

Дәріс 6. Үлгінің статистикасы және сенімділік интервалы

Үлгі мен бас жиынтық арасындағы байланыс. Орташа мәннің сенімділік интервалы, стандартты қате (SE), қателік деңгейі (α) ұғымдары. Мысал: жапырақ массасының орташа мәні үшін 95% сенімділік интервалын есептеу.

Биологиялық зерттеулердің басым бөлігі табиғи популяциялар мен күрделі экожүйелерді қамтиды, сондықтан барлық дараларды немесе барлық деректерді толығымен өлшеу мүмкін емес. Мысалы, орманда өсетін мыңдаған ағаштардың биіктігін немесе өзендегі барлық балықтардың ұзындығын бір зерттеуші өлшей алмайды. Сол себепті ғылымда үлгі алу (sampling) тәсілі қолданылады. Үлгі — зерттелетін объектілердің белгілі бір бөлігін ғана қамтитын шағын жиынтық, ал сол үлгі алынған барлық объектілердің жиынтығы бас жиынтық (population) деп аталады.

Мысалы, егер зерттеуші жиде ағаштарының жапырақ массасын зерттегісі келсе, ол жүздеген ағаштан жапырақ ала алмайды. Оның орнына кездейсоқ таңдалған бірнеше дарадан жапырақ жинап, олардың массасын өлшейді. Алынған осы өлшеулер жиынтығы — үлгі, ал барлық жиде ағаштарының жапырақтары — бас жиынтық. Үлгі арқылы біз бас жиынтықтың қасиеттерін бағалай аламыз, бірақ бұл бағалау әрқашан аздаған қателікпен жүреді. Бұл қателікті азайту үшін биостатистика үлгі алу әдістерін, стандартты қателерді және сенімділік интервалдарын пайдаланады.

Үлгі және бас жиынтық арасындағы байланыс

Бас жиынтықта біз нақты білгіміз келетін параметрлер болады — мысалы, орташа биіктік, орташа масса, дисперсия немесе вариация коэффициенті. Бірақ біз бас жиынтықты толық өлшей алмайтындықтан, осы параметрлердің жуық мәнін үлгі арқылы есептейміз. Үлгі статистикасы осы параметрлерді бағалауға қызмет етеді.

Мысалы, біз 30 ағаштың биіктігін өлшесек, олардың орташа биіктігін есептей аламыз. Бұл мән шынайы орташа шаманы дәл көрсетпейді, бірақ оған жақын болады. Егер үлгі кездейсоқ таңдалған және жеткілікті үлкен болса, онда бұл айырмашылық өте аз болады.

Сондықтан үлгі бас жиынтықтың шағын моделі іспетті: ол барлық ерекшеліктерді қамтымаса да, бас жиынтықтың ортақ сипаттамаларын дәл сипаттай алады. Бұл биологиядағы кез келген сандық зерттеудің басты қағидасы.

Орташа мән және оның стандартты қатесі

Орташа мән (mean) — үлгінің ең қарапайым және ең жиі қолданылатын сипаттамасы. Ол барлық бақылау нәтижелерін қосып, олардың санына бөлу арқылы есептеледі. Бірақ үлгінің орташа мәні бас жиынтықтың нақты орташа шамасына дәл сәйкес келмейді, себебі әрбір үлгіде кездейсоқ айырмашылықтар бар.

Мысалы, егер сіз бір орманнан ағаш биіктігін өлшесеңіз, 30 дарадан алынған орташа мән мен 50 дарадан алынған орташа мән сәл өзгеше болады. Бұл айырмашылық табиғи және ол кездейсоқтыққа байланысты.

Осы айырмашылықтың шамасын сипаттау үшін стандартты қате (Standard Error, SE) ұғымы енгізіледі. Стандартты қате үлгінің орташа мәнінің бас жиынтықтағы нақты орташа шамадан қаншалықты ауытқитынын көрсетеді. Ол стандартты ауытқуды үлгі көлемінің квадрат түбіріне бөлу арқылы есептеледі:
стандартты қате = стандартты ауытқу / $\sqrt{\text{бақылаулар саны}}$.

Яғни, $SE = s / \sqrt{n}$.

Бұл формула өте маңызды, өйткені ол бір негізгі заңдылықты көрсетеді: бақылаулар саны артқан сайын стандартты қате азаяды. Басқаша айтқанда, көп өлшеу жүргізілсе, орташа мән дәл болады. Ал аз дерек болса, нәтиже сенімсіздеу болады.

Мысалы, егер жапырақ массасының стандартты ауытқуы 0,8 грамм және 16 өлшеу бар болса, онда $SE = 0,8 / 4 = 0,2$ грамм. Бұл дегеніміз, алынған орташа мән шамамен $\pm 0,2$ грамм шегінде шынайы мәннен ауытқуы мүмкін.

Сенімділік интервалының маңызы

Ғылыми зерттеулерде орташа мәннің өзі ғана жеткіліксіз. Өйткені ол тек бір шаманы көрсетеді, ал деректердің өзгергіштігі мен дәлдігі туралы ештеңе айтпайды. Сондықтан статистикада сенімділік интервалы (confidence interval) ұғымы қолданылады.

Сенімділік интервалы белгілі бір сенімділік дәрежесінде (мысалы, 95%) бас жиынтықтың шынайы орташа шамасы қай диапазонда орналасқанын көрсетеді. Бұл интервал зерттеушіге өз нәтижесінің дәлдігін бағалауға мүмкіндік береді.

Мысалы, 95% сенімділік интервалы дегеніміз — егер осындай үлгіні жүз рет алсақ, олардың тоқсан бесінде бас жиынтықтың нақты орташа мәні сол интервалдың ішінде болады дегенді білдіреді. Яғни, біз зерттеу нәтижесіне 95 пайыз сенімдіміз, ал 5 пайыз жағдайда ол интервалдың сыртында болуы мүмкін.

Сенімділік интервалы келесі түрде есептеледі:

орташа мән $\pm (t \times \text{стандартты қате})$,

мұндағы t — Студенттің t -критерийі (үлгі көлемі мен сенімділік деңгейіне байланысты арнайы кесте бойынша алынады). Егер үлгі көлемі үлкен болса (30 немесе одан көп), онда t шамамен 1,96-ға тең болады.

Мысал: жапырақ массасының 95% сенімділік интервалы

Айталық, біз 25 жапырақтың массасын өлшедік және келесі нәтижелер алдық: орташа мән 3,5 г, стандартты ауытқу 0,5 г.

Біріншіден, стандартты қатені есептейміз:

$$SE = 0,5 / \sqrt{25} = 0,5 / 5 = 0,1 \text{ г.}$$

95% сенімділік деңгейі үшін $t = 2,064$ (24 еркіндік дәрежесі бар).

Сонда сенімділік интервалы мынадай болады:

$$3,5 \pm (2,064 \times 0,1) = 3,5 \pm 0,206.$$

Демек, жапырақ массасының шынайы орташа шамасы 3,29–3,71 г аралығында деп айтуға болады.

Бұл интервал бізге нақты шаманың қайда орналасқанын көруге мүмкіндік береді. Бір ғана орташа мән көрсету орнына біз шынайы мәннің ықтимал диапазонын көрсетеміз. Осылайша, зерттеу нәтижесі әлдеқайда сенімді және ғылыми негізделген болып көрінеді.

Қателік деңгейі және сенімділік деңгейі

Сенімділік интервалы әрдайым белгілі бір қателік деңгейімен (α) байланысты. Бұл деңгей зерттеуші өз нәтижесінің қаншалықты сенімді болуын қалайды деген сұраққа жауап береді. Егер сенімділік 95% болса, онда қателік деңгейі 5% ($\alpha = 0,05$). Бұл «5 пайыз жағдайда менің интервалым нақты мәнді қамтымауы мүмкін» дегенді білдіреді.

Сенімділік пен қателік деңгейі өзара толықтырады: сенімділік = $1 - \alpha$.

Мысалы, егер сенімділік 99% болса, онда $\alpha = 0,01$.

Қателік деңгейі төмен болған сайын интервал кеңейеді, себебі біз жоғары сенімділікке жету үшін диапазонды ұлғайтуымыз керек. Сондықтан кейде зерттеу мақсатына қарай 90%, 95% немесе 99% сенімділік деңгейлері таңдалады.

Биологияда ең жиі қолданылатын мән — 95%, өйткені ол тәжірибелік дәлдік пен практикалық қолданылым арасындағы оңтайлы тепе-теңдікті береді.

Үлгі көлемінің рөлі

Үлгі көлемі (n) зерттеу нәтижесінің нақтылығына тікелей әсер етеді. Үлгі аз болған сайын стандартты қате артады, ал сенімділік интервалы кеңейеді. Керісінше, бақылау саны көбейген сайын стандартты қате азайып, интервал тарылып, нәтиже нақтырақ болады.

Мысалы, егер сіз тек 10 жапырақ өлшесеңіз, орташа мәннің ауытқуы үлкен болады, ал егер 100 жапырақ өлшесеңіз, нәтиже анағұрлым тұрақты және сенімді болады. Сондықтан биологияда эксперименттің сапасын қамтамасыз ету үшін жеткілікті бақылау саны міндетті шарт болып саналады.

Биологиядағы практикалық мәні

Сенімділік интервалы биологияда кез келген сандық нәтижені түсіндірудің маңызды бөлігі болып табылады. Ол деректердің нақтылығын және зерттеу нәтижесінің сенімділігін көрсетеді.

Мысалы, егер зерттеуші «өсімдіктің орташа биіктігі 45 см» деп жазса, бұл дерек жалғыз өзі толық мағына бермейді. Ал егер ол «өсімдіктің орташа биіктігі 45 см, 95% сенімділік интервалында 42–48 см аралығында» деп жазса, онда оқырман бұл нәтижеге сенімділікпен қарай алады.

Сенімділік интервалдары сонымен қатар әртүрлі топтардың айырмашылығын салыстыру үшін де қолданылады. Егер екі топтың интервалдары бір-бірімен қабыспаса, онда олардың айырмашылығы статистикалық тұрғыдан маңызды деп есептеледі.

Үлгінің статистикасы мен сенімділік интервалдары биологиядағы кез келген деректерді дұрыс түсіндіру мен талдаудың негізі болып табылады. Табиғи құбылыстардың бәрі өзгергіш болғандықтан, зерттеуші бір ғана мәнмен шектелмей, өлшеу дәлдігін де көрсетуі тиіс.

Сенімділік интервалы — бұл тек математикалық ұғым емес, ол ғылыми сенімділіктің көрсеткіші. Ол зерттеу нәтижесін нақты диапазон арқылы сипаттап, биологиялық заңдылықтарды дұрыс түсінуге көмектеседі.

Мысалы, «жапырақ массасының орташа мәні 3,5 г» деген нәтиже зерттеушінің жеке бақылауы болса, «жапырақ массасының орташа мәні 3,5 г, 95% сенімділік интервалында 3,29–3,71 г» деген нәтиже — бұл ғылыми дәлел.

Осылайша, сенімділік интервалы биологиядағы деректерді бағалаудағы ең маңызды құралдардың бірі болып табылады. Ол үлгі арқылы алынған нәтижелердің бас жиынтықтағы шынайы жағдайға қаншалықты сәйкес келетінін көрсетеді және ғылыми зерттеулердің сапасын арттырады.

Пайдаланылған әдебиеттер:

Zar, J. H. *Biostatistical Analysis*. Pearson, 2010.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. *Introduction to Biostatistics*. W. H. Freeman, 2012.

Quinn, G. P., & Keough, M. J. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press, 2002.

Fowler, J., Cohen, L., & Jarvis, P. *Practical Statistics for Field Biology*. Wiley-Blackwell, 2013.

Crawley, M. J. *The R Book*. Wiley, 2013.

Magurran, A. E. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, 2004.