(3). Hattie J. Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. London, Routledge, 2009.

(4). Black P., Wiliam D. Assessment and Classroom Learning. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice. 1998, vol. 5, № 1, p. 7–74.

(5). Siemens G., Long P. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. EDUCAUSE Review. 2011, vol. 46, № 5, p. 30–40.

(6). Luckin R., Holmes W., Griffiths M., Forcier L.B. Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. London, Pearson, 2016.

(7). Shute V.J. Focus on Formative Feedback. Review of Educational Research. 2008, vol. 78, №1, p.153–189.

Kalimbetov Kamal Ilalovich (Ajiniyoz nomidagi NDPI "Matematika" kafedrasi dotsenti;
e-mail: kamalkalimbetov@gmail.com)

TA'LIM JARAYONLARINI QAT'IYMAS MANTIQ ASOSIDA MODELLASHTIRISH: NAZARIY ASOSLAR

Annotatsiya. *Mazkur maqolada ta'lim jarayonlarini qat'iymas mantiq asosida modellashtirishning nazariy asoslari yoritilgan. Ta'lim jarayonida bilim, ko'nikma, faollik va o'zlashtirish darajasini aniq chegaralar bilan ifodalashdagi noaniqliklarni hisobga olish imkoniyatlari tahlil qilingan. Qat'iymas to'plamlar, lingvistik o'zgaruvchilar, tegishlilik funksiyalari va fuzzy inferensiya mexanizmlarining ta'lim jarayonlarini modellashtirishdagi o'rni asoslangan. Shuningdek, o'quvchilarning individual xususiyatlarini hisobga oluvchi adaptiv baholash va pedagogik qarorlarni qo'llab-quvvatlash imkoniyatlari ko'rsatib berilgan.*

Kalit so'zlar: *qat'iymas mantiq, ta'lim jarayoni, modellashtirish, qat'iymas to'plam, tegishlilik funksiyasi, lingvistik o'zgaruvchi, fuzzy inferensiya, adaptiv ta'lim, elektron baholash.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Аннотация. *В статье рассматриваются теоретические основы моделирования образовательных процессов на основе нечеткой логики. Анализируются возможности учета неопределенности при оценивании знаний, умений, активности и уровня усвоения обучающихся, которые трудно представить в виде четко определенных границ. Обоснована роль нечетких множеств, лингвистических переменных, функций принадлежности и механизма нечеткого вывода в моделировании образовательных процессов. Также раскрываются возможности адаптивного оценивания и поддержки педагогических решений с учетом индивидуальных особенностей обучающихся.*

Ключевые слова: *нечеткая логика, образовательный процесс, моделирование, нечеткое множество, функция принадлежности, лингвистическая переменная, нечеткий вывод, адаптивное обучение, электронное оценивание.*

MODELING EDUCATIONAL PROCESSES BASED ON FUZZY LOGIC: THEORETICAL FOUNDATIONS

Annotation. *This article examines the theoretical foundations of modeling educational processes based on fuzzy logic. The possibilities of accounting for uncertainty in assessing learners' knowledge, skills, activity, and level of achievement, which are difficult to represent through clearly defined boundaries, are analyzed. The role of fuzzy sets, linguistic variables, membership functions, and fuzzy inference mechanisms in modeling educational processes is substantiated. The study also highlights the potential of adaptive assessment and pedagogical decision support based on learners' individual characteristics.*

Keywords: *fuzzy logic, educational process, modeling, fuzzy set, membership function, linguistic variable, fuzzy inference, adaptive learning, electronic assessment.*

Kirish. Zamonaviy ta'lim jarayonida o'quvchilarning bilim, ko'nikma va kompetensiyalarini baholashda noaniq va o'zgaruvchan ko'rsatkichlarni hisobga olish muhimdir. O'quvchining bilim darajasi, amaliy ko'nikmasi va faolligi kabi ko'rsatkichlarni faqat qat'iy chegaralar orqali ifodalash ta'lim jarayonining real holatini to'liq aks ettirmaydi.

Mazkur muammoni hal etishda L.A.Zadeh tomonidan taklif etilgan qat'iymas to'plamlar nazariyasiga [1] asoslangan qat'iymas mantiq samarali matematik vosita sifatida namoyon bo'ladi. U «past», «o'rta», «yuqori» kabi lingvistik qiymatlar orqali ta'lim jarayonidagi oraliq holatlarni modellashtirish imkonini beradi.

Qat'iymas mantiq asosida ta'limiy ma'lumotlarni fuzzifikatsiya qilish, qat'iymas qoidalar yordamida qayta ishlash va yakuniy natijani aniqlash orqali o'quv jarayonini kompleks modellashtirish mumkin. Shu

sababli mazkur maqolada ta'lim jarayonlarini qat'iymas mantiq asosida modellashtirishning nazariy asoslari va asosiy matematik mexanizmlari yoritiladi.

Adabiyotlar tahlili. Ta'lim jarayonlarini qat'iymas mantiq asosida modellashtirishning nazariy asosi L.A.Zadehning qat'iymas to'plamlar nazariyasiga borib taqaladi. Unda obyektning to'plamga tegishlilik darajasini 0 dan 1 gacha ifodalash imkoniyati asoslangan [1].

Mamdani va Assilian qat'iymas inferensiya orqali lingvistik qoidalarni qaror qabul qilish mexanizmiga tatbiq etish imkoniyatini ko'rsatgan [3]. Ushbu yondashuv ta'limdagi bilim, ko'nikma va faollik kabi ko'rsatkichlarni «past», «o'rta», «yuqori» darajalarda modellashtirish uchun qo'llanishi mumkin.

Romero va Ventura ta'lim ma'lumotlarini tahlil qilishda zamonaviy hisoblash va analitik usullarning ahamiyatini ta'kidlaydi [6]. Tahlil natijalari qat'iymas mantiq ta'lim jarayonidagi noaniq va ko'p mezonli ko'rsatkichlarni kompleks modellashtirish uchun nazariy asos bo'la olishini ko'rsatadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda ta'lim jarayonlarini qat'iymas mantiq asosida modellashtirishga tizimli va matematik modellashtirish yondashuvlari asos qilib olindi. Modelning asosiy kirish ko'rsatkichlari sifatida o'quvchining nazariy bilimi, amaliy ko'nikmasi, faolligi va o'zlashtirish darajasi belgilandi. Ushbu ko'rsatkichlar tegishlilik funksiyalari yordamida qat'iymas qiymatlarga o'tkazilib, lingvistik o'zgaruvchilar orqali ifodalandi. Qat'iymas qoidalar bazasi asosida Mamdani inferensiya mexanizmi qo'llanib, kirish ma'lumotlari kompleks pedagogik natijaga aylantirildi. Tadqiqotda tahlil, sintez, taqqoslash, formalizatsiya va matematik modellashtirish usullaridan foydalanildi.

Asosiy qism. Ta'lim jarayonidagi noaniqlikni faqat o'lchash xatosi yoki statistik tarqoqlik bilan tenglashtirish mumkin emas. Pedagogik noaniqlik, avvalo, o'quvchining real o'quv holatini yagona qat'iy chegara orqali tavsiflashning murakkabligi bilan bog'liq. Bir xil yakuniy ballga ega bo'lgan ikki o'quvchining bilim tarkibi, algoritmik fikrlashi, amaliy ko'nikmasi yoki mustaqil ishlash darajasi turlicha bo'lishi mumkin.

Masalan, informatika fanidan 70 ball olgan o'quvchi nazariy bilim bo'yicha yuqori, amaliy topshiriqlarni bajarishda esa o'rta darajada bo'lishi mumkin. Boshqa o'quvchi esa xuddi shu 70 ballni yuqori amaliy ko'nikma, biroq nisbatan past nazariy bilim hisobiga olgan bo'lishi mumkin. Demak, yagona integral ball o'quvchining bilim holatini to'liq tavsiflamaydi.

Shu sababli ta'lim jarayonini modellashtirishda quyidagi uchta xususiyatni hisobga olish zarur:

- diagnostik ko'rsatkichlarning ko'p mezonli bo'lishi;
- o'quvchi holatining dinamik ravishda o'zgarishi;
- o'zlashtirish darajalari o'rtasidagi chegaralarning qat'iy emasligi.

Qat'iymas to'plamlar nazariyasining asosiy afzalligi ham aynan shu yerda namoyon bo'ladi. Zadeh ta'rifiga ko'ra, qat'iymas to'plamda har bir elementning tegishlilik darajasi [0, 1] oralig'ida aniqlanadi.

Pedagogik nuqtayi nazardan, agar x –o'quvchining ma'lum diagnostik ko'rsatkichi bo'lsa, uning "yuqori bilim darajasi" qat'iymas to'plamiga tegishlilik darajasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\mu_y(x) \in [0,1].$$

Bu yerda:

- x – o'quvchining diagnostik ko'rsatkichi;
- Y "yuqori bilim darajasi" lingvistik toifasi;
- $\mu_y(x)$ – o'quvchining ushbu toifaga tegishlilik darajasi.

Masalan, $\mu_y(x) = 0.8$ qiymat o'quvchining "yuqori bilim darajasi"ga kuchli tegishliligini bildiradi. Bu 80 foiz bilim degani emas; u o'quvchining mazkur lingvistik toifaga qanchalik mos kelishini ifodalaydi. Bu farq dissertatsiyada, albatta, aniq ko'rsatilishi kerak.

Shu asosda bizning tadqiqotimizda noaniqlik "bilmaslik" emas, balki pedagogik holatni qat'iy chegaralar bilan ifodalashning yetarli emasligi sifatida talqin qilinadi.

Tadqiqotimiz uchun quyidagi asosiy o'zgaruvchilarni ajratish mumkin:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$$

bu yerda:

- x_1 – kognitiv bilim darajasi;
- x_2 – algoritmik-mantiqiy ko'nikma;

- x_3 – amaliy-operatsion ko‘nikma;
- x_4 – muammoli-faoliyat ko‘rsatkichi;
- x_5 – raqamli kompetensiya;
- x_6 – refleksiv faoliyat darajasi.

Har bir o‘zgaruvchi uchun tegishlilik funksiyalari yordamida “*past*”, “*o‘rta*” va “*yuqori*” kabi lingvistik qiymatlar shakllantiriladi:

$$A_i = \{past, o'rta, yuqari\}$$

Natijada o‘quvchining bilim holati oddiygina bitta kategoriya bilan emas, balki qat’iymas profil sifatida ifodalanadi.

Pedagogik-diagnostik ko‘rsatkichlarni lingvistik o‘zgaruvchilar sifatida ifodalash. Qat’iymas modellashtirishda muhim masalalardan biri real pedagogik ko‘rsatkichlarni lingvistik o‘zgaruvchilarga aylantirishdir. Zadehning lingvistik o‘zgaruvchi konsepsiyasi sonli qiymatlarni inson tomonidan tushunarli bo‘lgan lingvistik kategoriyalar bilan ifodalash imkonini beradi.

Informatika fanini o‘zlashtirish jarayonida, masalan, “bilim darajasi”, “algoritmik ko‘nikma”, “amaliy faollik” yoki “xatolar soni” kabi ko‘rsatkichlar lingvistik o‘zgaruvchi sifatida olinishi mumkin.

Qat’iymas mantiqiy qoidalar asosida pedagogik inferensiya mexanizmi. Qat’iymas modelning eng muhim tarkibiy qismi diagnostik ko‘rsatkichlar asosida pedagogik xulosa chiqarishga imkon beruvchi mantiqiy qoidalar bazasidir. Mamdaning yondashuvida ekspert bilimlarini lingvistik “agar–unda” qoidalari orqali formal tizimga kiritish mumkinligi ko‘rsatilgan. Shu tamoyilni informatika ta’limiga moslashtirib, masalan, quyidagi pedagogik qoidani shakllantirish mumkin: Agar o‘quvchining kognitiv bilimi o‘rta va algoritmik-mantiqiy ko‘nikmasi past bo‘lsa, unda unga algoritmlashtirishga yo‘naltirilgan qo‘shimcha amaliy topshiriqlar tavsiya etiladi yoki, agar bilim darajasi yuqori va algoritmik-mantiqiy ko‘nikma yuqori va amaliy faoliyat yuqori bo‘lsa, unda murakkablashtirilgan individual topshiriqlar beriladi.

Shunday qilib, tizimning vazifasi faqat “o‘quvchi nechchi ball oldi?” degan savolga javob berishdan iborat bo‘lmaydi. U:

diagnostik ma’lumot → bilim holati → pedagogik xulosa → mos o‘quv ta’siri

zanjirini amalga oshiradi. Aynan mana shu nuqta bizning tadqiqotimiz uchun juda muhim: qat’iymas mantiq baholash vositasi bo‘libgina qolmay, pedagogik qaror qabul qilish mexanizmiga aylanadi.

Fuzzifikatsiya, inferensiya va defuzzifikatsiya orqali integral bilim holatini aniqlash. Qat’iymas modelning matematik ishlash mexanizmi uchta asosiy bosqichni qamrab oladi:

$$Fuzzifikatsiya \rightarrow Fuzzy \quad \inf erensiya \rightarrow Defuzzifikatsiya$$

Fuzzifikatsiya bosqichida dastlabki sonli diagnostik ma’lumotlar qat’iymas qiymatlarga aylantiriladi. Masalan, o‘quvchining test natijasi, amaliy topshiriqni bajarish darajasi yoki algoritmik topshiriqdagi natijasi tegishlilik funksiyalari yordamida “*past*”, “*o‘rta*” va “*yuqori*” lingvistik qiymatlarga o‘tkaziladi.

Inferensiya bosqichida fuzzifikatsiyalangan qiymatlar belgilangan qat’iymas mantiqiy qoidalar asosida qayta ishlanadi. Natijada o‘quvchining umumiy bilim holati yoki keyingi pedagogik harakatni belgilovchi qat’iymas xulosa shakllanadi.

Defuzzifikatsiya bosqichida esa qat’iymas xulosa zarur hollarda amaliy foydalanish uchun yagona sonli yoki tartiblangan natijaga aylantiriladi.

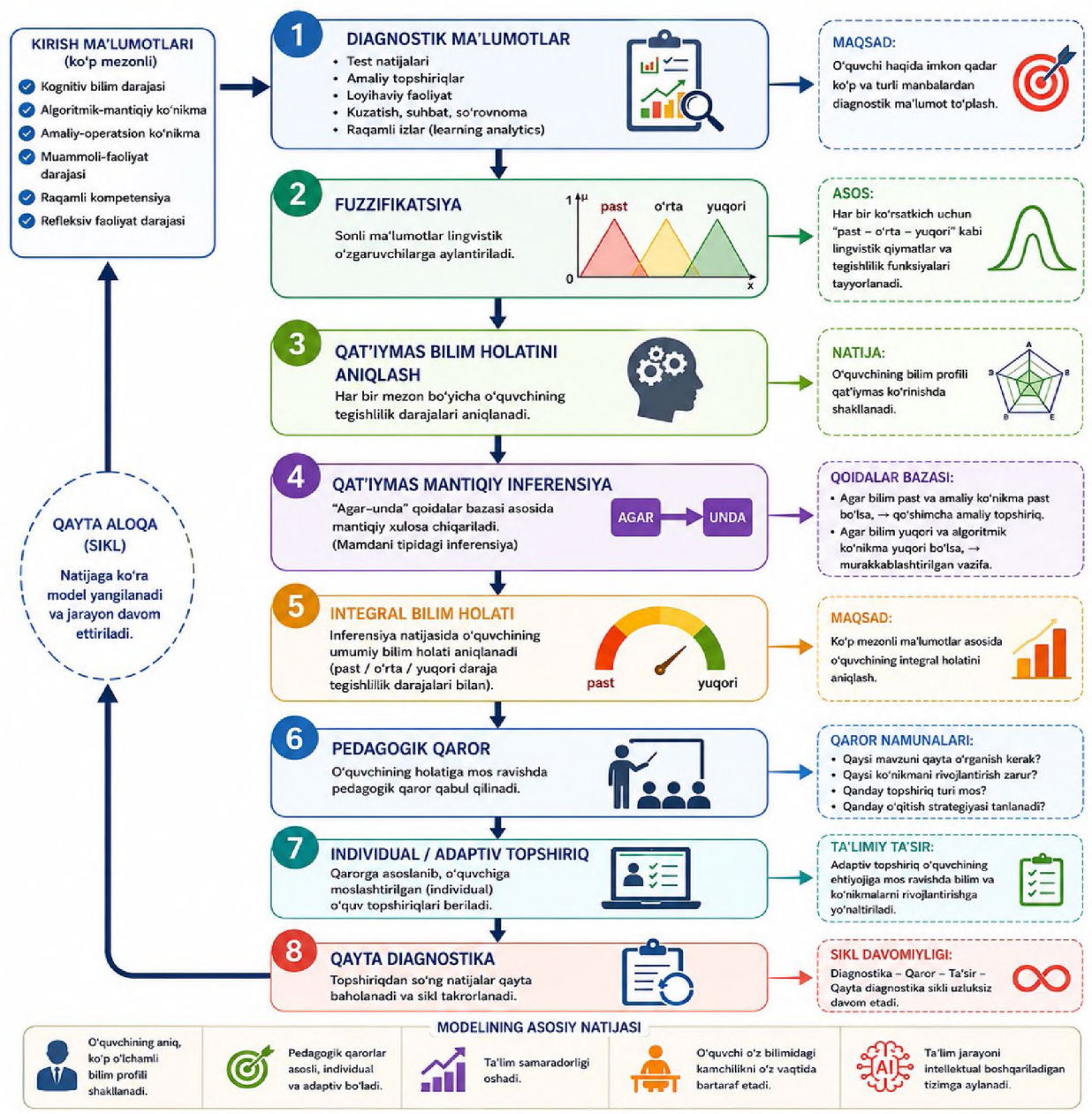
Shu tariqa, model quyidagi umumiy ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$X \xrightarrow{funzzifikatsiya} \widetilde{X} \xrightarrow{\inf erensiya} \widetilde{Y} \xrightarrow{defuzzifikatsiya} Y$$

Bu yerda:

- X – boshlang‘ich diagnostik ma’lumotlar;
- $\widetilde{X}$ – qat’iymas shakldagi kirish ma’lumotlari;
- $\widetilde{Y}$ – qat’iymas pedagogik xulosa;
- Y – yakuniy integral natija.

Qat’iymas mantiq asosida ta’lim jarayonlarini intellektuallashtirishning nazariy modeli. Yuqoridagi nazariy qarashlarni umumlashtirib, ta’lim jarayonlarini qat’iymas mantiq asosida modellashtirishning quyidagi konseptual ketma-ketligini taklif etish mumkin:



1-rasm. Qat'iymas mantiq asosida ta'lim jarayonlarini intellektuallashtirishning nazariy modeli.

Mazkur modelda o'quvchi faoliyati bir martalik baholash obyekti sifatida emas, balki diagnostika–qaror–ta'limiy ta'sir–qayta diagnostika siklida rivojlanadigan dinamik pedagogik tizim sifatida qaraladi. Shu jihatdan, qat'iymas mantiq asosidagi modellashtirishning asosiy nazariy ustunligi uchta yo'nalishda namoyon bo'ladi:

1. Noaniqlikni formal ifodalash – o'quvchi holatining chegaraviy va oraliq darajalarini saqlab qolish;
2. Ko'p mezonli diagnostikani integratsiyalash – bilim, algoritmik fikrlash, amaliy faoliyat, muammoli faoliyat, raqamli kompetensiya va refleksiyani yagona modelga birlashtirish;
3. Diagnostikadan pedagogik qarorga o'tish – baholash natijasini shunchaki qayd etish emas, balki unga mos keyingi ta'limiy ta'sirni aniqlash.

Natijada qat'iymas mantiq informatika fanini o'qitish jarayonining noaniq va ko'p omilli holatlarini matematik jihatdan modellashtirish, o'quvchining individual bilim profilini aniqlash hamda ushbu profilga mos pedagogik qarorlarni shakllantirish uchun nazariy-metodologik asos yaratadi.

Albatta, professor. Maqolaning nazariy yo'nalishini hisobga olib, "Natija" qismini qisqa va aniq shaklda beramiz:

Natija. Tadqiqot natijasida ta'lim jarayonlarini qat'iymas mantiq asosida modellashtirishning nazariy modeli ishlab chiqildi. Modelda o'quvchining bilim, amaliy ko'nikma va faollik ko'rsatkichlarini lin-

gvistik o‘zgaruvchilar orqali ifodalash, tegishlilik funksiyalari yordamida fuzzifikatsiya qilish hamda qat’-iymas qoidalar asosida kompleks qayta ishlash imkoniyati aniqlandi.

Mamdani inferensiya mexanizmi asosida shakllantirilgan model noaniq va ko‘p mezonli ta’limiy ma’lumotlarni yagona tizimda birlashtirish imkonini beradi. Defuzzifikatsiya natijasida olingan yakuniy qiymat o‘quvchining ta’limiy holatini aniqlash va individual pedagogik qarorlarni shakllantirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Natijalar qat’iymas mantiq yondashuvi ta’lim jarayonidagi noaniqliklarni hisobga oluvchi, moslashuvchan va intellektual modellashtirish vositasi sifatida qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatdi.

Xulosa. Ta’lim jarayonlarini qat’iymas mantiq asosida modellashtirish noaniq va ko‘p mezonli pedagogik ko‘rsatkichlarni kompleks ifodalash imkonini beradi. Tadqiqotda qat’iymas to‘plamlar, tegishlilik funksiyalari va Mamdaning inferensiyasi asosida ta’limiy holatni modellashtirishning nazariy asoslari belgilandi. Mazkur yondashuv ta’lim jarayonini individuallashtirish, baholashning moslashuvchanligini oshirish va asoslangan pedagogik qarorlar qabul qilish uchun nazariy imkoniyat yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

(1). Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. 1965, vol. 8, № 3, p. 338–353.

(2). Zadeh L.A. Fuzzy Logic // Computer. 1988, vol. 21, № 4, p. 83–93.

(3). Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller International Journal of Man-Machine Studies. 1975, vol. 7, № 1, p. 1–13.

(4). Ross T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. 3rd ed. Chichester: Wiley, 2010.

(5). Klir G.J., Yuan B. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1995.

(6). Romero C., Ventura S. Educational Data Mining and Learning Analytics: An Updated Survey // *Wiley* Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. 2020, vol. 10, № 3, p. 1355.

(7). Siemens G., Long P. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education // EDUCAUSE Review. – 2011, vol. 46, № 5, p. 30–40.

Salimova Zarnigor Sa’dullayevna (Buxoro davlat Texnika universiteti “Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi’ kafedrasi satjyor o‘qituvchisi; E-mail: zarinasalimova66@gmail.com)

EKOLOGIK XAVFSIZ ISHLAB CHIQARISH JARAYONLARINI LOYIHALASHGA YO‘NALTIRILGAN KASBIY-AMALIY TOPSHIRIQLAR TIZIMI VA PEDAGOGIK SHART-SHAROITLAR

Annotatsiya. *Maqolada bo‘lajak neft-gaz muhandislarini ekologik xavfsiz ishlab chiqarish jarayonlarini loyihalashga tayyorlash masalasi yoritildi. Ilmiy-metodik adabiyotlar va xalqaro ekologik talablar tahlili asosida muammoli keys, hisoblash, simulatsiya va loyiha himoyasini birlashtirgan besh bosqichli kasbiy-amaliy topshiriqlar tizimi ishlab chiqildi. Didaktik, tashkiliy, texnologik, baholash va xavfsizlik-etik, pedagogik shartlar asoslandi; topshiriqlar matritsasi, loyiha algoritmi va baholash rubrikasi taqdim etildi. Model samaradorligi eksperimentda tekshirilmagan va keyingi sinov uchun metodik asos sifatida tavsiya etiladi.*

Kalit so‘zlar: *ekologik xavfsizlik, neft va gazni qayta ishlash, kasbiy-amaliy topshiriq, muammoli ta’-lim, loyiha faoliyati, ekologik loyihalash, simulatsiya, kompetensiya, pedagogik shart-sharoit.*

Салимова Зарнигор Саъдуллаевна (Бухарский государственный технический университет преподаватель-стажёр кафедры технологии переработки нефти и газа; E-mail: zarinasalimova66@gmail.com)

СИСТЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА)

Аннотация. *В статье рассматривается проблема подготовки будущих инженеров нефтегазовой отрасли к проектированию экологически безопасных производственных процессов. На основе анализа научно-методической литературы и международных экологических требований разработана пятиэтапная система профессионально-практических заданий, объединяющая проблемные кейсы, инженерные расчёты, моделирование и защиту проектов. Обоснованы дидактические, организационные, технологические, оценочные и этико-безопасностные педагогические условия; представлены матрица заданий, алгоритм проектирования и критериальная рубрика оценивания. Эффективность предложенной модели экспериментально не проверялась, поэтому она рекомендуется в качестве методической основы для последующей педагогической апробации.*