



АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

DOI 10.51885/1561-4212\_2024\_3\_132

MPHTI 20.23.27

**Г.Д. Зунимова<sup>1</sup>, Г.Ж. Солтан<sup>2</sup>, Д.В. Лихачевский<sup>3</sup>, А.А. Исмаилова<sup>1</sup>, Г.О. Исакова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Казахстан

*E-mail: gulnazzunimova06@gmail.com\**

*E-mail: a.ismailova@mail.ru*

*E-mail: is\_gul\_oral@gmail.com*

<sup>2</sup>Товарищество с ограниченной ответственностью «Astana IT University», г. Астана, Казахстан

*E-mail: gsoltan@mail.ru*

<sup>3</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Беларусь

*E-mail: likhachevskyd@bsuir.by*

## РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

### БІЛІМ БЕРУ ҮРДІСІ ДЕРЕКТЕРІН ТӘЖІРИБЕЛІК ТАЛДАУ ҮШІН ШЕШІМДІ ҚОЛДАУ ӘДІСІН ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ

### IMPLEMENTATION OF A DECISION SUPPORT METHOD FOR PRACTICAL ANALYSIS OF EDUCATIONAL PROCESS DATA

**Аннотация.** Системы поддержки принятия решений используются для поддержки управленческой деятельности человека. В сфере образовательных услуг системы поддержки принятия решений недостаточно распространены и в основном направлены на управление финансами. Практический анализ данных образовательного процесса является сложной задачей автоматизации в сфере принятия решений. Поэтому целью работы выступает разработка метода поддержки принятия решений для практического анализа данных образовательных услуг, который может быть положен в основу создания инструмента управления процессами в образовательном учреждении, с целью повышения качества работы вуза. Для достижения данной цели используются факторный анализ, работа с множествами и объектно-ориентированный подход в программировании. В работе представлены алгоритмы с анализом одного или нескольких факторов для получения оценки о качестве образовательных услуг, представлена и формализована схема процесса принятия решения, описаны подходы к возможной программной реализации через операции с объектами, классами и операциями над ними. Практическая значимость полученных результатов охватывает усовершенствование систем управленческой деятельности в образовательных учреждениях. Полученные результаты также позволяют создавать специализированные системы принятия решений на предприятиях торговли или сферы питания, когда стоит задача определить эффективность управления по критериям удовлетворенности клиента отдельными характеристиками товара.

**Ключевые слова:** объект; класс; полиморфизм; инкапсуляция; наследование; алгоритм принятия решений.

**Аңдатпа.** Адамның басқару қызметін қолдау үшін шешім қабылдауды қолдау жүйелері

пайдаланылады. Білім беру қызметтері саласында шешімдерді қолдау жүйелері кең таралмаған және негізінен қаржылық басқаруға бағытталған. Оқу үрдісінің деректерін практикалық талдау шешім қабылдау саласындағы автоматтандырудың күрделі міндеті болып табылады. Сондықтан жұмыстың мақсаты – университет жұмысының сапасын арттыру мақсатында оқу орнында процесті басқару құралын құруға негіз бола алатын білім беру қызметтерінен алынған деректерді практикалық талдау үшін шешім қабылдауды қолдау әдісін әзірлеу. Бұл мақсатқа жету үшін факторлық талдау, жиындармен жұмыс және бағдарламалауға объектілі-бағытталған тәсіл қолданылады. Жұмыста білім беру қызметтерінің сапасын бағалауды алу үшін бір немесе бірнеше факторлардың талдауы бар алгоритмдер ұсынылған, шешім қабылдау процесінің схемасы ұсынылған және рәсімделген, операциялар арқылы объектілермен, кластармен және операциялармен бағдарламалық қамтамасыз етуді іске асырудың ықтимал тәсілдері сипатталған. Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы білім беру ұйымдарындағы басқару жүйесін жетілдіруді қамтиды. Алынған нәтижелерді тауардың жеке сипаттамаларына тұтынушылардың қанағаттану критерийлері негізінде басқару тиімділігін анықтау міндеті және бөлшек сауда немесе азық-түлік қызметтері кәсіпорындарында шешім қабылдау жүйесін әзірлеу үшін де пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** объект; класс; полиморфизм; инкапсуляция; мұрагерлік; шешім қабылдау алгоритмі.

**Abstract.** Decision support systems are utilised to aid human management activities. In the domain of educational services, decision support systems are not extensively utilised and are primarily designed for financial management. The automatic processing of practical data for the analysis of educational processes is a challenging task in the arena of decision making. This paper aims to create a decision support approach for analyzing educational service data. This will facilitate the development of a process management tool for educational institutions that can enhance the quality of their services. The methodology employs factor analysis, set theory and an object-oriented approach to programming for achieving this aim. The study introduces algorithms to analyse one or multiple factors for evaluating the quality of educational services. The study introduces algorithms to analyse one or multiple factors for evaluating the quality of educational services. Furthermore, it formulates a decision-making process and outlines various methods for implementing the software, which involve operations with objects, classes, and operations on them. The study introduces algorithms to analyse one or multiple factors for evaluating the quality of educational services. The findings are practically significant, as they can enhance management activities within educational institutions. The results obtained could also aid in developing decision-making systems in trade or catering businesses where the objective is to evaluate management effectiveness based on customer satisfaction criteria related to specific product features.

**Keywords:** object; class; polymorphism; encapsulation; inheritance; decision-making algorithm.

*Введение.* При решении задач автоматизации управленческих процессов встречаются нечеткие переменные или критерии, которые, тем не менее, приходится учитывать при вычислениях и алгоритмизации (Khedhaouria & Cucchi, 2019). При построении подобных систем изучается решение вопросов с точки зрения человека, а не машины (Bao et al., 2021), что подводит к вопросу создания экспертных систем для различных направлений функционирования современного общества.

Иногда возникают ситуации, где рассматриваются позиции разных сторон с различными интересами и требованиями, а решения при этом принимаются в одной и той же системе (Emadi et al., 2023). В описанном случае модель принятия решений невозможно построить исходя из принципов оптимальности. Приходится строить многоэтапный алгоритм, где на каждом уровне принимается свое решение, включая решения конфликтов или случайных возмущений (Skrimizea et al., 2019). А, например, в условиях неопределенности подобную задачу можно решать через эксперимент и моделирование возможного развития ситуации, принимая для каждого варианта свое решение. Для этого может быть изучена статистика подобных или аналогичных явлений и процессов, результаты экспертизы подобных ситуаций, анализа и аудита принятых в каждом случае решений. При подобных ситуациях также возможна разработка и создание специальных систем поддержки принятия решений, однако они будут основаны на специальной обработке

экспертных данных без формализации или с частичной формализацией решения.

Актуальность задачи исследования состоит в слабой формализации образовательных процессов. Чаще всего подобное обусловлено разнородностью данных, которые образовательный процесс получает на входе, а также множеством критериев, которые необходимо формализовать таким образом, чтобы обеспечить адекватность цифровой модели системы обучения какого-либо учебного учреждения. При этом все учебные учреждения имеют свои особенности и отличия, логику предпочтений, ограничения (Skrimizea et al., 2019). В этом случае реализация метода поддержки принятия решений для практического анализа данных образовательного процесса является задачей с множеством вариантов решения по одному исследуемому вопросу, среди которых необходимо выбрать оптимальный и обосновать его, что подчеркивает актуальность исследования.

Гипотеза исследования: при решении задач автоматизации анализа данных образовательного процесса можно применить метод, который основан на управлении объектами и классами, используемый при объектно-ориентированном подходе, где свойства объекта анализируются через вариант решения и его оптимальность.

Целью работы является разработка метода поддержки принятия решений для практического анализа данных образовательных услуг, который может быть положен в основу создания инструмента управления процессами в образовательном учреждении, с целью повышения качества работы вуза.

Данная цель реализуется посредством следующих задач:

- разработать и формализовать схему процесса принятия решения для практического анализа данных управления образовательным учреждением;
- представить алгоритм автоматизации с описанием подходов к возможной программной реализации, являющийся основой метода принятия решения для практического анализа данных образовательного процесса.

*Литературный обзор.* Следуя определению из классического учебника С. Саати (1993), под системой поддержки принятия решений (СППР) подразумевается информационная система, поддерживающая деятельность по принятию организационных решений. Правда, восприятие СППР со стороны пользователей и исследователей коренным образом отличается. Исследователи воспринимают системы поддержки принятия решений как инструмент поддержки процессов на разных уровнях управления (Bao et al., 2021). Пользователи рассматривают СППР как вспомогательный инструмент для принятия решений по проблемам, где управляющие факторы подвергаются быстрым изменениям, которые нелегко определить заранее, то есть неструктурированные и полуструктурированные проблемы принятия решений (Emadi et al., 2023). Поэтому разработка метода поддержки принятия решений для практического анализа данных образовательного процесса одновременно должна учитывать как анализ самого объекта управления в качестве сложной системы (Siebert et al., 2021), так и законы менеджмента в управлении сложными человекоцентричными системами (York et al., 2019).

Следует отметить, что тематика автоматизации процессов поддержки принятия решений в управлении образовательными услугами в последнее время занимает пристальное внимание исследователей. В этом ряду следует отметить диссертационные работы Hengstler et al. (2023) и Карканици (2019), рассматривающие некоторые особенности СППР применительно к использованию в системах образования. Однако в работе Hengstler et al. (2023) акцент сделан на исследование эффективности работы вуза и формализации процессов экономической деятельности для достижения определенных критериев управления, а в работе Карканици (2019) – на управление как таковое и изучение автоматизации динамических процессов в СППР.

Ближе всего к исследуемой теме находится работа Гаранина и Сандлера (2020), в

которой рассматривается бизнес-блок процессов «наука – инновации». Структурная схема процессов дает представление об информации на входе и выходе блока, а также позволяет провести анализ возможностей вуза при управлении этим блоком. Хотя и в этой работе основной акцент уделяется финансированию деятельности и специализации СППР на управлении финансовыми потоками, аналогично работам Zietz et al. (2022) и Wyrick et al. (2022).

Практический анализ данных с помощью СППР акцентируется на построении моделей (Bertheau et al., 2019; Hendriks et al., 2020) и изучении неопределенности в системе управления (Yu, 2020). Однако без учета элементов управления именно образовательным процессом (Wang, 2021) эти работы создают лишь методологический базис для разработки новых методов исследования применительно к поставленным практическим задачам.

*Материалы и методы исследования.* Участников образовательного процесса, по которым собираются и систематизируются данные, в процессе автоматизации можно соотнести с отдельными объектами и классами. При объектно-ориентированном подходе в разработке СППР объекты могут обладать свойствами наследования, инкапсуляции и полиморфизма, что позволяет, учитывая свойства объектов разных классов, обрабатывать данные разных типов и при создании системы поддержки принятия решений рассматривать каждый объект как сложную подсистему в системе образовательной организации. В таком случае создание схемы процесса поддержки принятия решений может быть реализовано с помощью принципа оптимальности ( $P$ ) и множества вариантов решения ( $\Omega$ ) как пары, порождающей множество решений для каждой возможной ситуации применимо к одному или нескольким процессам, происходящим в управлении организацией. Подобная задача может быть решена с получением множества  $\Omega_p \leq \Omega$ . Использование принципа оптимальности говорит о том, что отсутствие хотя бы одного элемента делает решение задачи невозможным. Подтверждением этому служит функция выбора  $C_p$ , позволяющая провести сопоставления подмножеству  $X \leq \Omega$  любой его части  $C_p(X)$ . В итоге может быть получено оптимальное решение для исходной задачи в виде множества  $C_p(X)$ .

Отличие задач принятия решений состоит в информации, которая имеется о множестве  $\Omega$  и принципе оптимальности  $P$ , хотя они могут быть и неизвестными. Информацию для получения варианта решения можно найти непосредственно в процессе решения, выводя из имеющихся множеств необходимые компоненты для проведения анализа. Если же множество известно, то проводится его оптимизация для получения решения.

Необходимо отметить, что при выборе решения можно ограничиться только минимально необходимой информацией для формирования оптимального решения. Также достаточно выделить значения  $C_p(\Omega)$  при известных (определенных)  $\Omega$  и  $C_p$ . При условии, что  $C_p$  – скалярная функция на множестве  $\Omega$ , в итоге поставленная задача будет сведена до проведения оптимизации.

Однако учитывая, что рассматривается образовательный процесс, а в нем – группы участников с различными интересами, следует предусмотреть возникновение альтернатив оптимальному решению с позиции отдельного участника или отдельной группы. В данном случае принцип оптимальности будет рассматриваться через альтернативы с множества  $C_p(\Omega)$ . Чтобы учесть свойства каждой из полученных альтернатив, их необходимо представить на схеме процесса принятия решения для практического анализа данных управления образовательным учреждением. Подобное можно реализовать, представив определенные свойства альтернатив из начального множества через  $\varphi: \Omega \rightarrow E_1$ . Отдельное свойство будет представлено как критерий, а  $\varphi$

выступит числом оценки некоторой альтернативы  $x$ . При этом свойства можно сгруппировать, поскольку так легче осуществлять их учет.

Принимаем, что свойства выражены  $k_1, \dots, k_m$ , а пара  $(\Omega, P)$  – критерии. Критериальное пространство в этом случае может быть представлено как  $E_m$ , с координатами-оценками по каждому входящему в пространство критерию. Прикладные результаты будут иметь вид алгоритмов.

Практическая реализация при объектно-ориентированном подходе может быть выполнена в Object Pascal. С проведением инкапсуляции можно ограничить доступ к отдельным полям объекта, а также реализовать записи новых свойств объекта или чтения свойств для получения результатов. Объединяя отдельные объекты посредством классов, можно добавлять новые поля, свойства, методы к уже существующим и получать новые классы с наследуемыми свойствами. Это позволяет в итоге получать обобщение оценок по сформированным группам участников образовательного процесса, оперируя не просто понятиями «преподаватель» или «студент», а рассматривая взаимосвязь отдельных объектов через призму качества взаимодействия в образовательном процессе. Расширение возможностей использования различных методов для обработки результатов по классам возможно с помощью полиморфизма, когда используются одинаковые имена для методов. Тогда элементы массива, который обрабатывается системой поддержки принятия решений, будет содержать одновременно объекты «Студент» и «Преподаватель», но методы будут применяться в зависимости от типа объекта.

*Результаты и их обсуждение.* Рассмотрим один из процессов возможной оценки эффективности управления образовательным процессом по показателю успеваемости студента высшего учебного заведения. Этот показатель может быть установлен как «средний балл» или «высший балл», то есть рассматривается заданная оптимальность. Также можно осуществить сортировку по уровню успеваемости и представить визуализацию показателей по группе, курсу, факультету.

Схема процесса принятия решения для практического анализа данных может быть представлена следующим алгоритмом:

1) формируется некоторое множество с первичными данными для решения задачи выбора результата по принципу не «оптимальный, а лучший». Этот шаг позволяет оценить эффективность управления образовательным учреждением. Участники образовательного процесса будут выступать в качестве объектов исследования, а выполнение ими задач рассматривается как возможности и альтернативы действий, которые могут в данном случае выступать ограничениями;

2) формируется некоторое множество альтернатив, выступающих универсальными  $(\Omega_y)$  для решения поставленной задачи. В этом случае формируется выбор  $(\Omega_y, P_1)$  с присутствием оптимальности в условиях допустимости;

3) формируется множество  $\Omega = C_{P_1}(\Omega_y)$  с исходными альтернативами, учитывающее как всех участников образовательного процесса, так и тех, которые удовлетворяют некоторым требованиям, позволяющим осуществить отбор;

4) непосредственно выбор, в котором или известно  $\Omega_p$ , и на основе этого решение выводится по принципу оптимальности, или же  $\Omega_p$  не известно, решение представляется как множество на основе перебора пар  $(\Omega, P)$  до оценки, соответствующей определенному критерию.

Все изложенное можно представить в виде блок-схемы (рис. 1).

В приведенной на рис. 1 схеме можно увидеть, как объекты объединяются в класс с описанным свойством, где и определяется алгоритм для работы с этими объектами. На практике более частым является вариант решения, для которого эффективность

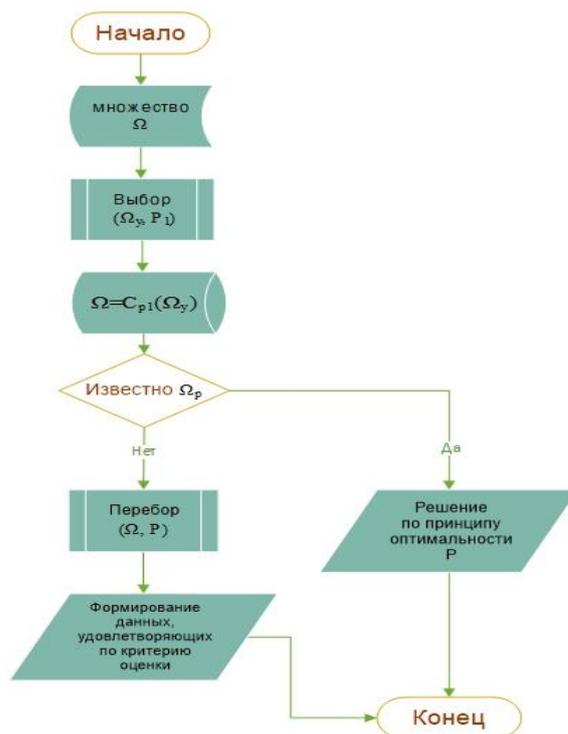
отдельной операции необходимо оценить по ряду показателей  $k$ .

Относительно задачи, поставленной в данном исследовании, в качестве примера можно назвать следующее:

1. Оценка деятельности вуза: рейтинг преподавателей, публикационная активность, успешность студентов, отзывы выпускников с оценкой по критерию эффективности;

2. Оценка обучения конкретного студента: показатели, средний балл, активность;

3. Контрольный срез знаний: высший балл студентов, вероятность выполнения всех поставленных задач студентом, оценка методических материалов, разработанных преподавателем, рейтинг преподавателей в зависимости от уровня успеваемости студентов по его дисциплине и т.д.



**Рисунок 1.** Блок-схема процесса принятия решения для практического анализа данных

*Примечание – составлено авторами*

Для получения одних показателей необходимо произвести исследования и получить данные по разным параметрам, характеризующим ситуацию. Другие показатели могут быть получены на основе имеющихся типичных документов работы вуза (ведомости успеваемости, результаты прохождения практики, бухгалтерские документы и др.). Но чем больше объем сложных операций, тем сложнее обеспечить их эффективность. Охарактеризовать подобную систему с помощью одного показателя невозможно: следует использовать различные показатели, позволяющие оценить систему многоаспектно. Однако требования к таким показателям не могут быть одинаковы, зачастую они даже противоречивы или несовместимы по ряду критериев. Например, задавая  $\max k_1$  никакие другие показатели не будут рассматриваться по максимуму или по минимуму. Поэтому оценка работы вуза через требование достижения максимального эффекта представляется некорректной и требующей формулировок с конкретизацией. Например, получение

максимального эффекта при обучении студентов дисциплине А при минимизации затрат на расходные материалы.

Чтобы сравнить векторы  $k = (k_1, k_2, \dots, k_L)$  через их значения можно привести показатели  $k_1, k_2, \dots, k_L$  к некоторому стандартному виду с минимизацией критериев. Критерий может считаться стандартным, если его показатель стремится к нулю. В этом случае возникает меньше операций в системе, то есть идеальным решением является  $k_i = 0$ . В случае наличия нестандартных показателей можно привести их к стандартному виду с помощью классического подхода:

а) если  $k_i \rightarrow \max$ , то  $k^{ct}_i = k^{\max}_i - k_i$ ;

б) если  $k^{\max}_i = \infty$ , то  $k^{ct}_i = 1/k_i$ .

Стандартный критерий при этом может быть представлен в виде отношения с идеальным значением критерия в знаменателе. То есть если представить критерий в виде вектора, то он будет изменяться на промежутке от 0 до 1, в идеальном случае – быть равным 0.

Учитывая изложенное, алгоритм принятия решения для практического анализа данных по ситуации, которая имеет два и более показателей, может быть представлен следующим образом:

- 1) задаются показатели, по которыми будет произведена оценка. Например:  
 $k_1$  – вероятность получения высшего балла по результатам итогового среза знаний;  
 $k_2$  – затраты труда профессора на проведение и выполнение практических работ по предмету;
- 2) определяется область значений для каждого показателя;
- 3) формируется массив различных вариантов решений и осуществляется выбор решения. На этом этапе через область допустимых решений можно получить промежуточный результат для формирования критериального пространства решений;
- 4) соотносятся значения с векторами, на основе этого происходит заполнение критериального пространства решений;
- 5) при оценивании одной операции несколькими критериями производится классическое действие по вычислению стандартных критериев:

$$k = (k_1, k_2, \dots, k_L) = \bar{f}(X, A) \rightarrow 0,$$

$$\varphi_i(X, A) \leq 0, i = 1..m;$$

б) производится оценка альтернатив по векторам. На этом шаге может возникнуть задача оценки альтернатив при наличии более двух критериев. Для этого производится сравнение компонентов векторов. В частности, при условии, что компоненты двух векторов безусловно сравнимы, выполняются неравенства  $k_i^A \geq k_i^B$ , по компонентам этих векторов при  $i=1, 2, 3, \dots, L$ . При всех  $k_i \rightarrow 0$  выбирается оптимальная альтернатива, остальные альтернативы отвергаются. Если же знаки неравенств различны для компонент векторов, то такие вектора сравнить невозможно. Для решения подобной задачи следует внести изменения в массив альтернатив и провести расчеты с последующим сравнением по другим критериям.

Пример реализации данного алгоритма следующий: выбираем лучших по успеваемости студентов (обозначены буквами кириллического алфавита) по оценкам, которые выставили преподаватели по своим предметам (обозначены буквами латинского алфавита) (табл. 1).

При безусловном сравнении векторов оценок можно получить ответ, что следует отвергнуть студентов под буквами В и Д, поскольку первые не сравнимы с Б и А, а

вторые хуже Б. Однако А также хуже Г, поэтому и его исключаем из рассмотрения. Две альтернативы – студенты под буквами Б и Г – несравнимы. Они – множество компромиссов. То есть при реализации алгоритма следует отбросить явно нерациональные варианты, оставив только наиболее перспективные решения по всем имеющимся критериям.

**Таблица 1.** Соотношение студентов и оценок по различным дисциплинам

	<b>М</b>	<b>Н</b>	<b>О</b>	<b>Р</b>
<b>А</b>	4	4	5	3
<b>Б</b>	5	5	4	3
<b>В</b>	4	5	3	3
<b>Г</b>	5	4	5	4
<b>Д</b>	4	5	4	3

*Примечание – составлено авторами*

Программная реализация подобного может быть представлена с помощью языка программирования Object Pascal и правил объектно-ориентированного программирования. В данном случае программное решение можно реализовать с поддержкой принципов инкапсуляции, наследования и полиморфизма. В этом случае интерфейсная секция может быть представлена следующим кодом:

- интерфейс класса TPersona;

```
TPersona = class
private
  fFamily : string;    // фамилия
  fName   : string;    // имя
  fSecondName : string; // отчество
  fCity   : string;    // город
  ...           // учебное заведение, роль,
                критерии оценивания и другие
                показатели, необходимые для
                сравнения

protected
  constructor Create (rec : TRecord);
  function GetInfo : TRecord; virtual;
  procedure CorrectionInfo (rec : TRecord); virtual;
                abstract;
end;
```

- интерфейс класса TStudent;

```
TStudent = class (TPersona)
private
  fGroupe : integer; // группа
  fKurs   : integer; // курс
```

```
... // факторы для сравнения
protected
  constructor Create(rec : TRecord);
  function GetInfo : TRecord; override;
  procedure CorrectionInfo (rec : TRecord); override;
end;
- интерфейс класса TProfessor;
TProfessor = class (TPersona)
private
  fKafedra : string; // кафедра
  fPost : string; // должность
  ... // факторы для сравнения
protected
  constructor Create(rec : TRecord);
  function GetInfo : TRecord; override;
  procedure CorrectionInfo (rec : TRecord); override;
end.
```

А собственно реализация предложенных классов может быть представлена следующим образом:

```
var List_Persona : TList; // объект - список всех персон
//каждый элемент списка - экземпляр класса TPersona)

// номер текущей записи (объекта) в списке List_Persona
current_Number : integer.
```

Представленный подход к программной реализации метода поддержки принятия решений позволяет проверять корректность значений, которые присваиваются свойствам, устанавливать свойства других полей при соблюдении процедуры безопасности системы поддержки принятия решений, в частности изменять свойства полей пользователей.

Следует отметить, что концепция данного подхода применительно к выбору решения была заложена еще в работе Саати (1993), однако через множества, а не разбиение на объекты и классы с прописыванием решения по векторам. Если же использовать при данном подходе нечеткие множества, как это было сделано в работе Khedhaouria & Cuschi, (2019), то задача будет решена с помощью теории вероятности. При этом ответ будет случайной величиной, что не приемлемо для анализа данных образовательного процесса.

Полученный результат, представленный в табл. 1, подтверждает данные исследования Bao et al. (2021) в отношении восприятия информации, обработанной с помощью информационных технологий. Однако полученные результаты значительно расширяют работу Bao et al. (2021) и дополняют работу York et al. (2019), поскольку позволяют рассмотреть процесс преобразования данных, полученных в результате анализа деятельности учебного учреждения, через алгоритмы соотношений и выбора с использованием определенных критериев. Четкое определение критериев в этом случае позволяет не просто обработать информацию, а рассортировать ее по определенным массивам данных, которые в дальнейшем могут быть использованы для углубления анализа по рассматриваемому вопросу, например, дополняя и углубляя работу Hendriks et al. (2020).

Представленный программный код является возможным частным решением для поставленных в работе задач. Это является ограничением исследования, поскольку, как и алгоритм, представленный на рис. 1, акцентирован на особенностях принятия решений в

учебном заведении. Однако практическое применение полученных результатов не ограничено кругом образовательных организаций. Подобный подход может применяться в системах поддержки принятия решений на предприятиях торговли или сферы питания, когда стоит задача определить эффективность управления по критериям удовлетворенности клиента отдельными характеристиками товара. Но в этом случае в модель необходимо ввести экономическую составляющую для установки критерия оптимальности.

Перспективой данного исследования выступает разработка модели анализа результатов с оценкой неопределенности и рисков, что даст возможность алгоритмизации прогнозирования развития учебного учреждения, совершенствования образовательного процесса, что в итоге позволит студентам более четко формировать индивидуальную образовательную траекторию. В итоге государство будет получать молодых специалистов с более высоким уровнем подготовки, готовых к решению сложных практических задач.

*Заключение.* Системы поддержки принятия решений являются распространёнными в технологии управления предприятиями. Однако в сфере образования цифровизация процессов началась относительно недавно, поэтому и создание систем поддержки принятия решений, учитывающих особенности образовательного процесса и образовательной услуги, как таковой, является актуальной задачей, требующей неординарных решений.

В данной работе была подтверждена поставленная гипотеза и доказано, что при решении задач автоматизации анализа данных образовательного процесса можно применить метод, который основан на управлении объектами и классами, используемый при объектно-ориентированном подходе, где свойства объекта анализируются через вариант решения и его оптимальность.

В частности, схема процесса принятия решения для практического анализа данных управления образовательным учреждением может быть разработана, а затем алгоритмизирована посредством формирования множеств первичных данных для поиска наилучшего результата и альтернатив, где решение принимается на основе выбора по принципу оптимальности, если установлен оптимальный вариант, и перебора данных до получения результата, соответствующего данным на входе. Однако если эффективность какого-либо шага приходится оценивать по ряду показателей, то алгоритм автоматизации представляет собой анализ решений за векторами с выбором из массива различных вариантов.

Итогом работы является демонстрация алгоритма на примере соотношения студентов и оценок по предметам, которые читают разные профессора, а также представление особенностей программной реализации при объектно-ориентированном программировании с помощью языка программирования Object Pascal. Приведены фрагменты кода элементов объектной модели с поддержкой принципов инкапсуляции, наследования и полиморфизма.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

- Bao, Z., Li, W., Yin, P., Chau, M. (2021). Examining the impact of review tag function on product evaluation and information perception of popular products. *Information Systems and E-Business Management*, 19(2), 517–539, <https://doi.org/10.1007/s10257-021-00532-5>.
- Bertheau, P., Denize, T., Calvani, J., Gardair, C., Jacquier, A., Razafimahefa, J., ... & Valmary-Degano, S. (2019, January). Large scale teaching in pathology. In *Annales de Pathologie* (Vol. 39, No. 2. – Pp. 144-150), <https://doi.org/10.1016/j.annpat.2018.12.009>.
- Emadi, A., Lipniacki, T., Levchenko, A., Abdi, A. (2023). Single-Cell Measurements and Modeling and

- Computation of Decision-Making Errors in a Molecular Signaling System with Two Output Molecules. *Biology*, 12(12), <https://doi.org/10.3390/biology12121461>.
- Hendriks, R.A., de Jong, P.G., Admiral, W.F., Reinders, M.E. (2020). Instructional design quality in medical massive open online courses for integration into campus education. *Medical Teacher*, 42(2), 156-163, <https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1665634>.
- Hengstler, S., Kuehnel, S., Masuch, K., Nastjuk, I., Trang, S. (2023). Should i really do that? Using quantile regression to examine the impact of sanctions on information security policy compliance behavior. *Computers & Security*, 133, <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103370>.
- Khedhaouria, A., Cucchi, A. (2019). Technostress creators, personality traits, and job burnout: A fuzzy-set configurational analysis. *Journal of Business Research*, 101, 349–361, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.04.029>.
- Siebert, J.U., Kunz, R.E., Rolf, P. (2021). Effects of decision training on individuals' decision-making proactivity. *European Journal of Operational Research*, 294(1), 264-282, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.010>.
- Skrimizea, E., Haniotou, H., Parra, C. (2019). On the 'complexity turn' in planning: An adaptive rationale to navigate spaces and times of uncertainty. *Planning Theory*, 18, 122-142, <https://doi.org/10.1177/1473095218780515>.
- Wyrick, D.L., Tanner, A.E., Milroy, J.J., Guastaferrro, K., Bhandari, S., Kugler, K.C., Thorpe, S., Ware, S., Miller, A.M., Collins, L.M. (2022). "itMatters": Optimization of an Online Intervention to Prevent Sexually Transmitted Infections in College Students. *Journal of American College Health*, 70(4), 1212-1222, <https://doi.org/10.1080%2F07448481.2020.1790571>.
- Wang, W.Y. (2021). Research on college ideological and political education—based on MOOC online platform // *Journal of Hong He University*, 19(01), 100–102, <https://doi.org/10.13963/j.cnki.hhxb.2021.01.025>.
- York, S., Lavi, R., Dori, Y. J., & Orgill, M. (2019). Applications of systems thinking in STEM education // *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2742-2751, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00261>.
- Yu, H. L. (2020). Exploration and practice of collaborative teaching model of thematic rotation of Ideological and Political courses in universities—from the perspective of structural reform of teaching paradigm. *Jiangsu Higher Education*, 06, 115–119, <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10755-1>.
- Zietz, S., Lansford, J.E., Liu, Q., Long, Q., Oburu, P., Pastorelli, C., Sorbring, E., Skinner, A.T., Steinberg, L., Tapanya, S., Tirado, L.M.U., Yotanyamaneewong, S., Alampay, L.P., Al-Hassan, S.M., Bacchini, D., Bornstein, M.H., Chang, L., Deater-Deckard, K., Di Giunta, L., et al. (2022). A longitudinal examination of the family stress model of economic hardship in seven countries. *Children and Youth Services Review*, 143, <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2022.106661>.
- Гаранин М.А., Сандлер Д.Г. (2020). Система поддержки принятия управленческих решений в университете на примере группы процессов «Наука и инновации». Перспективы науки и образования, №3 (45), 527-543. // *Garanin M.A., Sandler D.G. (2020). Sistema podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij v universitete na primere gruppy processov «Nauka i innovacii». Perspektivy nauki i obrazovaniya, №3(45), 527-543, <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-upravlencheskih-reshenij-v-universitete-na-primere-gruppy-protsessov-nauka-i-innovatsii>.*
- Карканица А.В. (2019). Модели, алгоритмы и технология построения адаптивных систем поддержки принятия решений: автореф. дис. канд. техн. наук. Белорусский государственный университет. *Karkanica A.V. Modeli, algoritmy i tekhnologiya postroeniya adaptivnyh sistem podderzhki prinyatiya reshenij: avtoref. dis. kand. tekhn. Nauk. Belorusskij gosudarstvennyj universitet, <https://elib.grsu.by/doc/61438>.*
- Саати, Т. (1993). Принятие решений. Метод анализа иерархий. Радио и связь // *Saati, T. (1993). Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. Radio i svyaz'. <https://studfile.net/preview/1417042/>*

## Information about authors

**Gulnaz Zunimova** (Corresponding author) – Master of Science, Assistant professor of the Department of Information Systems, Faculty of Computer Systems and Vocational Education, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana city, Kazakhstan. E-mail: [gulnazzunimova06@gmail.com](mailto:gulnazzunimova06@gmail.com), ORCID: 0000-0003-1571-7111, +7 701 700 10 96

**Gulzhan Soltan** – PhD, Associate professor, Director of Academic Department, Astana IT University, Astana, Kazakhstan. E-mail: [gsoltan@mail.ru](mailto:gsoltan@mail.ru), ORCID: 0000-0002-1603-7524, +7 777 226 11 98

**Dzmitry Likhachevski** – PhD, Associate professor, Dean of the Faculty of Computer-Aided Design, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus. E-mail: [likhachevskyd@bsuir.by](mailto:likhachevskyd@bsuir.by), ORCID: 0000-0002-9944-4036, +37 529 145 34 36

**Aisulu Ismailova** – PhD, Associate professor of the Department of Information Systems, Faculty of

Computer Systems and Vocational Trai, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: a.ismailova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8958-1846, +8 701 460 60 49

**Gulnur Issakova** – PhD, Senior Lecturer of the Department of Information Systems, Faculty of Computer Systems and Vocational Trai, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: is\_gul\_oral@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7272-4786, +7 775 451 88 22.