

Б.М. Қосанов^{1*}, А.К. Ардабаева¹

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ, Қазақстан
*e-mail: kossanov89@mail.ru

МАКНЕМАР КРИТЕРИЙІ ЖӘНЕ ОНЫ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ ЗЕРТТЕУДЕ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа

Соңғы жылдары ғылыми-педагогикалық зерттеу жұмыстарына міндетті түрде эксперименттік-тәжірибелік жұмыстар жүргізу, олардың нәтижелеріне статистикалық-математикалық әдістерді пайдаланып, өңдеулер жасау және осының негізінде ғана зерттеу проблемасына қатысты нақты ғылыми нәтижеге қол жеткізу керек деген мағынадағы талаптар күшейе түсуде. Бұл шын мәнінде құптарлық және жедел түрде қолға алу мен шешуді қажет ететін өзекті мәселе болып табылады. Жалпы алғанда, теориялық зерттеулер барысында зерттеуші тарапынан бұрыннан белгілі ғылыми фактілерді түсіндіруге мүмкіндік беретіндей кейбір заңдылықтар туралы гипотеза жасалуы және осының негізінде қандай да бір өзіндік ғылыми пікір қалыптасуы мүмкін. Алайда, теориялық зерттеу барысында қалыптасқан осы ғылыми пікір оны міндетті түрде тәжірибе жүзінде тексеруді, оның ақиқаттығын нақты тәжірибелік жағдайларда дәлелдеуді және негіздеуді қажет етеді. Осы мақсатпен эксперименттік жұмыс жүргізіледі. Эксперименттік жұмыстың нәтижелі болуы ең алдымен, тиімді статистикалық критерийді таңдап ала білумен және соған сәйкес статистикалық-математикалық есептеулерді дұрыс, әрі сауатты жүргізе алумен тікелей байланысты. Алайда, көпшілік зерттеушілер статистикалық-математикалық білімдерінің төмен болуына байланысты зерттеу жұмыстарында сәйкес критерийді таңдап алу мен оны қолдануға байланысты өрескел қателіктер жіберетіні байқалады. Қазіргі күні педагогикалық бағытта білім алатын магистранттар мен докторанттар тарапынан диссертациялық жұмысты орындау барысында аса жиі қолданыла бермейтін немесе егер де қолданылса, өрескел қателіктер жіберілетін статистикалық критерийлердің бірі - Макнемар критерийі. Сондықтан мақалада педагогикалық құбылыстарды зерттеуде осы критерийді қолдану алгоритмі көрсетіліп, ол нақты мысалдар арқылы түсіндірілді. Мақаладан педагогикалық бағытта білім алатын магистранттар мен докторанттар, сондай-ақ педагогика мен әдістемелік ғылым салалары бойынша жұмыс істейтін барлық ізденушілер ғылыми-зерттеу жұмысын орындау барысында пайдалана аларлықтай құнды мәліметтер таба алады.

Түйін сөздер: педагогикалық құбылыс, математика, статистика, статистикалық-математикалық әдіс, статистикалық критерий, Макнемар критерийі.

Аннотация

Б.М. Косанов¹, А.К. Ардабаева¹

¹Казахский педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

КРИТЕРИЙ МАКНЕМАРА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

В последние годы при выполнении научно-педагогических работ все чаще требуют проводить опытно-экспериментальную работу, использовать статистическо-математические методы для обработки её результатов и только на этой основе получить конкретный научный результат, относящегося к проблеме исследования. Это является актуальной проблемой, которую необходимо рассмотреть и решать в срочном порядке. В целом в ходе теоретического исследования исследователь может выдвинуть гипотезу о некоторых закономерностях, позволяющих объяснить уже известные научные факты, и на этой основе может сформироваться некое оригинальное научное мнение. Однако это научное мнение, сформированное в ходе теоретических исследований, нуждается в проверке на практике, его истинность должна быть доказана и обоснована в реальных практических ситуациях. С этой целью проводятся опытно-экспериментальные работы. Эффективность экспериментальной работы напрямую связана с умением выбирать необходимый статистический критерий и, соответственно, правильно и грамотно производить статистические и математические расчеты. Однако видно, что большинство исследователей допускают серьезные ошибки в выборе соответствующих критериев и использовании их в своей исследовательской работе из-за своих низких статистическо-математических знаний. Критерий Макнемара является одним из статистических критериев, который не очень часто используется при выполнении диссертационных работ, а при его использовании допускаются серьезные ошибки со стороны магистрантов и докторантов, обучающихся по педагогическому направлению. Поэтому в данной статье приводится алгоритм

использования этого критерия при изучении педагогических явлений на конкретных примерах. Из статьи магистранты и докторанты, обучающиеся в педагогическом направлении, а также все исследователи, работающие в области педагогики и методической науки, могут найти ценную информацию, которую можно использовать в ходе исследовательской работы.

Ключевые слова: педагогическое явление, математика, статистика, статистико-математический метод, статистический критерий, критерий Макнемара.

Abstract

MCNEMAR'S CRITERION AND ITS APPLICATION IN THE STUDY OF PEDAGOGICAL PHENOMENA

Kosanov B.M.¹, Ardabaeva A.K.¹

¹Abai Kazakh Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

In recent years, when performing scientific and pedagogical work, it is increasingly required to carry out experimental work, use statistical and mathematical methods to process its results, and only on this basis obtain a specific scientific result related to the research problem. This is a pressing issue that needs to be addressed and addressed urgently. In general, in a theoretical study, a researcher can put forward a hypothesis about some regularities that make it possible to explain already known scientific facts; on this basis, some original scientific opinion can be formed. However, this scientific opinion, formed during theoretical research, needs to be verified in practice, its truth must be proven and substantiated in real practical situations. To this end, experimental work is being carried out. The effectiveness of experimental work is directly related to the ability to choose the necessary statistical criterion and, accordingly, correctly and competently perform statistical and mathematical calculations. However, it is clear that most researchers make severe mistakes in choosing the appropriate criteria and using them in their research work due to their low statistical and mathematical knowledge. The McNemar criterion is one of the statistical criteria that is not very often used in dissertations, and when using it, serious mistakes are made on the part of undergraduates and doctoral students studying in the pedagogical direction. Therefore, this article provides an algorithm for using this criterion in the study of pedagogical phenomena using specific examples. From the article, undergraduates and doctoral students studying in the pedagogical direction, as well as all, researchers working in the field of pedagogy and methodological science, can find valuable information that can be used in the course of research work.

Keywords: pedagogical phenomenon, mathematics, statistics, statistical and mathematical method, statistical criterion, McNemar criterion.

Кіріспе

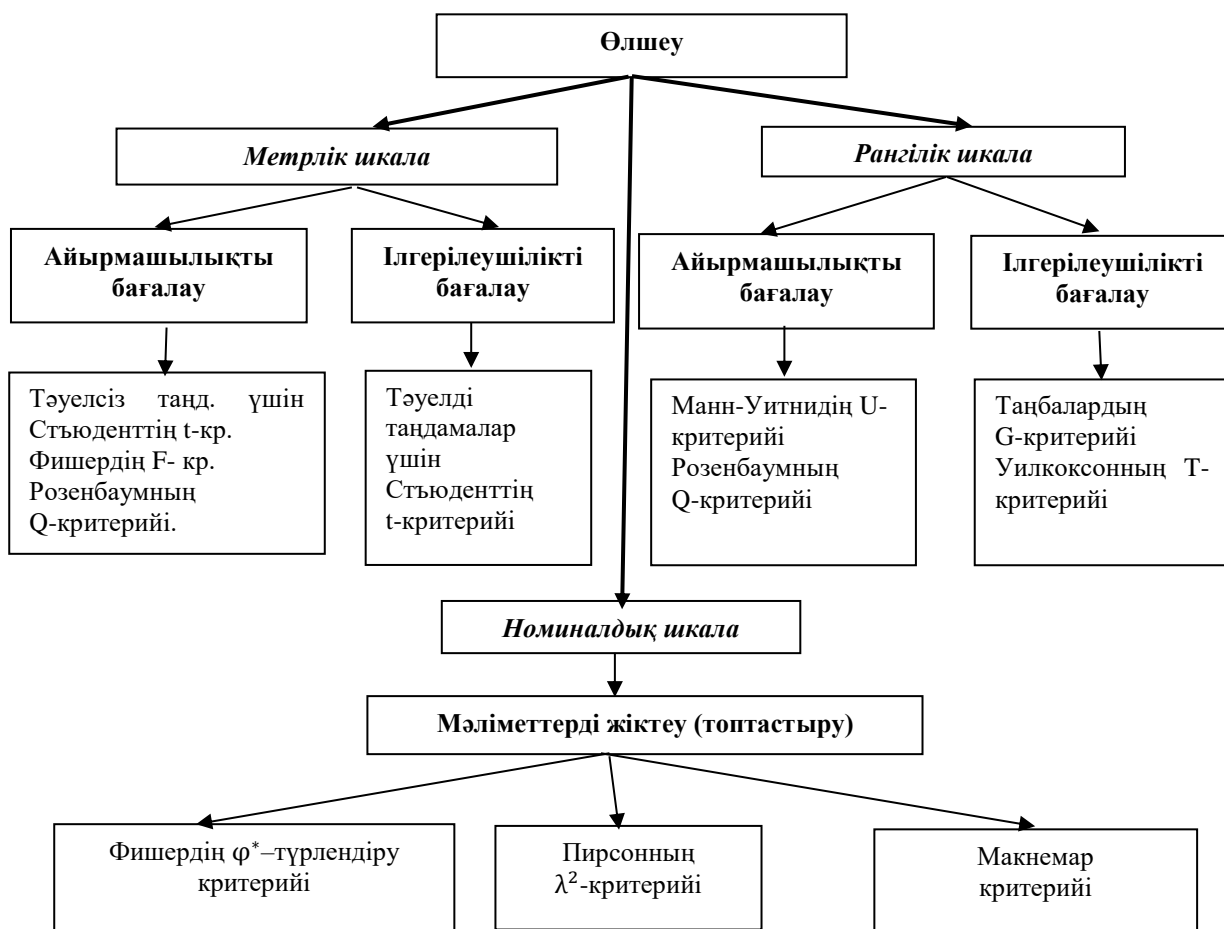
Педагогикалық эксперимент мәліметтеріне статистикалық-математикалық талдау жасау кезінде тиімді статистикалық критерийді таңдап алудың ерекше маңызы бар. Статистикалық критерийді таңдап алу мәселесі ең алдымен, зерттеліп отырған құбылыстың немесе үдерістің белгісінің қандай шкалада өлшенгеніне тікелей байланысты шешіледі. Негізінен алғанда, ол метрлік (интервалдық немесе абсолюттік), реттік немесе номиналдық шкалалардың бірімен өлшенуі мүмкін. Әрбір шкалаға сәйкес қолданылатын критерийлер де әр түрлі болады, яғни бір шкала үшін қолданылатын критерий басқа шкала үшін қолданылмауы мүмкін.

Статистикалық критерийді таңдап алу ненің бағаланатындығына да байланысты болады. Жалпы алғанда, статистикалық критерийлерді қолдану арқылы бағаланатын төмендегідей негізгі мәселелерді бөліп көрсетуге болады:

1. Айырмашылықты тағайындау талап етілетін мәселелер.
2. Ілгерілеушілікті тағайындау талап етілетін мәселелер.
3. Мәліметтерді жіктеу (топтастыру) талап етілетін мәселелер.

Қазіргі күні зерттеу жұмыстарында қолданылатын статистикалық критерийлердің түрлері өте көп. Сондықтан қандай ситуацияда қай критерийді қолдануды анықтау үшін олардың жіктелуін (классификациялануын) білудің ерекше маңызы бар.

Зерттеу жұмысын жүргізу барысында мүмкін болатын гипотезалардың, оларды тексеру әдістері мен статистикалық критерийлердің көптігі жас зерттеуші тұрмақ, тәжірибелі ғалымдар үшін де айтарлықтай қиындықтар туындататыны анық. Осы қиындықтарды жеңу үшін зерттеуші біздің ойымызша, ең алдымен, ұсынылып отырған гипотезаға қатысты педагогикалық құбылысты немесе үдерісті қалай және қандай шкалада өлшеуді анықтап алғаны дұрыс. Осыдан кейін барып сәйкес педагогикалық құбылыстың немесе үдерістің әртүрлі күйлерінің арасындағы қандай мәселені (айырмашылықты, ілгерілеушілікті немесе мәліметтерді жіктеуді) бағалайтынына көңіл аударғаны жөн. Осы айтылғандарды төмендегідей схема түрінде кескіндеуге болады (1-сурет).



Сурет 1. Статистикалық критерийді таңдап алу схемасы

Көбіне, статистикалық-математикалық әдебиетте метрлік және рангілік шкалаларда өлшеу барысында алынатын мәліметтерге өңдеулер жасаудың критерийлеріне баса мән беріледі де номиналдық шкалада өлшеу кезінде жинақталатын мәліметтерді салыстыруда қолданылатын статистикалық критерийлерге жете көңіл бөлінбейді. Бұл жағдайда қолданылатын тиімді әдістер Фишердің φ^* -бұрыштық түрлендіру критерийі және Пирсонның λ^2 -критерийі болып табылады. Ал, бинарлық номиналдық шкалада алғашқы және соңғы рет өлшеулер кезінде Макнемар критерийін қолдануға болады.

Материалдар мен негізгі әдістер

Айталық, қандай да бір педагогикалық құбылыстың күйі бинарлық шкалада эксперимент басында және соңында екі рет өлшеніп, мынадай мәліметтер алынды делік:

$$x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N$$

және

$$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_N.$$

Зерттеушіге осы құбылыстың эксперимент басындағы және соңындағы күйлері арасында мәнді айырмашылықтың орын алатындығын немесе орын алмайтындығын анықтау керек болсын делік.

Өлшеу бинарлық номиналдық шкалада жүргізілетіндіктен, өлшеу нәтижелерін «0» және «1» сандарымен өрнектеп алып, Макнемар критерийін қолдануға болады.

Критерийді қолдану алгоритмі

1) Гипотезалар тұжырымдалады:

H_0 : «зерттеліп отырған құбылыстың күйінің алғашқы және соңғы өлшеулер кезіндегі жағдайлары арасында мәнді айырмашылық жоқ»;

H_1 : «зерттеліп отырған құбылыстың күйінің алғашқы және соңғы өлшеулер кезіндегі жағдайларының статистикалық тұрғыда мәнді айырмашылықтары бар».

2) (x_i, y_i) жұптары құрастырылады, сонда олар барлығы төрт нұсқада ғана болады:
 $(0;0), (0;1), (1;0)$ және $(1;1)$.

Мәліметтер мынадай кестеге түсіріледі (1-кесте).

Кесте 1.

		y_i -лер бойынша топтау		
		$y_i = 0$	$y_i = 1$	
x_i -лер бойынша топтау	$x_i = 0$	a $(x_i = 0, y_i = 0)$ болатын жұптар саны)	b $(x_i = 0, y_i = 1)$ болатын жұптар саны)	$a + b$
	$x_i = 1$	c $(x_i = 1, y_i = 0)$ болатын жұптар саны)	d $(x_i = 1, y_i = 1)$ болатын жұптар саны)	$c + d$
		$a + c$	$b + d$	N

3) Критерийдің эмпирикалық мәні төмендегі ереже бойынша есептеледі.

а) Егер $b + c = n \leq 20$ болса, онда $M_{эмп}$ ретінде b мен c мәндерінің кішісі алынады, яғни

$$M_{эмп} = \min(b, c);$$

ә) егер $b + c = n > 20$ болса, онда $M_{эмп}$ мына формуламен табылады:

$$M_{эмп} = \frac{(b - c)^2}{b + c}.$$

4) а) Егер $n \leq 25$ болса, онда критерийдің кризистік мәні кестеден қаралады, ол осыған дейін анықталған n мен $M_{эмп}$ мәндері арқылы табылады. Сонда кризистік $M_{кр}$ мәні ретінде кестенің n саны тұрған жолы мен $M_{эмп}$ саны тұрған бағанының қиылысуында орналасқан сан алынады. Мұнда егер $M_{кр} \leq 0,025$ болса, онда H_0 гипотезасы теріске шығарылып, H_1 гипотезасы қабылданады.

ә) Ал, $n > 25$ болғанда, кризистік $M_{кр}$ мәні ретінде 3,84 саны алынады.

Бұл жағдайда егер $M_{эмп} > M_{кр} = 3,84$ тенсіздігі орындалса, онда H_0 гипотезасы теріске шығарылады.

Нәтижелер

Педагогикалық эксперимент барысында зерттеуге алынған мынадай педагогикалық құбылысты қарастыралық.

1-мысал. Таңдау пәнін енгізу үшін 160 студенттің пікірлері ескерілді. Осы топтан кездейсоқ іріктеу әдісімен 20 студент таңдалып алынып, оларға пән мазмұнының ұсынылып отырған нұсқасын бағалау үшін осы пәнді оқып-үйренгенге дейін және оны оқып-үйренгеннен кейін төмендегідей сауалнама берілді.

«Таңдау пәні мазмұнының осы нұсқасына деген өз пікіріңізді білдіріңіз:

А) маған ұнайды;

В) маған ұнамайды».

Ұсынылатын таңдау пәні мазмұнының студенттердің осы пәнге деген көзқарасына қалай әсер ететінін бағалау керек.

Эксперимент мәліметтеріне статистикалық-математикалық өңдеулер жасау үшін алдымен, өлшеудің қандай шкалада жүргізілгенін анықтаймыз. Өлшеу бинарлық номиналдық шкалада жүргізілген, себебі сыналушылардың сауалнама барысында «ұнайды» немесе «ұнамайды» деген жауаптардың бірін белгілейтіні түсінікті. Демек, бұл жерде Макнемар критерийін қолдануға болады.

1. Гипотезаларды тұжырымдайық:

H_0 : «таңдау пәніне қатысу студенттердің пәннің ұсынылып отырған мазмұнына көзқарастарына әсер етпейді»;

H_1 : «таңдау пәніне қатысу студенттердің пәннің ұсынылып отырған мазмұнына көзқарастарына оң әсер етеді».

2. (x_i, y_i) жұптарын құрастырамыз. Ыңғайлылық үшін «ұнайды» деген жауаптарды 1 санымен, ал «ұнамайды» деген жауаптарды 0 санымен белгілеп алайық. Сонда алынған жауаптарды әр студент үшін (0;0), (0;1), (1;0) және (1;1) жұптарының бірімен кескіндеуге болады.

Эксперимент барысында алынған мәліметтерді 2-кестеге түсіреміз.

Кесте 2.

		Таңдау пәнін оқып-үйренгеннен кейінгі жауаптары		
		«ұнамайды»	«ұнайды»	
Таңдау пәнін оқып-үйренгенге дейінгі жауаптары	«ұнамайды»	3	10	13
	«ұнайды»	2	5	7
		5	15	20

3. Критерийдің эмпирикалық мәнін есептейміз.

$$b + c = 10 + 2 = 12 \leq 20$$

теңсіздігі орындалады. Сондықтан $M_{эмп}$ ретінде b мен c мәндерінің кішісі алынады, яғни

$$M_{эмп} = \min(10, 2) = 2.$$

4. $n = 12 \leq 25$ теңсіздігі орындалады, сондықтан критерийдің кризистік мәнін кестеден іздейміз, оны $n = 12$ мен $M_{эмп} = 2$ мәндері арқылы табамыз. Кризистік $M_{кр}$ мәні ретінде кестенің 12 саны тұрған жолы мен 2 саны тұрған бағанының қиылысуында орналасқан санды аламыз, яғни

$$M_{кр} = 0,019.$$

$M_{кр} = 0,019 \leq 0,025$ шарты орындалады, демек, H_0 гипотезасын теріске шығарып, H_1 гипотезасын қабылдаймыз. Сонымен жүргізілген эксперимент негізінде мынадай қорытынды жасауға болады: ұсынылатын таңдау пәнінің мазмұны студенттердің осы пәнге деген көзқарасына оң әсер етеді.

Енді $n > 20$ болатын жағдайға байланысты тағы бір мысал келтірейік.

2-мысал. Білімді тексеру формасының білім сапасын тексеру нәтижелеріне әсерін анықтау үшін қандай да бір оқу материалы бойынша бақылау жұмысы (6 тапсырманы қамтиды) және тест (40 сұрақтан тұрады) құрастырылды. 50 оқушыға осылардың екеуі де орындауға ұсынылды. Бақылау формаларының әрқайсысын орындаудың нәтижелері оқушыларды екі топқа бөлуге мүмкіндік жасады: «оқу материалын меңгергендер» және «оқу материалын меңгермегендер».

Оқушылардың білім сапасы көрсеткіштерінің таңдап алынған білімді тексеру формасына байланыстылығын тексеру керек.

1. Гипотезаларды тұжырымдайық:

H_0 : «оқушылардың білім сапасының көрсеткіштері таңдап алынған білімді тексеру формасына байланысты емес»;

H_1 : «оқушылардың білім сапасының көрсеткіштері таңдап алынған білімді тексеру формасына байланысты».

2. Әр оқушы үшін (0;0), (0;1), (1;0) және (1;1) жұптарымен анықталатын белгілер қоямыз, сонда бірінші сан оның «оқу материалын меңгергендігін», ал екінші сан «оқу материалын меңгермегендігін» анықтайды». Олардың санын тауып мәліметтерді 3-кестеге түсіреміз.

Кесте 3

		Білім сапасын тексерудің өткізілген тест жұмысына негізделген нәтижесі		
		Меңгерген жоқ	Меңгерді	
Білім сапасын тексерудің алынған бақылау жұмысына негізделген нәтижесі	Меңгерген жоқ	6	19	25
	Меңгерді	4	21	25
		10	40	50

3. Критерийдің эмпирикалық мәнін есептейміз.

$$b + c = 4 + 19 = 23, \text{ яғни } 23 > 20 \text{ теңсіздігі орындалады.}$$

Онда

$$M_{эмп} = \frac{(b-c)^2}{b+c}$$

формуласын пайдаланамыз.

$$M_{эмп} = \frac{(b-c)^2}{b+c} = \frac{(19-4)^2}{19+4} = 9,78 \approx 10.$$

Бұл жағдайда $n = 23 < 25$, ендеше, кризистік $M_{кр}$ мәні ретінде 23 саны орналасқан жол мен 10 саны орналасқан бағандағы 0,339 санын аламыз.

4. $M_{кр} = 0,339 > 0,025$. Демек, H_1 гипотезасын теріске шығарып, H_0 гипотезасын қабылдаймыз. Сонымен жүргізілген эксперимент негізінде мынадай қорытынды жасауға болады: оқушылардың білім сапасының көрсеткіштері таңдап алынған білімді тексеру формасына байланысты емес.

Талқылау

Макнемар критерийі зерттеліп отырған құбылыстың күйін номиналдық шкалада (дәлірек айтқанда, бинарлық шкалада) өлшеу барысындағы екі тәуелді таңдамаларға талдау жасау үшін қолданылады. Басқаша айтқанда, оны сәйкесінше, 1 және 0 сандарымен белгіленетін «иә» және «жоқ» деген жауаптарды қамтитын қарапайым бинарлық шкалада өлшеу кезінде алынатын мәліметтермен жұмыс жасауда қолдануға болады.

Макнемар критерийін қолдану үшін мына сияқты шарттарды ескеру керек:

- 1) экспериментке қатысушылар саны 5-тен кем емес болуы керек;
- 2) $b = c$ болғанда статистикалық гипотезаларды тексеру үшін оны қолдануға болмайды;
- 3) критерийдің $M_{эмп}$ эмпирикалық мәні a мен d -ның мәндеріне байланысты емес.

Бұл критерийдің авторы – өзінің IQ тестері бойынша психологиядан жазылған еңбектерімен белгілі америкалық статист-математик және психолог Куинн Макнемар (1900-1986). Ол өз атымен аталған осы критерийді 1947 жылы ұсынған. Алайда, автордың аты-жөні, сондай-ақ критерий әртүрлі әдебиеттерде түрліше, Макнемар, кейде, Мак-Немар, бірде, Мак-Нимар немесе Макнамар деп аталатынын ескертеміз. Ағылшын тіліндегі әдебиетте автордың аты-жөні Quinn McNemar деп жазылады, сондықтан қазақ тілінде Куинн Макнемар деп жазылғаны, ал критерийдің Макнемар критерийі деп аталғаны дұрыс деп есептейміз.

Қорытынды

Макнемар критерийі бинарлық шкалада өлшенген педагогикалық құбылыстарды статистикалық-математикалық тұрғыда зерттеудің аса қуатты құралдарының бірі болып табылады. Ол мәліметтерді математикалық тұрғыда өңдеу және олардан қажетті ақпаратты іріктеу арқылы педагогикалық құбылыстың бинарлық шкаладағы сандық көрсеткіштеріне сүйене отырып, оның тікелей бақылау мүмкін бола бермейтін басқа да көрсеткіштерін сенімді түрде анықтауға, сондай-ақ педагогикалық заңдылық көрсеткіштерінің өзгеру үдерісіне байланысты нақты қорытындылар жасай алуға септігін тигізеді. Қазіргі заманғы педагогика ғылымы үшін педагогикалық құбылыстардың сапалық жағы мен сыртқы сипаттамаларын ғана оқып-үйрену мен зерттеу жеткіліксіз. Қазіргі күні педагогика ғылымы дамудың жаңа деңгейіне көтерілу үстінде. Біздіңше, педагогикалық құбылыстар бағынатын заңдылықтардың мән-мағынасын тереңірек аша түсу үшін ХХІ ғасыр педагогикасы сапалық талдауларды қазіргі заманғы математикалық талдаулармен толықтыра түсуге мүдделі болып отыр. Қазіргі заман талаптары педагогика мен әдістеме ғылымдары алдына аса күрделі педагогикалық құбылыстар мен үдерістерді ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика ғылымының жаңа табыстарына негізделген қазіргі заманғы математикалық әдістерді тиімді түрде пайдалана отырып, кешенді түрде зерттеу мәселесін қойып отыр. Соңғы жылдары математикалық әдістердің ғылыми ақпаратты өңдеудің әдіснамалық негізі ретіндегі мән-маңызы айтарлықтай өсе түсуде. Өйткені, ғылымның қай саласының болмасын гүлденіп, қарыштап дамуы едәуір дәрежеде математика ғылымының дамуына, қазіргі заманғы математикалық әдістерді тиімді түрде қолдануға байланысты болып отыр. Басқаша айтқанда, қазіргі күні математика «дәл ғылымдар» шеңберінен шығып, педагогикаға, сондай-ақ басқа да гуманитарлық ғылым салаларына енуде.

Осы тұрғыдан алып қарағанда, Макнемар критерийі қазіргі заманғы және болашақтағы ғылыми-педагогикалық эксперименттерде қолданылу мүмкіндігі зор математикалық әдістердің бірі болып табылады деуге болады. Оны көптеген педагогикалық және пәндік-әдістемелік проблемаларға талдау жасауда тиімді пайдалануға болады.

Зерттеу жұмысы Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің ғылыми жоба есебінен қаржыландырып отыр (2023 ж. 31.03 № 09-02-55/280 келісім-шарты).

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Шабанова М.В. Педагогический эксперимент и обработка его результатов. - М., 2017.
2. Глотова М. Ю., Самохвалова Е. А. Математическая обработка информации. - М., 2019.
- 3 Сорокова М. Математические методы в психолого-педагогических исследованиях. - М., 2020.
- 4 Қосанов Б.М. Педагогикалық зерттеулердегі статистикалық-математикалық әдістер.-А.,2016.
- 5 Қосанов Б.М. Педагогика мен психологиядағы математикалық әдістер.-А.,2012.
- 6 Қосанов Б.М. Педагогикалық зерттеулердегі статистикалық-математикалық әдістер.-А.,2011.
- 7 Қосанов Б.М. Педагогикалық эксперимент нәтижелерін өңдеудің математикалық әдістері.-А.,2021.
- 8 Ермолаев-Томин О.Ю. Математические методы в психологии. - М.,2014.
- 9 Hastorf, A.H. ; Hilgard, E.R. ; Sears, R. R. (1988). "Quinn McNemar (1900–1986)". *Američki psiholog*. 43 (3): 196–197. doi:10.1037 / h0091955.
- 10 McNemar, Quinn (1947-06-18). "Napomena o pogrešci uzorkovanja razlike između koreliranih proporcija ili postotaka". *Psihometrika*. 12 (2): 153–157. doi:10.1007 / BF02295996.PMID m20254758. S2CID 46226024.
- 11 "Quinn McNemar, revizor IQ testa" (PDF). *Pješčenjak i pločica. Povijesno društvo Stanford*. 10 (3-4). Proljeće – ljeto 1986.
- 12 "Quinn McNemar". *Rječnik statistike*. Oxford University Press. 2008.
- 13 "Psiholozi časte znanstvenike u podnožju". *Kurir-Journal*. 3. rujna 1962. str. 31. Preuzeto 29. Ožujka 2020 - putemNewspapers.com.
- 14 "Bivši predsjednici APA-e". *Američko psihološko udruženje*. Preuzeto 29. ožujka 2020.

References:

- 1 Shabanova M.V. (2017). *Pedagogičeskij jeksperiment i obrabotka ego rezul'tatov* [Pedagogical experiment and processing of its results]. - M. (In Russian)
2. Glotova M. Ju., Samohvalova E. A. (2019) *Matematičeskaja obrabotka informacii*. [Mathematical information processing]- M. (In Russian)
- 3 Sorokova M. (2020) *Matematičeskie metody v psihologo-pedagogičeskijh issledovanijah* [Mathematical Methods in Psychological and Pedagogical Research]. - M. (In Russian)
- 4 Kosanov B.M. (2016) *Pedagogikalıq zertteulerdegi statistikalıq-matematikalıq әdister* [Statistical and mathematical methods in pedagogical research]. A. (In Kazakh)
- 5 Kosanov B.M. (2012) *Pedagogika men psihologijadaıy matematikalıq әdister*. [Mathematical methods in pedagogy and psychology].-A. (In Kazakh)
- 6 Kosanov B.M. (2011) *Pedagogikalıq zertteulerdegi statistikalıq-matematikalıq әdister* [Statistical and mathematical methods in pedagogical research].-A. (In Kazakh)
- 7 Kosanov B.M. (2021) *Pedagogikalıq jeksperiment nәtizhelerin өңdeuidiң matematikalıq әdisteri* [Mathematical methods of processing the results of pedagogical experiments]. -A. (In Kazakh)
- 8 Ermolaev-Tomin O.Ju. *Matematičeskie metody v psihologii* [Mathematical Methods in Psychology] - M., (In Russian)
- 9 Hastorf, A.H. ; Hilgard, E.R. ; Sears, R. R. (1988). "Quinn McNemar (1900–1986)". *Američki psiholog*. 43 (3): 196–197. doi:10.1037 / h0091955.
- 10 McNemar, Quinn (1947-06-18). "Napomena o pogrešci uzorkovanja razlike između koreliranih proporcija ili postotaka". *Psihometrika*. 12 (2): 153–157. doi:10.1007 / BF02295996.PMID m20254758. S2CID 46226024.
- 11 "Quinn McNemar, revizor IQ testa" (PDF). *Pješčenjak i pločica. Povijesno društvo Stanford*. 10 (3-4). Proljeće – ljeto 1986.
- 12 "Quinn McNemar". *Rječnik statistike*. Oxford University Press. 2008.
- 13 "Psiholozi časte znanstvenike u podnožju". *Kurir-Journal*. 3. rujna 1962. str. 31. Preuzeto 29. Ožujka 2020 - putemNewspapers.com.
- 14 "Bivši predsjednici APA-e". *Američko psihološko udruženje*. Preuzeto 29. ožujka 2020.