

В.А. Углев, к.т.н., доцент, uglev-v@uandex.ru  
Некрасов М.В., к.т.н., доцент, getmyway@mail.ru  
Сибирский федеральный университет, г. Железногорск, Россия

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ БАЛАНСА УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ МЕТОДОМ UGVA ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Аннотация:* В статье предложена компетентностная модель описания учебного плана по подготовки специалистов в области искусственного интеллекта (инженеров по знаниям) в рамках магистратуры. Рассматривается вопрос оценки баланса нагрузки в учебном плане и сравнения учебных планов между собой. Для анализа учебного плана применяется визуальная нотация по метод унифицированного графического воплощения активности (UGVA). Предложена модель визуализации различных аспектов учебного плана с помощью образа робота-андроида на гусеничной платформе.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, инженерия знаний, инженер по знаниям, компетенции, учебная программа, визуализация, метод унифицированного графического воплощения активности (УГВА), метод Unified Graphic Visualization of Activity (UGVA).

## MODEL FOR ESTIMATE OF LEARNING LOAD USING BY THE UGVA METHOD IN THE FIELD OF SPECIALISTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TRAINING

V.A. Uglev, PhD, docent, uglev-v@uandex.ru  
M.V. Nekrasov, PhD, docent, getmyway@mail.ru  
Siberian Federal University, Zheleznogorsk, Russia

*Abstract:* The article offers a competency-based model for describing the curriculum for training specialists in the field of artificial intelligence (knowledge engineers) within the master's program. The issue of estimate the load balance in the curriculum and comparing curricula with each other is considered. Visual notation by Unified Graphic Visualization of Activity (UGVA) method is used to analyze the curriculum. A model of visualization of various aspects of the curriculum using the image of an Android robot on a tracked platform is proposed.

*Key words:* Artificial Intelligence, Knowledge engineering, engineer of knowledge, competence, curriculum, visualization, Unified Graphic Visualization of Activity (UGVA) method.

Переход к шестому технологическому укладу сопровождается появлением новых точек роста в научной, производственной и экономической областях наиболее развитых государств. Одной из точек перспективного роста является искусственный интеллект (ИИ), интенсивное развитие которого за последние 2 года поставлено в приоритет национальных стратегий целого ряда стран (рис. 1.). Следует подчеркнуть, что в большинстве стран мира с развитой индустрией информационных технологий уже не один десяток лет существует отдельная специальность – специалист по искусственному интеллекту (инженер по знаниям), представленная бакалаврами и/или магистрами. В России такой специальности до сих пор нет: у нас подобные специалисты выходят из учебных заведений программистами или аналитиками, искусно обобщенным красивым словом магистр.

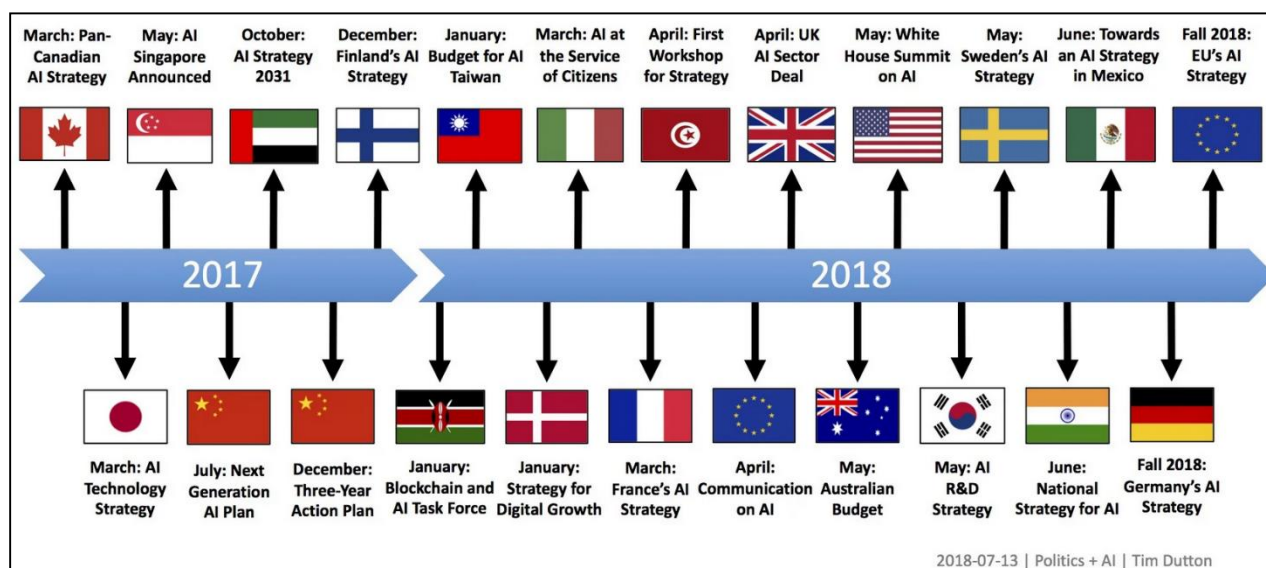


Рис. 1. Страны, имеющие стратегии развития ИИ на 12.07.2018 [1]

В свете принятия в России в октябре 2019 года «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года» [2] ситуация должна измениться (возможно, вплоть до принятия нового профессионального и образовательного стандарта). Но как оценить текущее состояние дел, сравнив его с зарубежным опытом, и разумно подойти к балансировке учебной нагрузки и знаний при подготовке будущих инженеров по знаниям? Для этого требуется не только собрать данные о подготовке профессионалов в области ИИ в мире и России, имеющей одних из наиболее сильных специалистов в этом направлении, но и сформировать модель для их сравнения. Описанию такой модели и будет посвящена данная статья, с выходом на применение визуальной нотации по методу унифицированного графического воплощения активности (UGVA).

Начнем с анализа того, что входит в область деятельности специалиста по искусственному интеллекту или, как должна называться его должность – *инженера по знаниям* (ИЗ) [3, 4]. Обобщение многолетнего опыта в области ИИ как за рубежом, так и в нашей стране показывает, что ИЗ должен обладать следующими развитыми обобщенными *профессиональными умениями* (ПУ) :

1. применять методы системного анализа и математической обработки данных и знаний;

2. применять технологии извлечения знаний и структурировать знания (в основном это коммуникативные навыки для работы с экспертами);

3. применять технологии представления знаний в виде базы знаний или наборов данных для обучения алгоритмов ИИ;

4. разрабатывать программную компоненту интеллектуальных систем (решатель, обычные и естественно-языковые интерфейсы и пр.).

Очевидно, что сюда не вошли такие важные умения, как математические и системные, а также те, что отвечают за общую грамотность в информационных технологиях. Умения 2 и 3 являются ключевыми. Если внимательно сравнить их с описанием деятельности инженера по знаниям из [5], то получится, что четвертое умение нужно ИЗ только тогда, когда команда разработчиков мала, т.е. инженер по знаниям совмещает свои трудовые функции в рамках должности программиста. В остальных случаях это вспомогательное умение, позволяющее говорить с разработчиком (программистом) на одном «языке» при объяснении структуры базы знаний и особенностей реализации решателя по её обработке.

Основываясь на предложенных акцентах в области деятельности ИЗ предложим модель, позволяющую описать (а в перспективе – сравнить и провести балансировку) образовательную программу с позиции соотношения знаний (дисциплин), формирующих те или иные умения специалистов области ИИ. Рассмотрим уровень магистратуры. При этом будем особенно обращать внимание на разделение базовой и вариативной части при подготовке будущих специалистов, а также на наличие базовой подготовки, т.е. степени профилирования на предыдущей ступени подготовки (как правило, при обучении на бакалавриате).

### Формализация модели описания учебного плана по ИЗ

Составим частную параметрическую модель, опираясь на нотацию из метода UGVA [6], используя укрупненный перечень ПУ из учебного плана (УП) подготовки. Она включает в себя следующие аспекты *PU* (агрегированные критерии), которые должны быть учтены при сравнении различных программ подготовки с позиции выбранного нами для исследования профиля – инженерии знаний:

1.1. Объем общенаучных методических и методологических знаний (профессиональные умения из  $ПУ_{1.1}$ );

1.2. Объем знаний по извлечению и структурированию знаний ( $ПУ_2$ );

1.3. Объем знаний по формированию баз знаний в памяти ЭВМ ( $ПУ_3$ );

1.4. Объем знаний по программированию ( $ПУ_4$ );

1.5. Общенаучные знания, не относящиеся к профильной подготовке (включая все дисциплины по информационным технологиям, не вошедшие в п. 1.1-1.4 и соответствующие  $ПУ_{1.2}$  и  $ПУ_{1.3}$ ).

За основу выделения  $ПУ_2$ - $ПУ_4$  взят критерий последовательности профессиональных действий.

В модели не будут выделяться дисциплины, целенаправленно формирующие группу умений  $ПУ_{n+1}$ , развивающие компетенции регионального работодателя. В случае, если имеется информация о предыдущей ступени подготовки (исключительно в этом же ВУЗе), то в модель так же будут включаться следующие дополнительные элементы из  $ПУ_0$ :

0.1. Объем знаний, полученных по направлению полезных для будущего специалиста по ИЗ гуманитарных наук (в первую очередь по философии и психологии);

0.2. Объем знаний, полученных по направлению информатики и вычислительной техники (кроме элементов из пунктов 0.3 и 0.4);

0.3. Объем знаний, полученных по направлению программирования и применения развитых средств проектирования и разработки информационных систем (включая базы данных, CASE-системы и т.п.);

0.4. Объем знаний, полученных непосредственно по инженерии знаний.

0.5. Объем знаний, полученных по иным направлениям, включая математические, экономические и пр.

При оценке объема знаний по каждой дисциплине (упуская все практики и выпускную квалификационную работу), в рамках данной статьи, уйдем от оценки в часах или кредитах (зачетных единицах). Более того, так как у нас не всегда есть возможность ознакомиться с содержимым каждой дисциплины (особенно зарубежного ВУЗа), то будем оценивать вклад каждой дисциплины в развитие ПУ в интервале от 0 до 1 экспертно, исходя из названия и аннотации к дисциплине, а также реалистичного понимания того, что это название должно охватывать в поле профессиональных знаний и умений. Остальные параметры дисциплин и учебного плана (текущего  $D$  и предыдущего  $D_0$ ) будут сформированы в единый вектор показателей (факторов), пригодных для анализа, сравнения и визуализации методом UGVA. Фрагменты таблицы исходных данных  $D$  и  $D_0$  представлены в табл. 1 и 2 соответственно: основной УП - магистратура «Интеллектуальные информационные системы», УП предыдущего уровня подготовки – бакалавра направления «Информатика и вычислительная техника» [7]).

Таблица 1. Экспертные оценки вклада дисциплин основного УП

| №   | Дисциплина  | Вари-<br>атив | ПУ <sub>1.1</sub> | ПУ <sub>1.2</sub> | ПУ <sub>1.3</sub> | ПУ <sub>2</sub> | ПУ <sub>3</sub> | ПУ <sub>4</sub> |
|-----|---|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1   | Организация научно-исследовательской и проектной деятельности | 0             | 0                 | 0                 | 1                 | 0               | 0               | 0               |
| 2   | Теория систем и системный анализ                              | 0             | 1                 | 0                 | 0                 | 0               | 0               | 0               |
| 3   | Теория распознавания образов                                  | 0             | 1                 | 0                 | 0                 | 0               | 0,25            | 1               |
| 4   | Проектирование информационно-аналитических систем             | 0             | 0                 | 0,5               | 0                 | 0               | 0               | 1               |
| 5   | Методы оптимизации  | 0             | 1                 | 0                 | 0                 | 0               | 0               | 0               |
| 6   | Интеллектуальный анализ данных                                | 0             | 1                 | 0                 | 0                 | 0               | 0,25            | 1               |
| ... | ...   | ...           | ...               | ...               | ...               | ...             | ...             | ...             |
| 22  | Интеллектуальные технологии                                   | 1             | 0                 | 0                 | 0                 | 0,5             | 0,5             | 0,5             |
| 23  | Представление знаний  | 1             | 0                 | 0                 | 0                 | 0,5             | 1               | 0               |
|     | Значение $S_j^*$  |               | 24,04             | 13,11             | 18,58             | 6,56            | 14,75           | 22,95           |

Таблица 2. Экспертные оценки вклада дисциплин УП бакалавриата

| №   | Дисциплина                                      | Вари-<br>атив | ПУ <sub>0.1</sub> | ПУ <sub>0.2</sub> | ПУ <sub>0.3</sub> | ПУ <sub>0.4</sub> | ПУ <sub>0.5</sub> |
|-----|---|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1   | Философия                                       | 0             | 1                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 2   | Всеобщая история                                | 0             | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 1                 |
| 3   | Теория и практика эффективного речевого общения | 0             | 1                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 4   | Операционные системы                            | 0             | 0                 | 1                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 5   | Алгоритмы и структуры данных                    | 0             | 0                 | 0                 | 1                 | 0                 | 0                 |
| 6   | Методы и системы принятия решений               | 0             | 0,25              | 0                 | 0                 | 0,5               | 1                 |
| 7   | Основы адаптивных систем управления             | 0             | 0                 | 0                 | 1                 | 0,5               | 0                 |
| ... | ...   | ...           | ...               | ...               | ...               | ...               | ...               |
| 49  | Программное обеспечение мобильных систем        | 1             | 0                 | 1                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 50  | Основы академического письма                    | 1             | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 1                 |
|     | Значение $S_j^*$                                |               | 4,27              | 35,5              | 27,01             | 1,9               | 31,28             |

Применяя методику обобщения данных из [6], рассчитаем оценки вклада каждого ПУ в подготовку и нормируем его, получая вектор оценок  $S_j^*$  (см. последние строки в таб. 1 и 2.). Далее сгруппируем показатели в три группы, позволяющие перейти к оценке баланса в подготовке ИЗ следующим образом:

1.  $K_1 = S_{1.1}^* + S_{1.2}^* + S_{1.3}^* = 55,47$  - это комплекс компетенций, отвечающий за общенаучную и общепрофессиональную подготовки ИЗ;

2.  $K_2 = S_2^* + S_3^* = 21,31$  - это комплекс компетенций, отвечающий за основные профессиональные компетенции ИЗ;

3.  $K_3 = S_4^* = 22,95$  - это комплекс компетенций, отвечающий за умение разрабатывать программную компоненту информационных интеллектуальных систем.

Далее рассчитаем значение характеристики сбалансированности ПУ относительно всего учебного плана подготовки: для рассматриваемого УП это значение будет равно  $\delta = 14,82$ .

### Образование (формирование образа)

Возьмём за основу образа объект, который хорошо ассоциируется с искусственным интеллектом и одновременно недалеко отходит от образа фигуры человека для применения нотации из метода UGVA. Для нашего случая это андроид, т.е. человекоподобный робот. Эта абстракция согласуется как с предметной областью подготавливаемого специалиста, так и с возможностью творческого представления богатства отдельных элементов синтезируемого изображения, путем введения ряда специфических технических элементов.

Образ, особенно, когда мы говорим о гармонизации и симметрировании его составных частей, должен иметь четкое описание элементов, располагаемых на пересечении вертикальных и горизонтальных страт. Опишем спецификацию каждой из семи зон (см. рис. 1 из [6]), представив нижнюю страту (B0) в виде технической платформы на гусеничном ходу:

- B0:Г1 – левое (направляющее) колесо кодирует в диаметре значение ПУ по гуманитарным дисциплинам ( $ПУ_{0.1}$  из  $PU_0$ ).

- B0:Г2 – центральное (опорное) колесо кодирует в диаметре значение ПУ по дисциплинам, общеинформационного профиля ( $ПУ_{0.2}$  из  $PU_0$ ).

- B0:Г3 – правое (ведущее) колесо кодирует в диаметре значение ПУ по дисциплинам, связанным с проектированием и разработкой программного обеспечения ( $ПУ_{0.3}$  из  $PU_0$ ).

- B1:Г1 – левый двухсегментный манипулятор андроида кодирует объём учебной нагрузки по методам извлечения и структурирования знаний ( $ПУ_2$  из  $PU$  с делением на обязательную для изучения часть и часть по выбору).

- B1:Г2 – корпус андроида имеет три вертикальных сегмента (без явного разделения на обязательную и «выборную» части):

- Нижний – объём общенаучной нагрузки в составе УП ( $ПУ_{1.2}$  и  $ПУ_{1.3}$ );

- Средний - объём методических и методологических знаний ( $ПУ_{1.1}$ );

- Верхний – учебная нагрузка по программированию ( $ПУ_4$ , где ширина и длина «груди» соответствует общей и выборной части нагрузки соответственно).

- В1:ГЗ – правый двухсегментный манипулятор андроида кодирует объём учебной нагрузки по методам представления знаний в памяти ЭВМ в виде баз знаний ( $ПУ_3$  из  $PU$ , так же с делением на два сегмента).

- В2 – «голова» с условным изображением эмоции, отражающей оценку баланса нагрузки учебного плана  $\delta$ .

Для завершения формирования образа дополним страту В0 ещё двумя элементами: надгусеничной полкой и самой гусеничной лентой. Кодирование надгусеничной полки будет отражать вклад дисциплин из  $ПУ_{0.5}$  из  $PU_0$ . А значение  $ПУ_{0.4}$  (основы инженерии знаний и методов ИИ) будет закодировано следующим образом:

- Если соответствующие дисциплины (более одной) имели место быть на предыдущей ступени обучения, то отрисовывается рельеф перьев гусеничной ленты;

- Если была только одна дисциплина, связанная с ИИ (например, «Введение в ИИ» или «Системы/методы/основы ИИ») то гусеничная лента рисуется без перьев;

- Если соответствующие дисциплины отсутствовали, то гусеничная лента не отрисовывается (для базовой подготовки, не связанной с информационными технологиями, идею деградации технического образа можно, при желании, развить).

В область А1 для левого манипулятора добавим условное изображение инструмента для извлечения знаний – паяльник (что может сравниться по эффективности при решении задачи извлечения знаний из экспертов?). Он должен появляться в том случае, когда в УП предусмотрена отдельная дисциплина, связанная с целенаправленным развитием коммуникативных способностей ИЗ (например, дисциплины типа «Коммуникативные приемы извлечения знаний» или «Психологические основы эффективного интервьюирования»).

### **Профиль подготовки ИЗ в нотации метода UGVA**

Обобщая предложение правила визуализации профиля подготовки ИЗ по конкретному УП, сформируем упрощенную схему отрисовки в нотации UGVA (рис. 2, левый).

Теперь продемонстрируем вид модели УП из [7], отрисованный в упрощенном виде с использованием нотации UGVA (рис 2., правый). На нем видно, каково соотношение базовых групп компетенций как по отдельности (элементы образа из страты В1), так и интегральной характеристики сбалансированности УП (лицо на страте В2).

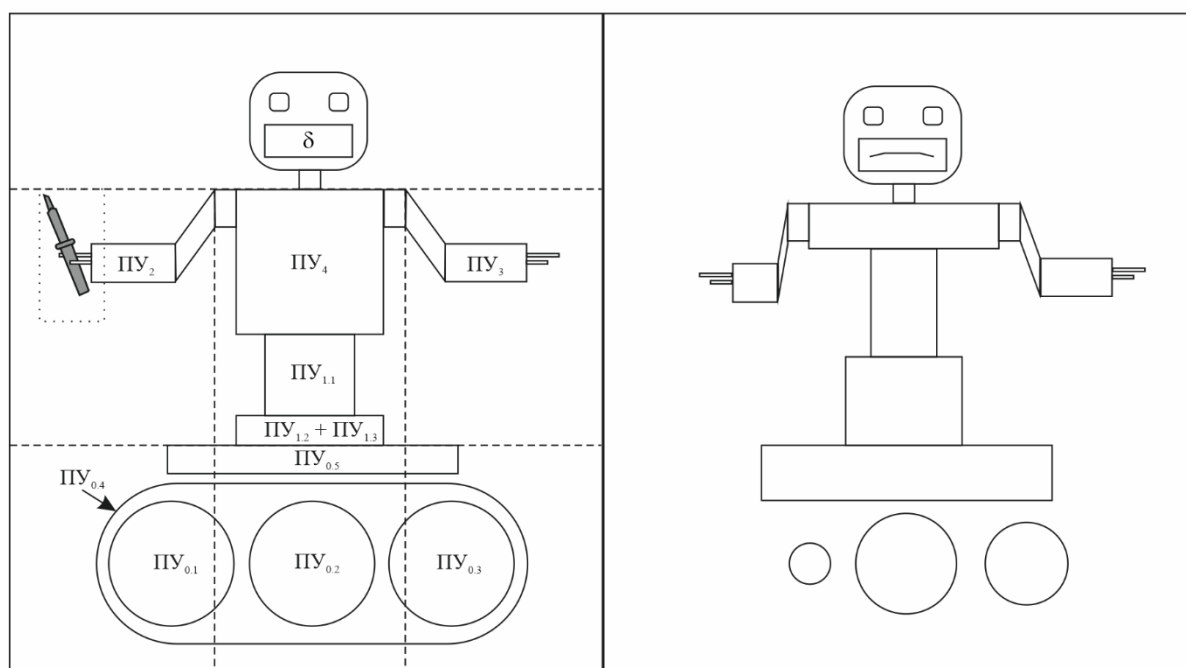


Рис. 2. Схема расположения элементов модели (слева) и пример профиля УП из [7] (справа) в нотации UGVA

## Заключение

Инженерия знаний и инженер по знаниям – это те категории, которые при осознании важности искусственного интеллекта в масштабах государства становятся стратегически важны. Чем раньше это будет проанализировано и методологически-грамотно проработано, тем выше эффект от внедрения ИИ будет получен во всех областях автоматизации. Но только систематическая работа в области подготовки кадров высшей квалификации даст наиболее качественный эффект. Для этой цели модель специалиста по инженерии знаний и методы её анализа (включая использование нотации UGVA) должны быть не только проработаны с позиции учебных заведений, но и совместно с позиции привлеченных специалистов ведущих предприятий, планирующих использование последних достижений в области информационных технологий [2].

## Список литературы

1. Dutton T. An Overview of National AI Strategies [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd>.
2. Указ Президента РФ от 10.10.2019 N 490 "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации" (вместе с "Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года") [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946/>.



3. Kendal S., Creen M. An introduction to Knowledge Engineering. – London: Shpringer, 2007. – 287 p.

4. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. – СПб.: Ла нъ, 2016. – 324 с.

5. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2001, 384 с.

6. Углев В.А. Метод унифицированного графического воплощения активности (UGVA) // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XI Всероссийской конференции с международным участием. – Красноярск: Листра-принт, 2019. – С. 161-172.

7. Учебный план магистратуры «Интеллектуальные информационные системы» в СФУ [Электронный ресурс]: режим доступа - <http://edu.sfu-kras.ru/programs>.