j=1$ при $m=0$, $\alpha_j=0.75$ при $m=1$ и $\alpha_j=0.5$ при $m=2$.

3. Оценка сбалансированности учебного плана (т.е. величина отклонения δ от баланса) относительно априори выделенных групп профессиональных умений ($K_p \rightarrow K'_p$):

$$\delta = \frac{\sum_{p=1}^n \left| \frac{100}{n} - K_p \right|}{n}, \quad (3)$$

где n – число групп умений.

4. Пересчет значений всех показателей к масштабам (γ), пригодным к дальнейшей визуализации образа:

$$\gamma(K_p) = \min(D) + \frac{K_p}{100} (\max(D) - \min(D)), \quad (4)$$

где D – множество допустимых значений шкалы параметра размера соответствующего графического элемента образа в нотации UGVA, ассоциированного со значением K_p .

На Рис. 1 показана последовательность реализации *этапов формирования нтропоморфного образа* [24]. Цифрами обозначены следующие этапы:

1. Подготовка исходных данных и их анализ (выделение профессиональных умений) на предмет привязки к параметрам графических элементов базового образа;

2. Адаптация базового образа под специфику задачи (включая дополнение артефактами) и определение допустимых границ вариации линейных размеров его элементов (включая варианты отображения нулевых значений);

3. Расчет значений K_p по всем S_p , их нормирование к K_p и последующая оценка общего соотношения (например, баланса δ);

4. Наложение данных на образы сравниваемых объектов, цветом выделяя на каждой стадии те параметры, которые важны для принятия решений (например, на стадии 3 отмечаются блоки с нулевыми значениями показателей, а на стадии 4 – текущие показатели обучения из индивидуального цифрового образовательного следа учащихся).

5. Далее идет процесс *принятия решений* на основании полученных графических образов.

Третий и четвертый этапы выполняются автоматически, остальные предполагают минимальное участие человека-аналитика, взаимодействующего с приложением через соответствующие экранные формы.

Графический образ в нотации UGVA подлежит интерпретации. *Ключевыми моментами*, на которые следует обращать внимание, являются:

- значение показателя баланса (форма рта в верхней страте образа);
- соотношение правого, левого и центрального блоков средней страты;
- разница между базовыми и вариативными элементами в структуре учебного плана;
- отсутствие отдельных элементов образа;
- преобладание нагрузки нижней и средней страт в контексте обследуемых профессиональных умений;
- наличие/отсутствие на образе дополнительных элементов (артефактов);
- характер цветовой маркировки.

Проиллюстрируем основные этапы работы методики и процесс принятия решений на примере.

3. Пример анализа учебного плана

Рассмотрим применение методики UGVA для анализа учебного плана по подготовке магистров специальности «Системный анализ и управление» (шифр 27.04.03 по классификации Минобрнауки РФ). Возьмем действующий учебный план на 2021 год и проект нового (на набор 2022 г.), требующего обоснования. За базовую программу подготовки возьмем магистратуру 27.04.03.06 «Системное проектирова-

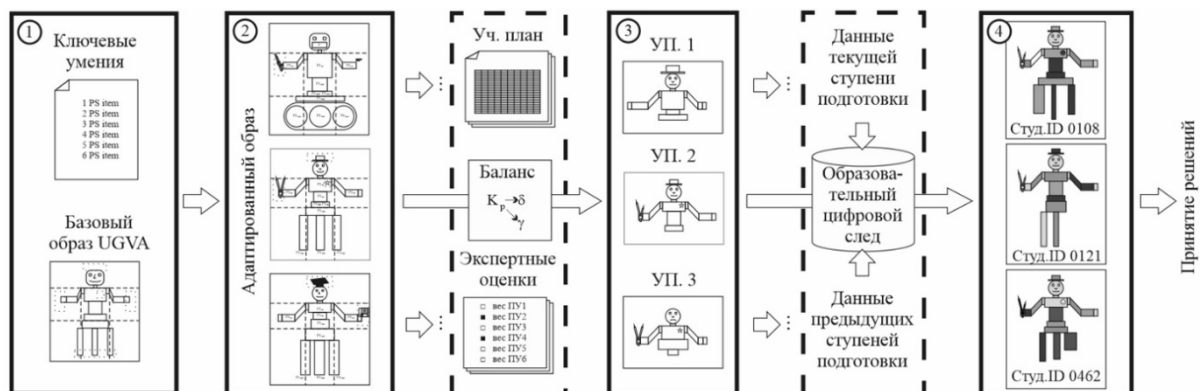


Рис. 1. Этапы формирования образа в нотации UGVA для учебных планов

ние космических аппаратов» в Сибирском федеральном университете (СФУ), имеющую заказ от отраслевого предприятия-партнера.

Целью исследования стало выявление проблемных моментов, в направлении которых следовало предложить рекомендации по дальнейшему совершенствованию учебного плана выбранной программы подготовки. Были поставлены следующие задачи:

- выявить перечень ключевых профессиональных умений S_p для направления подготовки 27.04.03, опираясь на мнение экспертного сообщества;

- подготовить адаптированный графический образ в нотации UGVA данного направления подготовки;

- собрать сведения о действующих учебных планах по данному направлению в ВУЗах России и проанализировать эти образы на предмет распределения нагрузки, баланса и выявления лучших практик;

- оценить текущий учебный план 27.04.03.06 и сформулировать рекомендации по его дальнейшей актуализации (на набор 2022 г.) на основании образов в нотации UGVA и информации о специфике реализации учебного процесса.

Специфика оцениваемого учебного плана заключается в том, что за два года студенты обучаются по 23 дисциплинам общим объемом 3240 часа (исключая практики и дипломную работу).

С целью проведения исследования была сформирована межуниверситетская рабочая группа, состоящая из четырех экспертов (кандидаты наук в области информационных технологий, работники профильной кафедры), представителя регионального работодателя и нескольких магистрантов. Это позволило учесть как мнение работников из академической среды, так и представителей работодателя. Экспертной оценке и анализу сначала подвергся учебный план 27.04.03.06 (по состоянию на лето 2021 г.), а затем каждый из оставшихся 35 планов направления «Системный анализ и управление», плюс проектируемый на 2022 г.

Попытка ввести деление дисциплин по профилю привело к необходимости выделения ключевых профессиональных умений S_p , имеющих неоднозначное распределение между элементами учебного плана (отношение многие-ко-многим). Рабочая группа пришла к ком-

промиссному решению, что ключевыми группами профессиональных умений должны являться [9, 25]:

- анализ сложных систем ($S_{1.1}$);
- синтез сложных систем ($S_{1.2}$);
- решение задач управления сложными системами ($S_{1.3}$);
- использование информационных технологий для решения прикладных задач (S_2);
- моделирование сложных систем и процессов, позволяющее формализовать, обосновывать и принимать решения (S_3);
- способность решать инженерные задачи в области специализации (S_4);
- прочие области знания, не относящиеся к профильной подготовке (S_5).

На Рис. 2, а показано распределение оценок ключевых профессиональных умений K_p по частям образа. Так как рассматривается только учебный план магистратуры (без дивидуальных показателей студентов), то образ на этом этапе не включает в себя нижнюю страту.

Для перехода от частной модели к образу конкретного учебного плана (например, план 27.04.03.06 «Системное проектирование космических аппаратов» необходимо сформировать таблицу экспертных оценок (Табл. 1). Каждая дисциплина характеризуется коэффициентами принадлежности к базовой ($\alpha=1$), вариативной ($\alpha=0,7$) или факультативной ($\alpha=0,5$) частям; формой контроля (β_1); объемом часов в % (β_2) и пр. Более детальную информацию о содержании учебного плана (включая структуру дисциплин), как правило, взять из открытых источников оказалось проблематично.

Используя Табл. 1 и формулу (2) получим оценки для каждого ключевого профессионального умения (см. первую строку в Табл. 2; показатели $S_{1.1}$, $S_{1.2}$ и $S_{1.3}$ объединены в K_1). Далее эти результаты нормируем к процентному соотношению ($K_p \rightarrow K'_p$) и подставляем в формулу (3), дополнительно группируя оценки S_2 и S_5 ($n=4$).

Согласно распределению показателей на Рис. 2, а по элементам образа, получим априорную оценку учебного плана 27.04.03.06 (Рис. 2, б). На образе разделены компоненты базовой учебной нагрузки и вариативной (включая факультативную часть):

- плечи правое и левое соответствуют базовой компоненте K_1 и K_2 (длина), предплечья - их вариативным значениям (длина);

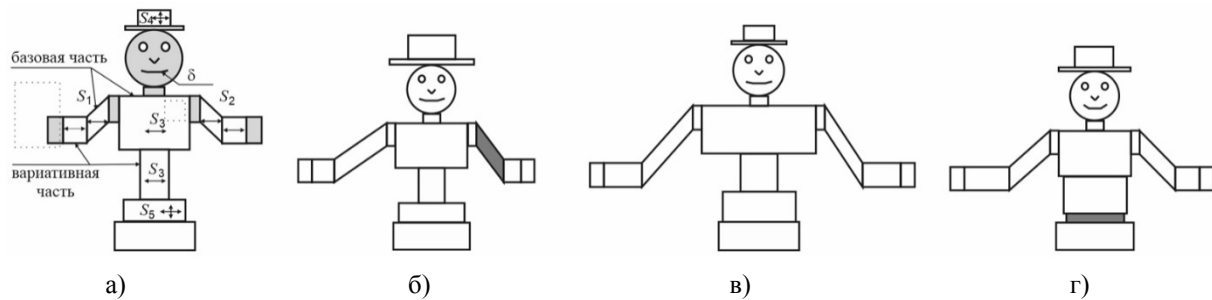


Рис. 2. Адаптированный образ в нотации UGVA (а), два плана в СФУ (б, в) и план в СибГУ (г)

Табл. 1. Экспертные оценки вклада дисциплин из учебного плана

№	Курс	α	β_1	β_2	...	$S_{1,1}$	$S_{1,2}$	$S_{1,3}$	S_2	S_3	S_4	S_5
1	Иностранный язык	1	0,8	4,7	...	0	0	0	0	0	0	1
2	Системный анализ и синтез	1	1	6,2	...	1	1	0	0	0	0	0
3	Основы проектирования космических систем и аппаратов	1	1	2,1	...	0	0,25	0	0	0	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
26	Качество и надежность космических систем и аппаратов	0,7	0,8	4,6	...	0	0,25	0	0	0	1	0
27	Основы системной инженерии	0,5	0,8	2,1	...	0,25	1	0	0	0	0,25	0

• грудь и живот соответствуют базовой и вариативной компоненте K_3 соответственно (высота);

• тазовая часть поставлена в соответствие вкладу K_5 (высота и ширина);

• головной убор так же показывает объединенное значение K_4 (длина и ширина).

Форма рта задается согласно значению δ : чем план ближе к балансу между ключевыми профессиональными умениями, т.е. чем $\delta \rightarrow 0$, тем образ «веселее».

Визуальный образ в нотации UGVA на Рис. 2, б отчетливо показывает, что имеются проблемы как с общим балансированием учебной нагрузки (особенно вариативные блоки S_2 и S_3). Отклонение от балансного состояния $\delta = 11,6$.

Расширим область анализа и сравним несколько учебных планов, опираясь на нотацию UGVA. Для этого возьмем планы 36 программ по подготовке магистров в области «Системный анализ и управление» (это 100% действующих планов по стране на июнь 2021 г.) из 26 ВУЗов РФ. Осуществим аналогичную экспертную оценку каждого учебного плана и рассчитаем для них значения K_p и δ . На Рис. 2, в показан образ специальности 27.04.03.02 «Системный анализ данных и технологий принятия решений» в том же СФУ (соответствует строке 2). Набор дисциплин, относительно специальности 27.04.02.06, в этом учебном плане отличен на

69%. Видно, что у данной специальности имеются диспропорции в структуре нагрузки согласно перечня профессиональных умений (повышенное количество дисциплин из блока S_3 и недостаточно учебной нагрузки из области отраслевой специализации S_4) при $\delta = 10,77$.

Теперь покажем результаты визуализации всех 36 анализируемых программ специальности «Системный анализ и управление», значения K_p и δ которых равны данным из соответствующих строк Табл. 2. Образы этих программ в нотации UGVA показаны на Рис. 3. В качестве ключевых тенденций и проблемы, которые видны на образах учебных планов, можно отметить следующие:

- у 15% учебных планов нет отраслевого регионального заказчика, целевым образом влияющего на программу подготовки магистров по специальности 27.04.03;

- 46,8% программ уделяют слишком мало нагрузки умениям S_5 ;

- нагрузка для 30% программ для S_2 непропорционально мала (особенно в вариативной части, например, образы № 8, 11, 25, 34);

- «выражение лиц» на 2/3 образах отражает грустную или нейтральную «эмоцию», что проявления позволяет обратить внимание на лучшие практики, реализованные в плане №5 (Рис. 2, г с $\delta = 1,4$) и частично в планах № 3, 9, 10, 11, 25 и 29.

Табл. 2. Показатели вклада ключевых профессиональных умений в учебный план различных специальностей и показатели их сбалансированности

№	Университет	Шифр	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	δ
1	Сибирский федеральный университет	27.04.03.06	31,55	0,50	9,42	41,67	16,87	11,60
2	Сибирский федеральный университет	27.04.03.02	34,41	14,38	25,89	3,45	21,86	10,77
3	Сибирский государственный университет науки и технологий	27.04.03.01	35,50	20,00	25,50	11,00	8,00	6,98
...	...	...	...	...	...	...	...	...
34	Южный федеральный университет	27.04.03	3,34	7,39	9,85	12,93	34,48	13,61
35	Тюменский индустриальный университет	27.04.03.01	42,04	19,59	8,98	13,06	16,33	13,97
36	Тюменский индустриальный университет	27.04.03.02	41,28	16,51	7,34	16,51	18,35	13,07

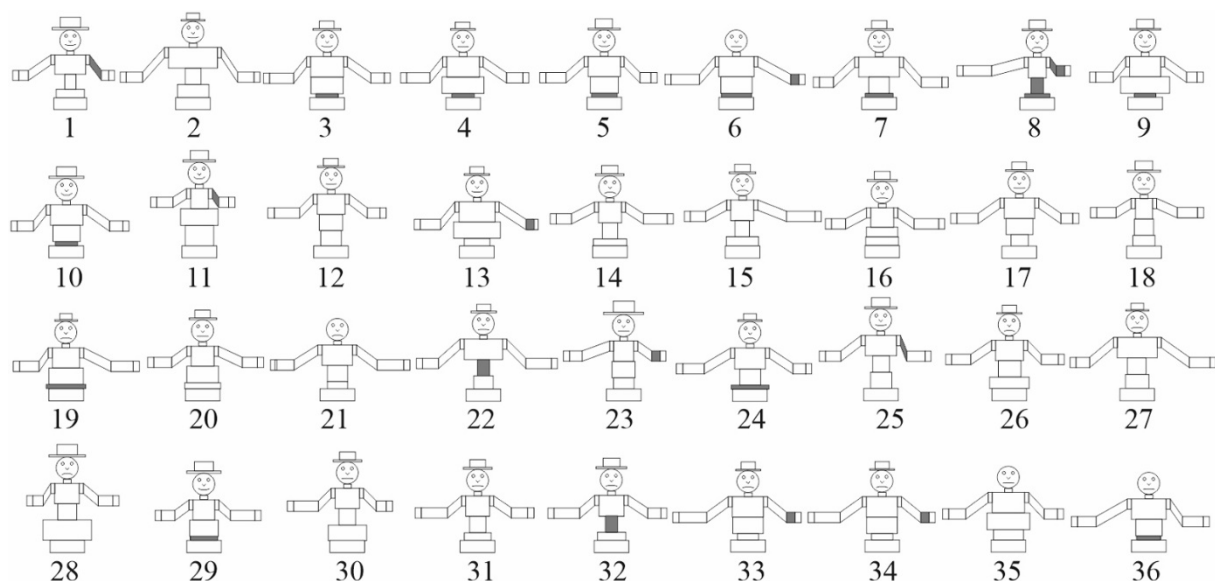


Рис. 3. Образы 36 учебных планов в нотации UGVA по специальности «Системный анализ и управление» для университетов РФ

Такое обобщение полезно не только для сравнения учебных планов со стороны руководителей программ подготовки, но и для абитуриентов, которые могут на основании такой «карты специальности» сделать выбор в пользу конкретной программы подготовки как внутри одного ВУЗа, так и на уровне региона или всей страны.

4. Результаты исследования

Результаты исследования можно отнести к двум аспектам: применительно к принятию решений для конкретной программы подготовки «Системный анализ и управление» и применительно к процессу проведения повторного анализа или обследования иных программ подготовки, базируясь на методе UGVA.

Опираясь на визуальные образы в нотации UGVA, а также потребности отраслевого рабо-

тодателя, предложим вариант более сбалансированного содержания учебного плана специальности 27.04.03.06 «Системное проектирование космических аппаратов». Возможности для реализации таких изменений в плане набора 2022 г. мы видим на примере образов отдельных образовательных программ в других университетах (например, образ № 5 на Рис. 2, г), а также сокращения вклада дисциплин от отраслевого партнера (девять штук). На основании этого было предложено внести новые дисциплины «Методы искусственного интеллекта», «Программная реализация математических моделей», а также была исключена одна из дисциплин отраслевой специализации. На Рис. 4 видно, что в проектируемом на 2022 г. учебном плане было изменено соотношение учебной нагрузки: между образами набора 2021 г. (а) и актуализированным образом для набора 2022 г. (б) имеются различия, выделенные на (в).

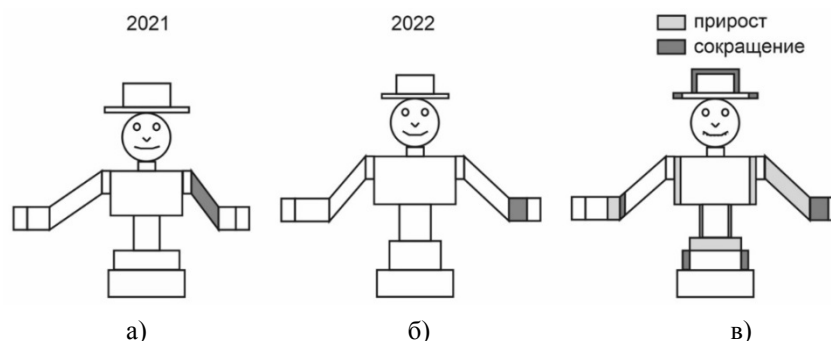


Рис. 4. Сравнение динамики изменений учебного плана 27.04.03.06 за 2021 г (а) – 2022 г. (б) с выделением различий (в)

Видно, что за счет групп дисциплин S_4 была наращена нагрузка в блоках S_2 и S_5 , что отразилось как на пропорциях образа, так и снизило показатель отклонения от баланса. Показатель δ стал равен 7,58 при новых значениях вклада ключевых умений ($K'_1=27,46$; $K'_2=10,4$; $K'_3=17,86$; $K'_4=29,02$; $K'_5=15,63$).

Если на предыдущих обсуждениях (2021 г.) необходимости актуализации учебного плана 27.04.03.06 на кафедре единой базы сравнения альтернативных структур не было, что не убедило лицо, принимающее решение, то использовав результаты сравнения (Рис. 3 и 4) аргументы в пользу изменений были восприняты представителями работодателя и вариант плана на Рис. 4, б был *утвержден* для набора 2022 г. Таким образом, лицу, принимающему решение, при актуализации учебных планов можно использовать образы в нотации UGVA при ответе на вопросы:

- какие компоненты профессиональных умений имеют больший/меньший вклад в итоговый учебный план и за счет чего?
- в каком направлении следует осуществить перераспределение акцентов обучения и на какие примеры планов в других университетах (лучшие практики) можно обратить внимание?
- как изменится баланс соотношения групп ключевых умений δ , если изменить те или иные параметры учебного плана?

Доказательность и наглядность графического представления образов в нотации UGVA можно увидеть при сравнении Рис. 3 с упругой картой на Рис. 5 (нелинейное обобщение главных компонент [12]) для данных из Табл. 2. Карта показывает взаимные позиции всех 37 (включая актуализированный) учебных планов в факторном пространстве, отображенном на первые две главные компоненты (пространство внутренних координат). Цветовой градиент по-

строен для значения δ от наименьших значений (белый) к наибольшим (черный). Стрелкой показано изменение позиции учебного плана специальности 27.04.03.06 от 2021 к 2022 году. Кроме очевидной констатации того, что актуализация существенно изменила баланс компонентов учебного плана, визуализация карты не позволяет увидеть более полную картину (ее объясняющая способность ограничена).

В качестве рекомендаций по повторному проведению обследования специальности «Системный анализ и управление» или иных учебных программ мы можем отметить следующее:

- при выборе точки зрения [25, 26] при выделении профессиональных умений необходимо учитывать единство категорий специальных и фундаментальных знаний (необходим баланс);
- при выделении числа групп ключевых умений S_p практика показала, что 5-9 позиций вполне достаточно, так как они будут еще

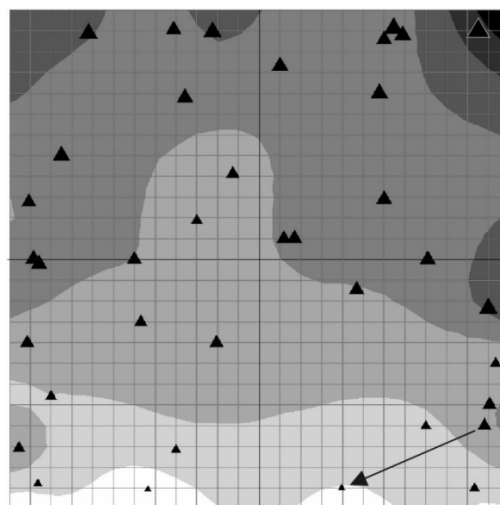


Рис. 5. Эластичная карта параметров учебных планов специальности 27.04.03 относительно значений δ

дифференцироваться и отображаться в зависимости от принадлежности к той или иной части учебного плана (параметр α). При этом мы не считаем обязательным оценивать баланс между группами K_p в равных долях;

- при принятии решений метод должен быть по возможности интегрирован в структуру имеющихся и применяемых средств автоматизации обучения (LMS, ITS), используя для различных уровней принятия решений (оперативном, тактическом и стратегическом [27]).

Руководствуясь приведенными рекомендациями не следует упускать из вида иные подходы к анализу и компоновке структуры учебных планов [9], дополняя их образами в нотации UGVA.

Заключение

Качественная подготовка специалистов базируется на учебных планах и реализующих их совокупности дисциплин. Поэтому методы и инструменты сравнения, оценки и поддержки принятия решений при работе с планами являются крайне востребованными.

Применение метода UGVA для анализа ряда направлений подготовки специалистов показал, что, несмотря на широкую вариабельность структуры подготовки и специализации региональных рынков труда, общую базу для анализа учебных планов можно сформировать, обработать и визуализировать, даже опираясь на публичные документы с сайтов университетов. Подробнее ознакомиться с методом UGVA и рекомендациями по его применению при решении образовательных задач можно в статье [23]. Практические результаты, полученные в процессе проведения этого исследования, позволили обосновать направления актуализации учебного плана программы «Системное проектирование космических аппаратов» специальности «Системный анализ и управление» для набора 2022г. в Сибирском федеральном университете.

Перспективами дальнейших исследований является применение методики UGVA для ряда специальностей при актуализации учебных планов, для текущего мониторинга процесса обучения (этап 4 на Рис. 1), а также смежных процессов (командообразования, научной и проектной работы, конкурсного отбора). Особый интерес представляет вопрос автоматического анализа и использования результатов работы методики интеллектуальным ядром

автоматизированных обучающих систем (Intelligent Tutoring Systems) для принятия решений.

Литература

1. Ajanovski V. Evolutionary Curriculum Reconstruction: Process Model and Information System Development. In Proceedings of the 18th Annual Conference on Information Technology Education. Association for Computing Machinery. New York. USA. 2017. P. 89–94.
2. Tosic P., Beeston J. Designing Undergraduate Data Science Curricula: A Computer Science Perspective. In 2018 ASEE Annual Conference & Exposition. ASEE Conferences. Salt Lake City, Utah, 2018. P. 1–11.
3. Лавлинская О.Ю., Курченкова Т.В. Модели принятия решений в задаче синтеза учебного плана // Вестник Воронежского института МБД России. 2009. № 1. С. 136–143.
4. Zykina A., Kaneva O., Munko V. The development of approaches for obtaining automated solution on the formation of the curriculum. Modern Information Technologies and IT-Education. Vol. 14. №4. 2018. P. 931–937.
5. Takada S., Cuadros-Vargas E., Impagliazzo J., Gordon S., Marshall L., Topi H., Veer G., Waguespack I. Toward the visual understanding of computing curricula. Education and Information Technologies Vol. 25, 2020. P. 4231–4270.
6. Waguespack L., Topi H., Frezza S., Babb J., Marshall L., Takada S., van der Veer G., Pears A. Adopting Competency Mindful of Professionalism in Baccalaureate Computing Curricula. In Proceedings of the EDSIG Conference. Vol. 2473. 2019. P. 3857.
7. Crawley E., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D., Edström K. Rethinking engineering education. The CDIO approach. Springer. 2014. 311 p.
8. Qi W. Learning Cell: Intelligent Technologies and Resources in Curriculum Development. Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum, Springer. 2020. P. 199–214.
9. CC2020 Task Force. 2020. Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education. Association for Computing Machinery. New York. NY. USA.
10. Sozykin A., Koshelev A., Bersenev A., Shadrin D., Aksenov A., Kuklin E. Developing Educational Programs Using Russian IT Job Market Analysis. In 2021 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT). IEEE. 2021. P. 0391–0394.
11. Han J., Kamber M., Pei J. Data mining concepts and techniques third edition. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. 2011. 560 p.
12. Gorban A., Zinovyev A. Fast and user-friendly non-linear principal manifold learning by method of elastic maps. In IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA). IEEE. 2015. P. 1–9.
13. Chernoff H. The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. Journal of the American Statistical Association. Vol. 68. 1973. P. 361–368.
14. Flury B., Riedwyl H. Graphical Representation of Multivariate Data by Means of Asymmetrical Faces. J. Amer. Statist. Assoc. Vol. 76. 1981. P. 757–765.
15. Jones D. The inventions of Daedalus: a compendium of plausible schemes. WH Freeman, 1982.

16. Colasanti R., Borgo R., Jones M. Emoji and Chernoff - a Fine Balancing Act or are we Biased? In IEEE Pacific Visualization Symposium. IEEE. 2019. P. 102–111.
17. Cene E., Parim C., Özkan B. Comparing the performance of basketball players with decision trees and TOPSIS. *Data Science and Applications*. Vol. 1. 2018. P. 21–28.
18. Соболева А.Г. Когнитивная визуализация знаний с помощью лиц Чернова // Комп'ютерний моніторинг та інформаційні технології 2006. Донецьк: ДНТУ. 2006. С. 135–136. <http://masters.donntu.org/2006/fvti/soboleva/library/text7.htm>.
19. Филимонов В.А. Способ когнитивной визуализации многопараметрических компонентов системы // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XIII Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск: Литера-принт. 2021. С. 136–140. https://aesu.ru/local/conference/_docs/2021/RAI-21_print.pdf.
20. Weyl H. *Symmetry*. Princeton University Press. 1952. 168 p.
21. Kukharev G., Kazyeva N. Digital Facial Anthropometry: Application and Implementation. *Pattern Recognition and Image Analysis*. Vol. 30. 3. 2020. P. 496–511.
22. Углев В.А. Метод унифицированного графического воплощения активности // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XI Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск: Литера-принт. 2019. С. 161–172.
23. Углев В.А. Оценка баланса учебных планов при подготовке специалистов в области информационных технологий с применением метода UGVA // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2021. Том 17. №3. <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/777>.
24. Углев В.А. Метод унифицированного графического воплощения активности как инструмент визуализации в подходе Lifelong Learning // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: Материалы V Международной научной конференции. Красноярск: СФУ. 2021. С. 340–344.
25. Углев В.А., Проценко Д.А. Оценка баланса нагрузки по учебной программе магистратуры направления «системный анализ и управление» методом UGVA // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XII Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск: Литера-принт. 2020. С. 227–235. https://aesu.ru/local/conference/_docs/2020/RAI-20_print.pdf.
26. Kossiakoff A., Sweet W., Seymour S., Biemer S. *Systems Engineering principles and practice*. Wiley-Interscience, 2011. 560 p.
27. Углев В.А., Покидько В.Ф. Системный подход к проектированию учебных планов и его графического сопровождения // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Красноярск: ЛИТЕРА-принт. 2021. С. 263–271. https://aesu.ru/local/conference/_docs/2021/RAI-21_print.pdf.

Углев Виктор Александрович. Кандидат технических наук, доцент. Ведущий научный сотрудник. Сибирский федеральный университет. Области исследований: интеллектуальные автоматизированные обучающие системы, инженерия знаний, системная инженерия, теория принятия решений. E-mail: uglev-v@yandex.ru

Visual Decision Support for Curriculum Development Using the UGVA Method

V. A. Uglev

Siberian Federal University, Zheleznogorsk, Russia

Abstract. The article deals with an approach to comparing, evaluating, and improving curricula. A model of parameterization of the curriculum with respect of key professional skills. For data concentration and analysis, we used the Unified Graphic Visualization of Activity (UGVA) method. We describe the results of an analysis of 36 curricula for the Russian academic major “system analysis and control”. The images created using the described method allowed us to summarize curricula evaluation data, identify the differences in teaching students and best practices. Comparing the selected curriculum with others in UGVA notation, we developed recommendations on changing the curriculum structure regarding courses developing key professional skills. General recommendations on the use of the method in decision-making are given.

Keywords: Curriculum, Decision-Making, Visualization, Cognitive Graphics, Chernoff faces, UGVA Method.

DOI 10.14357/20718594220205

References

1. Ajanovski, V. 2017. Evolutionary Curriculum Reconstruction: Process Model and Information System Development. In *Proceedings of the 18th Annual Conference on Information Technology Education*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. 89–94.
2. Tomic, P., Beeston, J. 2018. Designing Undergraduate Data Science Curricula: A Computer Science Perspective. In

- 2018 ASEE Annual Conference & Exposition. ASEE Conferences, Salt Lake City, Utah. 1–11.
3. Lavlinskaya, A., Kurchenkova, T. 2009. Modely priniatiya resheniy v zadache sinteza uchebnogo plana [Decision-making models in the task of curriculum synthesis]. Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii [Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. № 1: 136–143.
4. Zykina, A., Kaneva, O., Munko, V. 2018. The development of approaches for obtaining automated solution on the formation of the curriculum. Modern Information Technologies and IT-Education. Vol. 14. №4: 931–937.
5. Takada, S., Cuadros-Vargas, E., Impagliazzo, J., Gordon, S., Marshall, L., Topi, H., Veer, G., Waguespack, I. 2020. Toward the visual understanding of computing curricula. Education and Information Technologies Vol. 25: 4231–4270.
6. Waguespack, L., Topi, H., Frezza, S., Babb, J., Marshall, L., Takada S., van der Veer, G., Pears, A. 2019. Adopting Competency Mindful of Professionalism in Baccalaureate Computing Curricula. In Proceedings of the EDSIG Conference, Vol. 2473: 3857.
7. Crawley, E., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D., Edström, K. 2014. Rethinking engineering education. The CDIO approach. Springer. 311 p.
8. Qi, W. 2020. Learning Cell: Intelligent Technologies and Resources in Curriculum Development. Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum, Springer. 199–214.
9. CC2020 Task Force. 2020. Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
10. Sozykin, A., Koshelev, A., Bersenev, A., Shadrin, D., Aksenov, A., Kuklin, E. 2021. Developing Educational Programs Using Russian IT Job Market Analysis. In 2021 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT). IEEE. 0391–0394.
11. Han, J., Kamber, M., Pei, J. 2011. Data mining concepts and techniques third edition. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. 560 p.
12. Gorban, A., Zinovyev, A. 2015. Fast and user-friendly non-linear principal manifold learning by method of elastic maps. In IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA). IEEE. pp. 1–9.
13. Chernoff, H. 1973. The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. Journal of the American Statistical Association. Vol. 68: 361–368.
14. Flury, B., Riedwyl, H. 1981. Graphical Representation of Multivariate Data by Means of Asymmetrical Faces. J. Amer. Statist. Assoc. Vol. 76, 376: 757–765.
15. Jones, D. 1982. The inventions of Daedalus: a compendium of plausible schemes. WH Freeman, 202 p.
16. Colasanti, R., Borgo, R., Jones, M. 2019. Emoji and Chernoff - a Fine Balancing Act or are we Biased? In IEEE Pacific Visualization Symposium, IEEE. 102–111.
17. Cene, E., Parim, C., Özkan, B. 2018. Comparing the performance of basketball players with decision trees and TOPSIS. Data Science and Applications, Vol. 1: 21–28.
18. Soboleva, A. 2006. Kognitivnaya vizualizatsiya znaniy s pomoshyu lits Chernova [Cognitive visualization of knowledge using Chernov's faces]. Kompyuterniy monitoring i informatsionnye tehnologii [Computer monitoring and information technology]. Donetsk. 135–136.
19. Filimonov, V. 2021. Sposob kognitivnoy vizualizatsii mnogoparametricheskikh komponentov sistemy [Method for cognitive visualization multi-parameter system]. Trudy 13-y vserossiyskoy konferentsii “Robototekhnika i iskusstvennuy intellekt” [13th conference “Robotics and AI” Proceedings]. Krasnoyarsk. 136–140.
20. Weyl, H. 1952. Symmetry. Princeton University Press. 168 p.
21. Kukharev, G., Kazyeva, N. 2020. Digital Facial Anthropometry: Application and Implementation. Pattern Recognition and Image Analysis. Vol. 30 (3): 496–511.
22. Uglev, V. 2019. Metod unifikatsionnogo graficheskogo voplosheniya aktivnosti [Unified Graphic Visualization of Activity method]. Trudy 11-y vserossiyskoy konferentsii “Robototekhnika i iskusstvennuy intellekt” [11th conference “Robotics and AI” Proceedings]. Krasnoyarsk. 161–172.
23. Uglev, V. 2021. Otsenka balansa uchebnykh planov pri podgotovke spetsialistov v oblasti informatsionnykh tekhnologiy s primeneniem metoda UGVA [Evaluate Curricula Balance for Software Engineering Education with using UGVA Method]. Sovremennye informatsionnye tehnologii i IT-obrazovanie [Modern Information Technologies and IT-Education]. Vol. 17. №3. <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/777>.
24. Uglev, V. 2021. Metod unifikatsionnogo graficheskogo voplosheniya aktivnosti kak instrument vizualizatsii v podhode Lifelong Learning [The method of unified graphic visualization of activity as a visualization tool in the Lifelong Learning approach]. Trudy 5-y mezhdunarodnoy konferentsii “Informatizatsiya obrazovaniya i metodika elektronnoy obucheniya” [5th conference “Informatization of education and e-learning methodology”]. Krasnoyarsk. 340–344.
25. Uglev, V., Protsenko, D. 2020. Otsenka balansa nagruzki po uchebnym programam magistratury napravleniya “sistemnyy analiz i upravlenie” metodom UGVA [Estimation of the study load balance of master’s program in system analysis and control by UGVA method]. Trudy 12-y vserossiyskoy konferentsii “Robototekhnika i iskusstvennuy intellekt” [12th conference “Robotics and AI” Proceedings]. Krasnoyarsk. 227–235.
26. Kossiakoff, A., Sweet, W., Seymour, S., Biemer, S. 2011. Systems Engineering principles and practice. Wiley-Interscience. 560 p.
27. Uglev, V., Pokidko, V. 2021. Systemnyy podhod k proyektirovaniyu uchebnykh planov i ego soprovozhdeniya [A systematic approach to the design of curricula and its graphic support]. Trudy 13-y vserossiyskoy konferentsii “Robototekhnika i iskusstvennuy intellekt” [13th conference “Robotics and AI” Proceedings]. Krasnoyarsk. 263–271.

Uglev Viktor A. Candidate of technical sciences, docent. Leading researcher, Siberian Federal University. Research areas: Intellectual Tutoring Systems, Knowledge Engineering, System Engineering, Decision Making. E-mail: uglev-v@yandex.ru