

## Управление образовательными системами с использованием мультиагентных технологий

# 09, сентябрь 2013

DOI: 10.7463/0913.0606440

Закирова Э. И.

УДК 004.891.2

Чайковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета, Чайковский, Российская Федерация  
[elya-elvira@mail.ru](mailto:elya-elvira@mail.ru)

### Введение

Образовательные системы представляют собой социальные институты, целью которых является образование человека. Как и любые системы, они имеют свою структуру, т.е. состоят из определенных элементов, которые взаимосвязаны между собой. Взаимодействие различных элементов образовательной системы или ее подсистем направлено на достижение общей для системы цели, общего положительного результата, и эта цель – обучение, воспитание и развитие личности.

Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», вступающий в силу 01 сентября 2013 года, определяет три основные программы высшего профессионального образования (ВПО): бакалавриата, специалитета и магистратуры [1]. Бакалавриат и магистратуру можно рассматривать как отдельные образовательные подсистемы, связанные между собой, в то время как специалитет является непрерывной одноуровневой подсистемой образования, в связи с чем в данной статье как образовательная подсистема не рассматривается.

На сегодняшний день важной проблемой является эффективное управление процессом отбора студентов при переходе с одного образовательного уровня на другой. При этом сформированные на предыдущем образовательном уровне компетенции могут существенно влиять на последующий образовательный результат, что обуславливает необходимость их учета при формировании контингента вуза. Но как показывает российская образовательная практика, проблема конкурсного отбора в многоуровневых

образовательных системах с учетом индивидуальных результатов обучения студентов на предыдущем уровне и их мотивации к дальнейшему обучению плохо проработана.

Увеличение объема аналитической работы людей, осуществляющих отбор студентов в магистратуру, требует необходимости внедрения современных информационных технологий и интеллектуальной поддержки принятия решений. Актуальные методы поддержки принятия решений в организационных системах с использованием интеллектуальных технологий берут начало в работах таких российских и зарубежных ученых, как Бурков В.Н., Гаврилова Т.А., Гузаиров М.Б., Еремеев А.П., Заде Л., Ильясов Б.Г., Нечаев Ю.И., Новиков Д.А., Подиновский В.В., Поспелов Д.А. и др.

Анализ проблем, отраженных в рассмотренных работах, позволил сделать вывод о недостаточной проработанности вопросов поддержки принятия решений при управлении конкурсным отбором в многоуровневой образовательной системе, в частности, в магистратуру. В настоящее время одной из таких проблем является повышение эффективности подготовки магистрантов за счет индивидуализации обучения и интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении процессом отбора.

В связи с этим актуальной задачей является разработка системы поддержки принятия решений (СППР) при отборе студентов из числа выпускников бакалавриата для обучения по различным магистерским программам вуза. Создание подобной системы предполагает использование современных интеллектуальных технологий, помогающих человеку автоматизировать анализ текущей образовательной ситуации и принять оптимальное управленческое решение, опираясь на наиболее значимые факторы, определяющие эффективность подготовки магистров.

## **1. Постановка задачи**

Создание СППР для реализации эффективных процедур отбора при приеме в магистратуру предполагает анализ компетентностных моделей бакалавров (вход), компетентностных моделей магистров (выход), требований работодателей и разработку алгоритмов отбора с применением известных методов поддержки принятия решения. Поэтому проектируемая СППР решает три задачи:

- 1) классификация выпускников бакалавриата для определения оптимального профиля магистерской программы в рамках выбранного направления подготовки;
- 2) распределение студентов по группам, программы которых отличаются по степени углубленности (например, в рамках выбранного профиля магистратуры реализуются несколько образовательных программ, отличающихся уровнем формирования заявленных компетенций магистра);

3) формирование образовательного маршрута магистранта с учетом несформированных компетенций бакалавра, необходимых для дальнейшего обучения в магистратуре.

Направления магистратуры и бакалавриата могут иметь несколько профилей, поэтому задача СППР состоит в эффективном отборе выпускников бакалавриата для обучения по конкретным профилям магистратуры, которые наилучшим образом соответствуют их возможностям. В связи с этим выходными данными являются показатели, характеризующие профили магистратуры (и соответствующие им основные образовательные программы (ООП)) с позиций возможности их освоения выпускниками-бакалаврами с учетом результатов обучения на первой ступени ВПО.

Для обеспечения оптимальных условий учебной деятельности студентов перспективным шагом является деление абитуриентов в рамках одного профиля магистратуры на две группы (базовую и углубленную) в зависимости от качества их подготовки в бакалавриате, сложности уровня освоения компетенций в магистратуре и уровня мотивации студентов к дальнейшему обучению. Для этих групп магистрантов реализуются ООП различного уровня сложности. Обучение в базовой группе предполагает, что студент освоил программу бакалавриата на среднем уровне, поэтому планируемый уровень освоения им компетенций в рамках магистратуры пороговый или средний [2]. Обучение же в продвинутой группе предполагает, что качество освоения ООП бакалавриата у студента на достаточно высоком уровне, поэтому планируемый уровень освоения им компетенций в магистратуре высокий, что требует выполнения дополнительных заданий повышенной сложности на формирование способности самостоятельно ставить и решать нестандартные задачи профессиональной деятельности.

Третья задача СППР заключается в формировании образовательного маршрута для тех студентов, в программах подготовки бакалавриата которых имеются несформированные компетенции, необходимые для освоения желаемой программы магистратуры. При этом дисциплины бакалавриата, которые не были изучены на первой ступени ВПО, должны быть освоены студентом в магистратуре. Другими словами, для дополнительного изучения предлагаются те дисциплины, компетенции по которым не были сформированы в бакалавриате. При этом индивидуальный образовательный маршрут магистранта включает распределение дополнительных дисциплин по семестрам с учетом структурно-логических связей с дисциплинами магистерской программы. Считается, что эти дисциплины студент может освоить самостоятельно или прослушать их в специально созданных учебных группах в рамках магистратуры вуза.

## **2. Методы исследования**

Сложность и изменчивость современного мира не позволяет исследовать его, а тем более управлять им с помощью традиционного, жестко организованного программного обеспечения. Поэтому одним из путей создания нового программного обеспечения, способного приблизить человека к адекватному описанию окружающего мира, является применение мультиагентных технологий (МАТ). МАТ представляют собой направление искусственного интеллекта, основанное на взаимодействии нескольких интеллектуальных агентов в распределенных системах [3-5]. При этом каждый агент наделяется конкретным набором свойств в зависимости от целей разработки, решаемых задач, технологии реализации, заданных критериев. В связи с этим для решения сложной задачи необходимо создать некоторое множество агентов и организовать между ними эффективное взаимодействие, что позволит построить единую МАС [6, 7].

МАТ используют для построения СППР в таких областях, как распределенное решение сложных задач, совмещенное проектирование изделий и построение виртуальных предприятий, имитационное моделирование интегрированных производственных систем и электронная торговля, организация работы коллективов роботов, распределенная разработка компьютерных программ, интеллектуальная обработка информации, в том числе семантический поиск, интеллектуальный анализ данных, адаптивное планирование. Однако для моделирования процесса отбора студентов до сих пор МАС не применялись.

Проведенный анализ эффективности стандартных математических методов показал, что наиболее перспективными для оптимизации процесса отбора студентов на магистерские программы являются следующие:

- логический анализ на основе применения булевых функций при определении профиля магистратуры без учета индивидуального уровня качества освоения образовательной программы бакалавриата для каждого выпускника;

- дискриминантный анализ, позволяющий на основе оценки индивидуальных академических достижений, а также уровня мотивации определить группу для дальнейшего обучения;

- комбинаторный анализ, позволяющий на основе данных о несформированных компетенциях бакалавра построить образовательный маршрут магистра, учитывающий освоение дисциплин, формирующих требуемые компетенции, и распределение их по семестрам.

### *Логический анализ*

Определение магистерской программы с учетом компетентностной модели бакалавра осуществляется с помощью аппарата булевых функций на основе логического анализа и

прогнозирования путем вычисления показателя планируемой успешности обучения в магистратуре.

Рассмотрим следующую задачу. Пусть задано некоторое множество выпускников-бакалавров по различным направлениям подготовки ВПО, желающих продолжить обучение в магистратуре по выбранному направлению подготовки, в рамках которого реализуются несколько образовательных программ, отличающихся профилем (иными словами, набором формируемых в процессе обучения компетенций). Следует учитывать, что формирование компетенций магистра осуществляется на «фундаменте», заложенном на уровне бакалавриата, т.е. магистр должен обладать теми же компетенциями, что и бакалавр, которые должны развиваться и дополниться компетенциями, сформированными на второй ступени ВПО. Поэтому выбор той или иной магистерской программы требует от выпускников определенного набора сформированных компетенций, заданных программой подготовки бакалавриата. Анализ сформированных в бакалавриате компетенций и набора компетенций, формируемых в соответствии с выбранным направлением магистратуры, позволяет определить наилучший профиль для группы выпускников-бакалавров, обучавшихся в рамках одной и той же ООП бакалавриата.

Пусть даны два множества:

$X$  – счетное множество, элементами которого являются компетенции бакалавра (булевы переменные, обозначаемые символами  $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ );

$F = \{+, \cdot, \neg\}$  – множество булевых функций (стандартный базис), состоящее из функций дизъюнкции, конъюнкции и отрицания, соответственно.

Отметим, что общекультурные и профессиональные компетенции бакалавра задаются федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС) ВПО по направлению подготовки выпускников. Профильно-специализированные компетенции устанавливаются вузом. Перечень формируемых компетенций в рамках ООП считается заданным.

Для каждой компетенции магистра может быть задана ее функциональная связь с компетенциями бакалавра. Для этого эксперт формирует булеву функцию  $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$  специальной формулой, где  $i = \overline{1, m}$  ( $m$  – количество компетенций магистра, формируемых в рамках выбранного направления подготовки).

Например, булева функция может быть представлена следующей формулой, описывающей функциональную связь между некоторой заданной компетенцией магистра и четырьмя компетенциями бакалавра, обозначенными через переменные  $x_1, x_6, x_{10}, x_{21}$ :

$$f(x_1, x_6, x_{10}, x_{21}) = x_1 \cdot x_6 \cdot x_{21} + x_6 \cdot x_{10} \cdot x_{21} \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, что для формирования данной компетенции магистра необходимы компетенции с номерами 6 и 21, а также компетенция с номером 1 или 10.

Считается, что каждому профилю бакалавриата соответствует определенный набор компетенций, также как и профилю магистратуры. В связи с этим переменная  $x_j$  ( $j = \overline{1, n}$ , где  $n$  – общее количество общекультурных, профессиональных и профильно-специализированных компетенций бакалавра) может принимать одно из двух значений:

- 1, если данная компетенция формируется в результате освоения ООП бакалавриата;
- 0, если данная компетенция не формируется в результате освоения ООП бакалавриата.

Таким образом, на основании состояния входных данных ( $x_j$ ), отражающих сформированность компетенций ООП бакалавра, получаем состояния выходных данных ( $f_i$ ), показывающих уровень готовности выпускника бакалавриата к формированию компетенций магистра. Выходные данные могут быть выражены только двумя значениями, как и входные данные, а именно:  $f_i = 1$ , если сформированные у выпускников бакалавриата компетенции способствуют формированию некоторой заданной компетенции магистра,  $f_i = 0$  в противном случае.

В результате получаем набор компетенций магистра, которые могут быть сформированы у выпускников-бакалавров (для данных компетенций значение  $f_i$  должно быть равно 1). Сопоставление этого набора с комбинациями компетенций, соответствующих профилям магистратуры по выбранному направлению подготовки, позволит рекомендовать студентам продолжить обучение по той магистерской программе, к которой они в соответствии с результатами проведенного анализа по приведенной методике в наибольшей степени подготовлены. Для этого по каждому профилю магистратуры рассчитывается показатель планируемой успешности обучения (PST – Planned Success of Training) по следующей формуле (в %):

$$PST = \frac{\sum_{i=1}^m f_i}{m} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где  $f_i$  – компетенции магистра, закрепленные за выбранным профилем магистратуры и формируемые при дальнейшем обучении;  $m$  – количество компетенций, закрепленных за данным профилем магистратуры.

Данный показатель позволяет оценить уровень подготовки выпускников-бакалавров к обучению по профилю выбранного направления магистратуры, и чем выше его значение, тем более успешным будет планируемое обучение студентов.

### Дискриминантный анализ

Ранжирование студентов с учетом их достижений в бакалавриате осуществляется на основе дискриминантного анализа, который позволяет классифицировать группы выпускников бакалавриата по какому-либо показателю на основе многомерного статистического анализа, включающего методы классификации многомерных наблюдений по принципу максимального сходства при наличии обучающих признаков [8].

Пусть в качестве объектов статистической классификации выступает группа выпускников бакалавриата, желающих продолжить обучение в магистратуре в соответствии с определенным на предыдущем этапе профилем магистратуры. Для оценки качества подготовки к дальнейшему обучению предлагается использовать три индивидуальных показателя:

- уровень сформированности компетенций (оценка индивидуальных результатов обучения в бакалавриате);
- результаты вступительных испытаний в магистратуру;
- уровень мотивации к дальнейшему обучению (оценка достижений в научно-исследовательской работе за период обучения в бакалавриате).

На основании академических достижений выпускников, информация по которым берется из Приложений к дипломам, по каждой компетенции (в соответствии с компетентностной моделью выпускника [9] и учебным планом ООП бакалавриата, в которых устанавливаются отношения между компетенциями и учебными дисциплинами и практическими разделами ООП) определяется оценка уровня ее сформированности, характеризующая результаты индивидуальной подготовки в бакалавриате, в диапазоне от 60 до 100 баллов. При этом считается, что каждая компетенция состоит из компонентов «знать», «уметь» и «владеть», которые формируются в процессе изучения учебных дисциплин, прохождения производственных практик и НИРС, а также подготовки и защиты ВКР, соответственно. В зависимости от полученных оценок и трудоемкости учебных разделов ООП рассчитывается оценка уровня сформированности компетенции в виде линейной свертки по следующей формуле:

$$O_k = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{\sum_{q=1}^d DISC_q \cdot TD_q}{\sum_{q=1}^d TD_q} + \frac{\sum_{l=1}^v PRAC_l \cdot TP_l}{\sum_{l=1}^v TP_l} + VKR \right), \quad (3)$$

где  $DISC_q$  – оценка в дипломе студента по  $q$ -ой дисциплине (с формой контроля зачет или экзамен) или виду работ (курсовая работа или проект);  $d$  – сумма дисциплин и видов работ;  $TD_q$  – трудоемкость  $q$ -ой дисциплины или вида работ;  $PRAC_l$  – оценка в дипломе студента по

$l$ -му виду практики и НИРС;  $v$  – сумма практик и НИРС;  $TP_l$  – трудоемкость  $l$ -ой практики и НИРС;  $VKR$  – оценка за защиту выпускной квалификационной работы (ВКР).

Определение параметра, характеризующего уровень мотивации к дальнейшему обучению в магистратуре в диапазоне от 0 до 100 баллов, осуществляется с помощью следующей формулы:

$$O_m = \frac{1}{5} \cdot \left( \frac{\sum_{a=1}^w OL_a \cdot K_a}{\sum_{a=1}^w OL_a} + \frac{\sum_{b=1}^w PK_b \cdot K_b}{\sum_{b=1}^w PK_b} + \frac{\sum_{c=1}^w PUBL_c \cdot K_c}{\sum_{c=1}^w PUBL_c} + \frac{\sum_{d=1}^w NIRS_d \cdot K_d}{\sum_{d=1}^w NIRS_d} + JOB \cdot K_e \right), \quad (4)$$

где  $K_a, K_b, K_c, K_d, K_e$  – коэффициенты уровня мотивации (в диапазоне от 0 до 100);  $OL_a$  – сумма участия в олимпиадах  $w$ -го уровня;  $PK_b$  – сумма участия в проектах и конкурсах  $w$ -го уровня;  $PUBL_c$  – сумма публикаций  $w$ -го уровня;  $NIRS_d$  – сумма других видов НИРС  $w$ -го уровня;  $JOB$  – наличие ( $JOB=1$ ) или отсутствие ( $JOB=0$ ) стажа работы по выбранному направлению профессиональной деятельности;  $w$  – количество уровней для ранжирования (например, можно выделить пять уровней и для каждого из них присвоить коэффициенту уровня мотивации уникальное значение: внутривузовский ( $K_1=20$ ), городской ( $K_2=40$ ), региональный ( $K_3=60$ ), всероссийский ( $K_4=80$ ), международный ( $K_5=100$ )).

Разработка математической модели СППР велась с учетом принятого допущения, что показатели, характеризующие оценки академических компетенций и уровня мотивации к дальнейшему обучению ( $y_p$ ), распределяются по нормальному закону. В рассматриваемом случае имеются данные по двум группам  $M_1$  и  $M_2$ , при этом  $M_1$  соответствует группе выпускников бакалавриата, которым в соответствии с проведенной оценкой их академической и исследовательской компетентности рекомендуется осваивать базовую программу магистратуры,  $M_2$  – программу магистратуры углубленного уровня.

Исходные данные представлены в табличной форме (табл. 1) в виде подмножеств (обучающих комбинаций оцениваемых параметров)  $M_1$  и  $M_2$  и подмножества  $M_0$  (комбинации интегрированных показателей оцениваемых параметров выпускников, которые подлежат классификации), где  $h_k$  – это количество обучающих комбинаций оцениваемых параметров, характеризующих класс  $M_1$  (при  $k=1$ ) и класс  $M_2$  (при  $k=2$ ), а также количество шаблонных комбинаций интегрированных показателей оцениваемых параметров, соответствующих количеству выпускников, поступающих в магистратуру и подлежащих классификации (при  $k=0$ );  $p$  – это количество оцениваемых параметров, по которым рассчитываются оценки.

Табл. 1 – Исходные данные для дискриминантного анализа

Название группы $M_k (k = 0, 1, 2)$	Номер объекта, $t$ $(t = 1, 2, \dots, h_k)$	Оценки уровней сформированности компетенций и мотивации, $g$ $(g = 1, 2, \dots, p)$			
		$y_1$	$y_2$	...	$y_p$
Группа с базовым освоением ООП $M_1$	1	$y_{1,1}^{(1)}$	$y_{1,2}^{(1)}$	...	$y_{1,p}^{(1)}$
	...	...	...	...	...
	$h_1$	$y_{h_1,1}^{(1)}$	$y_{h_1,2}^{(1)}$	...	$y_{h_1,p}^{(1)}$
Группа с углубленным освоением ООП $M_2$	1	$y_{1,1}^{(2)}$	$y_{1,2}^{(2)}$	...	$y_{1,p}^{(2)}$
	...	...	...	...	...
	$h_2$	$y_{h_2,1}^{(2)}$	$y_{h_2,2}^{(2)}$	...	$y_{h_2,p}^{(2)}$
Группа выпускников $M_0$ , подлежащая классификации	1	$y_{1,1}^{(0)}$	$y_{1,2}^{(0)}$	...	$y_{1,p}^{(0)}$
	...	...	...	...	...
	$h_0$	$y_{h_0,1}^{(0)}$	$y_{h_0,2}^{(0)}$	...	$y_{h_0,p}^{(0)}$

При проведении классификации эксперт использует минимум три показателя. Показатель  $y_1$  – это оценка уровня мотивации. Результаты вступительных испытаний учитываются показателем  $y_2$ . Оценка уровня сформированности компетенции может быть проведена в целом по всем компетенциям бакалавра ( $y_3$  – интегрированный показатель уровня сформированности всех компетенций [10]), либо по определенным наборам компетенций ( $y_3, y_4, \dots, y_p$  – интегрированные показатели уровня сформированности наборов компетенций).

Реализация предлагаемого алгоритма позволяет классифицировать выпускников бакалавриата, входящих в группу  $M_0$ , с известными значениями исходных переменных с целью распределения по заданным группам  $M_1$  и  $M_2$ , различающихся уровнем сложности магистерской образовательной программы.

### **Комбинаторный анализ**

Построение образовательного маршрута магистра с учетом несформированных компетенций бакалавра осуществляется на основе комбинаторного анализа, подразумевающего рассмотрение конечного числа состояний логической системы с целью выявления истинности логического утверждения посредством независимого анализа каждого состояния [11].

Предположим, что выпускник с конкретным набором компетенций, сформированных в бакалавриате, планирует поступить на магистерскую программу, не в полной мере соответствующую уровню его подготовки, т.е. у студента сформированы не все компетенции на уровне бакалавриата, являющиеся базовыми для формирования в дальнейшем компетенций магистра. В данном случае необходимо построить для него индивидуальный образовательный маршрут, учитывающий дисциплины, которые необходимо дополнительно изучить в магистратуре. На основании этого в качестве состояний рассматривается распределение заданных дисциплин по четырем семестрам магистратуры.

Построение образовательного маршрута магистра начинается с предварительного анализа компетенций, которые не сформированы в бакалавриате, но необходимы для дальнейшего обучения в магистратуре. Для каждой несформированной компетенции в соответствии с учебным планом и ООП бакалавра определяется перечень дисциплин, участвующих в ее формировании, и их трудоемкость. Если дисциплина участвует в формировании нескольких компетенций, то берется часть дисциплины (модуль) и кратная этой части трудоемкость (в ЗЕТ).

Предполагается, что возможность образовательного процесса будет обеспечена, если сумма зачетных единиц трудоемкости (ЗЕТ) по всем недостающим дисциплинам не превысит значения 6, причем на один год учебная нагрузка составляет не более 3 ЗЕТ (2 дополнительные недели обучения, т.к. трудоемкость учебной недели составляет 1,5 ЗЕТ). Таким образом, максимальная трудоемкость дисциплин за год в магистратуре составляет 63 ЗЕТ (или 42 недели), при этом 60 ЗЕТ (40 недель) – стандартная годовая учебная нагрузка магистра в соответствии с планом. Если это условие выполняется, то эксперт производит распределение дисциплин (модулей) по семестрам посредством перебора и выбора наиболее оптимального состояния матрицы (табл. 2) с целью построения образовательного маршрута магистра для формирования компетенций.

Таблица 2 – Матрица состояний

Номер семестра Дисциплина	1	2	3	4
$C_1$	$c_{11}$	$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{14}$
$C_2$	$c_{21}$	$c_{22}$	$c_{23}$	$c_{24}$
...	...	...	...	...
$C_r$	$c_{r1}$	$c_{r2}$	$c_{r3}$	$c_{r4}$

Состояния матрицы описываются переменными  $c_{ij}$ , где  $i = \overline{1, r}$ ,  $r$  – количество дисциплин (модулей), подлежащих изучению в рамках магистерской программы,  $j = \overline{1, 4}$  – номера семестров магистратуры. Значение  $c_{ij}$  равно трудоемкости  $i$ -ой дисциплины (модуля дисциплины), если она изучается в  $j$ -ом семестре, и 0 в противном случае.

### 3. Результаты исследования

Для реализации указанных функциональных возможностей СППР была спроектирована МАС, структура которой представлена на рис. 1.

Архитектура СППР представлена шестью агентами, базой знаний (БЗ) и базой данных (БД). Связь с системой осуществляется посредством агента-супервизора. Блок принятия решений концептуальной схемы включает агента-консультанта и агента-исполнителя. Блок анализа проблем представлен агентом-экспертом, агентом-классификатором и агентом-оптимизатором. Координация агентов в системе осуществляется на основе непрямого взаимодействия, которое соответствует распределению функциональных задач МАС.

БЗ – важный компонент МАС. Она представляет собой особую БД, разработанную для оперирования знаниями в виде функциональных связей между компетенциями магистра и бакалавра. БЗ содержит структурированную информацию, необходимую агенту-эксперту для управления отбором студентов. МАС позволяет формировать новые знания и пополнять ими БЗ, а также хранить и извлекать знания в случае необходимости.

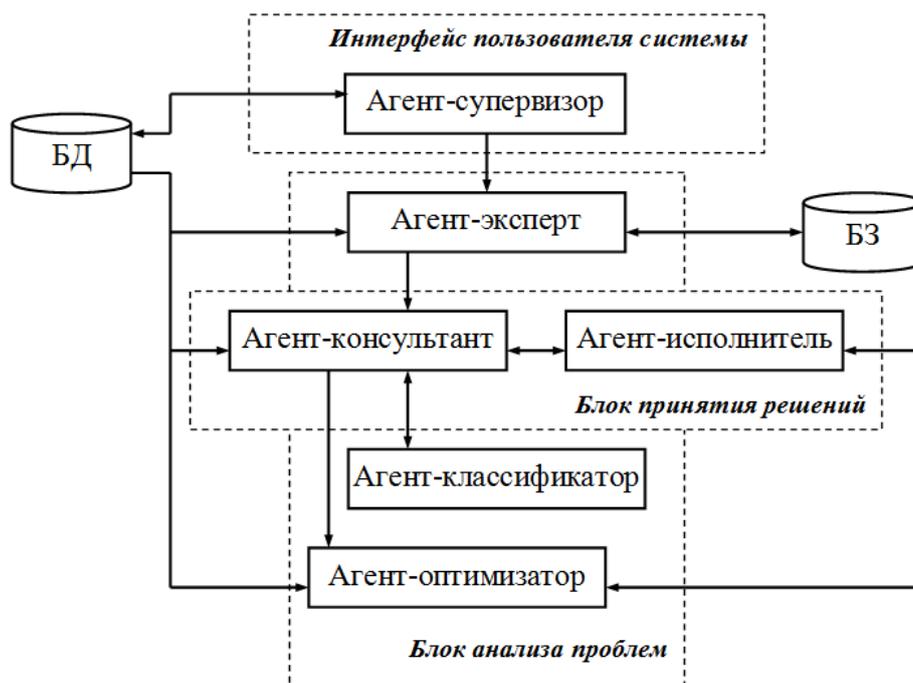


Рисунок 1 – Структура МАС отбора студентов на магистерские программы

БД также является необходимым компонентом МАС. Она позволяет в структурированном виде хранить и обрабатывать динамические (информация о выпускниках-бакалаврах, ООП магистратуры и бакалавриата) и статические (перечень компетенций магистра и бакалавра согласно ФГОС ВПО) наборы данных. Работу с БД организует агент-супервизор.

Агент-супервизор – интерфейсный агент, решающий задачу взаимодействия агентов МАС и связи с пользователем. Он ведет диалог с СППР, сообщая ей сведения о текущем выпускнике и получая рекомендации СППР. Кроме этого, агент-супервизор осуществляет формирование компьютерной БД с информацией о направлениях подготовки и соответствующих им компетенциях (на основании ФГОС ВПО и разработанных в вузе ООП).

Агент-эксперт – гибридный агент, в задачу которого входит определение оптимального профиля магистратуры на основе правил приема на вторую ступень вуза и ограничений, установленных вузом и стандартами в области ВПО. Данный агент вводит известные ему сведения о функциональных связях между компетенциями магистра и компетенциями бакалавра в БЗ.

Агент-классификатор – гибридный агент, который осуществляет формирование шаблонных комбинаций интегрированных средних оценок уровня сформированности компетенций [3] и уровня мотивации, а также деление всех претендентов в магистратуру на две группы в зависимости от уровня их подготовки в бакалавриате.

Агент-оптимизатор – гибридный агент, осуществляющий формирование образовательного маршрута магистранта на основе анализа приложения к диплому и компетентностной модели выпускника-бакалавра.

Агент-консультант – гибридный агент, задачей которого является слежение за процессом приема в магистратуру, принятие решений (совместно со студентом) по выбору для выпускника-бакалавра ООП.

Агент-исполнитель – гибридный агент, задачей которого является принятие решений (совместно с агентом-консультантом) по выбору образовательной программы. Данный агент является непосредственно выпускником-бакалавром.

Взаимодействие агентов в системе осуществляется следующим образом. Агент-супервизор формирует задание по определению магистерской программы для группы выпускников-бакалавров, обучавшихся по одной и той же ООП, которое в виде входного сообщения поступает агенту-эксперту. После этого агент-эксперт пополняет БЗ необходимыми записями, содержащими информацию о функциональных связях между компетенциями магистра и бакалавра (на основе логического анализа). Далее агент-эксперт

на основе анализа знаний из БЗ осуществляет формирование нескольких ООП магистратуры, по которым выпускники могли бы продолжить обучение. Перечень этих образовательных программ передается агенту-консультанту. Агент-консультант, взаимодействуя с каждым выпускником по отдельности, осуществляет выбор наиболее приемлемого для студента профиля магистратуры (другими словами, выбор ООП магистратуры) и наполняет систему информацией об его академических и научно-исследовательских достижениях. После того, как получена информация обо всех претендентах в магистратуру, агент-классификатор формирует учебные группы по каждому профилю магистратуры в соответствии с уровнем «продвинутой» групп (на основе дискриминантного анализа). Далее он посылает агенту-консультанту сообщения о возможности или невозможности формирования заданных групп. В случае недобора абитуриентов в какие-либо группы выпускникам-бакалаврам предлагается изменить свой выбор в пользу другого профиля магистратуры, по которому могут быть сформированы учебные группы. Итоговые списки академических групп передаются агенту-супервизору. Для студентов, которые освоили не все компетенции бакалавра, необходимые для обучения в магистратуре, агент-оптимизатор осуществляет формирование индивидуальных образовательных маршрутов и определяет перечень дисциплин, которые им необходимо изучить, а также распределяет эти дисциплины по семестрам (на основе комбинаторного анализа).

Для оценки адекватности предложенной МАС были рассмотрены четыре сценария принятия решений по набору выпускников-бакалавров на направление подготовки магистратуры 230100.68 «Информатика и вычислительная техника»:

- с соблюдением профильности базового образования (отбор выпускников направления подготовки бакалавриата 230100 «Информатика и вычислительная техника», профиль – «Автоматизированные системы обработки информации и управления»);

- без соблюдения профильности базового образования (отбор выпускников направления подготовки бакалавриата 022000 «Экология и природопользование», профиль – «Экология»);

- с учетом мотивации к дальнейшему обучению (отбор выпускников направления подготовки 230100.62 «Информатика и вычислительная техника», а также выпускников нескольких других направлений подготовки, близким с данным, но с большим уровнем мотивации);

- с формированием образовательного маршрута (отбор выпускников любых направлений подготовки бакалавриата с учетом недостающих дисциплин и их освоения в процессе обучения в магистратуре).

В качестве примера использована выборка выпускников по каждому из направлений подготовки бакалавриата. По результатам проведенного анализа СППР определила, что все выпускники направления подготовки 230100.62 «Информатика и вычислительная техника» могут продолжить обучение в магистратуре по профилю «Автоматизация управления бизнес-процессами и финансами» направления подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника» (показатель планируемой успешности обучения составляет 67%), причем учет индивидуальных результатов их обучения в бакалавриате показал, что 25% из них могут продолжить обучение в группе с углубленным изучением программы магистратуры, а остальные – в группе с базовым изучением программы магистратуры. Выпускникам же направления 022000.62 «Экология и природопользование» не рекомендуется обучаться в магистратуре по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника», т.к. показатель планируемой успешности обучения составляет 0%. Полученные результаты доказывают адекватность разработанных моделей и алгоритмов отбора.

Результаты проведенной классификации студентов согласно третьему сценарию доказывают, что несмотря на частичное соблюдение профильности базового образования (выпускники направления подготовки 231000.62 «Программная инженерия»), уровень мотивации оказывает существенное влияние на распределение студентов по группам, так как некоторые из выпускников данного направления могут продолжить обучение в «продвинутой» группе магистратуры наравне со студентами профильного направления 230100.62, поскольку обладают высоким уровнем мотивации.

Четвертый сценарий предполагает построение образовательного маршрута магистра. Проведенный анализ показал, что максимальное количество дополнительных дисциплин (модулей дисциплин) для изучения в магистратуре составляет 6 (по 1 ЗЕТ каждая). При большем количестве дисциплин не обеспечивается эффективность образовательного процесса.

### **Заключение**

Таким образом, в работе предложена концептуальная структура СППР при отборе студентов в магистратуру вуза, отличающаяся использованием МАТ и учитывающая индивидуальные образовательные результаты студентов и уровень их мотивации. Приведены оригинальные модели и алгоритмы работы агентов МАС отбора студентов в системе управления многоуровневым ВПО с учетом функциональной декомпозиции общей задачи, а также механизм взаимодействия агентов при принятии решения. Разработаны новые математические модели и алгоритмы решения задачи отбора студентов на

магистерские программы, реализуемые вузом, с использованием логического, дискриминантного, комбинаторного и экспертного анализа, позволяющие осуществить диверсификацию подготовки магистров по программам различного уровня сложности и содержательной наполненности с учетом результатов индивидуальной подготовки выпускников на предыдущих уровнях образования и их мотивации к дальнейшему обучению.

### Список литературы

1. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ [принят Гос. Думой 21.12.2012] // Российская газета. 2012. № 5976. Режим доступа: <http://www.rg.ru/2012/12/30/obrazovanie-dok.html> (дата обращения 15.06.2013).
2. Матушкин Н.Н., Столбова И.Д. Методологические аспекты разработки структуры компетентностной модели выпускника высшей школы // Высшее образование сегодня. 2009. № 5. С. 24-29.
3. Бодянский Е.В., Кучеренко В.Е., Кучеренко Е.И. Гибридные нейро-фаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах. Днепропетровск: Системные технологии, 2008. 357 с.
4. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. 1998. № 2. С. 5-63.
5. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем: учебник для вузов. СПб: Питер, 2001. 384 с.
6. Андреев В.В., Минаков И.А., Пшеничников В.В., Симонова Е.В., Скобелев П.О. Основы построения мультиагентных систем: учеб. пособие. Самара: Изд-во ПГУТИ, 2007. 151 с.
7. Абрамов Д.В., Андреев В.В., Симонова Е.В., Скобелев П.О. Открытые мультиагентные системы для принятия решений в задачах динамического распределения ресурсов: учебное пособие. Самара: Изд-во ПГАТИ, 2008. 290 с.
8. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы и основы эконометрики: учебник. М.: МЭСИ, 2003. 352 с.
9. Данилов А.Н., Лобов Н.В., Столбов В.Ю., Столбова И.Д. Компетентностная модель выпускника: опыт проектирования // Высшее образование сегодня. 2013. № 6. С. 25-33.

10. Гитман М.Б., Данилов А.Н., Столбов В.Ю. Об одном подходе к контролю уровня сформированности базовых компетенций выпускников вуза // Высшее образование в России. 2012. № 4. С. 13-18.
11. David A. Reid, Christine Knippin. Proof in Mathematics Education: Research, Learning, and Teaching. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 2010. 266 p.

**Management of educational systems with a use of a multi-agent technology**

# 09, September 2013

DOI: 10.7463/0913.0606440

Zakirova E.I.

Perm National Research Polytechnic University, Tchaikovsky Branch, Russian Federation  
[elya-elvira@mail.ru](mailto:elya-elvira@mail.ru)

Questions of introducing a uniform technology of the selection of students for master courses into the educational process were considered by the example of creating a multi-agent system (MAS). A system being designed would solve three problems: determination of an optimal specialization of master courses on the basis of analysis of the competence model of a bachelor graduate, classification of students by groups depending on the level of their motivation and individual training results in a bachelor degree course, and also formation of master's educational route if a student has bachelor's non-formed competences which are necessary for further training. The architecture of MAS was described. Functions and a method of agents' interaction were also presented.

---

**Publications with keywords:** [competence-based approach](#), [multi-agent systems](#), [multilevel system of education](#), [student selection](#)

**Publications with words:** [competence-based approach](#), [multi-agent systems](#), [multilevel system of education](#), [student selection](#)

---

**References**

1. *Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii "Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii" ot 29.12.2012 No. 273-FZ* [The Federal Law "On Education in the Russian Federation" of 29.12.2012 No. 273-FZ]. Available at: <http://www.rg.ru/2012/12/30/obrazovanie-dok.html> , accessed 15.06.2013.
2. Matushkin N.N., Stolbova I.D. Metodologicheskie aspekty razrabotki struktury kompetentnostnoy modeli vypusknika vysshey shkoly [The technique of construction of structural model of the competences for the graduate]. *Vysshye obrazovanie segodnya*, 2009, no. 5, pp. 24-29.
3. Bodyanskiy E.V., Kucherenko V.E., Kucherenko E.I. *Gibridnye neyro-fazzi modeli i mul'tiagentnye tekhnologii v slozhnykh sistemakh* [Hybrid neuro-fuzzy models and multi-agent technology in complex systems]. Dnepropetrovsk, Sistemnye tekhnologii, 2008. 357 p.

4. Tarasov V.B. Agenty, mnogoagentnye sistemy, virtual'nye soobshchestva: strategicheskoe napravlenie v informatike i iskusstvennom intellekte [Agents, multi-agent systems, virtual communities: strategic direction in computer science and artificial intelligence]. *Novosti iskusstvennogo intellekta*, 1998, no. 2, pp. 5-63.
- 5 Gavrilova T.A., Khoroshevskiy V.F. *Bazy znaniy intellektual'nykh sistem* [Knowledge base of intelligent systems]. St. Petersburg, Piter, 2001. 384 p.
6. Andreev V.V., Minakov I.A., Pshenichnikov V.V., Simonova E.V., Skobelev P.O. *Osnovy postroeniya mul'tiagentnykh sistem* [Bases of construction of multi-agent systems]. Samara, PSUTI Publ., 2007. 151 p.
7. Abramov D.V., Andreev V.V., Simonova E.V., Skobelev P.O. *Otkrytye mul'tiagentnye sistemy dlya prinyatiya resheniy v zadachakh dinamicheskogo raspredeleniya resursov* [Open multi-agent systems for decision-making in dynamic resource allocation problems]. Samara, PSUTI Publ., 2008. 290 p.
8. Dubrov A.M., Mkhitaryan V.S., Troshin L.I. *Mnogomernye statisticheskie metody i osnovy ekonometriki* [Multidimensional statistical techniques and basics of econometrics]. Moscow, MESI Publ., 2003. 352 p.
9. Danilov A.N., Lobov N.V., Stolbov V.Yu., Stolbova I.D. Kompetentnostnaya model' vypusknika: opyt proektirovaniya [Competency model of graduate: design experience]. *Vysshee obrazovanie segodnya*, 2013, no. 6, pp. 25-33.
10. Gitman M.B., Danilov A.N., Stolbov V.Yu. Ob odnom podkhode k kontrolyu urovnya sformirovannosti bazovykh kompetentsiy vypusnikov vuza [On a special approach to control the formation level of university student's basic competences]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2012, no. 4, pp. 13-18.
11. David A. Reid, Christine Knippin. *Proof in Mathematics Education: Research, Learning, and Teaching*. Rotterdam, The Netherlands, Sense Publishers, 2010. 266 p.