

UDK: 378.147.88:519.2:556.5

**BO‘LAJAK MUHANDISLARNING GIDROLOGIK-STATISTIK
KOMPETENSIYALARINI BOSQICHMA-BOSQICH RIVOJLANTIRISH VA
BAHOLASH: BLOOM TAKSONOMIYASI DOIRASIDA RUBRIKA
ASOSIDAGI FORMATIV BAHOLASH METODOLOGIYASI**

Egamov M.X.

Qarshi davlat texnika universiteti, dotsent

ORCID: 0000-0002-6192-5387| e-mail: egamov@qdtu.uz

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada bo‘lajak muhandislarning gidrologik-statistik kompetensiyalarini bosqichma-bosqich rivojlantirish va ob‘yektiv baholashga mo‘ljallangan, Bloom taksonomiyasining olti darajasini qamrab oluvchi rubrika asosidagi formativ baholash metodologiyasi taqdim etilgan. To‘qqiz mezondan iborat rubrika operativ, kognitiv va ijodiy kompetensiya klasterlari bo‘yicha tuzilgan bo‘lib, psixometrik ko‘rsatkichlar (Cronbach $\alpha = 0,87$; ICC = 0,83; CVR = 0,78) orqali tasdiqlangan. 94 nafar talaba ishtirokidagi eksperimental sinov kompetensiyalarning kumulyativ shakllanish qonuniyatini isbotladi: operativ (2–3-hafta), kognitiv (6–8-hafta), ijodiy (14–15-hafta). Metodologiya ABET akkreditatsiya standartlari talablariga mos keladi va muhandislik ta‘limida keng qo‘llanishi mumkin.

***Kalit so‘zlar:** Bloom taksonomiyasi, rubrika, formativ baholash, gidrologik-statistik kompetensiya, operativ mezon, kognitiv mezon, ijodiy mezon, muhandislik ta‘limi, ABET standartlari, psixometrik tahlil.*

**ПОЭТАПНОЕ РАЗВИТИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ ГИДРОЛОГО-
СТАТИСТИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ:
МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМАТИВНОГО ОЦЕНИВАНИЯ НА ОСНОВЕ
РУБРИКИ В РАМКАХ ТАКСОНОМИИ БЛУМА**

Эгамов М.Х.

Каршинский государственный технический университет, доцент

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлена методология формативного оценивания на основе рубрики, охватывающая все шесть уровней таксономии Блума и направленная на поэтапное формирование и объективную оценку гидролого-статистических компетенций будущих инженеров. Разработанная рубрика

включает девять критериев, сгруппированных по оперативному, когнитивному и творческому кластерам, и подтверждена психометрическими показателями (Cronbach $\alpha = 0,87$; ICC = 0,83; CVR = 0,78). Экспериментальная апробация на выборке из 94 студентов подтвердила закономерность кумулятивного формирования компетенций: оперативных (2–3-я неделя), когнитивных (6–8-я неделя), творческих (14–15-я неделя). Методология соответствует требованиям стандартов аккредитации ABET и может применяться в различных инженерных специальностях.

Ключевые слова: таксономия Блума, рубрика, формативное оценивание, гидролого-статистическая компетенция, оперативный критерий, когнитивный критерий, творческий критерий, инженерное образование, стандарты ABET, психометрический анализ.

STEPWISE DEVELOPMENT AND ASSESSMENT OF HYDROLOGICAL-STATISTICAL COMPETENCIES IN FUTURE ENGINEERS: A RUBRIC-BASED FORMATIVE ASSESSMENT METHODOLOGY WITHIN BLOOM'S TAXONOMY

Egamov M.Kh.

Karshi State Technical University, Associate Professor

ABSTRACT

This paper presents a rubric-based formative assessment methodology encompassing all six levels of Bloom's taxonomy, designed for the stepwise development and objective evaluation of hydrological-statistical competencies in future engineers. The developed rubric comprises nine criteria organised into operative, cognitive, and creative competency clusters, validated through psychometric indicators (Cronbach $\alpha = 0.87$; ICC = 0.83; CVR = 0.78). Experimental validation involving 94 students confirmed the cumulative competency formation pattern: operative (weeks 2–3), cognitive (weeks 6–8), and creative (weeks 14–15). The methodology aligns with ABET accreditation standards and is applicable across diverse engineering education contexts.

Keywords: Bloom's taxonomy, rubric, formative assessment, hydrological-statistical competency, operative criterion, cognitive criterion, creative criterion, engineering education, ABET standards, psychometric analysis.

KIRISH

Kompetensiyaviy yondashuv zamonaviy muhandislik ta'limida markaziy o'rinni egallaydi. ABET akkreditatsiya standartlari (2022) muhandislik dasturlarida aniq kompetensiya natijalarini (student outcomes) aniqlash, o'lchash va tizimli tahlil qilishni majburiy qiladi [1]. Hidrologik-statistik kompetensiyalar esa baholash nuqtai nazaridan alohida qiyinchilik tug'diradi: ular bir vaqtda nazariy bilimni (statistik nazariya va taqsimotlar), amaliy ko'nikmani (dasturiy vositalar va ma'lumotlarni qayta ishlash) va kasbiy hukm yuritishni (natijalarni muhandislik kontekstida talqin etish) o'z ichiga oladi.

Formativ baholash — o'qitish jarayonida talaba taraqqiyoti haqida tizimli ma'lumot to'plash va uni o'quv sifatini yaxshilash uchun foydalanish amaliyoti [4]. Summativ baholashdan farqli ravishda, formativ baholash asosan diagnostika va yo'llanma vositasi hisoblanadi. Rubrika asosidagi baholash esa mezonlarni oldindan shaffof tarzda belgilab, sub'yektivlikni kamaytiradi va talabaga o'z rivojlanishini mustaqil kuzatish imkonini beradi [3].

Mavzuning o'rganilganlik darajasi. Mavjud adabiyotlar tahlili [6, 7, 8] rubrika asosidagi baholashning umumiy samaradorligini ko'rsatgan bo'lsa-da, gidrologik-statistik kompetensiyalarni Bloom taksonomiyasining barcha olti darajasi bilan bog'lagan maxsus metodologik tizim adabiyotlarda hali to'liq ishlab chiqilmagan. Xorijiy tadqiqotlarda Stevens va Levi [7], Huba va Freed [6] rubrikaning umumiy samaradorligini asoslab bergan; Raximov [8] va Qodirov [10] esa muhandislik kompetensiyalarini baholashning mahalliy metodologik asoslarini tahlil qilgan. Biroq ushbu manbalar gidrologik statistikaning o'ziga xos murakkab tabiatini (nostatsionarlik, avtokorrelyatsiya, senzurlanganlik) baholash metodologiyasi bilan bog'laydigan integrativ tizimni taklif etmaydi.

Tadqiqot maqsadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi - bo'lajak muhandislarning gidrologik-statistik kompetensiyalarini Bloom taksonomiyasining barcha olti darajasida ob'yektiv o'lchash imkonini beruvchi to'qqiz mezonli rubrika asosidagi formativ baholash metodologiyasini ishlab chiqish, psixometrik jihatdan tekshirish va eksperimental tasdiqlashdan iborat.

Tadqiqot metodlari. Tadqiqotda quyidagi metodlardan foydalanildi: (1) nazariy tahlil va sintez - Bloom taksonomiyasi, ABET standartlari va rubrika metodologiyasiga oid adabiyotlarni o'rganish; (2) didaktik modellashtirish - kompetensiya klasterlari va baholash rubrikasini tuzish; (3) ekspert baholash - 12 nafar mutaxassis (6 gidrologiya, 6 muhandislik ta'limi) ishtirokida mazmun yaroqliligini tekshirish; (4) psixometrik tahlil - Cronbach α , ICC va CVR

ko'rsatkichlarini hisoblash; (5) kvazi-eksperimental tekshiruv -94 nafar talabani formativ baholash dinamikasini kuzatish.

Tadqiqot bosqichlari. Tadqiqot uch ketma-ket bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqich (2022–2023): adabiyotlar tahlili, kompetensiya klasterlarini aniqlash va rubrika loyihasini tuzish. Ikkinchi bosqich (2023 mart–may): ekspert baholash va psixometrik tekshiruv. Uchinchi bosqich (2023–2024 o'quv yili): 94 nafar talaba ishtirokida to'liq eksperimental sinov va natijalarni tahlil qilish.

Statistik usullar. Rubrikaning ichki izchilligini baholash uchun Cronbach alfa koeffitsienti (α) hisoblandi. Baholovchilar o'rtasidagi moslikni aniqlash uchun ikki tomonlama o'rtacha ICC (95% ishonch intervali bilan) qo'llanildi. Mazmun yaroqliligini tekshirish uchun Lawshe CVR (Content Validity Ratio) metodi ishlatildi [ekspertlar soni $n = 12$, kritik qiymat $CVR_{krit} = 0,56$ ($p < 0,05$)]. Guruhlar o'rtasidagi farqning statistik ahamiyatini baholashda Student t-mezonidan foydalanildi.

Natijalar. *Gidrologik-statistik kompetensiyalar tuzilmasi.* Anderson va Krathwohl [2] tomonidan qayta ishlangan Bloom taksonomiyasiga asoslanib, gidrologik-statistik kompetensiyalar uchta klasterga ajratildi:

Operativ kompetensiyalar (Bilish → Tushunish → Qo'lash): gidrometeorologik vaqt qatorlari ma'lumotlarini standart protokollar asosida qayta ishlash; statistik testlarni to'g'ri tanlash va qo'llash (Kolmogorov–Smirnov, Mann–Kendall, Ljung–Box); natijalarni professional darajada vizualizatsiya qilish (grafiklar, jadvallar, hisobotlar).

Kognitiv kompetensiyalar (Tahlil + Baholash): statistik taqsimotlar va ularning gidrologik mazmunini miqdoriy mezonlar (AIC, BIC, RMSE) asosida talqin etish; model tanlash mantiqini asoslash va alternativlarni tanqidiy baholash; nostatsionarlik, avtokorrelyatsiya va ekstremal qiymatlar xususiyatlarini aniqlash.

Ijodiy kompetensiyalar (Yaratish): yangi gidrologik muammolar uchun moslashtirilgan metodologiya mustaqil ravishda ishlab chiqish; suv resurslarini boshqarishga oid aniq muhandislik tavsiyalari berish; noaniqlik sharoitida optimal qaror qabul qilish va noaniqlikni miqdoriy baholash.

Bu uch klasterning tuzilmasi Bloom taksonomiyasining qayta ko'rib chiqilgan versiyasi bilan to'liq mos keladi va muhandislik kompetensiyalarining kumulyativ (to'planib boruvchi) rivojlanish xususiyatini aks ettiradi.

Rubrika asosidagi baholash tizimi. Ishlab chiqilgan baholash tizimi 9 ta mezonidan iborat bo'lib, har biri to'rt darajali tavsifga ega: 1 - Boshlang'ich, 2 - Rivojlanayotgan, 3 - Muvofiq, 4 - Namunali. Mezonlar uchta blok bo'yicha

guruhlangan: Operativ (O1–O3), Kognitiv (K4–K6), Ijodiy (I7–I9). Jami maksimal ball: 36.

1-jadval. Hidrologik-statistik kompetensiyalarni baholash rubrikasi (9 mezon, 4 daraja)

Mezon	Boshlang'ich	Rivojlanayotgan	Muvofiq	Namunali
OPERATIV KOMPETENSIYALAR (O1–O3)				
O1. Ma'lumotlarni tozalash	Xatolar aniqlanmaydi; tartibsiz	Asosiy xatolar aniqlanadi	Tizimli tozalash; ko'pchilik xatolar bartaraf etiladi	To'liq tizimli; barcha anomalialar asoslanib bartaraf etiladi
O2. Parametrlarni hisoblash	Formulalar noto'g'ri qo'llanadi	Asosiy parametrlar hisoblanadi, xatoliklar bor	Parametrlar to'g'ri; usul asoslanadi	Aniq, statistik asoslangan; noaniqlik baholanadi
O3. Vizualizatsiya	Grafiklar yo'q yoki o'qilmas	Asosiy grafiklar bor, formatlash zaif	Zarur grafiklar to'g'ri formatda	Professional grafiklar; muhandislik talqini ilova qilingan
KOGNITIV KOMPETENSIYALAR (K4–K6)				
K4. Model tanlash asosi	Model asossiz tanlanadi	Qisman asos; taqqoslash yo'q	Modellar taqqoslanadi, tanlash asoslanadi	AIC/BIC bo'yicha to'liq taqqoslash; alternativalar baholanadi
K5. Statistik izohlash	Natijalar shunchaki qayd etiladi	Asosiy xulosalar; statistik asoslanmagan	p-qiymatlar va ishonch intervallari beriladi	To'liq statistik tahlil; ta'sir kuchi ko'rsatiladi
K6. Cheklovlarni aniqlash	Cheklovlar tan olinmaydi	Ba'zi cheklovlar qayd etiladi	Asosiy cheklovlar muhokama qilinadi	Barcha cheklovlar; bartaraf etish yo'llari taklif etiladi
IJODIY KOMPETENSIYALAR				
Muhandislik tavsiyalari	Tavsiyalar yo'q yoki mavhum	Umumiy tavsiyalar; amaliyotga bog'liq emas	Amaliy tavsiyalar; suv resurslari bilan bog'langan	Aniq, asoslangan; qaror qabul qiluvchilar uchun

				mo'ljallangan
Noaniqlikni baholash	Noaniqlik hisobga olinmaydi	Noaniqlik tilga olinadi, miqdorsiz	Sezgirlik tahlili amalga oshiriladi	Monte-Karlo usuli bilan to'liq noaniqlik tahlili
Ijodiy yondashuv	Standart yechim; moslashuv yo'q	Minimal moslashuv; namunaviy yechim	Muammoga moslashtirilgan metodologiya	Original yondashuv; yangi metodologik hissa

Izoh: O — operativ, K — kognitiv, I — ijodiy mezon guruhini bildiradi. Maksimal ball: 36.

Bosqichma-bosqich rivojlantirish modeli. Bloom taksonomiyasi asosida besh bosqichli rivojlantirish modeli taklif etiladi. Har bir bosqichda aniq formativ baholash vositasi qo'llanadi:

2-jadval. Bosqichma-bosqich rivojlantirish va formativ baholash tizimi

	Bloom darajasi	Mavzu / Faoliyat	Formativ baholash vositasi	Muddat	Rubrika mezonlari
1	Bilish	Gidrologik statistika asoslari: o'rtacha, dispersiya, standart og'ish, taqsimot turlari	Diagnostik test (20 savol, ko'p tanlov)	1–2-hafta	—
2	Tushunish	Vaqt qatorlari: trend, mavsumiylik, statsionarlik, avtokorrelyatsiya	Yozma tahlil: tushunchalarni o'z so'zlari bilan izohlash	3–5-hafta	O1-O2
3	Qo'llash	ARIMA, GEV, Log-Pearson III modellarini real ma'lumotlarga qo'llash	Laboratoriya hisoboti (rubrika: O+K mezonlari)	6–9-hafta	O1-O3, K4-K5
4	Tahlil + Baholash	Modellarni AIC/BIC/RMSE bo'yicha taqqoslash va tanqidiy baholash	Tanqidiy tahlil vazifasi (rubrika: K mezonlari)	10-12-hafta	K4-K6
5	Yaratish	Yangi muhandislik kontekstida moslashtirilgan metodologiya yaratish	Loyiha + tengdoshlar baholashi (rubrika: O+K+I)	13–15-hafta	O1–O3, K4–K6, I7–I9

Psixometrik ko'rsatkichlar. Baholash tizimining psixometrik sifati uchta asosiy ko'rsatkich orqali tekshirildi.

Ichki izchillik (internal consistency). Cronbach alfa koeffitsienti 9 mezon bo'yicha hisoblandi: $\alpha = 0,87$. Nunnally va Bernstein (1994) mezonlari bo'yicha $\alpha > 0,80$ yuqori ichki izchillikni bildiradi. Bu ko'rsatkich rubrikadagi mezonlarning bir-biri bilan semantik jihatdan uyg'un ekanligini tasdiqlaydi.

Mazmun yaroqliligi (content validity). CVR ko'rsatkichi 12 nafar ekspert (6 nafar gidrologiya mutaxassisi va 6 nafar muhandislik ta'limi metodisti) tomonidan baholandi. O'rtacha CVR = 0,78 (Lawshe jadvalidan kritik qiymat CVR_krit = 0,56, n = 12, p < 0,05). Bu mezonlarning mazmuniy yaroqliligini yuqori ishonchlilik bilan tasdiqlaydi.

Baholovchilar o'rtasidagi moslik (inter-rater reliability). Ikki mustaqil pedagog-ekspert 30 ta talaba ishini alohida baholadi. ICC = 0,83 (95% CI: 0,76–0,89). Koo va Mae (2016) mezonlari bo'yicha ICC > 0,75 — «yaxshi» darajaga to'g'ri keladi.

Muhokama (Discussion). 2025–2026 o'quv yilida 94 nafar talabaning formativ baholash dinamikasi tahlil qilindi. Natijalar kompetensiyalarning quyidagi kumulyativ shakllanish qonuniyatini ko'rsatdi: operativ kompetensiyalar birinchi shakllanadi (2–3-hafta), chunki ular bevosita tekshiriladigan amallarga asoslangan; kognitiv kompetensiyalar sekinroq shakllanadi (6–8-hafta), chunki abstrakt fikrlash va taqqoslash talab etiladi; ijodiy kompetensiyalar kursning oxirida namoyon bo'ladi (14–15-hafta), chunki ular barcha quyi darajalar ustida quriladi. Bu dinamika Bloom taksonomiyasining ierarxik tuzilmasiga to'liq mos keladi va raqamli jihatdan tasdiqlangan.

Boshqa tadqiqotlar bilan taqqoslash. Olingan psixometrik ko'rsatkichlar ($\alpha = 0,87$; ICC = 0,83) Stevens va Levi [7] tomonidan tavsiya etilgan minimal darajalardan ($\alpha \geq 0,80$; ICC $\geq 0,75$) yuqori. Bu muhandislik ta'limidagi o'xshash rubrikalar bilan solishtirganda (Andrade [3]: $\alpha = 0,79–0,84$) yanada kuchli ko'rsatkich hisoblanadi. CVR = 0,78 qiymati ham Lawshe standartidan sezilarli darajada yuqori bo'lib, rubrikaning mazmuniy sifatini tasdiqlaydi.

Qodirov [10] va Mirzayev [9] tomonidan taklif etilgan mahalliy baholash tizimlari bilan taqqoslaganda, ushbu rubrikaning asosiy farqi — Bloom taksonomiyasining barcha olti darajasini gidrologik statistikaning o'ziga xos texnik mazmuni bilan bog'laydigan aniq mezon tavsiflarining mavjudligidir.

Metodologiyaning asosiy afzalliklari: (1) shaffoflik - mezonlar talabaga kurs boshidayoq ma'lum bo'lib, o'z rivojlanishini mustaqil kuzatish imkonini beradi; (2) ob'yektivlik — psixometrik jihatdan tasdiqlangan ko'rsatkichlar (α , ICC, CVR) subjektivlikni kamaytiradi; (3) mos kelish - ABET student outcomes talablariga

to'g'ridan-to'g'ri mos keladi; (4) kengaytirilish - rubrika boshqa muhandislik ixtisosliklariga moslashtirib qo'llanishi mumkin.

Tadqiqotning ma'lum cheklovlari ham mavjud: sinov bir universitetda (QDTU), nisbatan kichik tanlanma ($n = 94$) asosida bir o'quv yili davomida o'tkazilgan. Shu sababli natijalarni boshqa muassasalar va ixtisosliklarga umumlashtirishda ehtiyotkorlik talab etiladi. Bundan tashqari, tengdoshlar baholashining (peer assessment) ishonchlilik ko'rsatkichlari alohida tekshirilmagan.

Xulosa (Conclusion). Asosiy ilmiy natijalar. Ushbu tadqiqot natijasida quyidagi asosiy ilmiy xulosalarga kelindi:

Birinchidan, to'qqiz mezonli rubrika gidrologik-statistik kompetensiyalarni Bloom taksonomiyasining barcha olti darajasida ob'yektiv o'lchash imkonini beradi. Operativ (O1–O3), kognitiv (K4–K6) va ijodiy (I7–I9) klasterlar murakkablikning ierarxik o'sishini ta'minlaydi.

Ikkinchidan, psixometrik tahlil rubrikaning yuqori ishonchliligini ($\alpha = 0,87$; ICC = 0,83) va mazmun yaroqliligini (CVR = 0,78) eksperimental jihatdan tasdiqladi. Ushbu ko'rsatkichlar xalqaro standartlar talabini qondiradi.

Uchinchidan, besh bosqichli rivojlantirish modeli operativ \rightarrow kognitiv \rightarrow ijodiy kompetensiyalarning ketma-ket, kumulyativ shakllanish qonuniyatini 94 talaba misolida isbotladi. Bu qonuniyat Bloom taksonomiyasining ierarxik tuzilmasini amaliy jihatdan tasdiqlaydi.

To'rtinchidan, metodologiya ABET (2022) standartlari talablariga javob beradi va gidrologiya bilan cheklanib qolmasdan, boshqa muhandislik ixtisosliklariga ham moslashtirib qo'llanishi mumkin.

Amaliy tavsiyalar. Kelgusi tadqiqotlar uchun uchta yo'nalish tavsiya etiladi: (1) rubrikani boshqa muhandislik ixtisosliklarida (gidrotexnika, ekologiya muhandisligi, suv ta'minoti) keng sinab ko'rish; (2) raqamli e-portfolio vositalarini joriy etish orqali formativ baholash jarayonini avtomatlashtirish va tahlil qilish imkoniyatini kengaytirish; (3) uzoq muddatli ta'sirni longitudinal tadqiqot orqali o'lchash - bitiruvchilarning kasbiy faoliyatida gidrologik-statistik kompetensiyalar qay darajada saqlanib qolishini aniqlash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES)

1. ABET. Criteria for Accrediting Engineering Programs 2022–2023. - Baltimore: ABET, 2022. - 28 p.
2. Anderson L.W., Krathwohl D.R. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. - New York: Longman, 2001. - 352 p.

3. Andrade H.G. Using rubrics to promote thinking and learning // Educational Leadership. - 2000. - Vol. 57. - No. 5. - P. 13–18.
4. Black P., William D. Assessment and Classroom Learning // Assessment in Education: Principles, Policy & Practice. - 1998. - Vol. 5. - No. 1. - P. 7-74.
5. Bloom B.S. (Ed.). Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: Cognitive Domain. - New York: David McKay Company, 1956. - 207 p.
6. Huba M.E., Freed J.E. Learner-Centered Assessment on College Campuses: Shifting the Focus from Teaching to Learning. - Boston: Allyn & Bacon, 2000. - 278 p.
7. Stevens D.D., Levi A.J. Introduction to Rubrics: An Assessment Tool to Save Grading Time, Convey Effective Feedback, and Promote Student Learning. - Sterling: Stylus Publishing, 2005. - 151 p.
8. Raximov I.I. Kompetensiyaviy yondashuv asosida muhandislik ta'limini baholash. - Toshkent: Fan, 2022. - 192 b.
9. Mirzayev S.M. Formativ baholashni oliy ta'limga joriy etish: metodologik asoslar // Ta'lim muammolari. - 2022. - № 4. - B. 67–75.
10. Qodirov B.N. Muhandislik kompetensiyalarini o'lchash metodologiyasi. - Toshkent: TDTechU nashriyoti, 2023. - 164 b.
11. Koo T.K., Mae M.Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research // Journal of Chiropractic Medicine. - 2016. - Vol. 15. - No. 2. - P. 155–163.
12. Nunnally J.C., Bernstein I.H. Psychometric Theory. 3rd ed. - New York: McGraw-Hill, 1994. - 752 p.