УДК 378.12:004.891

Мельников Александр Юрьевичкандидат технических наук, доцент, доцент кафедры интеллектуальных систем принятия решений
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

ORCID ID 0000-0003-2701-8051

alexandr@melnikov.in.ua

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВКЛАДА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В РАБОТУ КАФЕДРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Аннотация. Описаны существующие формы и методы оценки работы преподавателей высших учебных заведений, а также методы интеллектуального анализа данных, которые могут быть использованы для решения такой задачи. Приведены обработанные данные для моделирования и математические модели для решения задачи прогнозирования методами линейной и экспоненциальной регрессии и методом нейронных сетей, а также объектно-ориентированная модель проектируемой компьютерной системы на языке визуального моделирования UML. Приведено описание компьютерной реализации программной системы, осуществленной в среде визуального программирования Object-Pascal, и пример работы системы на основании реальных данных.

Ключевые слова: оценка работы преподавателей; интеллектуальный анализ данных; прогнозирование; регрессия; нейронные сети; персептрон; информационная система; Unified Modeling Language; Object-Pascal.

1. ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы. Работа преподавателя любого высшего учебного заведения предполагает различные формы и виды деятельности (учебная, учебно-методическая, научная, организационно-методическая, воспитательная), результат которых в конечном итоге может быть оценен количественно (объем прочитанных лекций, число научных публикаций) и качественно (субъективные оценки «экспертов», в роли которых могут выступать непосредственные руководители, коллеги или студенты). Подведение итогов работы преподавателя за семестр (триместр), учебный или календарный год, а также сведение всех отчетов преподавателей для подведения итогов работы кафедры (факультета, вуза) – один из важных моментов деятельности учебного подразделения.

Особый интерес вызывает анализ изменения доли вклада каждого преподавателя в суммарный показатель работы кафедры, а также возможность предсказания изменения этой доли в будущем. Очевидно, что показатели каждого преподавателя зависят не только от результатов своей работы за предыдущие годы, но и от результатов работы коллег. Абсолютный рост оценки одного сотрудника при активном росте суммарной оценки всей кафедры не обязательно означает рост вклада этого сотрудника в общий показатель. Поскольку факторы задачи слабо формализованы, она может быть решена методами интеллектуального анализа данных [1]. Очевидно, что расчеты могут не зависеть от принятых для оценки формул и весов значимости тех или иных позиций.

Анализ последних исследований и публикаций. Деятельность преподавателя современной высшей школы является сложноорганизованной и состоит из нескольких взаимосвязанных между собой видов, имеющих общие компоненты [2]. Отдельные конкретные виды деятельности различают по форме, способам осуществления,

временной и пространственной характеристикам, функциональной направленности [3]. Реализуя различные цели, преподаватель осуществляет педагогическую (обучающую и воспитательную), научно-исследовательскую, профессиональную, управленческую, общественную деятельности, при этом ведущую роль в деятельности преподавателя вуза играет именно педагогическая деятельность, а все другие виды деятельности интегрируются и проявляются в ней.

Качество образования – понятие сложное, его уровень напрямую связан с качеством деятельности преподавателя, которая сегодня должна удовлетворять многим требованиям. Оценка эффективности преподавательской деятельности является обязательным для обеспечения функционирования системы управления качеством образования, так как позволяет контролировать изменение кадрового потенциала, активность работы, выявлять и поддерживать положительные тенденции в работе преподавательского состава [4-6].

Оценка качества работы преподавателя осуществляется с целью выявить роль и место каждого преподавателя в составе кафедры, определить слабые стороны в деятельности преподавателей, разработать соответствующие рекомендации по ее совершенствованию, стимулировать творческий рост и повышение ответственности преподавателей с помощью мер морального и материального поощрений.

Предлагаемая в [2] методика оценки качества деятельности преподавателей складывается из множества факторов, характеризующих объект исследования с различных сторон. Это индивидуальная оценка преподавателя, который состоит из накопленного квалификационного потенциала и активности по основным направлениям деятельности. Методика предусматривает возможность учета субъективных факторов: оценка студентами, самооценка преподавателя, оценка коллегами преподавателями, оценка морально психологического климата в коллективе, а также оценка заведующим кафедрой и деканом. Каждый раздел разбит на ряд интегральных показателей, при помощи которых определяется уровень квалификации преподавателя или эффективность его работы в одном из характерных направлений работы. В свою очередь, интегральные показатели включают в себя некоторое количество частных показателей, которые позволяют всесторонне оценивать итоги работы сотрудников в соответствующем направлении работы. В то же время в [2] не приводится точный перечень показателей и их весовые коэффициенты.

В [7] проведен анализ оценки работы преподавателей образовательных учреждений за рубежом. Стандарты практически всех американских университетов согласованы с наиболее популярной в США системой аккредитации AACSB [8], в Европе используются ECBE [9] («Система международной аккредитации образовательных программ по экономике и менеджменту Европейского совета по бизнес-образованию»), EPAS [10] («Международная система аккредитации образовательных программ по менеджменту Европейского фонда развития менеджмента EFMD») и EQUIS [11] («Международная система аккредитации образовательных учреждений, реализующие программы управленческого образования как единого целого»).

Требования к академическим квалификациям зависят от уровня университета, так называемые исследовательские университеты обязательно требуют ученую степень, тогда как в вузах, нацеленных больше на преподавание (особенно на бакалаврском уровне) используются преподаватели и без ученой степени. Все вузы соблюдают рекомендованный стандартами AACSB баланс преподавателей с академической квалификацией (т. е. ученой степенью) и так называемой профессиональной квалификацией, т. е. с опытом работы в соответствующей профессиональной области.

В зависимости от образовательной программы этот баланс склоняется в сторону академической или профессиональной квалификации.

Преподаватель американского вуза задействован в трех основных видах деятельности: преподавательской, научно-исследовательской и организационно-административной. Для оценки преподавателя используются мнения двух основных аудиторий: студентов и коллег, и оценка собранного комплекта документов, подтверждающих результаты работы, так называемого портфолио. Доли различных видов работ в общей нагрузке преподавателя зависят от того, на каком виде контакта работает преподаватель. Наиболее жесткие требования предъявляются к преподавателям, претендующим на постоянный контракт.

Использование рейтингов для измерения эффективности вузов стимулировало многих из них на внедрение собственной системы показателей, по которым оценивается работы и рейтингуются структурные подразделения – факультеты, кафедры, управления. Однако только рейтинг структурных подразделений, т. е. оценка коллективных усилий, недостаточен для мотивации и повышения эффективности работы преподавателей. Отдельный преподаватель, какими бы высокими ни были результаты его работы, не мотивируется системой коллективного рейтингования. Доплаты и надбавки по результатам работы выделяются факультетам и кафедрам, вошедшим, например, в первую десятку. Преподаватель, продемонстрировавший высокие результаты, но работающий на кафедре, не вошедшей в десятку лучших, не получит никаких материальных стимулов. При этом преподаватели кафедр победителей могут с меньшими результатами получать надбавки к зарплате и стимулирующие выплаты. Очевидна необходимость разработки и учета индивидуальных показателей работы преподавателей, которые позволяли бы распределять стимулирующие выплаты не только по результатам групповой работы кафедральных коллективов, но мотивировать преподавателей, показывающих наиболее высокие результаты.

В настоящее время известно более 40 методик рейтинговых оценок деятельности научно-педагогического состава вузов [7]. Рейтинговые методики разработаны и внедрены в Таганрогском государственном радиотехническом университете, Петербургском государственном университете путей сообщения, Московском государственном институте стали и сплавов, Белгородском государственном университете, Волгоградском государственном техническом университете, Томском политехническом университете и во многих других вузах. При этом в зависимости от стратегических целей, к достижению которых стремятся университеты, реализованы различные подходы, но, в конечном счете, оценка деятельности профессорско-преподавательского состава осуществляется по показателям учебной, учебно-методической, научной и общественно-воспитательной работы.

В [7] предлагается обобщенный алгоритм оценки деятельности научно-педагогического работника (НПР), который включает следующие этапы: формирование дерева показателей оценки НПР; формирование экспертной оценки системы баллов и эталонных показателей; формирование массива данных по выполненным работам для каждого преподавателя; вычисление суммы баллов по каждой группе (ярусу); расчет нормированных групповых коэффициентов значимости показателя; расчет значения показателей в группе в разрезе НПР; формирование рейтинга НПР в группах по должности (ученой степени).

В [12] приводятся показатели для расчета рейтинга профессорско-преподавательского состава Дальневосточного государственного гуманитарного университета (г. Хабаровск). Здесь все показатели группируются в 7 категорий: квалификационный потенциал; преподавательская (учебная) работа; учебно-

методическая работа; организационно-методическая деятельность; научная деятельность, спорт; внеучебная, воспитательная работа; выполнение работ. Очевидно, что в гуманитарных университетах научная работа отходит на второй план и может рассматриваться вместе со спортивной деятельностью.

В Ивановском государственном университете [13] отдельно рассчитываются категории «Профессиональный потенциал» и «Профессиональная активность», предполагающая шесть подкатегорий: учебная и учебно-методическая деятельность; научная деятельность; воспитательная деятельность; организационная деятельность; повышение квалификации; международная деятельность. Всего предусмотрено свыше 50 позиций, каждая из которых оценивается заранее утвержденным баллом. Отличающим фактором этой методики является не очень сильное влияние категории «Профессиональный потенциал»: максимально здесь можно получить 42 балла, в то время как даже не очень высокая «Профессиональная активность» гарантирует не менее 50 баллов.

Рейтинговая оценка деятельности сотрудников Санкт-Петербургского государственного аграрного университета [14] предполагает отдельный расчет качественного состава и оценку деятельности сотрудников. Качественный состав научно-педагогических кадров (НПК) кафедры и факультета оценивается путем суммирования баллов за научную степень, ученое звание, педагогический стаж, наличие званий и премий, повышение квалификации, подготовку кадров. При этом полученная сумма умножается на долю ставки, на которую работает преподаватель. Рейтинговая оценка работы профессорско-преподавательского состава состоит из 10 разделов.

В [15] провели исследование отношения вузовских преподавателей к различным процедурам оценивания их профессиональной деятельности. Перед анкетированием преподавателей ознакомили с кратким обзором используемых в мировом образовательном пространстве методик оценивания и попросили их проставить рейтинговую оценку – от 1 (наиболее значимая методика) до 12 – тем процедурам, которые были описаны в работах Р. А. Берка [16], а затем М. А. Юревича [17]. Авторы из [15] рекомендуют при внедрении процедур и методик оценивания профессиональной деятельности преподавателей высшей школы использовать положительный зарубежный опыт, однако принимать во внимание особенности менталитета отечественных преподавателей и студентов. Также они рекомендуют при определении «веса» достижений преподавателей ввести определенные коэффициенты для отдельных категорий преподавателей. Например, за опубликование статьи в рецензируемых международных журналах профессор получает 10 баллов, доцент $10 \times 1,5 = 15$ (баллов), ассистент или старший преподаватель $10 \times 2 = 20$ (баллов) и т. д.

В [18-21] предлагают осуществлять оценку качества деятельности преподавателя в три этапа. На первом этапе преподаватель заполняет анкету самооценки своей работы, при этом представляются четкие характеристики оценочных позиций, позволяющих ему оценить не только свои достоинства, но и увидеть недостатки. На втором этапе члены экспертной комиссии заполняют матрицы экспертных оценок по каждому критерию соответствующих направлений деятельности преподавателя на основе данных самооценки и анализа представленных материалов и опроса студентов. На третьем этапе оформленные документы подвергаются контролю, систематизации, анализу и обработке.

В [22] предлагают ввести коэффициенты значимости разделов. Так, например, раздел «Ресурсы» (подразделы «Профессорско-преподавательский персонал» и «Инфраструктура и информационное обеспечение») будет иметь сумму весов 150, раздел «Образовательный процесс» («Организация образовательного процесса

кафедры», «Измерение и анализ образовательного процесса») – 130, «Научно-исследовательская работа» – 120, «Издания» – 120.

В Одесском национальном университете имени И. И. Мечникова разработана [23] и внедряется система оценивания качества работы преподавателей, особенностью которой является проведение расчетов по четырем должностным категориям: профессора, доценты, старшие преподаватели и преподаватели (ассистенты). Внутри этих групп определялся рейтинг каждого преподавателя, который состоял из двух компонентов: рейтинг «П», характеризующий квалификационный потенциал, накопленный за время работы, и рейтинг «А», отражающий активность по основным направлениям деятельности за прошедший учебный год. Абсолютный личный рейтинг определялся суммированием рейтингов «П» и «А».

Для определения уровня рейтинга использовалось понятие «средний рейтинг», который рассчитывался как среднее арифметическое индивидуальных рейтингов для соответствующих групп на основании представленных преподавателями кафедр данных за прошедший учебный год. Средний рейтинг – величина, которая может меняться ежегодно в зависимости от количества и результатов индивидуальных рейтингов преподавателей. В каждой из выделенных групп средний рейтинг может быть разным.

Уровень рейтинга каждого преподавателя устанавливался в соответствии с принятым интервалом значений относительно «среднего». Преподаватель получал индивидуальный рейтинг на фоне той группы, к которой он относился, в виде таблицы и диаграммы, где сообщалось, под каким номером представлен его рейтинг. Это давало ему возможность сопоставить свои результаты со средним результатом преподавателей, имеющих одинаковый с ним должностной статус, и определить направления и возможности повышения качества собственной деятельности.

В Донбасской государственной машиностроительной академии в 2009 году по инициативе проректора по воспитательной работе, экономике и социальному развитию Карнауха С. Г. была введена ежегодная обязательная отчетность преподавателей по установленной форме. Информация из заполненных форм-отчетов преподавателей сводилась в единую таблицу по кафедре, а затем – по факультету.

В соответствии с [24-25], форма отчета преподавателя ДГМА содержит следующие 34 пункта, приведенные в [25]. Основные принципы расчета следующие:

- за пункты, которые предполагают наличие или отсутствие факта приведенной работы, начисляется определенное число баллов;
- в случае выполнения работы несколькими сотрудниками ДГМА предварительно определенное число баллов делится на число сотрудников, выполнявших работу, и полученный результат заносится в таблицу;
- в некоторых случаях имеется ограничение (не более определенного числа баллов на кафедре) – в этом случае решение о распределении долей принимает заведующий кафедрой.
- если оценка предполагает элемент субъективности, балл проставляет заведующий кафедрой, основываясь на имеющихся у него данных.

Рассчитанная сумма по каждому преподавателю кафедры сводится в итоговую таблицу. Пример таблицы по кафедре интеллектуальных систем принятия решений (ИСПР) за 2015 год представлен в табл. 1. Фамилии реальных преподавателей заменены на условные «Преподаватель N».

Таблица 1

Сводная таблица по кафедре интеллектуальных систем принятия решений

№	Фамилия, должность	Баллы
1	Преподаватель 1, доц.	77,3
2	Преподаватель 2, доц.	24
3	Преподаватель 3, доц.	22,05
4	Преподаватель 4, доц.	40,25
5	Преподаватель 5, доц.	22,5
6	Преподаватель 6, доц.	17
7	Преподаватель 7, асс.	7
8	Преподаватель 8, асс.	7,83
9	Преподаватель 9, асс.	27,5
10	Преподаватель 10, асс.	2
11	Преподаватель 11, совм.	1,5
12	Преподаватель 12, совм.	2
13	Преподаватель 13, совм.	1
14	Преподаватель 14, совм.	3,5

Итого: 255,43

Ставки средние 11,75

Расчет баллов: 21,73872

Цель статьи. Проведенный анализ показал, что во многих высших учебных заведениях используются различные формы и методы оценки деятельности преподавателя, при этом объединение показателей в группы (категории) и введение различных весовых коэффициентов зависит от специфики вуза и доминирующих в нем представлений о приоритетности того или другого вида деятельности. В то же время практически все рассмотренные методики не учитывают изменение доли вклада каждого преподавателя в интегральный показатель работы всего подразделения (кафедры, факультета).

Была поставлена цель: предсказать изменение вклада отдельного преподавателя в показатели подразделения высшего учебного заведения при помощи математического моделирования и интеллектуальной системы принятия решений. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать задачи и методы интеллектуального анализа данных (Data Mining), которые могут быть применены для решения проблемы;
- обработать имеющиеся данные путем преобразования в форму, удобную для решения методами интеллектуального анализа данных;
- разработать математическую модель для решения задачи прогнозирования;
- разработать информационную модель системы;
- реализовать созданные модели в среде визуального программирования;
- описать работу программного обеспечения.

Выполнение этих задач позволит создать интеллектуальную систему принятия решений для оценки работы преподавателей высшего учебного заведения.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) – это технология, которая предназначена для поиска в больших объемах данных неочевидных, объективных и полезных на практике закономерностей [1]. Обычно выделяют десять задач интеллектуального анализа данных (пять основных и пять дополнительных), но в нашем случае предполагается решать задачу прогнозирования, которую можно сформулировать следующим образом, разделив на две подзадачи.

1. Предсказать общий (суммарный) показатель оценки работы преподавателей всей кафедры на будущий год, имея суммы оценок за несколько предыдущих лет.
2. Предсказать изменение долевого вклада каждого преподавателя на будущий год, имея результаты работы этого и других преподавателей за несколько предыдущих лет.

Первая задача должна основываться на анализе временных рядов – последовательности упорядоченных во времени числовых показателей, характеризующих уровень состояния и изменения изучаемого явления [26]. Предполагается, что суммарная оценка работы преподавателей на будущий год зависит от результатов работы в предыдущие годы (возможные радикальные сокращения или расширения штатного состава кафедры не рассматриваем).

Вторая задача предполагает зависимость результатов работы каждого преподавателя не только от результатов своей работы за предыдущие годы, но и от результатов работы коллег. Как уже было сказано, абсолютный рост оценки одного сотрудника при активном росте общей (суммарной) оценки всей кафедры не обязательно означает рост вклада этого сотрудника в общий показатель. Поскольку факторы этой задачи слабо формализованы, она может быть решена методом искусственных нейронных сетей.

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Сводные оценки работы преподавателей кафедры ИСПР за 2009-2015 годы представлены в табл. 2. В строку «Другие» для удобства сведены результаты работы преподавателей, которые не работают больше на кафедре, столбец «Фамилия» не показан. Информация по каждому году содержит рассчитанную оценку работы преподавателя и его долю – вклад в общий результат, выраженный в процентах, необходимый для решения второй задачи.

Для первой необходимо: а) спрогнозировать изменение абсолютного показателя результатов работы каждого преподавателя; б) вычислить сумму новых значений – это и будет показатель работы кафедры на будущий период. Как уже было отмечено в предыдущем разделе, математическая модель задачи прогнозирования реализуется на основе анализа временных рядов [26]. Основой методики служит метод наименьших квадратов, который дает оценки параметров, отвечающие принципу максимального правдоподобия. Используя формулы для расчета коэффициентов уравнения прямой линии тренда, экспоненциальной линии тренда и полинома второй степени, можно предсказать изменения каждого показателя (как отдельно по преподавателю, так и в целом по кафедре) на будущий год. Формулы не приводятся.

Хотя регрессионный анализ и позволяет определить тенденцию изменения показателей, при прогнозировании изменения оценки каждого сотрудника нельзя опираться только на временной ряд. На показатели влияют не только собственные достижения предыдущих лет, но и достижения коллег. Видя свой вклад в показатели кафедры, преподаватель получает стимул к собственному росту. Такую задачу можно решить только с использованием нейросетевой модели.

Таблица 2

Сводная таблица по кафедре интеллектуальных систем принятия решений

№ зп	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
1	15,125	7%	14,75	6%	31	12%	27,5	11%	24,5	10%	27,25	8%	24	9%
2	10,625	5%	8,5	3%	11	4%	6,5	3%	5,5	2%	7,83	2%	7,83	3%
3		0%		0%	16,5	6%	7,5	3%	10	4%	9	3%	7	3%
4		0%		0%		0%		0%	2	1%	6,43	2%	3,5	1%
5	11,25	5%	10,5	4%	13	5%	16,5	7%	5,5	2%	12,92	4%	17	7%
6		0%		0%		0%		0%		0%	5,5	2%	27,5	11%
7		0%		0%		0%		0%		0%	5,6	2%	2	1%
8		0%	10,5	4%	3,5	1%	2	1%		0%		0%	2	1%
9	54	23%	74,25	29%	86	32%	68,5	28%	73,5	30%	115	33%	77,3	30%
10		0%		0%		0%	4	2%	11,75	5%	74,83	22%	40,25	16%
11	22	10%	16	6%	30	11%	14,5	6%	18	7%	19,5	6%	22,5	9%
12	8	3%	5	2%	3	1%	1	0%		0%		0%	1,5	1%
13	3	1%	2	1%	3	1%	1	0%	1	0%		0%	1	0%
14	21,5	9%	13	5%	15,5	6%	22,8	9%	23,58	10%	22	6%	22,05	9%
15	85,5	37%	105,5	41%	55,5	21%	74,5	30%	72	29%	38	11%	0	0%
Итого:	231	100%	260	100%	268	100%	246,3	100%	247,33	100%	343,86	100%	255,43	100%
Число людей	19		24		20		21		20		15		15	
Итог/ число	12,16		10,83		13,40		11,73		12,37		22,92		17,03	
Доля 1 чел.	5%		4%		5%		5%		5%		7%		7%	

Как известно, нейронная сеть – параллельно распределенная структура обработки информации, состоящая из нейронов, которые соединены между собой связями [27]. Общая модель нейрона состоит в следующем: нейрон имеет несколько каналов ввода информации – дендриты и канал вывода информации – аксон. Аксон нейрона соединен с дендритами других нейронов с помощью синапсов. При возбуждении нейрон посылает сигнал по своему аксону. Через синапсы сигнал передается другим нейронам, которые, в свою очередь, могут возбуждаться или переходить в состояния торможения. Нейрон возбуждается, если суммарный уровень сигналов, пришедший в него, превышает некоторый уровень – порог возбуждения или активации. Далее производится преобразование сигналов в сумматоре и добавляется порог, а результат преобразуется с помощью функции активации и подается на выход нейрона. Математическое представление функционирования нейрона подробно представлено в [27].

Входной слой организован из входных нейронов (input neuron), которые получают данные и распространяют их на входы нейронов скрытого слоя сети. Скрытый нейрон (hidden neuron) – это нейрон, находящийся в скрытом слое нейронной сети. Выходные нейроны (output neuron), из которых организован выходной слой сети, выдает результаты работы нейронной сети. В нашей задаче входами нейронной сети будут значения долей вклада каждого преподавателя в текущем году ($x_i, i=1..15$), а выходами – значения долей вклада каждого преподавателя в будущем году ($y_i, i=1..15$). Исходные данные для модели получаем, преобразуя табл. 2 в табл. 3. Очевидно, что выходные данные для одного года будут входными данными для следующего года – таким образом, проведем обучение нейронной сети.

Таблица 3

Доли вклада каждого преподавателя в показатель кафедры

Год	Фамилия 1	Фамилия 2	Фамилия 3	Фамилия 4	Фамилия 5	Фамилия 6	Фамилия 7	Фамилия 8	Фамилия 9	Фамилия 10	Фамилия 11	Фамилия 12	Фамилия 13	Фамилия 14	Другие
Входные параметры															
2009	0,07	0,05	0	0	0,05	0	0	0	0,23	0	0,1	0,03	0,01	0,09	0,37
2010	0,06	0,03	0	0	0,04	0	0	0,04	0,29	0	0,06	0,02	0,01	0,05	0,41
2011	0,12	0,04	0,06	0	0,05	0	0	0,01	0,32	0	0,11	0,01	0,01	0,06	0,21
2012	0,11	0,03	0,03	0	0,07	0	0	0,01	0,28	0,02	0,06	0	0	0,09	0,3
2013	0,1	0,02	0,04	0,01	0,02	0	0	0	0,3	0,05	0,07	0	0	0,1	0,29
2014	0,08	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0	0,33	0,22	0,06	0	0	0,06	0,11
Выходные параметры															
2009	0,06	0,03	0	0	0,04	0	0	0,04	0,29	0	0,06	0,02	0,01	0,05	0,41
2010	0,12	0,04	0,06	0	0,05	0	0	0,01	0,32	0	0,11	0,01	0,01	0,06	0,21
2011	0,11	0,03	0,03	0	0,07	0	0	0,01	0,28	0,02	0,06	0	0	0,09	0,3
2012	0,1	0,02	0,04	0,01	0,02	0	0	0	0,3	0,05	0,07	0	0	0,1	0,29
2013	0,08	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0	0,33	0,22	0,06	0	0	0,06	0,11
2014	0,09	0,03	0,03	0,01	0,07	0,11	0,01	0,01	0,3	0,16	0,09	0,01	0	0,09	0

Для оценки необходимого числа весов необходимо оценить число нейронов в скрытом слое, используя известное неравенство [28]:

$$\frac{N_y \cdot N_p}{1 + \log_2 N_p} \leq N_w \leq N_y \cdot \left(1 + \frac{N_p}{N_x}\right) \cdot (N_x + N_y + 1) + N_y, \quad (1)$$

где N_w – число весов; N_x, N_y – число входов и выходов; N_p – число примеров.

При $N_x=N_y=15$ и $N_p=6$ диапазон изменения числа весов составит: $25 \leq N_w \leq 666$.

Число нейронов (N_n) в двухслойной сети можно определить по формуле:

$$N_n = \frac{N_w}{N_x + N_y}. \quad (2)$$

Используя граничные значения изменения N_w , диапазон изменения числа нейронов нейронной сети составит: $1 \leq N_n \leq 22$.

Для удобства расчета примем число нейронов в скрытом слое также равным 15. Граф нейронной сети представлен на рис. 1.

Рис. 1. Граф нейронной сети

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Информационная модель интеллектуальной системы

Информационная модель системы создавалась на унифицированном языке моделирования UML (Unified Modeling Language). Визуальное моделирование с помощью UML представляет собой поэтапный спуск от наиболее общей концептуальной модели системы к логической, а затем и к физической модели, причем модель представляет собой совокупность так называемых диаграмм [29].

Возможности системы представлены на диаграмме вариантов использования (use case diagram, диаграмма прецедентов), которая отображает концептуальную модель системы (рис. 2). Предполагается один пользователь системы (преподаватель или сотрудник отдела), который сможет пользоваться для расчета как упрощенными регрессионными моделями, так и сложными и более точными нейросетевыми.

Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Структура системы в терминах объектно-ориентированного проектирования показана на диаграмме классов (рис. 3). Приведенная структура предельно проста: пользователь ассоциативно связан с управляющим классом («Main»), который включает в себя (отношение агрегации) два подкласса – «Regression» и «NeuroNet». Поскольку файлы с данными могут создаваться и обрабатываться отдельно от системы, их классы связаны с ней отношениями обычной ассоциации.

Операции класса «Regression» предполагают загрузку данных из XLS-файла, запуск процедуры расчета, расчет коэффициентов регрессий (линейной, экспоненциальной и полиномиальной нескольких степеней), выбора лучшего вида линии регрессии для каждого преподавателя, вывод результатов в таблицу на экране, вывод в виде графиков (изменения по конкретному преподавателю за все годы или изменения по всем преподавателям за выбранный год), сохранение результатов в файле.

Операции класса «NeuroNet» предполагают загрузку данных из XLS-файла, заполнение расчетных данных (возможно как после обучения сети, так и после загрузки ранее сохраненных ее параметров), загрузку параметров сети (число скрытых слоев и нейронов в каждом слое, а также значения всех весов) из текстового файла, сохранение параметров сети в текстовом файле, запуск обучения нейронной сети, расчет суммарных ошибок при использовании сети, применение нейронной сети для расчета прогнозных показателей на будущий период (то есть на следующий год), сохранение результатов в файле.

Рис. 3. Диаграмма классов

Формат выходной информации отличается от формата входной информации добавлением прогнозных значений (во всех вариантах), а также либо краткого названия выбранного уравнения регрессии (в первом случае), либо суммарных ошибок как по годам, так и по преподавателям (во втором случае).

Диаграмма состояний (рис. 4) показывает типовую последовательность действий пользователя без привязки к структуре классов.

4.2. Программная реализация ИСПР для оценки работы преподавателей высшего учебного заведения

Разработанная информационная модель интеллектуальной системы принятия решений для оценки работы преподавателей высшего учебного заведения была реализована в среде Object Pascal [30-31].

Форма приложения содержит две вкладки: «Регрессионные модели» (рис. 5) и «Нейросетевое прогнозирование» (рис. 6).

Рис. 6. Форма приложения при первой загрузке (вкладка 2)

При загрузке приложения на экране появляются пустые таблицы. После выбора файла для ввода данных приложение устанавливает связь с процессором электронных таблиц MS-Excel, после чего анализирует содержимое файла, и в случае соответствия формата – загружает в таблицу (рис. 7). Пользователь может в любое время откорректировать значение любого поля, щелкнув по нему дважды указателем мыши (левой кнопкой). Подтверждение изменения – клавиша «Enter» или щелчок мыши по любой другой ячейке.

№	Фамилия	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Prgn	Type	Linear	Error	Parab	Error	Poly4	Error	Poly5	Error	Expon	Error
1	Гит	15,125	14,75	31	27,5	24,5	27,25	24												
2	Гор	10,625	8,5	11	6,5	5,5	7,83	7,83												
3	Гуд	0	0	16,5	7,5	10	9	7												
4	Заг	0	0	0	0	2	6,43	3,5												
5	Ивч	11,25	10,5	13	16,5	5,5	12,92	17												
6	Иск	0	0	0	0	0	5,5	27,5												
7	Кос	0	0	0	0	0	5,5	2												
8	Кри	0	10,5	3,5	2	0	0	2												
9	Мел	54	74,25	86	88,5	73,5	115	77,3												
10	Неч	0	0	0	4	11,75	74,83	40,25												
11	Оль	22	16	30	14,5	18	19,5	22,5												
12	Ост	8	5	3	1	0	0	1,5												
13	Срн	3	2	3	1	1	0	1												
14	Шел	21,5	13	15,5	22,8	23,58	22	22,05												
15	Дру	85,5	105,5	55,5	74,5	72	38	0												
16	Итог	231	260	268	246,3	247,33	343,86	255,43												

Рис. 7. Загрузка данных

Рассмотрим работу системы на примере ранее приведенных данных. Значения показателей каждого преподавателя кафедры ИСПР за 2009-2015 годы были загружены

в систему. После нажатия кнопки «Рассчитать» заполняются столбцы «Prgn» и «Type», в которые заносятся соответственно прогнозные значения по каждому преподавателю (предсказание на 1 будущий период – будущий год) и тип линии регрессии, который дает минимальную ошибку (минимальное отклонение).

Справа по умолчанию располагается таблица с подробными данными – прогнозом и ошибками по каждой линии регрессии. Система «следит» за положением указателя в главной таблице, и если пользователь путем щелчка мыши переместит активную ячейку, то в правой (расчетной) таблице станет активной ячейка, расположенная на пересечении строки, соответствующей выбранному преподавателю, и столбца с минимальным значением ошибки (отклонения) расчета для выбранного преподавателя (рис. 8).

Интеллектуальная система принятия решений для оценки работы преподавателей высшего учебного заведения

Регрессионные модели | Нейросетевое прогнозирование

Загрузить | Рассчитать | ☒ Таблица ☐ График-1 ☐ График-2

№	Фамилия	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Prgn	Type	Lineal	Error	Parab	Error	Poly4	Error	Poly5	Error	Expon	Error
1	Ги	15,125	14,75	31	27,5	24,5	27,25	24	18,34	Parab	29,89	0,33	18,34	0,21	-81,07	2,19	-62,21	2,28	31,79	0,3
2	Го	10,625	8,5	11	6,5	5,5	7,83	7,83	8,48	Parab	6,08	0,32	8,48	0,19	-32,77	1,37	-15,75	1,5	6,24	0,29
3	Гу	0	0	16,5	7,5	10	9	7	7,53	Expon	11,79	0,71	1,14	0,43	-37,86	1,27	33,64	1,27	7,53	0,26
4	За	0	0	0	0	2	6,43	3,5	5,33	Linear	5,33	0,37	6,97	0,43	-12,81	3,16	15,71	4,91	2,77	2,78
5	Ие	11,25	10,5	13	16,5	5,5	12,92	17	13,14	Expon	14,47	1,92	17,29	1,62	-62,01	3,37	-131,72	2,27	13,14	1,59
6	Ис	0	0	0	0	0	5,5	27,5	37,71	Parab	18,07	1,36	37,71	1,18	-102,11	1,09	-231,7	16,22	12	1,54
7	Ко	0	0	0	0	0	5,6	2	3,54	Linear	3,54	0,56	4,97	0,92	-11,14	1,49	20,29	1,39	2,7	0,6
8	Кр	0	10,5	3,5	2	0	0	2	-0,07	Linear	-0,07	0,98	-1,29	1,55	-5,14	2,55	-27,95	2,51	2	2,42
9	Мк	54	74,25	86	68,5	73,5	115	77,3	84,49	Parab	98,21	0,19	84,49	0,17	-263,41	4,6	39,9	1,62	98,94	0,19
10	Не	0	0	0	4	11,75	74,83	40,25	80,43	Parab	59	15,86	80,43	4,97	-168,0	46,05	135,5	53,65	22,37	57,99
11	Ог	22	16	30	14,5	18	19,5	22,5	22,79	Parab	19,86	0,38	22,79	0,32	-94,07	1,75	-32,75	1,97	19,7	0,34
12	Ос	8	5	3	1	0	0	1,5	2,93	Parab	-2	5,26	2,93	0,06	-7,21	3,04	-13,5	3,02	4,51	19,63
13	Ср	3	2	3	1	1	0	1	0,43	Parab	-0,14	1,02	0,43	0,56	-5,43	2,2	-3,86	2,15	2,36	5,42
14	Шк	21,5	13	15,5	22,8	23,58	22	22,05	24,51	Expon	24,02	0,28	25,35	0,27	-45,06	1,36	-112,5	1,43	24,51	0,25
15	Другие	85,5	105,5	55,5	74,5	72	38	0	8	Linear	8	0,33	-28,14	0,34	158,01	1,66	54,36	1,61	25,22	0,35
16	Итого:	231	260	268	246,3	247,33	343,86	255,43	293,58	Expon	296,0	0,07	281,8	0,07	-770,1	1,17	-333,1	1,22	293,5	0,07

Рис. 8. Рассчитанные данные

Если пользователю не нужны подробные значения, он может переключиться на показ «Графика-1» (рис. 9) или «Графика-2» (рис. 10). В первом случае можно анализировать изменения по годам для выбранного преподавателя или суммарного показателя, во втором – различия по преподавателям для выбранного года.

Рис. 9. Изменения по годам для графы «Итого»

Рис. 10. Различия по преподавателям для выбранного года

Анализ расчетов изменений долей по отношению к суммарному показателю кафедры (рис. 11) показывает, что для прогноза 9 из 15 преподавателей лучше использовать параболу, для 3 – линейный и еще для 3 – экспоненциальный. У нескольких преподавателей можно наблюдать незначительное снижение доли вклада в суммарный показатель кафедры при абсолютном росте.

Рис. 11. Рассчитанные относительные показатели

Очевидно, что изменение долей вклада лучше рассматривать при помощи нейросетевых моделей. По умолчанию устанавливаются параметры сети: 1 скрытый слой с числом нейронов, равным числу входных факторов (то есть числу преподавателей). Сразу становится активной и получает фокус кнопка «Обучение», при нажатии на которую запускается процесс обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибок. На поле PaintBox отображается точность обучения (рис. 12).

Результаты расчетов можно увидеть, перейдя на вкладку «Расчетная панель» (рис. 13), после чего сохранить все данные путем вызова контекстного меню.

Последняя строчка таблицы – суммарная ошибка по каждому преподавателю за все годы, последний столбец – суммарная ошибка по всем преподавателям за каждый год. Предпоследняя строчка – прогноз на будущий период (год). Данные о сети (число скрытых слоев, число нейронов в каждом слое и значения всех весов) при необходимости можно сохранить в текстовом файле (кнопка «Сохранить»), а потом использовать в качестве альтернативы повторному обучению (кнопка «Загрузить»).

Рис. 12. Обучение нейронной сети

Рис. 13. Результаты расчетов

Аналогичным образом были приведены расчеты для сетей архитектуры «3 скрытых слоя по 30 нейронов» и «4 скрытых слоя по 15 нейронов».

Если свести все полученные данные в одну таблицу 4, рассчитать отношение предсказанной величины к показателю предыдущего года (в данном случае – показатель 2016 года к показателю 2015 года), то можно сделать выводы о возможном изменении доли вклада каждого преподавателя в показатели кафедры.

В таблице 4 столбцы 2–6 содержат относительные изменения вклада каждого преподавателя, рассчитанные по регрессионным законам (отдельно по изменению числового показателя преподавателя и отдельно по изменению его доли в общем показателе кафедры) и с использованием трех нейронных сетей с разным числом скрытых слоев и нейронов в каждом слое (1 скрытый слой в 15 нейронов, 4 скрытых слоя по 15 нейронов и 3 скрытых слоя по 30 нейронов) соответственно. В столбцах 7 и 8 приводится расчет, сколько моделей прогнозируют рост, а сколько – падение показателей, 9-й столбец содержит вывод, что превагирует.

Как видно из этой таблицы, изменение доли вклада почти всегда соотносится с изменением непосредственного (абсолютного) показателя. Все 4 случая изменения абсолютного показателя в меньшую сторону подтверждаются общим изменением в эту же сторону. Из 10 случаев изменения абсолютного показателя в большую сторону 8 подтверждаются общим изменением в эту же сторону. Очевидно, что при принятии соответствующих решений необходимо учитывать не только направление тенденции, но и ее значение (как абсолютное, так и относительное): как рост, так и падение показателей на 1-2% не могут считаться значимыми величинами.

Таблица 4

Сводная расчетная таблица по кафедре ИСПР

Фамилия	Регр. (абс.)	Регр. (доля)	Нейро 1x15	Нейро 4x15	Нейро 3x30	>	<	Res
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилия 1	0,7642	0,6386	0,8734	1,0011	0,9957	1	4	Падение
Фамилия 2	1,0830	0,9787	0,8627	1,0293	0,9967	2	3	Падение
Фамилия 3	1,0757	1,0947	0,9531	1,0000	1,0000	4	1	Рост
Фамилия 4	1,5229	1,4596	0,8540	0,9416	1,0074	3	2	Рост
Фамилия 5	0,7729	0,9015	0,9985	1,0000	0,9985	1	4	Падение
Фамилия 6	1,3713	1,3933	0,9673	1,0000	0,9962	3	2	Рост
Фамилия 7	1,7700	1,2772	0,6203	0,9114	1,0260	3	2	Рост
Фамилия 8	0,0350	0,0000	1,9481	1,1184	0,9747	2	3	Падение
Фамилия 9	1,0930	0,9583	0,9746	1,0017	1,0043	3	2	Рост
Фамилия 10	1,9983	1,7769	0,7197	0,9601	1,0077	3	2	Рост
Фамилия 11	1,0129	1,0217	0,8066	1,0103	0,9944	3	2	Рост
Фамилия 12	1,9533	1,7029	1,6034	1,1379	0,9661	4	1	Рост
Фамилия 13	0,4300	0,0000	0,6667	1,0500	0,9756	1	4	Падение
Фамилия 14	1,1116	0,9267	0,9988	0,9838	0,9908	1	4	Падение
Другие			3,1845	1,0800	1,0680	3	0	Рост

5. ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Были проанализированы задачи и методы интеллектуального анализа данных, которые могут применяться для предсказания изменения вклада отдельного преподавателя в показатели подразделения высшего учебного заведения; разработаны

математические модели для решения задачи прогнозирования на основе линий регрессии и нейронных сетей; создана информационная модель интеллектуальной системы принятия решений и осуществлена ее программная реализация. Созданная интеллектуальная система принятия решений позволит оценить изменение доли вклада каждого преподавателя в общие показатели работы подразделения (кафедры) высшего учебного заведения.

К перспективам дальнейших исследований можно отнести анализ возможности введения в нейросетевую модель дополнительных входных факторов, а также использование другой архитектуры сети, отличной от персептрона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] И. А. Чубукова, "Data Mining: Учебное пособие", М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006, 382 с.
- [2] Е. В. Чернышова, "Оценка эффективности деятельности преподавателей в повышении качества образования", *Гарантии качества высшего профессионального образования: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции*, Барнаул: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 2008, с.320-322.
- [3] Г. У. Матушанский, Ю.В. Цвенгер, Основные характеристики психолого-педагогической подготовки и переподготовки преподавателя высшей школы на современном этапе, *Психологическая наука и образование*, 2001, №2, с. 24-30.
- [4] Ю. С. Алферов, И. М. Курдюмова, Л. И. Писарева, *Оценка и аттестация кадров образования за рубежом*, М., 1997, 146 с.
- [5] Ю. С. Перфильев, В. А. Тремясов, Подбор и подготовка преподавателей высшей школы, *Современные технологии обеспечения качества образования: Материалы Всероссийской научно-практической конференции*, Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2006, с. 19 -21.
- [6] О. И. Пятковский, Интеллектуальные компоненты аналитических информационных систем управления организацией: учебное пособие, Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2002, 219 с.
- [7] О. А. Гришина, О. В. Сагинова, И. И. Скоробогатых и др., *Оценка эффективности преподавателя в современном образовательном учреждении*, Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015, 114 с.
- [8] AACSB Accreditation Standards [Электронный ресурс]. Режим доступа: \www/ URL: <http://www.aacsb.edu/accreditation/standards/>. Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [9] ECBE Edge [Электронный ресурс].Режим доступа: \www/ URL: <http://www.ecbe.eu/fileadmin/ecbe/newsletter/ecbe-newsletter-v1ed7.pdf>.Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [10] "EPAS - EFMD Programme Accreditation System" [Электронный ресурс]. Режим доступа: \www/ URL: <http://www.efmd.org/accreditation-main/epas>. Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [11] "EQUIS - EFMD Quality Improvement System" [Электронный ресурс]. Режим доступа: \www/ URL: <http://www.efmd.org/accreditation-main/equis> . Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [12] Ж. Г. Павлова, "Показатели эффективности деятельности преподавателя вуза", *Мир науки, культуры, образования*, 2014, № 4 (47), с.77-83.
- [13] *Положение о рейтинговой системе оценки деятельности преподавателей и кафедр в Ивановском государственном университете*, Под ред. В. И. Назарова, Иваново: ИвГУ, 2010, 23 с.
- [14] *Рейтинговая оценка деятельности сотрудников, кафедр и факультетов СПбГАУ*, С-Пб: СПбГАУ, 2011, 24 с.
- [15] Т. Е. Исаева, М. П. Чуриков, Ю. Ю. Котляренко, "Эффективность оценивания деятельности преподавателей вузов: сравнение отечественных и зарубежных методик", *Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»*, Том 7, №3 (2015), [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/141PVN315.pdf>
- [16] R. A. Berk, "Survey of 12 Strategies to Measure Teaching Effectiveness", *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 2005, Vol. 17, No 1, p. 48–62.
- [17] М. А. Юревич, "Методики оценки педагогических кадров в высшей школе в Европе, США и Австралии", *Образовательные технологии*, 2013, №2, с. 104-115.
- [18] Н. В. Третьякова, "Оценка качества работы преподавателя на основе методики многомерного анализа его деятельности", *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*, 2011, № 11 (81), с. 151-155.

- [19] К. В. Бардовская, Е. В. Титова, Методика оценки качества деятельности преподавателей вуза: методические рекомендации, СПб., Архангельск : ИЦ Поморского гос. ун-та, 2003, 72 с.
- [20] Е. Ю. Васильева, Подходы к оценке качества деятельности преподавателя вуза, *Университетское управление: практика и анализ*, 2006, № 2 (11), с. 74-78.
- [21] В. Г. Захаревич, В. А. Обуховец, "Оценка качества работы преподавателей вуза", *Высш. образование сегодня*, 2003, №5, с. 12-15.
- [22] Положение о рейтинговой оценке деятельности кафедр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: http://www.ssau.ru/info/official_docs/polojenia/polozh_rate/. Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [23] Анненкова Ирина. Рейтинговая оценка деятельности профессорско-преподавательского состава в вузах [Электронный ресурс]. Режим доступа: \www/ URL: <http://gisap.eu/ru/node/18869>. Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [24] Наказ Міністра освіти і науки України від 29.10.2007р. № 948 «Об усовершенствовании механизмов внешнего и внутреннего оценивания учебных достижений студентов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: \www/ URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MUS23764.html Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [25] Положення «Про трудове змагання співробітників і підрозділів ДДМА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/acts/polozhennya_pro_trudove_zmagannya_spivrobitnikov_i_pidrozdiliv_ddma.pdf Дата обращения: 23.10.2017г. Загл. с экрана.
- [26] В. Н. Сулицкий, *Методы статистического анализа в управлении*, М.: Дело, 2002, 520с.
- [27] С. Хайкин, *Нейронные сети: полный курс*, 2-е изд., испр.: Пер. с англ., М.:ООО И.Д. Вильямс, 2006. 1104с.
- [28] Widrow B., Lehr M.A., 30 years of adaptive neural networks: perceptron, madaline and backpropagation, *Proceedings of the IEEE*, 1990, Vol. 78, № 9, p. 1415–1442.
- [29] А. Ю. Мельников, Объектно-ориентированный анализ и проектирование информационных систем: учебное пособие, изд. 2-е, перераб. и доп., *Краматорск: ДГМА*, 2013, 172 с.
- [30] А. Ю. Мельников, Прогнозирование изменения вклада преподавателя в показатели кафедры с использованием методов интеллектуального анализа данных, *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: МА теріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції*, Черкаси, 2017, с. 212-215.
- [31] А. Ю. Мельников, Оценка работы преподавателей вуза при помощи методов интеллектуального анализа данных, *Управління економічними процесами: сучасні реалії і виклики: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції*, Мукачево, 2017, с. 390-392.

Матеріал поступил в редакцію 21.11.2017 г.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ВКЛАДУ ВИКЛАДАЧА В РОБОТУ КАФЕДРИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

Мельников Олександр Юрійович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інтелектуальних систем прийняття рішень

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

ORCID ID 0000-0003-2701-8051

alexandr@melnikov.in.ua

Анотація. Описано існуючі форми й методи оцінки роботи викладачів вищих навчальних закладів, а також методи інтелектуального аналізу даних, які можуть бути використані для рішення такого завдання. Наведено оброблені дані для моделювання й математичні моделі для рішення завдання прогнозування методами лінійної й експонентної регресії й методом нейронних мереж, а також об'єктно-орієнтована модель проєктованої комп'ютерної системи мовою візуального моделювання UML. Наведено опис комп'ютерної реалізації програмної системи, здійсненої в середовищі візуального програмування Object-Pascal, і приклад роботи системи на підставі реальних даних.

Ключові слова: оцінка роботи викладачів; інтелектуальний аналіз даних; прогнозування; регресія; нейронні мережі; перцептрон; інформаційна система; Unified Modeling Language; Object-Pascal.

FORECASTING THE CHANGE IN THE TEACHER'S CONTRIBUTION TO THE WORK OF THE DEPARTMENT USING THE METHODS OF DATA MINING

Oleksandr Yu. Melnykov

PhD in Techics (Candidate of technical sciences), Department of Intelligence Systems of Decision Making
Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-2701-8051

alexandr@melnikov.in.ua

Abstract. The existing forms and methods of assessing the work of teachers of higher educational institutions are described. The conclusion is made that the combination of indicators into groups (categories) and the introduction of different weight factors depends on the specifics of the institution and the prevailing ideas about the priority of this or that type of activity. Practically all the considered methods do not take into account the change in the contribution share of each teacher in the integral indicator of the work of the whole department (department, faculty). The goal was to predict the change in the contribution of an individual teacher to the indicators of a higher education institution by means of mathematical modeling and intellectual decision-making. The prediction task is identified as a suitable data mining task. Methods for forecasting the assessment of the work of teachers - regression and neural network - were chosen. An object-oriented model of a projected computer system in the language of visual modeling of UML is described. Diagrams of use cases, classes and states are given. The program implementation of the intellectual decision-making system for evaluating the work of teachers of a higher education institution and an example of the system's operation based on real data are described. Conclusions are made about a possible change in the contribution share of each teacher in the indicators of the department.

Keywords: teacher assessment; data mining; forecasting; regression; neural networks; perceptron; information system; Unified Modeling Language; Object-Pascal.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] I. Chubukova, *Data Mining: Tutorial*. Internet-University of Information Technologies, BINOM, Knowledge Laboratory, 2006 (in Russian).
- [2] E. Chernyshova, "Evaluation of the effectiveness of teachers in improving the quality of education", *Guarantees of the quality of higher professional education: Abstracts of the International Scientific and Practical Conference*, Barnaul: FGBOU VPO «Altai State Technical University. I.I. Polzunova», 2008, p.320-322 (in Russian).
- [3] G. Matushanskiy, and Y. Tsvenger, "The main characteristics of psychological and pedagogical training and retraining of a teacher of higher education at the present stage", *Psychological Science and Education*, №2, p. 24-30, 2001 (in Russian).
- [4] Y. Alferov, and I. Kurdyumova, and L. Pisareva, *Evaluation and certification of cadres of education abroad*, M., 1997 (in Russian).
- [5] Y. Perfilev, and V. Tremyasov, "Selection and training of teachers of higher education", *Modern technologies to ensure the quality of education: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*, Barnaul: Pub. house AltGTU, 2006, p. 19 -21 (in Russian).
- [6] O. Pyatkovskiy, *Intellectual components of analytical information systems of organization management: Tutorial*, Barnaul: Pub. house AltGTU, 2002 (in Russian).
- [7] O. Grishina, O. Saginova, I. Skorobogatykh, etc, *Evaluation of teacher effectiveness in a modern educational institution: Monograph*, Novosibirsk: Publishing house CRNS, 2015 (in Russian).
- [8] "AACSB Accreditation Standards", *Aacsb.edu*, 2017 [Online]. Available: <http://www.aacsb.edu/accreditation/standards/>. Accessed on: October 23, 2017 (in English).
- [9] "ECBE Edge", *Ecbe.eu*, 2017 [Online]. Available: <http://www.ecbe.eu/fileadmin/ecbe/newsletter/ecbe-newsletter-v1ed7.pdf>. Accessed on: October 23, 2017 (in English).
- [10] "EPAS – EFMD Program Accreditation System", *Efmd.org*, 2017 [Online]. Available: <http://www.efmd.org/accreditation-main/epas>. Accessed on: October 23, 2017 (in English).
- [11] "EQUIS – EFMD Quality Improvement System", *Efmd.org*, 2017 [Online]. Available: <http://www.efmd.org/accreditation-main/equis>. Accessed on: October 23, 2017 (in English).

- [12] Zh. Pavlova, "Indicators of the effectiveness of the university teacher", *World of Science, Culture, Education*, № 4 (47), p.77-83, 2014 (in Russian).
- [13] V. Nazarov, etc, *Regulations on the rating system for assessing the activities of teachers and chairs at the Ivanovo State University*, Ivanovo: IvGU, 2010 (in Russian).
- [14] *Rating evaluation of employees, departments and faculties of SPbGAU*, S-Pb: SPbGAU, 2011 (in Russian).
- [15] T. Isaeva, M. Churikov, and Yu. Kotlyarenko, "Efficiency of evaluating the activity of university teachers: a comparison of domestic and foreign methods", *Internet-journal "Naukovedenie"*, Vol. 7, №3, 2015 [Online]. Available: <http://naukovedenie.ru/PDF/141PVN315.pdf> (in Russian).
- [16] R.A. Berk, "Survey of 12 Strategies to Measure Teaching Effectiveness", *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, Vol. 17, No 1, p. 48–62, 2005 (in English).
- [17] M. Yurevich, "Methods for assessing teaching staff in higher education in Europe, the United States and Australia", *Educational Technologies*, №2, c. 104-115, 2013 (in Russian).
- [18] N. Tretyakova, "Evaluation of the quality of the teacher on the basis of the methodology of multivariate analysis of his activities", *Scientific notes of the University named after P.F. Lesgafta*, № 11 (81), p. 151-155, 2011 (in Russian).
- [19] K. Bardovskaya, and E. Titova, *Methodology for assessing the quality of the activity of university teachers: methodological recommendations*, SPb, Arkhangelsk: PH Pomor State University, 2003 (in Russian).
- [20] E. Vasileva, "Approaches to assessing the quality of the activity of the university teacher", *University management: practice and analysis*, № 2 (11), p. 74-78, 2006 (in Russian).
- [21] V. Zakharevich, and V. Obukhovets, "Evaluation of the quality of work of university teachers", *Higher education today*, №5, p. 12-15, 2003 (in Russian).
- [22] "Regulations on the rating evaluation of the departments", *Ssau.ru*, 2017 [Online]. Available: http://www.ssau.ru/info/official_docs/polojenia/polozh_rate/. Accessed on: October 23, 2017 (in Russian).
- [23] I. Annenkova, "Rating evaluation of the activities of faculty in universities", *Gisap.eu*, 2017 [Online]. Available: <http://gisap.eu/ru/node/18869>. Accessed on: October 23, 2017 (in Russian).
- [24] Order of the Minister of Education and Science of Ukraine from 29.10.2007p. № 948 «On the improvement of the mechanisms of external and internal evaluation of student achievements», 2007 [Online]. Available: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MUS23764.html. Accessed on: October 23, 2017 (in Ukrainian).
- [25] Regulations about «About the labor competition of employees and divisions of DSEA», 2007 [Online]. Available: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/acts/polozhennya_pro_trudove_zmagannya_spivrobitnikiv_i_pidrozdiliv_ddma.pdf. Accessed on: October 23, 2017 (in Ukrainian).
- [26] V. Sulitskiy, *Methods of statistical analysis in management: Textbook*, M.: Delo, 2002 (in Russian).
- [27] S. Khaykin, *Neural networks: full course, 2nd edition, revised: Trans. from English*, M.: OOO P.H. Williams, 2006 (in Russian).
- [28] B. Widrow, and M.A. Lehr, "30 years of adaptive neural networks: perceptron, madaline and backpropagation", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 78, №. 9, p. 1415–1442, 1990 (in English).
- [29] A. Melnykov, *Object-oriented analysis and design of information systems: Tutorial, edition 2nd, revised and additional*, Kramatorsk: DSEA, 2013 (in Russian).
- [30] A. Melnykov, "Forecasting the change in the teacher's contribution to the indicators of the department using the methods of data mining", *Automation and computer-integrated technologies in production and education: status, achievements, prospects of development: Materials of the All-Ukrainian scientific and practical Internet-conference*, Cherkasy, 2017, p. 212-215 (in Russian).
- [31] A. Melnykov, "Evaluation of the work of university teachers using methods of data mining", *Management of economic processes: modern realities and challenges: Abstracts of the International Scientific and Practical Conference*, Mukachevo, 2017, p. 390-392 (in Russian).