***УДК 001.895:378.4:004:37.014.54***

***С. А. Хахомов, Ю. В. Никитюк, А. Ф. Васильев, Л. Н. Марченко***

*г. Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины*

**МОДЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

**«ШКОЛА – УНИВЕРСИТЕТ – ПРЕДПРИЯТИЕ»: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ, ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ, РеШЕНИЯ**

**Введение.** В последние годы в Республике Беларусь много внимания уделяется созданию гибкой системы взаимодействия средних и средне-специальных общеобразовательных учреждений, университетов и высокотехнологичных предприятий в плане подготовки высококвалифицированных кадров для различных отраслей цифровой экономики. Требование современности – это подготовка кадров в области цифровых технологий, роботизации, аддитивных технологий, производства беспилотников, транспортных и телекоммуникационных систем и др. В этом направлении важное место занимает активное теоретическое развитие и внедрение в практику научно-образовательной модели «школа – университет – предприятие».

Модель «школа-университет-предприятие» представляет собой интегрированную систему образования, направленную на улучшение взаимодействия между образовательными учреждениями и производственными предприятиями. Основная цель этой модели – создать платформу для практической подготовки молодых специалистов, объединяя учебный процесс с реальной производственной деятельностью. Данная модель наиболее ярко реализуется в системе образовательной деятельности с высокомотивированной молодежью, которая представляет собой единую структурированную систему взаимосвязанных уровней среднего, высшего, послевузовского образования, позволяющую сформировать научно-образовательную, управленческую и инженерно-техническую элиту страны.

**Опыт и инновации.** Начало разработки отдельных звеньев модели «школа – университет – предприятие» в Гомельском университете уходит в 70-80 годы прошлого столетия. В этот период факультеты университета создавали тесные связи с промышленными предприятиями и научно-исследовательскими институтами. В качестве примера можно привести взаимодействие математического факультета с конструкторским бюро системного программирования (КБСП), физического факультета с предприятиями Минрадиопрома СССР (Гомельский радиозавод и др.). В конце 1970-х – первой половине 1980-х годов впервые в республике Гомельский государственный университет начал создавать филиалы кафедр при предприятиях и НИИ. В рамках филиалов специалисты-практики проводили семинары, руководили производственными практиками студентов, курсовыми и дипломными работами, консультировали аспирантов.

После появления Государственной программы работы с одаренными детьми во второй половине 90-х годов взаимодействие в звене «школа – университет» получило дальнейшее развитие. Совместно с Управлением образования Гомельского облисполкома, Гомельским институтом усовершенствования учителей усилились научно-исследовательская и проектная деятельность школьников, олимпиадное движение, организованы областные конференции школьников.

Обобщая опыт взаимодействия школ, университета и предприятий, в работах [1, 2] была определена концепция «школа – университет – предприятие» и исследована проблема построения единого информационно-образовательного пространства «школа – университет – предприятие». Начиная с 2015 г. в ГГУ им. Ф. Скорины раз в два года проводится данная конференция, посвященная различным теоретическим и практическим аспектам развития и внедрения модели «школа – университет – предприятие». К настоящему времени проведено 5 конференций, программы и сборники материалов которых можно найти на сайте: <https://conference.gsu.by/ru>. В [3-9] продолжены исследования актуальных вопросов развития и применения модели «школа – университет – предприятие». В работе [1] была представлена схема взаимодействия звеньев цепи «школа – университет – предприятие», которая является основой теоретических исследований и практических приложений данной модели.



Рис. 1 – Схема взаимодействия в образовательной системе

«школа – университет – предприятие» [1]

В настоящее время большое внимание уделяется конкретным реализациям данной модели Гомельского университета совместно с общеобразовательными учреждениями и предприятиями. На каждом факультете университета имеются конкретные примеры построенных эффективных взаимодействий в системе «школа – университет – предприятие».

Отметим, данная образовательная модель используется в различных странах (Россия, Казахстан и др.). Наиболее широкое теоретическое развитие и практическое внедрение за последние 10 лет модель, представленная уже формулой «школа–вуз–предприятие» [10], получила в России. Вышла монография [11], защищались диссертации, например, [12-13]. Ведется впечатляющее внедрение данной модели в практику, причем активную роль играют наряду с образовательными учреждениями ведущие корпорации России (Росатом, Роснефть, СИБУР и др.). Например, «Роснефть» в настоящее время реализует программу «школа–вуз–предприятие» со 189 образовательными организациями-партнерами, среди которых 73 вуза, 58 колледжей и 58 школ. «Роснефть-классы» являются первой ступенью корпоративной системы образования. В общей сложности действуют 110 классов в 12 регионах страны, в которых обучается порядка 2400 ребят <https://www.rosneft.ru/press/news/item/217959/>.

В Российской Федерации модель «школа–вуз–предприятие» продолжает расширяться и масштабироваться в модель «детский сад – школа – колледж – вуз – предприятие», которая составляет основу широко обсуждаемой концепции бесшовного образования. <https://www.kp.ru/daily/27656.5/5040893/>. Бесшовная система образования — это непрерывная подготовка от детского сада до вуза и предприятия, которую планируют создать в России.

**Открытые проблемы.** При всей, кажущейся на первый взгляд, изученности системы, отметим некоторые нерешенные проблемы, связанные с теоретическим развитием и практическим внедрением научно-образовательной системы «школа – университет – предприятие».

В реализации модели «школа– университет –предприятие» необходимо шире развивать междисциплинарные связи, командный метод работы, эффективно интегрировать знания и опыт специалистов учреждений образования и предприятий.

1. Дальнейшее развитие и совершенствование автоморфных систем «школа – университет – предприятие (школа, университет, научная организация)».
2. Включение в научно-образовательную систему «школа – университет – предприятие» иностранных студентов.
3. Интеллектуализация (внедрение технологий искусственного интеллекта) информационно-образовательного пространства «школа – университет – предприятие».

**Измерения эффективности**. К. Маркс считал, что «наука только тогда достигает совершенства, когда ей удается пользоваться математикой». В настоящее время в связи с успешным развитием математики, информатики, теории систем искусственного интеллекта и др., появились новые возможности построения количественных оценок и измерений различных гуманитарных систем, объектов и процессов, в частности, педагогических систем, таких как «школа –университет – предприятие». В последние годы для проведения различных измерений гуманитарных систем и процессов активно применяются методы ***нечеткой теории множеств*** *и* ***нечеткой логики*** [14]**.** Данные методы можно использовать при измерении различных параметров системы «школа – университет – предприятие», особенно в контексте работы с неопределенностью и экспертными оценками, которые присущи этим системам и процессам. Нечеткие множества и логика позволяют гибко моделировать неопределенности, такие как неполные данные, разные уровни качества образования или трудоустройства, а также субъективные оценки. Поэтому весьма актуальна задача построения оценки эффективности – степень готовности выпускников к трудовой деятельности.

Для количественной оценки эффективности работы системы «школа – университет – предприятие» нами предлагается *многокомпонентная нечеткая математическая модель нечеткой оценки* готовности выпускника университета к работе на предприятии, учитывающая различные этапы его предыдущего обучения в данной образовательной системе (рис. 2).

Данная модель включает три основных блока «Школа», «Университет», «Предприятие» и два стыковочных «Доуниверситетская подготовка» и «Допроизводственная подготовка», через которые пролегает образовательный трек будущего молодого специалиста. Стыковочные блоки призваны обеспечить бесшовный переход из одного основного блока в другой.

Для получения итоговой оценки готовности выпускника университета к работе на предприятии применяется алгоритм нечеткого вывода, который основан на понятии лингвистической переменной. Лингвистическая переменнаяопределяется как кортеж: <*β*, *Т, X, G, М>,* где: *β* – наименование или название лингвистической переменной; *Т –* базовое терм-множество лингвистической переменной или множество ее значений (термов*)*; *X –* область определения (универсум) нечетких переменных, которые входят в определение лингвистической переменной *β*; *G* – синтаксическая процедура, описывающая процесс образования новых термов; *M* – семантическая процедура образования новых термов.

Нечеткая модель готовности выпускника университета включает в себя три уровня (рисунок 2):

1) 15 входных показателей, таких как профориентация на данном предприятии, успеваемость в школе, профильная подготовка в школе, фундаментальная подготовка в университете, профессиональная подготовка в университете, мягкие навыки, знание теоретических основ и принципов тестирования программного обеспечения, компетентность самосовершенствования и проч. формируют исходные данные модели на первом уровне. Они вычисляются на основании различного рода тестов, анкетирования, оценок успеваемости, показателей практики, оценок экспертов и т.п.

2) на втором уровне строится нечеткий вывод оценок двух выходных переменных – качество подготовки в звене «школа — университет» и «университет – предприятие» на основании значений входных параметров первого уровня;

3) на третьем уровне с помощью нечеткого вывода и используя оценки, полученные на втором уровне, получаем интегральную оценку готовности.

Для модели верхнего уровня определяются терм-множества анализируемых входных и выходных лингвистических переменных:

1) {*β*1 = Профориентация, *Т* = {низкая, средняя, высокая}, *X* = [0;1]}.

2) {*β*2 = Успеваемость в школе, *Т* = {низкая, средняя, высокая}, *X* = [0;1]}.

3) {*β*3 = Профильная подготовка, *Т* = {низкая, средняя, высокая}, *X* = [0;1]}.

……………………………………………………………………………………………..

13) {*β*13 = Участие в стажировках, *Т* = {низкое, среднее, высокое}, *X* = [0;1]}.

14){*β*14 = Участие в совместных проектах, *Т* = {низкое, среднее, высокое}, *X* = [0;1]}.

15){*β*14 = Результаты интервью (собеседований), *Т* = {низкое, среднее, высокое}, *X* = [0;1]}

Для построения функции принадлежности нечетких множеств, соответствующих термам лингвистических переменных, используются треугольные, трапециевидные, *S*-образные и *Z*-образные функции принадлежности.

Следующим этапом является задание правил системы нечеткого вывода. Например, if ((Профориентация is низкая) and (Успеваемость в школе is средняя) and (Профильная подготовка в школе is высокая) then (Качество подготовки в звене «школа университет» is средняя).

На финальном этапе построения модели происходит задание значений входных параметров и расчет искомого результата с применением алгоритма Мамдани. В качестве инструмента анализа используется среда MATLAB, специальный пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox [15].

Для конкретного предприятия (отрасли) важно, чтобы как школьное, так и университетское образование обеспечивали развитие компетенций, востребованных в данной отрасли или компании. Эффективность работы образовательной системы также можно измерить через: степень подготовки к профессиональной деятельности (профориентация, технические и «мягкие» навыки); сотрудничество с предприятиями через стажировки и проекты, адаптированность учебных программ под нужды компании; уровень трудоустройства выпускников в целевой компании. Использование нечеткой теории множеств и нечеткой логики позволяет учитывать все эти и другие информативные аспекты и работать с неопределенностями, связанными с оценкой качества образования. Нами рассматривался вопрос: как можно с помощью нечетких индикаторов измерить системный эффект слаженности работы всех звеньев системы «школа-университет-предприятие» и на основе измерений выявить скрытые системные дефициты взаимодействия.

Для измерения системного эффекта слаженности работы всех звеньев системы «школа – университет – предприятие» с использованием нечетких индикаторов можно применить подходы, которые позволяют учитывать неопределенности, размытость оценок и выявлять скрытые дефициты во взаимодействии. С помощью *нечеткой алгебры, нечетких множеств и нечеткой логики* можно создать систему оценки, которая будет комплексно учитывать взаимодействие этих трех звеньев и позволит выявлять слабые места или дефициты в системе. Нами были выделены индикаторы, характеризующие свойства слаженности работы всех звеньев системы «школа – университет – предприятие», и на их основе предложена математическая модель получения оценки слаженности работы всех звеньев рассматриваемой системы (см. рис. 3). Проводится фазификация выделенных показателей, генерация правил нечеткого вывода. Планируется прогонка данной модели в рамках совместной деятельности СНИЛ «Алгебра и геометрия сложных систем» и СНИЛ «Математическое и компьютерное моделирование экономических и стохастических систем».

**Заключение**

Научно-образовательная модель «школа – университет – предприятие» («школа-вуз-предприятие») к настоящему времени получила существенное теоретическое развитие и многочисленные опыты ее внедрения. Использование **нечеткой логики и алгебры нечетких множеств** позволяет более гибко работать с такими неопределенными и субъективными факторами, как качество образования, уровень взаимодействия и удовлетворенность работодателей. Это помогает создавать более точные модели для оценки эффективности системы «школа – университет – предприятие», которые лучше соответствуют реальной практике.

Готовность выпускника университета

к работе на предприятии

Качество подготовки

«ШКОЛА - УНИВЕРСИТЕТ»

Качество подготовки

«УНИВЕРСИТЕТ - ПРЕДПРИЯТИЕ»

Качество подготовки

в школе

SQ

Качество подготовки

в университете

UQ

Качество молодого специалиста

ЕQ

Профориентированность

Успеваемость

Профильная подготовка

Олимпиадная

Научно-исследовательская

Проектная

Фундаментальная подготовка

Профессиональная подготовка

Мягкие навыки

Мастер - классы

Треннинги и курсы

Совместные семинары

Стажировки

Совместные проекты

Интервью

Рис. 2 – Схема оценки готовности выпускника к работе на предприятии

Оценка слаженности работы всех звеньев системы

«ШКОЛА –УНИВЕРСИТЕТ -ПРЕДПРИЯТИЕ»

Качество перехода  
Школа-Университет

ШКОЛА

SQ1

УНИВЕРСИТЕТ

UQ1

Университет → Предприятие

ПРЕДПРИЯТИЕ

ЕQ3

Качество профориетационной программы

Базовые знания и навыки для университета  
 и предприятия

Мягкие навыки (работа в команде,   
критическое мышление)

Специальные курсы, полезные для предприятия

Практическая подготовка

Адаптация программ   
(гибкие программы)

Степень сотрудничества с университетом

Оценка качества выпускников

Уровень предустройства

Инновационная готовность предприятия внедрять новые технологии

Рис. 3 – Схема получения нечеткой оценки слаженной работы всех звеньев системы

«ШКОЛА –УНИВЕРСИТЕТ –ПРЕДПРИЯТИЕ»

**Литература**

1. Семченко, И.В. Инновационная роль классического университета в непрерывной образовательной системе «школа – университет – предприятие» / И.В. Семченко, С.А. Хахомов, А.В. Крук, А.Ф. Васильев // Вышэйшая школа. – 2011. – №4. – С. 36-40.

2. Хахомов, С.А. Информационно-образовательное пространство «школа – университет – предприятие» (на примере УО «ГГУ им. Ф. Скорины») / С.А. Хахомов, А.Ф. Васильев, Д.А. Ходанович // Вышэйшая школа. – 2012. – №2(88). – С. 8-14.

3. Хахомов, С. А. Особенности формирования информационно- образовательной среды в учреждениях образования / С. А. Хахомов, Ю. В. Никитюк, В. В. Грищенко, Е. А. Дей // Вышэйшая школа. – 2012. – № 6. – С. 14–18.

4. Крук, А. В. О практике использования информационных технологий в региональной образовательной системе «школа – университет – предприятие» / А. В. Крук, А. Ф. Васильев, Д. А. Ходанович // Непрерывная система образования «школа – университет». Инновации и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции (23–24 февраля 2017 г.). – Минск: БНТУ, 2017. – С. 133–136.

5. Васильев, А. Ф. Роль доуниверситетской подготовки в образовательной системе «школа – университет – предприятие» / Васильев А. Ф., Крук А. В., Чайкова С. В. // Современное образование: преемственность и непрерывность образовательной системы «школа – университет»: материалы XI международной научно-методической конференции (Гомель, 23–24 ноября 2017 г.) / редкол.: И. В. Семченко (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: ГГУ им. Ф Скорины, 2017. – С. 115–121.

6. Крук, А. В. О роли конкурса «Кубок ГГУ по тестированию» в системе «школа – университет – предприятие» / А. В. Крук, Д. А. Ходанович // Непрерывная система образования «школа – университет». Инновации и перспективы: сборник статей II Международной научно-практической конференции (22–23 февраля 2018 г.). – Минск: БНТУ, 2018. – С. 157– 159.

7. Васильев, А. Ф. О реализации практико-ориентированного подхода подготовки специалистов в системе «школа – университет – предприятие» / А. Ф. Васильев, C. П. Жогаль, Е. А. Круковская // Современное образование: преемственность и непрерывность образовательной системы «школа – университет – предприятие» [Электронный ресурс] : ХІІ международная научно-методическая конференция (Гомель, 14–15 февраля 2019 г.) : [материалы] / М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины и др.; редкол.: И.В. Семченко (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. – С. 162-168.

8. Кравченко, Ю. В. Дополнительное образование взрослых: особенности и некоторые проблемы / Ю. В. Кравченко // Эпоха науки. – 2019 – № 20 – 537 – 540.

9. Кравченко, Ю. В. ДОВ: Его место в некоторых образовательных системах и моделях / Ю. В. Кравченко // Эпоха науки. – 2019 – № 27 – С. 101 – 104.

10. Строкова, В. В. Опыт реализации концепции непрерывной подготовки специалистов «Школа – Вуз – Предприятие» в области наносистем в строительном материаловедении / В. В. Строкова [и др.] // Строительные материалы. – 2014. – № 6. – С. 25–30.

11. Междисциплинарная научно-образовательная система непрерывной подготовки кадров «Школа – Вуз – Предприятие»: монография / В.В. Строкова, В.С. Лесовик, Н.С. Данакин и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 158 с.

12. Чаплыгина А. В. Формирование профессионального самоопределения обучающихся в условиях образовательного кластера «школа – вуз – предприятие»:

дисс. ... канд. пед. наук: 17.01.20 / А. В. Чаплыгина. – Курск, 2020. – 223 с.

13. Зенкина, А. В. Сопровождение профессиональной социализации обучающихся в условиях образовательного пространства «школа – вуз – предприятие»: дисс. ... канд. пед. наук: 27.12.22 / А. В. Зенкина. – Великий Новгород, 2022. – 205 с.

14. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ;пер. с англ. — 5-е изд., электрон. —М.: Лаборатория знаний, 2024 — 801 с. — (Адаптивные и интеллектуальные системы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

15. Леоненков, А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FUZZYTECH, / А. Леоненков. – СП: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.