Модуль I.

№4 дәріс: Өлшеу қателіктері және оның түрлері.

Дәрістің мақсаты

Білім алушыларға өлшеу қателіктерінің мәнін, түрлерін және пайда болу себептерін түсіндіру; өлшеу дәлдігін бағалау мен нәтижені дұрыс дөңгелектеп жазу дағдыларын қалыптастыру; биологиялық зерттеуде өлшеу қателігін биологиялық өзгергіштіктен ажырата білуге үйрету.

Күтілетін нәтиже: білім алушылар қателік түрлерін ажыратады, абсолюттік және салыстырмалы қателікті есептейді, нәтижені «x ± Δx» түрінде дұрыс жазады.

Әдістері: проблемалық дәріс.

Дәрістің топтама-тәсімі (тірек конспектісі немесе тезистер).

1. Өлшеу қателіктері туралы түсінік.
2. Өлшеу қателіктерінің түрлері.
3. Өлшеу дәлдігі.

1. Өлшеу қателіктері туралы түсінік.

Ғылым өлшеуден басталады. Өлшеу жұмыстарының маңыздылығын Д.И.Менделеев «*Өлшемсіз дәл нақты ғылымдардың болуын елестету мүмкін емес*» деп ерекше атап өткен.

Өлшеу деп тәжірибе жолымен, әртүрлі өлшегіш құралдардың көмегімен физикалық шамалардың сандық мәнін анықтауды айтамыз. Табиғатты зерттеу жолдарының бірі – өлшеу жүргізу болып табылады. Әртүрлі өлшеу арқылы айналамыздағы материалдық дүниені сандық жағынан сипаттап, табиғат заңдылықтарын анықтап, кез-келген шаманы біртекті шамамен салыстыруға болады (Дмитриева, 2003; Шаталов, 2003).

Өлшеу әдістері бірнеше түрге бөлінеді. Тікелей өлшеуде өлшенетін шаманың нақты мәні аспаптар көмегімен анықталады. Жанама өлшеу егер тура өлшеу мүмкін болмаған жағдайда қолданылады, өлшенетін шаманың мәні белгілі бір функциональдық тәуелділікке немесе байланысқа сәйкес есептеледі. Кейде біріккен өлшеу әдісін де бөліп көрсетеді (ҚР СТ 2.356-2015. Жанама өлшеу...).

2. Өлшеу қателіктерінің түрлері.

Өлшеу қателігі деп өлшенген мен шын мән арасындағы айырмашылықты айтады. Қателіктің теориясын Карл Фридрих Гаусс (Carl Friedrich Gauss, 1777–1855) жасады: ол ең кіші квадраттар әдісі мен қателердің нормал таралуын негіздеді. Биологияда өлшеу қателігін биологиялық өзгергіштіктен бөліп қарау керек. Екі сазанның салмағының әртүрлі болуы нақты айырмашылық, ал бір балықты екі рет өлшегенде шыққан айырмашылық өлшеу қателігі.Өлшеулердің қателіктерін олардың сипатына қарай бірнеше түрге бөлуге болады.

Өлшеу қателіктерінің мәні абсолюттік немесе салыстырмалы түрде көрсетіледі.

Өлшеу қателіктері математикалық, жаратылысына және байқалу сипатына қарай бірнеше топқа бөлінеді.

Математикалық қателіктерге абсолюттік, салыстырмалы және келтірілген қателіктер жатады. Жаратылысы немесе шығу тегіне қарай қателіктер әдістемелік, аспаптық, жеке (субъективті) болып бөлінеді. Байқалу сипатына қарай жүйелі, кездейсоқ, өрескел қателіктер болып бөлінеді.

Аспаптық қателіктердің байқалу себептеріне жатады:

– өлшеу құралдарының детальдарының тозуы;

– дұрыс орнатылмаған аспап, құрылғылар немесе механизмдердің мөлшерден артық үйкеліп жұқаруы;

– аспап шкалаларына штрихтарды дұрыс қоймау (градуировка, 0-дің ауытқуы);

– өлшеудің нақты және номинальды мәндерінің сәйкес келмеуі;

Аспаптық қателіктердің мөлшерін неғұрлым дәл аспаптар қолдану және метроогиялық тексерістен өткізу арқылы азайтуға болады.

Жүйелі қателіктер белгілі бір өлшеулердің тобына жататын немесе физикалық өлшеулерді қайта өлшегенде заңды қайталатын қателіктер. Жүйелі қателіктер тұрақты, прогрессивті және периодты болуы мүмкін.

Жүйелік қателіктер бір ғана себептен пайда болады. Сондықтан, әдетте олардың мәні мен таңбасы тәжірибе нәтижесінде бірдей болып, қайталана береді, яғни жүйелік түрде қайталанады. Олар құралдардың дұрыс көрсетпеуінен және өлшеу тәсілінің жеткіліксіздігінен болады. Жүйелік қателікті құралды тексеру арқылы және өлшеу тәсілін жетілдіру арқылы азайтуға болады.

Кездейсоқ қателіктер, өлшеу кезінде оларды ескеру мүмкін емес, бақылауға болмайтын бөгеттердің салдарынан болады. Олар құралдың дәлдігінің шектілігіне, біздің сезу мүшелеріміздің сезгіштігінің шектілігіне, сыртқы жағдайларының өзгеруіне және т.б. байланысты. Кездейсоқ қателіктерді жоюға болмайды, алайда, олар орасан көп өлшеу жүргізу нәтижесінде ықтималдылық заңдылықтарына сай болуы себепті шаманың шын мәнін қамтитын аймақты көрсетуге болады.

Кездейсоқ қателіктер тәжірибені өте көп қайталаған кезде және өлшеулердің шашырау себебінен болады. Біз шын мәні *a* болатын физикалық шаманы *n* рет өлшедік делік.

Өлшеу қателіктеріне өлшеу әдістері, іріктеме сапасы (көлемі мен репрезентативтілігі), биологиялық өзгергіштік әсер етеді.

3. Өлшеу дәлдігі.

Дәлдік (accuracy, шын мәнге жақындық) пен қайталанғыштықты (precision, өлшеулердің бір-біріне жақындығы) ажыратыңыз. Мысал: нысананы бірдей жерге тигізсе де, ортасынан қашық болса, қайталанғыштық жоғары, дәлдік төмен. Қазіргі зерттеулерде деректер сенсорлармен (data logger) жазылады, бірақ оларды да мерзімді калибрлеу қажет. Электрондық кестеде ұяшық пішімі тек көрінетін таңбаларды өзгертеді, ал есептеу толық мәнмен жүреді. Аралық есептеулерде артық бір таңба қалдырып, тек қорытынды нәтижені дөңгелектеген жөн. Ескерту: R тілінде round() функциясы жартыны жұп санға қарай дөңгелектейді (round(2.5) = 2), Excel-де ROUND әдеттегі ережемен (2,5 → 3) дөңгелектейді. Бұл ережеге байланысты нәтиже айырмашылығын қарастыруға болатын жақсы проблемалық сұрақ.

Әдетте өлшемдер бірліктің 10, 100 немесе 1000 бір бөлігіне дейінгі дәлдікпен жүзеге асырылады, дәлірек өлшемдер сирек жасалады. Әрбір дерлік белгінің өзіндік өлшемі бар. Тәжірибе көрсеткендей, бұл дәлдік іс жүзінде қажет болмаған кезде өлшеу дәлдігінің қажеті жоқ.

Бұл ереже өлшенетін объектілерге де, жалпылама статистикалық сипаттамаларды есептеуге де қатысты. Электрондық кестелерде «ұяшық пішімі / формат ячеек» опциясын пайдалану керек.

Көбінесе өлшеу нәтижесінде шамамен алынған сандармен жұмыс істеу керек. Сандардың логарифмін табу, бөлу, түбірді шығару және басқа әрекеттер сияқты математикалық амалдар шамамен сандарды береді.

Жұмыстағы өрескел қателіктерді болдырмау және салыстырмалы нәтижелерге қол жеткізу үшін шамамен алынған сандарды жазу мен дөңгелектеудің танылған ережелерін қатаң сақтау қажет.

1-ереже. Сандар келесідей дөңгелектенеді: егер соңғы сақталған саннан кейін сандар болса 0, 1, 2, 3, 4, олар алынып тасталады (кемшілікпен дөңгелектеу); егер соңғы сақталған саннан кейін 5, 6, 7, 8 және 9 сандары болса, онда соңғы сақталған Сан бірлікке артады (артық дөңгелектеу).

2-ереже. Кез келген өлшеуде қателіктер болады. Эталонмен салыстырғанда өлшеу нәтижесі дөңгелектеніп алынады.

3-ереже. Эксперимент нәтижелерін қорытындылағанда алдымен абсолюттік қателік бір-екі мәнді таңбаға дейін дөңгелектенеді, сосын өлшенген нәтиже дөңгелектеледі.

4-ереже. Статистикалық жорамалдар критикалық мәнмен тексерілсе, кестеде көрсетілген мән бойынша разрядпен беріледі.

Бақылау сұрақтары:

1. Өлшеу қателігі дегеніміз не?
2. Сапалық және сандық белгілердің айырмашылығы.
3. Жүйелік және кездейсоқ қателіктер.
4. Өлшеу қателіктерінің негізгі көздері.
5. Қателерді қалай азайтуға болады?

Әдебиеттер:

1) Аубакиров Х.Ә. Биометрия: оқулық / Х.Ә.Аубакиров. – А.: Дәуір, 2011. – 119-120 б.

2) Раманқұлова А.А. Биологиялық статистика: оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2023. – 9-14 бет.

3) Биологиядағы бағдарламамен қамтамасыз етілген статистикалық әдістер: оқу-әдістемелік құралы / А.М. Калимағамбетов, З.М.Бияшева, А.В. Ловинская, С.Б. Дәулетбаева. – Алматы: Қазақ университеті, 2019. – 15-18 б.

4) Gotelli, Nicholas James; Ellison, Aaron Michael. A Primer of Ecological Statistics. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2013.

5) Sokal, Robert Reuven; Rohlf, F. James. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 4th ed. New York: W. H. Freeman, 2012.