



М.А. Захаров, А.П. Карпенко,
Е.В. Смирнова, А.П. Соколов

**Программная система МЕТА-3 для
количественной оценки
метакомпетенций учащегося на
основе анализа его поведения в
социальных сетях**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Захаров М.А., Карпенко А.П., Смирнова Е.В., Соколов А.П. Программная система МЕТА-3 для количественной оценки метакомпетенций учащегося на основе анализа его поведения в социальных сетях // Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции (19-24 сентября 2016 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2016. — С. 135-143. — doi:[10.20948/abrau-2016-10](https://doi.org/10.20948/abrau-2016-10)

Размещена также [презентация к докладу](#)

Программная система МЕТА-3 для количественной оценки метакомпетенций учащегося на основе анализа его поведения в социальных сетях

М.А. Захаров, А.П. Карпенко, Е.В. Смирнова, А.П. Соколов

Россия, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Аннотация. Рассматриваем проблему оценки метапредметных, метакреативных и метакогнитивных (мета) компетенции учащегося на основе анализа его поведения в социальных сетях. Используем прямые и косвенные данные об учащемся. Представляем программную систему МЕТА-3, которая реализует извлечение из социальных сетей указанной информации и оценку на этой основе метакомпетенций учащихся. С использованием этих оценок система определяет стиль учения данного учащегося и его способы мышления, затем - формирует оценки вида мышления и типа поведения учащегося. Система ориентирована на использование в учебных заведениях и кадровых агентствах компаний.

Ключевые слова: метакомпетенция, социальная сеть, стиль учения, способ мышления, вид мышления, тип поведения

Различаем метапредметные, метакреативные и метакогнитивные (мета) компетенции учащегося [1, 2]. Количественные оценки составляющих этих компетенций называем индикаторами.

Под метапредметными компетенциями понимаем освоенные учащимся метапредметные понятия и так называемые универсальные учебные действия (регулятивные, познавательные, коммуникативные). Другими словами, полагаем, что составляющими метапредметности являются освоенные метапонятия, а также регулятивные, познавательные, коммуникативные компетенции.

Метакогнитивные компетенции вслед за Дж. Флэвеллом определяем как индивидуальные знания, касающиеся собственных когнитивных процессов и результатов собственной познавательной деятельности учащихся. Выделяем индикаторы метакогнитивности учащегося, оценивающие его абстрактное мышление, вербальные способности, математические способности, перцептивные способности, пространственное мышление, техническое мышление.

Метакреативностью называем интегральное качество учащегося, обеспечивающее не только возможность выхода его за рамки стимульной ситуации, но и способность осознавать, как это выход осуществляется, выбирать наиболее адекватные стратегии для этого. Предлагаем индикаторы метакреативности учащегося, основанные на оценке гибкости его мышления, продуктивности мышления, беглости мышления, оригинальности мышления, разработанности проблемы.

Для всех рассматриваемых типов метакомпетенций выделяем следующие уровни их освоения: декларативное знание; концептуальное знание; процедурное знание; ситуационное знание; поведенческое знание [2].

Работа посвящена оценке метакомпетенций учащихся на основе анализа их поведения в таких социальных сетях, как Twitter, Facebook, Vk, Odnoklassniki, LinkedIn. Речь идет об оценке метакомпетенций на основе анализа прямых (личные данные, высказывания, комментарии) и косвенных данных (подписанные группы, события, места, другие участники), извлеченных из указанных социальных сетей [3, 4]. Представляем программную систему (ПС) МЕТА-3, которая реализует извлечение из социальных сетей указанной информации и оценку на этой основе метакомпетенций учащихся. С использованием этих величин, ПС производит оценки стиля учения данного учащегося и его способов мышления. В свою очередь, на основе последних оценок, ПС формирует оценку вида мышления учащегося, а также оценку его типа поведения. Система ориентирована на использование в учебных заведениях и кадровых агентствах компаний.

1. Математическая модель

Введем следующие обозначения: $M = (m_i, i \in [1:3])$ - фиксированный набор рассматриваемых метакомпетенций, так что m_1, m_2, m_3 есть метапредметность, метакогнитивность и метакреативность соответственно; $S_i = (s_{i,j}, j \in [1:|S_i|])$, $i \in [1:3]$ - набор субметакомпетенций метакомпетенции m_i , где $|S_i|$ - число этих субметакомпетенций; $F_i = F_i(f_{i,j}, j \in [1:|S_i|])$, $i \in [1:3]$ - набор интегральных оценок уровня метакомпетенции m_i , где $f_{i,j}$ - оценка уровня субметакомпетенции $s_{i,j}$; $A_{i,j} = (a_{i,j,k}, k = [1:|A_{i,j}|])$, $i = [1:3]$, $j \in [1:|s_{i,j}|]$ - вектор характерных признаков (ВХП), определяющих уровень субметакомпетенции $s_{i,j}$, где $|s_{i,j}|$ - размерность этого вектора. Наименования субметакомпетенций и компонентов ВХП, а также их числа задаются экспертом в процессе настройки ПС.

Используем так называемую расширенную матричную математическую модель (МММ) для количественной оценки метакомпетенций (таблица 1).

В таблице приняты следующие обозначения: МК – метакомпетенция; МП – метапредметность; МКГ – метакогнитивность; МКр – метакреативность; СубМК – субметакомпетенция.

Таблица 1 – Расширенная матричная математическая модель для количественной оценки метакомпетенций учащихся

МК	Уровень	СубМК	Уровень	ВХП
МП, m_1	F_1	$s_{1,1}$	$f_{1,1}$	$A_{1,1}$
	
		$s_{1,K}, K = S_1 $	$f_{1,K}, K = S_1 $	$A_{1,K}, K = S_1 $
МКГ, m_2	F_2	$s_{2,1}$	$f_{2,1}$	$A_{2,1}$
	
		$s_{2,K}, K = S_2 $	$f_{2,K}, K = S_2 $	$A_{2,K}, K = S_2 $
МКр, m_3	F_3	$s_{3,1}$	$f_{3,1}$	$A_{3,1}$
	
		$s_{3,K}, K = S_3 $	$f_{3,K}, K = S_3 $	$A_{3,K}, K = S_3 $

Определим еще следующие величины: T – оценка стиля учения данного учащегося; I – оценка способов его мышления; V – вид мышления учащегося, формируемый на основе его стиля учения и способа мышления; B – тип поведения учащегося.

Полагаем, что оценки компетенций и метакомпетенций определены на целочисленных шкалах

$$\Lambda(F_i) = (\lambda_{\min}(F_i), \dots, \lambda_{\max}(F_i)), \Lambda(f_{i,j}) = (\lambda_{\min}(f_{i,j}), \dots, \lambda_{\max}(f_{i,j})),$$

где $\lambda_{\min}(\cdot)$, $\lambda_{\max}(\cdot)$ – нижняя и верхняя оценки соответственно. Шкалы задаются экспертом в процессе настройки ПС. Оценки стиля учения, способа мышления, вида мышления и типа поведения обучаемых определены, соответственно, на лингвистических шкалах

$$\Lambda(T) = (t_1, t_2, \dots, t_{|T|}), \Lambda(I) = (i_1, i_2, \dots, i_{|I|}), \Lambda(V) = (v_1, v_2, \dots, v_{|V|}),$$

$$\Lambda(B) = (b_1, b_2, \dots, b_{|B|}),$$

которые также задаются экспертом в процессе настройки ПС.

2. Структура системы МЕТА-3 и ее основные характеристики

ПС имеет клиент-серверную архитектуру. Состав клиентской части: модуль администрирования; модуль пользовательского интерфейса учащихся;

модуль пользовательского интерфейса преподавателей. Состав серверной части: модуль настройки; модуль сбора данных; модуль анализа данных; модуль оценки умений и навыков; модуль хранения больших объемов дополнительных данных, включающий в себя базу данных учебных материалов в виде текстовых файлов, файловый репозиторий графических материалов, а также хранилище потоковой информации (аудио- и видео записей).

ПС разработана с использованием «облачных» технологий и сервисов, что позволяет получать динамичные, предоставляемые по требованию, самообслуживаемые и масштабируемые услуги облачных вычислений. ПС функционирует под управлением сетевой операционной системы типа Linux на платформе свободно распространяемого программного обеспечения и использует открытые компоненты. Клиентская часть ПС обеспечивает доступ к функциям через Web-браузеры последних версий. В качестве СУБД используется MySQL.

3. Клиентская часть ПС

Модуль администрирования. Модуль реализует следующие основные функции: добавление, удаление и аутентификация пользователей; управление и разграничение прав доступа (включая доступ учащихся к указанным ниже функциям ПС); управление группами пользователей; хранение и редактирование данных о пользователях; задание умолчательных значений свободных параметров, относящихся к клиентской части.

Модуль пользовательского интерфейса учащегося. Модуль обеспечивает следующую основную функциональность: извлечение ВХП данного учащегося, не принадлежащего обучающей выборке, из различных пользовательских сред (социальные сети, МООС-окружение, LMS, электронные образовательные ресурсы (ЭОР)); вычисление на этой основе ВХП нормализованных оценок субметакомпетенций учащегося; определение с помощью соответствующей обученной стратегии всех трех метакомпетенций учащегося; аналогично, определение стиля учения и способа мышления учащегося; аналогично, определение типа поведения учащегося в заданной пользовательской среде.

Модуль пользовательского интерфейса преподавателей реализует следующую основную функциональность: извлечение ВХП заданного учащегося, не принадлежащего обучающей выборке, из различных пользовательских сред; вычисление на основе этого ВХП нормализованных оценок субметакомпетенций данного учащегося; определение с помощью соответствующей обученной стратегии всех трех метакомпетенций учащегося; аналогично, определение стиля учения и способа мышления этого учащегося; аналогично, определение типа поведения учащегося в заданной электронной обучающей системе; формирование предметно-ориентированных групп учащихся; формирование групп учащихся с целью достижения в этих группах синергетического эффекта.

4. Серверная часть

Модуль настройки обеспечивает задание экспертом значений свободных параметров используемых методов и алгоритмов (таблица 2).

Таблица 2 – Предопределенные настройки ПС
(для социальной сети ВКонтакте)

Метакомпетенция	Субметакомпетенция	ВХП
Метапредметность (МП)	Регулятивность (Р)	Наличие портфолио и других достижений; их число и диапазон; горизонтальная и/или вертикальная профессиональная мобильность.
	Коммуникативность (К)	Число контактов / подписчиков / фоловеров / групп, в которые входит учащийся; оценки, полученные им; число комментариев к его заметкам; число написанных учащимся комментариев к текстам других участников сетей.
	Познавательность (П)	Широта области интересов; число профессиональных групп, в которые входит учащийся; широта лексикона; использование знаково-символических средств, общих схем решения; выполнение логических операций сравнения, анализа, обобщения, классификации; установления аналогий.
Метакогнитивность (МК)	Абстрактное и математическое мышление (АиМ)	Число специализированных групп, в которые входит учащийся; направления его профессиональной деятельности; использование абстрактных понятий.
	Вербальные способности (ВС)	Синтаксическая сложность текстов.
	Перцептивные способности (ПС)	Соотношение добавленной музыки, текстов, видео и пр.
	Пространственное мышление (ПМ)	(Предположительно, может быть оценено только в электронной образовательной среде).
	Техническое мышление (ТМ)	Профессиональная принадлежность (техническая/гуманитарная); используемые специальные понятия.

Метакреативность (МКр)	Гибкость мышления (ГМ)	Число порождаемого контента; его разноплановость; число разноплановых групп, в которые входит обучающийся.
	Продуктивность мышления (ПрМ)	Результаты проверки на антиплагиат; число самостоятельно заведенных тем, обсуждений.
	Беглость мышления (БМ)	Число направлений интересов: по хобби, по число групп, по разбросу текстов.
	Оригинальность мышления (ОМ)	Результаты проверки на плагиат; числа лайков, репостов, комментариев.
	Разработанность проблемы (РП)	Сложность текста; число подпунктов; число источников.

В качестве предопределенной меры близости $\rho(F_{i,k_1}, F_{i,k_2})$ для всех метакомпетенций используем евклидову векторную норму

$$\rho(F_{i,k_1}, F_{i,k_2}) = \|F_{i,k_1}, F_{i,k_2}\| = \sqrt{\sum_{j=1}^{|F_i|} (f_{i,j,k_1} - f_{i,j,k_2})^2}.$$

В качестве умолчательных используем следующие стили учения ($|T| = 4$): t_1 - деятельностный, t_2 - рефлексивный, t_3 - теоретический, t_4 - прагматический. Аналогично, в ПС предопределены следующие способы мышления ($|I| = 5$): i_1 - дисциплинарный, i_2 - синтезирующий, i_3 - креативный, i_4 - респектологический, i_5 - этический. Умолчательными являются следующие типы поведения обучаемого в электронной обучающей системе: b_1 - активист, b_2 - размышляющий, b_3 - теоретик, b_4 - прагматик.

Формирование предметно-ориентированных групп учащихся по умолчанию осуществляться в соответствии со следующими видами мышления: образный (симультанный), латеральный, критический, дивергентный, комбинированный. Формирование образовательных групп учащихся, основанное на их погружении в разнохарактерные синергетические ситуации, по умолчанию исходит из следующих типов этих ситуаций: прожекторная, кумулятивная, эмерджентная, когнитивного-биоинформационного резонанса. Эксперт имеет возможность назначить для каждой из определенных в ПС синергетических ситуаций степень сложности по безразмерной шкале $\Lambda(W)$.

Модуль сбора данных реализует следующую основную функциональность: формирование обучающей и тестовой выборок учащихся; извлечение ВХП учащихся из различных пользовательских сред.

1) В процессе формирования обучающей и тестовой выборок администратор ПС (эксперт) имеет возможность задать размеры обучающей и

тестовой выборки, указать источники, из которых должны извлекаться ВХП учащихся. После определения ВХП для каждого из субъектов указанных выборок и вычисления на этой основе оценок всех субметакомпетенций всех учащихся, получаем обучающую и тестовую выборки

$$\langle U^L, \{f_{i,j,k}\} \rangle, \langle U^T, \{f_{i,j,k}\} \rangle.$$

ПС допускает ситуацию, когда для данного учащегося оценки некоторых или всех компонентов ВХП получены из разных источников.

2) ПС обеспечивает извлечение ВХП учащихся из различных пользовательских сред: социальные сети, *МООС*-окружение, *LMS*, *ЭОР*.

Модуль анализа данных осуществляет вычисление на основе указанных ВХП оценок субметакомпетенций учащегося, нормализацию вычисленных оценок.

1) При вычислении на основе ВХП учащегося оценок его субметакомпетенций используем классическую аддитивную скалярную свертку вида

$$f_{i,j} = \sum_k \varpi_{i,j,k} a_{i,j,k},$$

где $\varpi_{i,j,k}$ - весовой коэффициент, формализующий относительную важность характерного признака $a_{i,j,k}$ в ряду других составляющих. Весовые коэффициенты назначает эксперт, исходя из своих предпочтений, так что более «весомому» признаку ставится в соответствие большее значение весового коэффициента. В качестве предопределенных используем единичные значения всех весовых коэффициентов.

2) Нормализуем величины $F_i, f_{i,j}, a_{i,j,k}$. В результате построение шкалы $\Lambda(F_i)$, например, сводится к разделению интервала $[F_i^{\min}; F_i^{\max}]$ на требуемое число подынтервалов, так что $\lambda_{\min}(F_i) = F_i^{\min}$, $\lambda_{\max}(F_i) = F_i^{\max}$.

Модуль оценки умений и навыков реализует следующую функциональность: обучение всех используемых стратегий с целью определения метакомпетенций, включая проверку корректности обучения с помощью тестовой выборки, и, при необходимости, дообучение указанных стратегий; аналогичное обучение с целью определения стиля учения и способа мышления; обучение с целью определения вида мышления; обучение с целью определения типа поведения обучающегося в указанных пользовательских средах; визуализация результатов обучения.

1) Обучение используемых стратегий с целью определения метакомпетенций учащихся производится на основе выборки $\langle U^L, \{f_{i,j,k}\} \rangle$.

Реализованы следующие типы машинного обучения: обучение с учителем; обучение без учителя; обучение с частичным привлечением учителя; обучение с подкреплением (генетические алгоритмы); активное обучение; многозадачное обучение [5 - 9].

- Обучение с учителем (классификация). В качестве классификаторов используем следующие алгоритмы: логистическая регрессия; искусственные нейронные сети; метод опорных векторов; метод ближайших соседей.

- Обучение без учителя (кластеризация). Для кластеризации используется метод *k-means* (алгоритм *Hartigan-Wong*) и, на выбор, заданное пользователем число кластеров или число кластеров, определенное автоматически.

- Обучение с частичным привлечением учителя. Используется метод *self-training*, основная идея которого заключается в следующем: неразмеченные данные, классифицированные с высокой степенью уверенности, добавляются к первоначальной обучающей выборке, после чего классификатор обучается на пополненной выборке.

- Обучение с подкреплением (генетические алгоритмы) реализовано в виде многоцелевой оптимизации, применяемой для обучения классификатора, основанного на методе опорных векторов. В ходе оптимизации одновременно настраиваются тип ядра и параметры модели. При этом используется генетический алгоритм (*NSGA-II* и другие).

- Активное обучение. Используется подход *Uncertainty Sampling*: сомнительные случаи, когда наблюдение может принадлежать сразу нескольким классам, предъявляются эксперту для разметки. После разметки эти наблюдения помещаются в обучающую выборку и классификатор переобучается.

- Многозадачное обучение реализовано в виде многозадачного метода *kNN*.

2) Обучение с целью оценки стиля учения и способа мышления учащихся. Обучение производится на основе выборки $\langle U^L, \{f_{i,j,k}\} \rangle$. Вычисление указанных оценок реализовано на основе следующих типов машинного обучения: обучение с учителем (*supervised learning*); обучение без учителя (*unsupervised learning*).

3) Обучение с целью оценки вида мышления учащихся. Обучение производится на основе выборки $\langle U^L, \{t_k\}, \{i_k\} \rangle$, то есть на основе предварительно полученных оценок стиля учения и способа мышления. Реализованы следующие типы машинного обучения: обучение с учителем; обучение без учителя.

4) Обучение с целью определения типа поведения учащегося в электронной обучающей системе. Реализовано два режима обучения - на основе выборки $\langle U^L, \{f_{i,j,k}\} \rangle$ и на основе выборки $\langle U^L, \{t_k\}, \{i_k\} \rangle$. В том и другом случаях используются следующие типы машинного обучения: обучение с учителем; обучение без учителя.

5) Визуализация результатов обучения. Предусмотрен расширяемый ряд методов визуализации, включающий в себя в качестве предопределенных метод параллельных координат и метод матрицы рассеяний.

Модуль хранения больших объемов данных. Модуль реализован в виде сервера баз данных учебных материалов в текстовых файлах, файловый репозиторий графических материалов, сервер потоковой информации для хранения аудио- и видео записей.

Заключение

В развитие работы авторы планируют широкую апробацию разработанного и разрабатываемого модельного, методического и программного обеспечений в процессе решения реальных задач оценки метакомпетенций учащихся на основе анализа их поведения в социальных сетях.

В работе рассмотрена стационарная постановка задачи количественной оценки метакомпетенций учащихся. Однако эти оценки в процессе обучения учащегося меняются, и закономерности их изменения во времени несут важную информацию о метапотенциях учащегося. Поэтому в развитии работы авторы планируют также рассмотрение динамической постановки задачи количественной оценки метакомпетенций учащихся.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (проект 2014-14-579-0144-043).

Литература

1. Пурьшева, Н.С., Ромашкина, Н.В., Крысанова, О.А. О метапредметности, методологии и других универсалиях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. № 1. – С. 11-17.
2. Гаврилина, Е.А., Захаров, М.А. Карпенко, А.П. Количественная оценка метакомпетенций учащихся на основе методов машинного обучения // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/764221.html>
3. SOCIOHUB.RU. – URL: <http://www.sociohub.ru/>
4. Якушев, А.В., Дейкстра, Л.Й., Митягин, С.А. Распределенный краулер для социальных сетей на основе модели Map/Reduce // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. № 11. – С. 47-53.
5. Scikit-learn. Machine Learning in Python. URL: <http://scikit-learn.org/stable/> Zhu Xhu. Semi-Supervised Learning Literature Survey // Computer Sciences TR 1530. – Madison: University of Wisconsin, 2008. – 60 p.
6. Саттон, Р. С., Барто, Э. Г. Обучение с подкреплением; пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 399 с.
7. Margie M. Clickers in the Classroom: An Active Learning Approach // EDUCAUSE Quarterlyю. - 2007. No. 2. – P. 71 - 74.
8. Varnek, A. et al. Inductive Transfer of Knowledge: Application of Multi-Task Learning and Feature Net Approaches to Model Tissue-Air Partition Coefficients // Journal of Chemical Information and Modeling. -2009. Vol. 49. № 1. - P. 133-144.